



**ΤΜΗΜΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΚΑΙ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα
«Ενέργεια: Στρατηγική, Δίκαιο &
Οικονομία»

ΤΣΟΓΓΑΡΗ ΑΓΓΕΛΙΚΗ

Επιβλέπων Καθηγητής:
Λιάκουρας Πέτρος

«Ενέργεια και Δίκαιο της Θάλασσας: Πτυχές του Νομικού
Καθεστώτος του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (ΥΦΑ) και
της μεταφοράς αερίου»

Ιανουάριος 2020, Αθήνα

Περιεχόμενα

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ.....	3
Περίληψη.....	4
1. Εισαγωγή	5
2. Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο: Ορισμός & Ιδιότητες.....	6
2.1. Εισαγωγή.....	6
2.2. Ορισμός ΥΦΑ.....	6
2.3. Σύνθεση ΥΦΑ.....	7
2.4. Ιδιότητες ΥΦΑ.....	8
3. Κύκλος διεργασίας ΥΦΑ	9
3.1 Εισαγωγή.....	9
3.2. Έρευνα και εξόρυξη.....	10
3.3. Παραγωγή – Υγροποίηση.....	12
3.3.1 Διαδικασίες αποθείωσης.....	14
3.3.2 Διαδικασίες απορρόφησης.....	15
3.3.3 Διεργασία Μοριακών Κοσκίνων.....	18
3.3.4 Μέθοδοι απομάκρυνσης υδραργύρου	19
3.3.5 Μέθοδοι Claus & Tail Gas Treating Unit	21
3.3.6 Μονάδα υγροποίησης NGL.....	25
3.4 Μεταφορά ΥΦΑ.....	27
3.4.1 Συστήματα συγκράτησης για φορείς μεταφοράς ΥΦΑ	30
3.4.2 Μεταφορικές ικανότητες του μεταφορέα ΥΦΑ και διαστάσεις του πλοίου.....	32
3.4.3 Συστήματα πρόωσης πλοίων ΥΦΑ	34
3.4.5 Τα πλοία ΥΦΑ για αρκτικές υπηρεσίες.....	35
3.5 Τερματικοί σταθμοί ΥΦΑ	36
3.5.1 Υπεράκτια τερματικά ΥΦΑ.....	37
3.5.2 Τερματικοί σταθμοί υγροποιημένου φυσικού αερίου στην ξηρά.....	37
4. Νομικό πλαίσιο της θάλασσας	40
4.1. Δίκαιο της Θάλασσας	40
4.2. Οι θαλάσσιες ζώνες κυριαρχίας των παράκτιων κρατών.....	44
4.2.1. Τα εσωτερικά ύδατα	44
4.2.2. Η αιγιαλίτιδα ζώνη.....	45
4.3. Οι θαλάσσιες ζώνες δικαιοδοσίας των παράκτιων κρατών	49
4.3.1. Η συνορεύουσα ζώνη	49

4.3.2.	Η υφαλοκρηπίδα	50
4.3.3.	Η Αποκλειστική οικονομική ζώνη (ΑΟΖ)	53
4.4.	Οι θαλάσσιες περιοχές πέραν των ζωνών εθνικής κυριαρχίας ή δικαιοδοσίας.....	58
4.4.1.	Η ανοικτή θάλασσα.....	58
4.5.	Τα νησιά	59
5.	ΥΦΑ και οι νομικές πτυχές του	60
5.1.	Εισαγωγή.....	60
5.2.	Διεθνής νομοθεσία.....	61
5.3.	Ευρωπαϊκή νομοθεσία.....	64
5.4.	Ελληνική Νομοθεσία.....	67
5.5.	Συμπεράσματα	70
6.	Κίνδυνοι του ΥΦΑ.....	72
6.1.	Εισαγωγή.....	72
6.2.	Δεξαμενές αποθήκευσης ΥΦΑ	73
6.2.1.	Ανάφλεξη και πυρκαγιές.....	74
6.2.2.	Εκρήξεις σε σύννεφα ατμών (VCE)	76
6.2.3.	Κρυογενικές επιπτώσεις.....	76
6.2.4.	Ανατροπή (rollover)	77
6.2.5.	Γρήγορη αλλαγή φάσης	78
6.2.6.	Περιορισμένοι χώροι	79
6.2.7.	Χημικοί κίνδυνοι.....	79
6.3.	Συστήματα ασφαλείας στα εργοστάσια	80
6.4.	Ασφάλεια εγκαταστάσεων εκφόρτωσης ΥΦΑ	80
6.5.	Συστήματα ασφαλείας στα πλοία	81
7.	Συμπεράσματα.....	84
	Βιβλιογραφία.....	86

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

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

Ημερομηνία.....2020

Η Δηλούσα

(Υπογραφή)

Περίληψη

Η Ευρώπη τα τελευταία χρόνια, αντιμετωπίζει μεγάλες προκλήσεις σχετικά με την αυξανόμενη ζήτηση του φυσικού αερίου. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση του υγροποιημένου φυσικού αερίου, ως ελκυστικότερη πηγή ενέργειας, δεδομένου ότι αποδεικνύεται πιο οικονομικό, ευκολότερο στη χρήση του και πιο φιλικό προς το περιβάλλον. Συγκεκριμένα στη παρούσα μελέτη παρουσιάζεται η σύνθεση και οι ιδιότητες του υγροποιημένου φυσικού αερίου, αλλά και ο κύκλος διεργασίας του από τον εντοπισμό και την εξόρυξή του ως και τη μεταφορά του. Κύριος τρόπος μεταφοράς του φυσικού αερίου είναι διαμέσου των αγωγών, ωστόσο η μεταφορά του ΥΦΑ με τη χρήση αντίστοιχων εξειδικευμένων πλοίων, όπως αναλύεται και στη παρούσα, κερδίζει έδαφος στη μεταφορά ενέργειας παγκοσμίως δεδομένης της τεχνολογικής εξέλιξης.

Εν συνεχεία, αντικείμενο της διπλωματικής αυτής εργασίας, είναι η ανάλυση του νομικού καθεστώτος των θαλάσσιων ζωνών, όπως αυτό ρυθμίζεται με βάση το Διεθνές Δίκαιο και το Δίκαιο της Θάλασσας, καθώς σε αυτές προκύπτουν ζητήματα κυριαρχίας, αλλά και αντικρουόμενα οικονομικά συμφέροντα αναφορικά κυρίως με την εκμετάλλευση υδρογονανθράκων και άλλων μορφών ενέργειας. Κατόπιν, γίνεται αναφορά στις νομικές πτυχές του υγροποιημένου φυσικού αερίου με βάση τη διεθνή, την ευρωπαϊκή και την ελληνική νομοθεσία.

Η εργασία ολοκληρώνεται με την ανάλυση πιθανών προβλημάτων και ζητημάτων ασφαλείας που ενδεχομένως να προκύψουν κατά τη διεργασία, τη μεταφορά ή την αποθήκευση του ΥΦΑ, καταλήγοντας, τέλος, στη παράθεση της βιβλιογραφίας.

1. Εισαγωγή

Αναλογιζόμενοι τις σύγχρονες αυξανόμενες απαιτήσεις της αγοράς, αλλά και την ανάγκη διασφάλισης ενός ασφαλούς περιβάλλοντος, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι φυσικό αέριο αναδεικνύεται ως κυρίαρχη μορφή ενέργειας. Σε παγκόσμιο επίπεδο υπάρχει πληθώρα διαθέσιμων αποθεμάτων φυσικού αερίου σε μεγάλες ποσότητες. Τα κοιτάσματα φυσικού αερίου συνήθως δεν βρίσκονται κοντά στα σημεία κατανάλωσης, επομένως είναι αναγκαία η μεταφορά του. Σε αέρια κατάσταση, η μεταφορά του φυσικού αερίου πραγματοποιείται μέσω αγωγών υπό υψηλή πίεση, ενώ σε υγρή κατάσταση μεταφέρεται δια θαλάσσης με δεξαμενόπλοια LNG, ειδικά κατασκευασμένα για αυτό το σκοπό.

Η νομοθεσία για την περιβαλλοντική προστασία τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε εγχώριο επίπεδο έχει γίνει αρκετά αυστηρή με αποτέλεσμα η εξέλιξη της τεχνολογίας να έχει διαδραματίσει καθοριστικά θετικό ρόλο. Έτσι, οι χώρες παραγωγής και εξαγωγής συνεχίζουν να παραδίδουν σε πολλές περιοχές, ακόμη και με πολύ χαμηλές εγχώριες τιμές φυσικό αέριο. Παράλληλα, προσοχή δίνεται σε τεχνολογίες μικρότερης κλίμακας που μπορούν να χρησιμεύσουν σε μικρότερες αγορές όπως πλωτά έργα LNG που μπορούν να ενισχύσουν την ανάπτυξη των φυσικών πόρων αερίου από υπεράκτιες και άλλες απομακρυσμένες περιοχές, καθώς και να παρέχουν δημιουργικές λύσεις για τη συνεχή ανάπτυξη και επέκταση της βιομηχανίας LNG.

Στην Ελλάδα το φυσικό αέριο άρχισε να χρησιμοποιείται, από το 1996, μετά την κατασκευή του αγωγού από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα που φτάνει ως την Αττική, ενώ το 2000 ολοκληρώθηκε στο νησί της Ρεβυθούσας, η κατασκευή του πρώτου στην Ελλάδα, τερματικού σταθμού αποθήκευσης υγροποιημένου φυσικού αερίου, στον οποίο αποθηκεύεται το LNG και εν συνεχεία, τροφοδοτείται στο δίκτυο διανομής.

Η τεχνολογική εξέλιξη οδήγησε και στη συνεχή εκμετάλλευση της θάλασσας, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν ζητήματα διεκδικήσεων των κρατών σε θαλάσσιες περιοχές, έτσι ώστε, τελικά, να προκύψει ο διαμερισμός της σε ποικίλες θαλάσσιες ζώνες κυριαρχίας ή δικαιοδοσίας. Κύριος λόγος της θέσπισης θαλάσσιων ζωνών ήταν η οικονομική εκμετάλλευση της εξόρυξης πολύτιμων υδρογονανθράκων και άλλων μη ζώντων πόρων του βυθού και του υπεδάφους, προϋπόθεση της οποίας ήταν η ο προσδιορισμός των θαλάσσιων ζωνών μεταξύ των κρατών.

2. Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο: Ορισμός & Ιδιότητες

2.1. Εισαγωγή

Οι αυξημένες ανάγκες της κοινωνίας για χρήση Φυσικού Αερίου ως υποκατάστατο του πετρελαίου, λόγω της μικρότερης τιμής που παρουσιάζει στην αγορά, και του μικρότερου ποσοστού εκπομπών αέριων ρύπων, λειτούργησε ως κινητήρια δύναμη για την εύρεση νέων τρόπων μεταφοράς του ΦΑ. Η υγροποίηση του φυσικού αερίου επιτυγχάνεται σε εξειδικευμένες παραγωγικές μονάδες (LNG liquefaction terminals). Μόλις το ΥΦΑ φτάσει στον προορισμό του, αποθηκεύεται σε ατμοσφαιρική πίεση σε μονωμένη δεξαμενή, πριν μετατραπεί σε συμπιεσμένο φυσικό αέριο (Compressed Natural Gas – CNG), το οποίο διοχετεύεται στην αγορά είτε μέσω αγωγών είτε μέσω ειδικών βυτιοφόρων. Το ΦΑ χρησιμοποιείται κατά κόρων ως θερμαντικό μέσο, ως καύσιμο στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ως καύσιμο σε οχήματα. Στην Ελλάδα, τα πρώτα οχήματα που κινήθηκαν με CNG ήταν τα λεωφορεία, ενώ ήδη κατασκευάζονται ανά τον κόσμο μικρά επιβατηγά οχήματα, καθώς η τιμή του ΦΑ είναι κατά πολύ χαμηλότερη από αυτή των υπολοίπων συμβατικών καυσίμων, αλλά και για να συμβαδίζουν οι ευρωπαϊκές πόλεις με την πολιτική που ακολουθείται από την ΕΕ για την κλιματική αλλαγή. (Patrick, n.d.)

Η επιλογή του ΥΦΑ προσφέρει οικονομία, ευελιξία και ασφάλεια ανεφοδιασμού σε σχέση με τον αγωγό και άλλες τεχνολογικές επιλογές. Πολλές χώρες της Ευρώπης και της Ασίας προτιμούν αυτό τον τρόπο ανεφοδιασμού ανεξαρτήτως αν ο μεγάλος όγκος που διακινείται προέρχεται από την περιοχή της Ρωσίας, την Βόρεια Αφρική και τη Μέση Ανατολή. Τα τελευταία χρόνια, ύστερα από την αυξανόμενη παραγωγή ΦΑ από μη συμβατικές πηγές στην Αμερική, μεγάλος όγκος της Ασίας καλύπτεται πλέον μέσω του ΥΦΑ της Αμερικής. (Saeid Mokhatab, 2013)

2.2. Ορισμός ΥΦΑ

Για την ασφαλέστερη, ευκολότερη και οικονομικότερη μεταφορά του ΦΑ, είτε μέσα σε κρυογενικές δεξαμενές, είτε με ειδικά φορτηγά, το αεριοποιημένο Φ.Α. ψύχεται στους -162°C και μεταπίπτει στην υγρή φάση (LNG - Liquefied Natural Gas), με τον όγκο του να μειώνεται μέχρι και 600 φορές, και τη μέγιστη πίεση μεταφοράς να ορίζεται περίπου στα 25kPa (4psi). Το ΥΦΑ είναι μια κρυογενική ουσία, με το

σημείο βρασμού του να είναι μικρότερο των -90° C. Πριν την ψύξη, γίνεται απομάκρυνση ορισμένων συστατικών, όπως σκόνης, όξινων αερίων, ηλίου, νερού και βαρέων υδρογονανθράκων, ώστε να μην δημιουργηθεί πρόβλημα κατά την αλλαγή φάσης, από ΦΑ σε ΥΦΑ. Κατά τη διάρκεια της φόρτωσης του ΥΦΑ όλες οι δεξαμενές του μεταφορέα πρέπει να διατηρούνται χωρίς αέρα. Η βίαιη αεριοποίηση του, κατά την απευθείας εισαγωγή του σε δεξαμενή που βρίσκεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, οδηγεί σε ραγδαία αύξηση της εσωτερικής του πίεσης κάνοντας την ατμόσφαιρα εύφλεκτη. Η μεταφορά ΦΑ σε υγρή μορφή είναι πιο συμφέρουσα σε σχέση με τη χρήση αγωγών όταν αφορά σε μεγάλες αποστάσεις και κυρίως σε διαδρομές όπου συμπεριλαμβάνουν υγρό στοιχείο, κάτι το οποίο καθιστά οικονομικά ασύμφορο την κατασκευή υποθαλάσσιων αγωγών.

Για υπεράκτιους αγωγούς το ΥΦΑ μπορεί να γίνει ανταγωνιστικό για αγωγούς μικρότερους των 700 μιλίων, ενώ για χερσαίους αγωγούς μεγαλύτερο από 2000 μίλια. Για μεγάλες αποστάσεις το ΦΑ θα απαιτούσε αγωγούς με μεγάλη διάμετρο και εγκαταστάσεις συμπίεσης για να ξεπεράσουν την πτώση πίεσης μετάδοσης (transmission pressure drop). (Saeid Mokhatab, 2013)

2.3. Σύνθεση ΥΦΑ

Η σύνθεση του ΥΦΑ ποικίλει ανάλογα με την προέλευση του ΦΑ και τη διαδικασία υγροποίησης. Το κύριο συστατικό του είναι το μεθάνιο και σε μικρά ποσοστά βαρύτεροι υδρογονάνθρακες, όπως το αιθάνιο, το προπάνιο, το βουτάνιο και το πεντάνιο, ενώ ενδέχεται να υπάρχουν μικρές ποσότητες αζώτου. Παρόλα αυτά, λόγω της μεταφοράς θερμότητας από τα τοιχώματα της μονωμένης δεξαμενής στο ΥΦΑ, προκαλώντας μερική αεριοποίηση του φορτίου, κατά τη διάρκεια ενός θαλάσσιου ταξιδιού, η σύνθεση του ΥΦΑ μεταβάλλεται, με τα ελαφρύτερα συστατικά, (δηλαδή χαμηλότερα σημεία βρασμού), να εξατμίζονται πρώτα. Επομένως, το ΥΦΑ που θα παραδοθεί θα έχει χαμηλότερη ποσοστιαία περιεκτικότητα σε Άζωτο και Μεθάνιο από ότι το ΥΦΑ που φορτώθηκε και ελαφρώς υψηλότερο ποσοστό Αιθανίου, Προπανίου και Βουτανίου, καθώς αυτά είναι βαρύτερα συστατικά των δύο πρώτων.

Ο ατμός του ΥΦΑ είναι ελαφρύτερος από τον αέρα σε θερμοκρασία ατμών άνω των -110 βαθμών C ή υψηλότερος ανάλογα με τη σύνθεση του ΥΦΑ. Όταν λοιπόν, ο ατμός εξαερίζεται στην ατμόσφαιρα, ο ατμός τείνει να ανεβαίνει πάνω από την έξοδο εξαερισμού και ώστε να διασκορπιστεί γρήγορα. Όταν οι κρύοι ατμοί αναμιγνύονται

με τον ατμοσφαιρικό αέρα, το μίγμα ατμού – αέρα δημιουργεί ένα λευκό σύννεφο λόγω της συμπύκνωσης υγρασίας στον αέρα. Επομένως, κατά κανόνα θεωρείται ότι το εύφλεκτο εύρος σε μίγμα ατμού – αέρα δεν εκτείνεται σημαντικά πέρα από την περίμετρο του λευκού νέφους. Σε περίπτωση που υπάρξει διαρροή ΥΦΑ μέσα σε νερό, τότε αυτό εξατμίζεται άμεσα, αφού η πυκνότητα του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή του νερού. Μια άλλη αντιμετώπιση του συγκεκριμένου γεγονότος θα ήταν είτε, το ΥΦΑ να υποβληθεί σε ταχεία αλλαγή φάσης, με φυσική έκρηξη ατμών, χωρίς να λάβει χώρα καύση, είτε να σχηματιστεί «πισίνα ΥΦΑ» συνοδευόμενη από ανάφλεξη, είτε να σχηματιστεί σύννεφο ΦΑ με επακόλουθη καύση. (Anon., n.d.)

2.4. Ιδιότητες ΥΦΑ

Το ΥΦΑ δεν είναι εύφλεκτο, αλλά στην αέρια φάση του απαιτείται ανάμειξη σε ποσοστό 5 – 15% ογκομετρική συγκέντρωση αέρα, ώστε να αναφλεγεί. Παράλληλα, η δεξαμενή ψύχεται γρήγορα, προκαλώντας τεράστια θερμική πίεση στις δεξαμενές και στα συστήματα σωληνώσεων, προκαλώντας σοβαρές ζημιές στις εγκαταστάσεις. Το εύρος ευφλεκτότητας του μεθανίου στον αέρα (21% οξυγόνο) είναι περίπου 5,3 έως 14% (κατ 'όγκο), καθιστώντας το εξαιρετικά επικίνδυνο χημικό προϊόν, αν χειριστεί ακατάλληλα. Για να μειωθεί αυτό το εύρος, ο αέρας αραιώνεται με άζωτο μέχρι η περιεκτικότητα του οξυγόνου να μειωθεί στο 2% πριν τη φόρτωση. Θεωρητικά, μια έκρηξη δεν μπορεί να συμβεί εάν η περιεκτικότητα του μείγματος σε O₂ είναι κάτω από 13%, ανεξάρτητα από το ποσοστό του μεθανίου, αλλά για πρακτικούς λόγους ασφαλείας, ο καθαρισμός συνεχίζεται μέχρις ότου το O₂ είναι κάτω από 2%. Η θερμοκρασία αυτανάφλεξης του μεθανίου, ήτοι, η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία πρέπει να θερμαίνεται το αέριο για να προκαλέσει αυτοσυντηρούμενη καύση χωρίς ανάφλεξη με σπινθήρα ή φλόγα, είναι 595 βαθμοί C. Το ΥΦΑ όντας στην αέρια φάση μπορεί να προκαλέσει μέχρι και ασφυξία, λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε μεθάνιο.

Το ΥΦΑ δεν είναι τόσο πυκνό όσο το πετρέλαιο, απαιτώντας έτσι τον διπλό, ίσως και τον τριπλό χώρο για τη δεξαμενή καυσίμου. Για να αντισταθμιστεί η απώλεια χώρου, ορισμένοι Νορβηγοί σχεδιαστές κατασκευάζουν τις δεξαμενές κάτω από τους χώρους διαμονής, δημιουργώντας προστατευτικά σημεία για να κρατήσουν τις

δεξαμενές, ενώ άλλοι έχουν τοποθετήσει δεξαμενές στο κατάστρωμα. Οι κατευθυντήριες γραμμές του International Maritime Organisation (IMO) δεν απαγορεύουν την τοποθέτηση δεξαμενών ΥΦΑ κάτω από τους χώρους διαμονής, ωστόσο, η USCG θεωρεί πως θα πρέπει να δοθεί περισσότερη προσοχή στην συγκεκριμένη επιλογή.

Το ΥΦΑ, όπως και το ΦΑ, είναι άοσμο, άχρωμο, μη τοξικό και μη διαβρωτικό κρυογενικό υγρό σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση. Για αυτό το λόγο κατά την επεξεργασία του προστίθεται μία τεχνητή ουσία με έντονη οσμή, έτσι ώστε σε περίπτωση διαρροής να γίνει άμεσα αντιληπτό στον περιβάλλοντα χώρο. Όταν το ΥΦΑ αεριοποιείται και χρησιμοποιείται ως ΦΑ καύσιμο, απελευθερώνει πολύ μικρό ποσοστό σωματιδίων, διοξειδίου και υδρογονανθράκων. Το ΥΦΑ είναι μη τοξικό, ωστόσο αν αναμειχθεί με τη σωστή συγκέντρωση αέρα μπορεί να αναφλεγεί ή να προκαλέσει ασφυξία έλλειψη αέρα σε κλειστό χώρο.

Η πηγή του φυσικού αερίου αλλά και η επεξεργασία κατά τη διαδικασία υγροποίησής του καθορίζει την ενεργειακή πυκνότητα του υγροποιημένου φυσικού αερίου, δηλαδή τη θερμογόνο δύναμή του, «η οποία αντιστοιχεί στην ικανότητά του να παράγει θερμική ενέργεια κατά την καύση του και μετράται σε ενέργεια ανά μάζα. Διακρίνεται σε Κατωτέρα (Hu) και Ανωτέρα (Ho) Θερμογόνο Δύναμη» (energypress, n.d.). Η Ανωτέρα Θερμογόνος Δύναμη του ΥΦΑ είναι περίπου 24MJ/L, ενώ η Κατωτέρα Θερμογόνος Δύναμή του υπολογίζεται στα 21 MJ/L.

3. Κύκλος διεργασίας ΥΦΑ

3.1 Εισαγωγή

Ο κύκλος διεργασίας του υγροποιημένου φυσικού αερίου αποτελείται από τα εξής στάδια:

- Την Έρευνα και εξόρυξη
- Την παραγωγή
- Την υγροποίηση
- Τη μεταφορά
- Την αποθήκευση
- Και την επαναεριοποίηση.

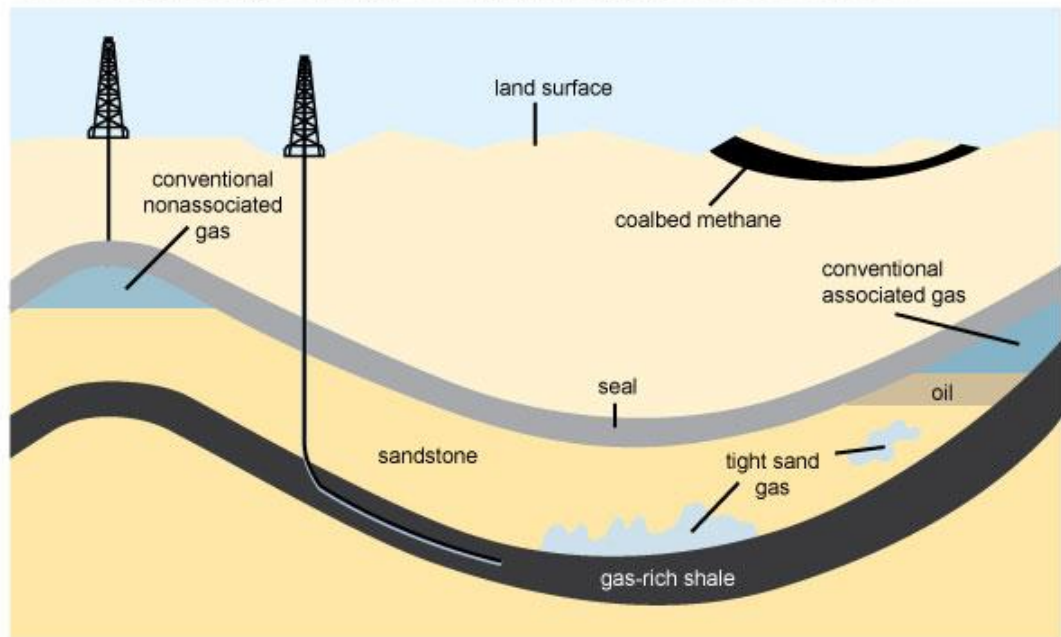


Εικόνα 1: Κύκλος επεξεργασίας ΥΦΑ

3.2. Έρευνα και εξόρυξη

Το πρώτο βήμα στον κύκλο διεργασίας ΥΦΑ είναι η αναζήτηση και στη συνέχεια η εξόρυξη του φυσικού αερίου. Υπάρχουν διάφορα είδη φυσικού αερίου ανάλογα με την προέλευσή του. Υπάρχει το *συμβατικό φυσικό αέριο*, το οποίο βρίσκεται κάτω από μεγάλες ρωγμές υπερκείμενων βράχων, το *σχιστολιθικό ή μη συμβατικό φυσικό αέριο*, το οποίο βρίσκεται μέσα σε πόρους, σε μορφή σχιστόλιθου, ψαμμίτη και άλλων μορφών ιζηματογενών πετρωμάτων, το *συνδεδεμένο φυσικό αέριο* το οποίο βρίσκεται μαζί με κοιτάσματα αργού πετρελαίου και το «*ανθρακούχο*» μεθάνιο (*coalbed methane*) που βρίσκεται σε κοιτάσματα άνθρακα. Τα κοιτάσματα φυσικού αερίου μπορεί να βρίσκονται είτε στη στεριά είτε σε υπεράκτιες περιοχές και πολλές φορές κάτω από τον ωκεανό.

Schematic geology of natural gas resources



Source: Adapted from United States Geological Survey factsheet 0113-01 (public domain)

Η έρευνα σχετικά με την ύπαρξη κοιτασμάτων ΦΑ, ξεκινά με τη γεωλογική μελέτη της δομής της γης σε περιοχές με τις παραπάνω γεωλογικές δομές, οι οποίες είναι πιθανό να περιέχουν κοιτάσματα φυσικού αερίου.

Για την ανίχνευση φυσικού αερίου στη ξηρά και στη θάλασσα χρησιμοποιούνται ποικίλοι τρόποι, βασιζόμενοι στη δημιουργία σεισμικών/ηχητικών κυμάτων με ποικίλα μέσα (πχ. σόναρ, εκρήξεις) ή ακόμα και με τη χρήση ισχυρών ηλεκτρομαγνητικών παλμών για την άντληση φυσικού αερίου μέσω πηγαδιών. Οι σεισμικές δονήσεις μετρούν τα σεισμικά κύματα από το έδαφος ή το βυθό ώστε να συλλέξουν σχετικές πληροφορίες με τη γεωλογία του πετρωμάτων. Ο τρόπος μελέτης του εδάφους γίνεται με ειδικά φορητά, ή πολλές φορές και με τη χρήση μικρών ποσοτήτων εκρηκτικών ενώ οι πλατφόρμες με τις οποίες εκτελείται η γεώτρηση προς ανίχνευση και εξόρυξη στο βυθό της θάλασσας είναι είτε υπέργειες είτε υπόγειες. Ωστόσο για δοκιμαστικές γεωτρήσεις δύναται να χρησιμοποιηθούν και κατάλληλα προς αυτό διαμορφωμένα πλοία, τα οποία παράγουν ηχητικά κύματα για την εξερεύνηση του βυθού.

Αν τα αποτελέσματα από τις σεισμικές δονήσεις υποδηλώνουν την ύπαρξη φυσικού αερίου τότε ανοίγει ένα δοκιμαστικό πηγάδι, ώστε να ερευνηθούν την ποιότητα και την ποσότητα του φυσικού αερίου που υπάρχει στο σημείο.

Αν τα τεστ δείξουν ότι υπάρχει αρκετή ποσότητα φυσικού αερίου, και είναι κερδοφόρα η όλη διαδικασία, αρχίζουν να δημιουργούνται παραγωγικά πηγάδια προς εξόρυξη. Τα φρεάτια φυσικού αερίου μπορούν να τρυπηθούν οριζόντια ή κάθετα σε φυσικούς αεροσχηματισμούς. Στις συμβατικές εναποθέσεις φυσικού αερίου, το αέριο συνήθως ρέει εύκολα μέσα από τα πηγάδια στην επιφάνεια. Τα τελευταία χρόνια στις ΗΠΑ και σε μερικές ακόμα χώρες γίνεται εξόρυξη σχιστολιθικού φυσικού αερίου με τη χρήση νερού, χημικών και άμμου, τα οποία επιβάλλονται στο φρεάτιο υπό υψηλή πίεση. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται hydraulic fracturing ή fracking, κατά την οποία σπάει ο σχηματισμός του πετρώματος και το φυσικό αέριο ελευθερώνεται και αναδύεται προς την επιφάνεια μέσω του φρεατίου. Στην κορυφή του πηγαδιού το αέριο διοχετεύεται μέσα σε αγωγούς και στέλνεται στα εργοστάσια για περαιτέρω διεργασία. (eia, 2019)

3.3. Παραγωγή – Υγροποίηση

Σε μια τυπική διαδικασία, το αέριο που φτάνει στο εργοστάσιο διαχωρίζεται από τα υγρά του και διοχετεύεται σε υψηλής πίεσης διαχωριστή ο οποίος λειτουργεί ως τριφασικός διαχωριστής, με το αέριο, τα υγρά υδρογονανθράκων (συμπύκνωμα) και την υδατική φάση να διαχωρίζονται. Το αέριο διαχωρίζεται περαιτέρω ώστε να απομακρυνθεί κάθε απορρόφηση υγρού πριν από την εισαγωγή του στο τμήμα επεξεργασίας αερίων. Η υδατική φάση διαχωρίζεται σε ένα διαχωριστή μέσης πίεσης, όπου οι υγροί υδρογονάνθρακες (συμπύκνωμα) διαχωρίζονται περαιτέρω και τροφοδοτούνται στο σταθεροποιητή συμπυκνωμάτων, με σκοπό την μείωση της τάσης ατμών, ώστε να μπορεί να αποθηκεύεται σε δεξαμενές ατμοσφαιρικής πίεσης. Τα υγρά διαχωρίζονται στο σταθεροποιητή μέσω της κλασματοποίησης (fractioning), με τη μέθοδο του διαχωρισμού κατά την αλλαγή φάσεων, με τη θέρμανση του κλασματοποιητή με ατμό, παράγοντας ένα συμπύκνωμα πυθμένα από C5 and βαρύτερους υδρογονάνθρακες. Η μονάδα σταθεροποίησης συμπυκνωμάτων είναι σχεδιασμένη να παράγει συμπύκνωμα απαλλαγμένο από υδρόθειο με τη χρήση

ατμού και με σκοπό να συμβαδίζει με τις προδιαγραφές του RVP (Reid Vapor Pressure) στα από 8 έως 12 psia και 4 ppm υδρόθειο, τα οποία απαιτούνται για την μεταφορά και την αποθήκευση του ΥΦΑ. Τα υγρά υδρογονανθράκων περνάνε από δοχείο flash μέσης πίεσης. Οι ατμοί από το διαχωριστή και την κορυφή της στήλης του σταθεροποιητή συμπυκνώνονται και ανακυκλώνονται πίσω στο διαχωριστή υψηλής πίεσης, στο ρεύμα τροφοδοσίας, ενώ το υγρό που προέρχεται από το flash υπόκειται σε μείωση της πίεσης πριν την είσοδό του στη στήλη σταθεροποιητή συμπυκνώματος. Η υπερπλήρωση του σταθεροποιητή συμπιέζεται και ανακυκλώνεται στο ρεύμα τροφοδοσίας. Η παραπάνω μέθοδος χρησιμοποιείται για όλα τα πετρελαϊκά προϊόντα, και μετρά τη μεταβλητότητα του προϊόντος.

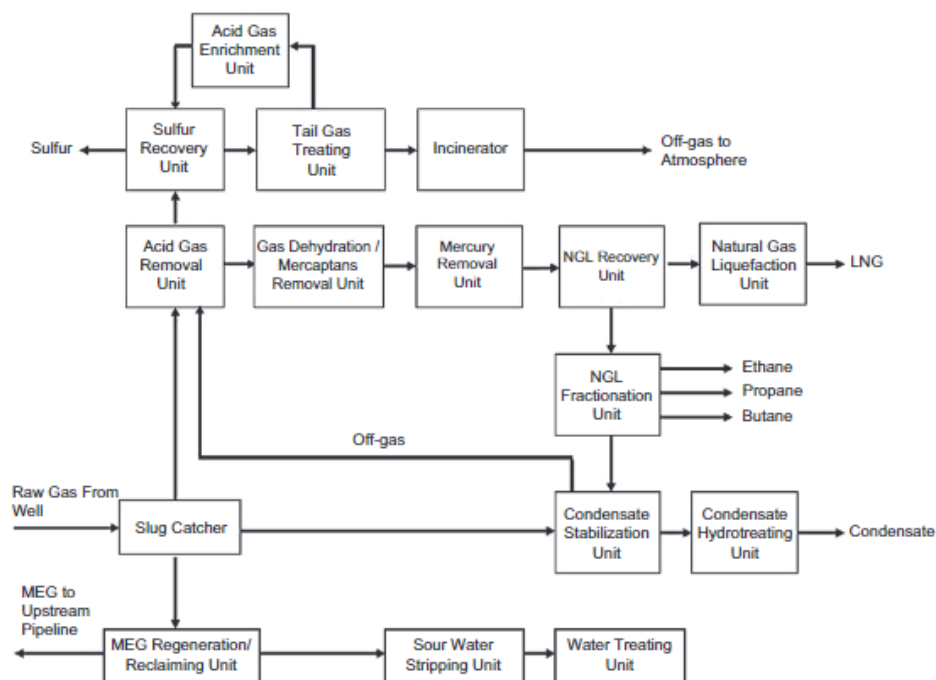


FIGURE 2-1

Typical LNG production plant.

Το συμπύκνωμα ανταλλάσσει θερμότητα με την τροφοδοσία του σταθεροποιητή, κατόπιν ψύχεται και εξάγεται ως σταθεροποιημένο συμπύκνωμα. Εάν υπάρχουν σημαντικές ποσότητες από μερκαπτάνες (θειόλες) στο αέριο τροφοδοσίας, το συμπύκνωμα επεξεργάζεται περαιτέρω με τη μέθοδο της υδρογονοκατεργασίας, ώστε να πληρούνται οι προδιαγραφές θείου του προϊόντος. Η λειτουργία της μονάδας υδρογονοκατεργασίας συμπύκνωσης είναι η απομάκρυνση των ενώσεων θείου από το συμπύκνωμα για να ικανοποιήσει την προδιαγραφή αποθειωμένου προϊόντος 50 ppmw ολικού θείου. Υπάρχουν πολλές προκλήσεις στο σχεδιασμό μιας μονάδας

υδρογονοκατεργασίας για το συμπύκνωμα που παράγεται από «όξινο» αέριο (sour gas). Αυτές περιλαμβάνουν την παρουσία στοιχειακού θείου, την ευρεία περιοχή βρασμού συμπυκνωμάτων, τις αβεβαιότητες σχετικά με τις συνθέσεις και περιορισμένα δεδομένα σχετικά με την κατανομή των ειδών θείου και των αρωματικών ενώσεων και μετάλλων ρύπων.

3.3.1 Διαδικασίες αποθείωσης

Στον σχεδιασμό αντιδραστήρα υδρογονοκατεργασίας, διάφορες ενώσεις θείου όπως μερκαπτάνες, σουλφίδια και στοιχειακού θείου αντιδρούν με υδρογόνο σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση παρουσία καταλύτη. Οι περιεκτικότητες σε θείο μετατρέπονται σε H₂S και παράγουν υδρογονάνθρακα χωρίς θείο

(R-S-H + H₂ → R-H + H₂S, όπου R = αλυσίδα υδρογονανθράκων).

Οι συνθήκες στον αντιδραστήρα έχουν σχεδιαστεί για να διατηρούν το στοιχειακό θείο στο διάλυμα και να αποφεύγουν την εναπόθεση των στερεών στους καταλύτες. Αυτό συνήθως απαιτεί χαμηλότερη θερμοκρασία λειτουργίας και υψηλότερη πίεση λειτουργίας που χρησιμοποιείται συνήθως στην νάφθα. Αν και ο σκοπός του καταλύτη είναι η αποθείωση, παρατηρείται επίσης κάποιος κορεσμός αρωματικών ενώσεων. Η διαμόρφωση της μονάδας είναι συμβατική και παρόμοια με την εφαρμογή του διωλιστηρίου και αποτελείται κυρίως από τα ακόλουθα τμήματα:

Βρόχος αντιδραστήρα υψηλής πίεσης: Οι ενώσεις θείου και στοιχειακού θείου στο συμπύκνωμα μετατρέπονται σε H₂S. Το απόβλητο του αντιδραστήρα ψύχεται και τα υγρά του προϊόντος διαχωρίζονται από το ανακυκλωμένο αέριο σε διαχωριστή προϊόντος.

Τμήμα απογύμνωσης χαμηλής πίεσης: Το προϊόν συμπύκνωσης από τον διαχωριστή απογυμνώνεται από το H₂S και H₂.

Μονάδα συμπίεσης υδρογόνου: Το υδρογόνο από το εργοστάσιο υδρογόνου συμπιέζεται στον αντιδραστήρα βρόχου.

Εργοστάσιο υδρογόνου: προμήθειες υδρογόνου υψηλής καθαρότητας εισέρχονται στον βρόχο αντιδραστήρα υψηλής πίεσης.

Το συνδυασμένο ρεύμα αερίου αποστέλλεται στη μονάδα γλύκανσης αερίου (Gas Sweetening Unit, GSU), η οποία καλείται Μονάδα απομάκρυνσης αέριων οξέων

(Acid Gas Removal Unit, **AGRU**), όπου το υδρόθειο και το διοξείδιο του άνθρακα απομακρύνονται. Το υδρόθειο απομακρύνεται με τη χρήση διαλύτη αμίνης, ώστε το τελικό προϊόν να υπάγεται στα όρια των προδιαγραφών που είναι τα 4 ppmv. Το όριο για το διοξείδιο του άνθρακα που επιτρέπεται να υπάρχει στο αέριο είναι τα 50 ppmv, ώστε να αποφευχθεί η πιθανότητα ψύξης του CO₂ στον κύριο εναλλάκτη στην εγκατάσταση υγροποίησης, ενώ τα όρια για το ολικό θείο, το νερό και τον υδράργυρο είναι στα 300ppmv, 0.1ppmv και 0.01μg/Nm³. Για να επιτευχθεί η καθαρότητα του νέου συμπυκνώματος, απαιτείται η χρήση διαλυτών απορρόφησης για την αφαίρεση των οξέων από το αέριο, και υπάρχουν 3 κοινές διαδικασίες.

3.3.2 Διαδικασίες απορρόφησης

Αρχικά η διαδικασία χημικού διαλύτη, όπου στη διαδικασία *χημικής απορρόφησης*, απορροφάται χημικά το H₂S, το CO₂ και σε κάποιο βαθμό και το COS, ενώ δεν απομακρύνονται οι μερκαπτάνες σε χαμηλά επίπεδα λόγω της χαμηλής διαλυτότητας αυτών των συστατικών. Το πλεονέκτημα αυτής της διαδικασίας χημικού διαλύτη, όπως η με τη χρήση αμίνης, είναι ότι η διαλυτότητα των αρωματικών και βαρέων υδρογονανθράκων στον υδατικό διαλύτη είναι χαμηλή, συνεπώς υπάρχουν και λιγότερες απώλειες υδρογονανθράκων. Το μειονέκτημα αυτής της διαδικασίας είναι η υψηλή κατανάλωση ενέργειας στην αναγέννηση αμίνης σε λειτουργία θέρμανσης και ψύξης. Συνηθισμένα παραδείγματα διεργασιών αμίνης είναι υδατικά διαλύματα αλκανολικών αμινών όπως μονοαιθανολαμίνη (MEA), διγλυκολαμίνη (DGA), διαιθανολαμίνη (OEA), διισοπροπανολαμίνη (DIPA) και (MDEA). Με την εξαίρεση του MDEA, οι αμίνες γενικά δεν είναι επιλεκτικές, καθώς αφαιρούν τόσο το CO₂ όσο και το H₂S από το αέριο.

Τυπικά, η εκλεκτικότητα MDEA προς το H₂S είναι μεγαλύτερη στις χαμηλές λειτουργικές πιέσεις όπως στο αέριο ουράς (tail gas), αλλά η επιλεκτικότητα του είναι σημαντικά μειωμένη σε υψηλή πίεση. Όταν χρησιμοποιείται για την επεξεργασία των ξινών αερίων για να πληρούν τις αυστηρές προδιαγραφές CO₂ για LNG, η απορρόφηση του CO₂ είναι πολύ αργή με τη χρήση MDEA, και πρέπει να ενισχυθεί με έναν υποστηρικτή.

Μια τυπική διαδικασία αμίνης είναι η εξής: Το αέριο τροφοδοσίας οδηγείται σε έναν μεταλλάκτη αμίνης, που αποτελείται από τμήμα απορρόφησης αμίνης και τμήμα πλύσης νερού. Το τμήμα απορρόφησης αμίνης αφαιρεί τα όξινα αέρια από το

τροφοδοτούμενο αέριο ερχόμενο σε επαφή με την αμίνη. Το επεξεργασμένο αέριο πλένεται στο τμήμα πλύσης νερού για να ανακτήσει την αμίνη από το επεξεργασμένο αέριο. Το τμήμα πλύσης νερού μειώνει την απαίτηση επανάκτησης της αμίνης και ελαχιστοποιεί την ρύπανση στη μονάδα μοριακού κόσκινου. Το ρεύμα πλούσιο σε αμίνη από τον απορροφητή αμίνης διαχωρίζεται σε φλας, δημιουργώντας ένα αέριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καύσιμο αφού έχει επεξεργαστεί με αμίνη. Συνήθως χρησιμοποιείται ένας εναλλάκτης ώστε να μειώσει τη λειτουργία του επανακυκλοφορητή αναγέννησης. Η αμίνη αναδημιουργείται χρησιμοποιώντας ατμό ή άλλο θερμαντικό μέσο. Η άπαχη αμίνη (lean amine) ψύχεται, αντλείται και ανακυκλώνεται πίσω στον απορροφητή αμίνης.

Το πρόβλημα κατά τη λειτουργία μιας μονάδας αμίνης είναι ο σχηματισμός αφρού στο μηχανισμό επαφής αμίνης. Όξινο αέριο από το διαχωριστή υψηλής πίεσης βρίσκεται στο σημείο δρόσου υδρογονανθράκων, έτσι ώστε η θερμοκρασία άπαχης αμίνης να ελέγχεται σε κάποιο περιθώριο πάνω από τη θερμοκρασία του αερίου οξυγόνου, συνήθως στους 10 F για να αποφευχθεί η συμπύκνωση και συνεπώς ο αφρισμός στον απορροφητή. Στις περιοχές της ερήμου, όπου δεν υπάρχει διαθέσιμο νερό ψύξης, η διαδικασία ψύξης γίνεται με ψύκτρες αέρα. Στις περισσότερες περιοχές, είναι δύσκολο να κρυώσει το προς επεξεργασία αέριο κάτω των 150 F. Στον απορροφητή αμίνης, η απομάκρυνση των όξινων αερίων θα αυξήσει τη θερμοκρασία σημείου δρόσου αερίου, πράγμα που σημαίνει ότι η θερμοκρασία άπαχης αμίνης θα αυξηθεί περαιτέρω. Μια άπαχη αμίνη σε υψηλή θερμοκρασία θα μειώνει το φορτίο ισορροπίας της πλούσιας αμίνης, αυξάνοντας τον ρυθμό ροής της αμίνης, κάνοντας δύσκολη την ανάκτηση. Για να επιτρέπεται η λειτουργία του απορροφητή σε περιοχές με υψηλή θερμοκρασία, η ψύξη του αερίου τροφοδοσίας είναι απαραίτητη, και απαιτείται με τη χρήση ψύξης προπανίου. Το αέριο τροφοδοσίας μπορεί να ψύχεται για την αφαίρεση υδρογονανθράκων, μειώνοντας το σημείο δρόσου υδρογονανθράκων, το οποίο θα επέτρεπε στον μηχανισμό επαφής αμίνης να λειτουργεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία, μειώνοντας έτσι την κυκλοφορία του διαλύτη.

Η δεύτερη διαδικασία είναι αυτή της **φυσικής απορρόφησης**: Οι διαδικασίες φυσικής απορρόφησης χρησιμοποιούν διαλύτη που απορροφά φυσικά το CO₂, το H₂S και το οργανικό θείο (COS, CS₂ και μερκαπτάνες). Οι φυσικοί διαλύτες μπορούν να εφαρμοσθούν επωφελώς όταν η μερική πίεση των συστατικών όξινου αερίου στο

αέριο τροφοδοσίας είναι υψηλή, τυπικά μεγαλύτερη από 50 psi. Η χωρητικότητα αποθήκευσης φυσικού διαλύτη αυξάνει αναλογικά με το μερική πίεση αερίου οξέος, σύμφωνα με το νόμο του Henry, και μπορεί να είναι ανταγωνιστική με τις διαδικασίες χημικών διαλυτών χάρης της υψηλότερης φόρτωσης και του μικρότερου θερμικού φορτίου. Ωστόσο, οι φυσικοί διαλύτες δεν είναι τόσο επιθετικοί όσο οι χημικοί και ίσως απαιτούνται επιπλέον διαδικασίες. Ανάλογα με τα στοιχεία του αερίου οξέος, ένα υβριδικό σύστημα επεξεργασίας όπως μια μονάδα φυσικών διαλυτών σε συνδυασμό με έναν καθαριστή θείου, μπορεί να είναι καλύτερη επιλογή από ένα σύστημα απλής αμίνης.

Το κύριο μειονέκτημα της μονάδας φυσικών διαλυτών είναι η συναπορρόφηση υδρογονανθράκων, η οποία έχει ως αποτέλεσμα απώλειες Btu στο εκρέον CO₂. Η εξοικονόμηση ενέργειας θα μπορούσε να αντισταθμιστεί από τις απώλειες αερίου προϊόντος. Σε αντίθεση με μια μονάδα αμίνης, όπου ο σχεδιασμός της διαδικασίας είναι αρκετά απλός, τα σχέδια φυσικών μονάδων διαλύτη είναι πιο περίπλοκα. Οι περισσότερες από τις διεργασίες φυσικών διαλυτών είναι διαδικασίες με άδεια και διαδικασίες μαζί με τις συνθήκες λειτουργίας διαφέρουν ανάλογα με τον αδειοδοτούμενο χρησιμοποιούμενο διαλύτη. Τυπικά, οι φυσικές μονάδες διαλύτη απαιτούν πρόσθετο εξοπλισμό, όπως συμπιεστή ανακύκλωσης, ψύξη, απογυμνωτή, και δοχείο διαχωρισμού flash. Η ανακύκλωση του αερίου μειώνει τις απώλειες υδρογονανθράκων, η οποία αυξάνει και την ανακύκλωση του διαλύτη. Αν το προς επεξεργασία αέριο οδηγηθεί προς απογύμνωση, το αέριο κορυφής από τον απογυμνωτή, μπορεί να ανακυκλωθεί στον απορροφητή το οποίο αυξάνει επίσης την ανακύκλωση διαλύτη. Ο σχεδιασμός μιας τέτοιας μονάδας πρέπει να γίνει με το βέλτιστο τρόπο ώστε να αξιοποιηθούν πλήρως τα πλεονεκτήματα των ιδιοτήτων του φυσικού διαλύτη.

Τέλος, η διαδικασία **μεικτών διαλυτών**: η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει μείγμα χημικών και φυσικών διαλυτών. Χρησιμοποιούνται στη μεταχείριση αερίων υψηλής περιεκτικότητας σε οξέα αέρια, ενώ προσφέρουν την αφαίρεση εις βάθος των χημικών διαλυτών. Σε κάποιο βαθμό, αυτά τα ευνοϊκά χαρακτηριστικά τους καθιστούν μια καλή επιλογή για πολλές εφαρμογές επεξεργασίας φυσικού αερίου. Η διαδικασία Shell Sulfinol είναι μία από τις αποδεδειγμένες μικτές διεργασίες διαλύτη.

Η επιλογή της τεχνολογίας απομάκρυνσης όξινου αερίου σε ένα εργοστάσιο ΥΦΑ εξαρτάται από τη σύνθεση και τις συνθήκες του αέριου τροφοδοσίας, τις προδιαγραφές αερίου προϊόντος και τη διαθεσιμότητα υπηρεσιών. Για παράδειγμα, εάν υπάρχει ως απόβλητο διαθέσιμη θερμότητα, τότε μπορούν να επιλεγούν μονάδες αμίνης. Ωστόσο, όταν μια πηγή θερμότητας δεν είναι άμεσα διαθέσιμη, τότε καλύτερη επιλογή είναι η χρήση φυσικού διαλύτη. Παρόλα αυτά, κριτήρια όπως η απορρόφηση των υδρογονανθράκων, η αφαίρεση των αρωματικών ουσιών, και η λειτουργική ευελιξία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε συνδυασμό με το κόστος κεφαλαίου και λειτουργίας.

3.3.3 Διεργασία Μοριακών Κοσκίνων

Το δεύτερο βήμα στη διαδικασία επεξεργασίας είναι μια μονάδα μοριακών κοσκίνων (MSU), η οποία έχει σχεδιαστεί για να ικανοποιεί το προδιαγραφές προϊόντος για την περιεκτικότητα σε ύδωρ και μερκαπτάνες (RSH). Το MSU έχει σχεδιαστεί για να αφαιρεθεί νερό σε επίπεδο 0,1 ppmv και τις μερκαπτάνες σε 2 έως 3 ppmv. Όταν χρησιμοποιούνται μοριακά κόσκινα για την απομάκρυνση των μερκαπτάνων, το νερό πρέπει να έχει αφαιρεθεί νωρίτερα πριν το συμπύκνωμα φτάσει στην κλίνη απομάκρυνσης μερκαπτάνων. Η αφαίρεση του νερού και των μερκαπτάνων μπορεί να γίνει σε κόσκινα εγκατεστημένα σε ένα δοχείο, όπου τα πρώτα στρώματα κοσκίνου αφαιρούν το νερό και τα επόμενα τις μερκαπτάνες. Επιπλέον στρώματα από απορροφητικές ουσίες μπορούν να προστεθούν για την αφαίρεση του υδραργύρου και να προστατέψουν τα μοριακά κόσκινα από διάφορες μολύνσεις. Ο σχεδιασμός της μονάδας αφυδάτωσης και προσρόφησης μερκαπτάνης βασίζεται στον αριθμό σταθερών κλινών σε παράλληλη διάταξη. Σε μια τυπική λειτουργία, χρησιμοποιούνται τέσσερις κλίνες μοριακών κοσκίνων, με δύο από τους προσροφητές κατά την ξήρανση του γλυκού αερίου από την AGRU, ένας απορροφητής αναγεννάται θερμικά με απελευθέρωση των απορροφούμενων ενώσεων και ο άλλος προσροφητής ψύχεται πριν επιστραφεί στον επόμενο κύκλο. Κάθε προσροφητής μοριακών κοσκίνων είναι σε κατάσταση προσρόφησης για 6 ώρες, ακολουθούμενη από 3 ώρες θέρμανσης και 3 ώρες ψύξης. Κάθε 12 ώρες ο κύκλος επιστρέφει στο ίδιο σημείο και επαναλαμβάνεται.

Οι συνθήκες λειτουργίας των κύκλων, όπως η ροή, οι πιέσεις, οι θερμοκρασίες και οι συνθήκες αναγέννησης αξιολογούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να χρησιμοποιηθούν με

το βέλτιστο τρόπο στη λειτουργία αφυδάτωσης και την επέκταση της διάρκειας ζωής της κλίνης. Εάν ο διαλύτης που χρησιμοποιείται στην AGRU είναι φυσικός διαλύτης ή μεικτός χημικός / φυσικός διαλύτης, είναι σημαντικό μέρος των μερκαπτανών μπορεί να έχει ήδη αφαιρεθεί στην AGRU, μειώνοντας έτσι την απαίτηση απομάκρυνσης μερκαπτανών μοριακού κόσκινου. Από την άλλη πλευρά, χημικοί διαλύτες όπως η DEA, η DGA ή η MDEA (επιταχυνόμενη) δεν απορροφούν καμία σημαντική ποσότητα βαρέων υδρογονανθράκων και μερκαπτανών, οι οποίες πρέπει να διαχειριστούν από την μονάδα μοριακού κόσκινου. Όταν το μοριακό κόσκινο αναγεννάται, επιστρέφει το αέριο αναγέννησης υγρού μοριακού κόσκινου που περιέχει τις μερκαπτάνες στην είσοδο της μονάδας AGRU.

Η συγκέντρωση μερκαπτάνης στο αέριο που εισέρχεται στην AGRU θα συσσωρευτεί μέχρι η ποσότητα που αφαιρείται στην AGRU να ισούται με τις εισερχόμενες μερκαπτάνες. Ο διαχωρισμός της απομάκρυνσης μερκαπτάνης μεταξύ της ARGU και των μοριακών κόσκινων θα πρέπει να λάβουν υπόψη παράγοντες όπως η λειτουργική ευελιξία στις διάφορες συνθέσεις αερίων και στους ρυθμούς ροής, περιβαλλοντικοί λόγοι εκπομπές, καθώς επίσης κόστη λειτουργίας και κεφαλαίου.

Όταν χρησιμοποιούνται μοριακά κόσκινα τόσο για αφαίρεση αφυδάτωσης όσο και για αφαίρεση μερκαπτανών, η ποσότητα των μερκαπτανών πρέπει να καθαριστεί από το σύστημα με ένα ή περισσότερα μέσα, όπως:

- Χρησιμοποιώντας το υγρό αέριο αναγέννησης ως αέριο καύσιμο. Αυτό είναι απίθανο, καθώς το αέριο αναγέννησης υπερβαίνει την απαίτηση αερίου του σταθμού. Επίσης τα οξείδια του θείου από την αποτέφρωση των μερκαπτανών μπορεί να υπερβούν το όριο εκπομπών θείου του εργοστασίου.
- Προσθέτοντας φυσικό διαλύτη AGRU για την επεξεργασία του αερίου αναγέννησης.

3.3.4 Μέθοδοι απομάκρυνσης υδραργύρου

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι σημαντικό εκτός της απομάκρυνση όσων αναφέρθηκαν να γίνει απομάκρυνση και του υδραργύρου, γι' αυτό το λόγο είναι σημαντική η ύπαρξη μιας μονάδας αφαίρεσης υδραργύρου. Αυτό συμβαίνει επειδή οι επιπτώσεις για ένα εργοστάσιο LNG από τον υδράργυρο αρκετά σημαντικές καθώς είναι δύσκολο να προβλεφθεί το περιεχόμενο υδραργύρου στις δεξαμενές παραγωγής.

Τα χαμηλά επίπεδα υδραργύρου μπορούν να προκαλέσουν σοβαρή διάβρωση στους εναλλάκτες θερμότητας με αλουμίνιο που χρησιμοποιούνται σε κρυογονικά συστήματα και ενδέχεται να θέσουν σε κίνδυνο τόσο το περιβάλλον όσο και την ανθρώπινη ασφάλεια . Η παρουσία υδραργύρου στα ρεύματα τροφοδοσίας στα πετροχημικά εργοστάσια είναι ικανή να προκαλέσει δηλητηρίαση καταλυτών πολύτιμων μετάλλων. Για το λόγο αυτό, η μονάδα ΥΦΑ είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο που να απαιτεί απομάκρυνση υδραργύρου σε επίπεδα κάτω από 0,01 mg / Nm³.

Οι περισσότερες από τις μεθόδους για την αφαίρεση του υδραργύρου από το φυσικό αέριο και τα υγρά υδρογονανθράκων απαιτούν σταθερές κλίνες υλικών αφαίρεσης υδραργύρου. Το ρευστό ρέει μέσω της σταθερής κλίνης στην οποία αντιδρά ο υδράργυρος με το δραστικό αντιδραστήριο στο δοχείο απομάκρυνσης υδραργύρου και παράγει ένα προϊόν χωρίς υδράργυρο. Υπάρχουν δύο είδη αφαίρεσης υδρογονανθράκων:

Μη αναγεννητικοί απορροφητές υδραργύρου: Στη μη αναγεννητική διαδικασία απομάκρυνσης υδραργύρου, ο υδράργυρος αντιδρά με το θείο για να σχηματίσει μια σταθερή ένωση στην επιφάνεια του προσροφητικού υλικού. Ένας αριθμός διαφορετικών προσροφητικών υλικών είναι διαθέσιμος με διάφορες ανοχές στη θερμοκρασία λειτουργίας, στους υγρούς υδρογονάνθρακες και στο νερό. Ωστόσο, υπάρχουν μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου, καθώς η σουλφιδική ουσία μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο με ξηρό αέριο, καθώς έχει μεγάλη επιφάνεια και μικρό μέγεθος πόρων. Αυτό επίσης περιορίζει την πρόσβαση του υδραργύρου στις θέσεις θείου και αυξάνει το μήκος της ζώνης αντίδρασης. Επίσης, το θείο μπορεί να χαθεί με εξάχνωση και διάλυση σε υγρά υδρογονανθράκων, το οποίο μειώνει την ικανότητα απομάκρυνσης υδραργύρου. Επιπλέον, είναι συχνά δύσκολο να διατεθεί το χρησιμοποιημένο υλικό με απορροφημένο υδράργυρο

Αναγεννητικοί απορροφητές υδραργύρου: Η διαδικασία αναγεννητικής απομάκρυνσης υδραργύρου χρησιμοποιεί άργυρο σε ένα μοριακό κόσκινο, για να απορροφήσει χημικά στοιχειακό υδράργυρο. Η κορεσμένη με υδράργυρο κλίση στη συνέχεια αναγεννάται με ζεστό αέριο αναγέννησης. Το αέριο αναγέννησης τυπικά θερμαίνεται στους 550 F. Ο υδράργυρος μπορεί αργότερα να ανακτηθεί στο συμπυκνωμένο νερό. Σε αυτή τη μέθοδο απομάκρυνσης υδραργύρου, δεδομένου ότι ο

υδράργυρος δεν συσσωρεύεται στο προσροφητικό, αποφεύγονται τα προβλήματα διάθεσης με το χρησιμοποιημένο προσροφητικό. Ωστόσο, θα υπάρχει ίχνος του υδραργύρου που απομένει στο αέριο αναγέννησης, το οποίο μπορεί να αφαιρεθεί με μη αναγεννητική κλίνη υδραργύρου. (Saeid Mokhatab, 2013)

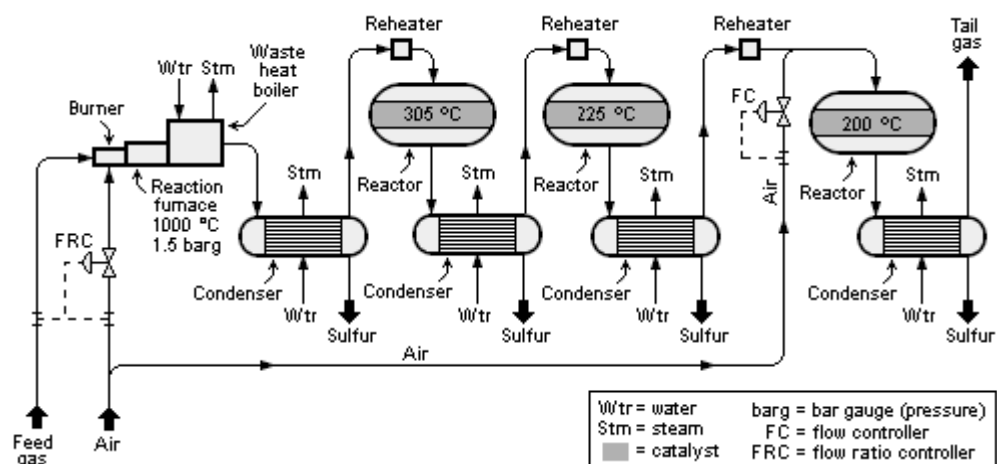
3.3.5 Μέθοδοι Claus & Tail Gas Treating Unit

Δύο ακόμα ουσίες που πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές είναι τα καρβονυλικά σουλφίδια (COS) και μερκαπτάνες (R-SH). Το αέριο οξύ από τη στήλη αναγέννησης στέλνεται στη μονάδα ανάκτησης θείου (Sulfur Recovery Unit – SRU), η οποία αποτελείται από μια μονάδα Claus, η πιο βασική μονάδα που συμβάλει στην απομάκρυνση του θείου από το φυσικό αέριο και μια μονάδα Tail Gas Treating (TGTU), η οποία μειώνει το θείο και τα διοξείδια του θείου στο αέριο που προκύπτει από τη μονάδα Claus, με τη μέθοδο της απορρόφησης κάνοντας χρήση διαλύτη αμίνης. (wikipedia, n.d.) Η πιο βασική μονάδα που συμβάλει στην απομάκρυνση του θείου από το φυσικό αέριο και μια μονάδα Tail Gas Treating (TGTU), η οποία μειώνει το θείο και τα διοξείδια του θείου στο αέριο που προκύπτει από τη μονάδα Claus, με τη μέθοδο της απορρόφησης κάνοντας χρήση διαλύτη αμίνης.

Η κοινή μέθοδος για τη μετατροπή του H₂S σε στοιχειακό θείο σε ένα εργοστάσιο αερίου είναι η μέθοδος που βασίζεται σε Claus. **Η διαδικασία Claus** είναι βασικά μια μονάδα καύσης, και για να υποστηρίξει την αντίδραση μετατροπής του θείου, το όξινο αέριο πρέπει να περιέχει επαρκή H₂S για να υποστηρίξει τη θερμότητα καύσης. Τυπικά, η περιεκτικότητα σε H₂S στο όξινο αέριο πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 40 mole%. Αν το αέριο τροφοδοσίας περιέχει ανεπαρκή H₂S, απαιτούνται πρόσθετα βήματα επεξεργασίας, τα οποία μπορεί να απαιτούν συμπληρωματική προθέρμανση, εμπλουτισμό με οξυγόνο ή εμπλουτισμό με όξινο αέριο. Επιπλέον, εάν το όξινο αέριο περιέχει άλλες μολυσματικές ουσίες όπως αμμωνία, BTEX και μερκαπτάνες, απαιτείται υψηλότερη θερμοκρασία καύσης, η οποία μπορεί να απαιτεί αέρια με ακόμα μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε H₂S.

Σε μία συμβατική μέθοδο Claus, η αντίδραση διεξάγεται σε δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο είναι το θερμικό τμήμα όπου ο αέρας χρησιμοποιείται για την οξείδωση περίπου του ενός τρίτου της περιεκτικότητας σε H₂S στο όξινο αέριο προς SO₂. Αυτή η αντίδραση είναι εξαιρετικά εξωθερμική και τυπικά περίπου 60 έως 70% του H₂S στο όξινο αέριο μετατρέπεται σε θείο. Στη θερμική φάση, τα θερμά αέρια

ψύχονται στους 600 F έως 800 F και η θερμότητα που παράγεται ως απόβλητο χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ατμού υψηλής πίεσης. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, οι ουσίες με S2 μετατρέπονται σε άλλα είδη θείου, κυρίως S6 και S8. Τα αέρια τελικά ψύχονται, στους 340 F έως 375 F, σε έναν συμπυκνωτή θείου δημιουργώντας ατμό χαμηλής πίεσης.



Διαδικασία Claus

Πηγή: (wikipedia, n.d.)

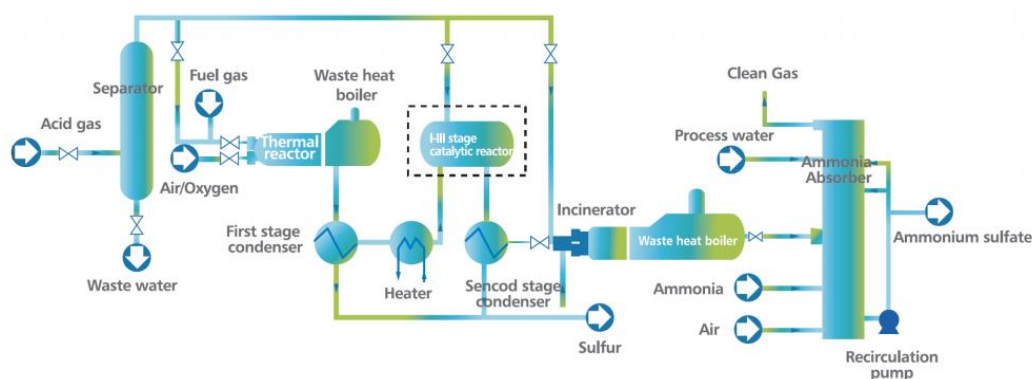
Το δεύτερο στάδιο είναι το καταλυτικό στάδιο. Το υπόλειμμα H₂S μετατρέπεται σε αντιδραστήρες τριών σταδίων όπου το θείο μετατρέπεται με αντίδραση του υπολειμματικού H₂S με SO₂ σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, τυπικά 400 F έως 650 F. Το αέριο πρέπει να προθερμαίνεται πρώτα για να αποφευχθεί η εναπόθεση θείου στους αντιδραστήρες. Το υγρό θείου συμπυκνώνεται από τον συμπυκνωτή και κατευθύνεται προς την κοιλότητα του θείου για απαέρωση. Οι αποδόσεις ανάκτησης του θείου για μια καταλυτική διεργασία δύο σταδίων είναι περίπου 90 έως 96%, και για τρία στάδια διαδικασία, η αποτελεσματικότητα μπορεί να αυξηθεί από περίπου 95 έως 98%. Με ένα επιπρόσθετο στάδιο οξείδωσης, η μετατροπή του θείου μπορεί να αυξηθεί περαιτέρω στο 99%. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, για να συμμορφωθεί με τις σημερινές απαιτήσεις εκπομπών, το υπολειμματικό θείο από τη μονάδα Claus πρέπει να απομακρυνθεί περαιτέρω μέσω επεξεργασίας με αμίνη σε μονάδα επεξεργασίας αερίου πυθμένα (ουράς).

Πριν το αέριο ουράς υποστεί επεξεργασία στη μονάδα επεξεργασίας αερίων, η περιεκτικότητα σε SO₂ πρέπει να μετατραπεί σε H₂S, το οποίο μπορεί στη συνέχεια

να απορροφηθεί από μια εκλεκτική αμίνη H_2S . Η αμίνη απορροφά την περιεκτικότητα σε H_2S , η οποία ανακυκλώνεται πίσω στο μπροστινό τμήμα της μονάδας Claus. Αυτή η διαδικασία ανακύκλωσης αναπτύχθηκε για πρώτη φορά από τη Shell ως η μονάδα SCOT (Shell Claus Off-Gas Treatment), η οποία έγινε μια τυποποιημένη μονάδα για να ανταποκριθεί στις σημερινές προδιαγραφές εκπομπών. Με τη χρήση μιας επιλεκτικής αμίνης, μπορεί να επιτευχθεί ανάκτηση θείου άνω του 99,9%. Αυτός ο σχεδιασμός ανακύκλωσης μπορεί επίσης να ενσωματωθεί με μονάδα εμπλουτισμού όξινου αερίου. (Saeid Mokhatab, 2013)

Η μονάδα TGTU, αποτελείται από δύο τμήματα, το τμήμα υδρογόνωσης και το τμήμα επεξεργασίας αερίου ουράς. Στην υδρογόνωση, το SO_2 μετατρέπεται σε H_2S από τον καταλύτη υδρογόνωσης παρουσία υδρογόνου. Η μετατροπή του SO_2 πρέπει να είναι πλήρης καθώς θα αντιδράσει με την αμίνη στη μονάδα επεξεργασίας με αποτέλεσμα την αποικοδόμηση αμίνης. Το υδρογονωμένο αέριο ουράς στη συνέχεια ψύχεται με νερό σε ένα πύργο. Η περίσσεια συμπυκνώματος νερού αφαιρείται από τον πύργο και το αεριωθούμενο αέριο ουράς αποστέλλονται σε μια μονάδα αμίνης.

Το αέριο ουράς στη μονάδα αμίνης αποτελείται κυρίως από CO_2 και ένα πολύ μικρό ποσοστό H_2S . Η TGTU έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να απορροφά επιλεκτικά το H_2S ενώ απορρίπτει το CO_2 πριν αποσταλεί σε θερμικό οξειδωτή ή αποτέφρωση. Η εκλεκτική αμίνη H_2S μπορεί να είναι ένα διαμορφωμένο MDEA για απομάκρυνση θείου ή στερεοχημικώς παρεμποδιζόμενες αμίνες. Το διαμορφωμένο MDEA διατίθεται από διάφορους προμηθευτές οι οποίοι αδειοδοτούνται από την ExxonMobil.



Διαδικασία TGTU

Πηγή (JNG, n.d.)

Το απόρριμμα από τον απορροφητή TGTU αποτεφρώνεται. Το αέριο απαλλαγμένο από τα σουλφίδια (sweet gas) που προέρχεται από τον GSU, είναι απαραίτητο να ξηραθεί σε μονάδα αφυδάτωσης χρησιμοποιώντας τεχνολογία μοριακών κοσκίων μικρότερη των 0.1 ppmv, ώστε να αποφευχθεί ο σχηματισμός υδρίτη στη μονάδα ανάκτησης NGL (φυσικό αέριο υγροποιημένο). Το παραπάνω αέριο γίνεται κορεσμένο με τη χρήση νερού και σε λειτουργία ζεστού κλίματος, η περιεκτικότητα σε νερό μπορεί να γίνει σημαντική. Για μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση και οικονομία το «γλυκό» αέριο ψύχεται πρώτα ώστε να αφαιρεθεί ο όγκος νερού πριν περάσει από τις μονάδες μοριακού κόσκινου. Το μοριακό κόσκινο μπορεί επίσης να σχεδιαστεί ώστε να απομακρύνει τις μερκαπτάνες από το στεγνό αέριο για να πετύχει τις προδιαγραφές σουλφιδίου. Συνήθως, υπάρχουν ίχνη υδραργύρου στο αέριο τροφοδοσίας τα οποία και αφαιρούνται με τη χρήση κλινών σε μικρότερο από 10 νανογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο ώστε να αποφευχθεί η διάβρωση στο ρεύμα του κρυογενικού εναλλάκτη. Το ξηραμένο αέριο διοχετεύεται σε μονάδα ανάκτησης υγρού φυσικού αερίου (NGL) η οποία έχει σχεδιαστεί για να αφαιρεί και να ανακτά τους υδρογονάνθρακες C2 & C3, ώστε να παράγουν αέριο για υγροποίηση. Η απομάκρυνση στοιχείων από το NGL θα μείωνε την ανάγκη για μια στήλη καθαριστήρα στη μονάδα υγροποίησης, η οποία συνήθως χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση αρωματικών και βαρέων υδρογονανθράκων ώστε να αποφευχθεί η εναπόθεση κεριού στον κεντρικό εναλλάκτη. Η μονάδα ανάκτησης ΥΦΑ μπορεί να σχεδιαστεί για ανάκτηση και παραγωγή αιθανίου, το οποίο μπορεί να λειτουργήσει ως τροφοδοσία σε cracker αιθυλενίου σε πετροχημικό σύμπλεγμα. Τα υγρά στοιχεία C3 – C5 του ΥΦΑ είναι πολύτιμα εμπορεύσιμα προϊόντα και χωρίζονται σε μεμονωμένα προϊόντα προς πώληση. Το προπάνιο και το βουτάνιο εξάγονται ως ξεχωριστά προϊόντα ή ως συνδυασμένο προϊόν μείγματος προπανίου – βουτανίου, ενώ τα C5 και τα βαρύτερα συστατικά μπορούν να εξαχθούν για ανάμειξη τους με βενζίνη. Αν οι μερκαπτάνες ήταν παρούσες στο αέριο τροφοδοσίας, θα εμφανίζονταν στα C5 υγρά, τα οποία θα έπρεπε να υποβάλλονται σε επεξεργασία ώστε να πληρούν τις προδιαγραφές του υγρού για το θείο. (Saeid Mokhatab, 2013)

3.3.6 Μονάδα υγροποίησης NGL

Το αέριο που προέρχεται από τη μονάδα ανάκτησης NGL εισέρχεται στη μονάδα υγροποίησης που ψύχει και υγροποιεί το αέριο. Η τεχνολογία υγροποίησης βασίζεται στην αρχή του κύκλου ψύξης όπου ένα ψυκτικό, με διαδοχική επέκταση και συμπίεση, απομακρύνει την θερμική περιεκτικότητα ενός ρεύματος αερίου, απορρίπτοντας το στον ατμοσφαιρικό αέρα ή το νερό ψύξης. Το ψυκτικό μπορεί να είναι μέρος της τροφοδοσίας ΦΑ (διαδικασία ανοιχτού κύκλου) ή ένα ξεχωριστό υγρό μπορεί να επανακυκλοφορεί εντός του υγροποιητή (διαδικασία κλειστού κύκλου). Μετά την υγροποίηση του ΦΑ, απαιτείται μονάδα απομάκρυνσης αζώτου, εάν η περιεκτικότητα αζώτου είναι πάνω από τις εμπορικές προδιαγραφές του ΥΦΑ, τυπικά στο 1 % κατά μάζα. Η χαμηλή περιεκτικότητα σε άζωτο στο προϊόν LNG απαιτείται για να αποφευχθούν οι χαμηλές θερμοκρασίες υγροποίησης, και να μειωθεί η περιεκτικότητα σε άζωτο στο σημείο βρασμού, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αέριο καύσιμο και να μειωθεί ο κίνδυνος ανατροπής των δεξαμενών αποθήκευσης στα τερματικά όταν παραδίδονται στους πελάτες. Η ανατροπή συμβαίνει σε δεξαμενές όπου γίνεται ταχεία ανάμιξη στρωματοποιημένων στρωμάτων εντός δεξαμενής υγροποιημένου φυσικού αερίου προκαλώντας απότομη απελευθέρωση σε πολύ υψηλά επίπεδα καυσαερίου σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Στο LNG γίνεται απομείωση της πίεσης σε δοχείο Flash για να φτάσει στην πίεση αποθήκευσης και το άζωτο, που είναι το ελαφρύτερο συστατικό, διαχωρίζεται και απομακρύνεται. Ο πλούσιος σε άζωτο ατμός συμπιέζεται και ανακτάται ως αέριο καύσιμο. Το διαχωρισμένο υγρό αντλείται στις δεξαμενές αποθήκευσης για εξαγωγή. Αυτή η διαδικασία διαχωρισμού είναι κατάλληλη για την τροφοδοσία αερίων με περιεκτικότητα σε άζωτο μέχρι 2% κατά μάζα. Ωστόσο, με ένα αέριο τροφοδοσίας υψηλού αζώτου, η απλή διαδικασία διαχωρισμού με τη χρήση flash δεν είναι επαρκής και απαιτείται ένα επιπλέον στάδιο κλασμάτωσης. Εάν δεν αφαιρεθεί, η υψηλή περιεκτικότητα σε άζωτο θα μειώσει την θερμοκρασίας υγροποίησης και θα αυξήσει την κατανάλωση ισχύος ψυκτικής μονάδας.

Επιπλέον, η περιεκτικότητα αζώτου στο αέριο εκτόνωσης και το αέριο στο σημείο βρασμού του θα είναι υψηλότερη, γεγονός που μπορεί να μην ανταποκρίνεται στην προδιαγραφή σχετικά με τη θερμογόνο δύναμη του αερίου καυσίμου. Συνεπώς, είναι αναγκαία η αφαίρεση της περιεκτικότητας σε άζωτο, είτε πριν είτε κατά τη διάρκεια

της υγροποίησης. Η αφαίρεση του αζώτου με τη μέθοδο κρυογονικού διαχωρισμού είναι η αποδεδειγμένη διαδικασία αφαίρεσης αζώτου για την παραγωγή ΥΦΑ.

Οι άλλες εναλλακτικές λύσεις, όπως η απορρόφηση υπό πίεση ή η τεχνολογία μεμβράνης, δεν είναι τόσο οικονομικά ανταγωνιστικές για να επιτευχθούν οι προδιαγραφές για το άζωτο.

Έπειτα, στο τελευταίο στάδιο της υγροποίησης, το φυσικό αέριο ψύχεται, με την μείωση της θερμοκρασίας του μεθανίου περίπου στους $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$, στο σημείο βρασμού του, και μεταπίπτει στην υγρή φάση. Για τη διαδικασία της υγροποίησης, επιλέγεται ανάλογα με τις εγκαταστάσεις, η καταλληλότερη από τις τρεις υπάρχουσες μεθόδους ρευστοποίησης του φυσικού αερίου. Η πρώτη εξ αυτών είναι η λεγόμενη **καθαρή διεργασία ψυκτικών ουσιών σε σειρά (pure process)**, η οποία αποτελεί μια πολυδάπανη και σύνθετη διαδικασία επιτελούμενη σε 3 στάδια, ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη χαμηλή θερμοκρασία. Το κάθε στάδιο έχει μία ψυκτική ουσία (1^ο στάδιο: προπάνιο, 2^ο στάδιο: αιθυλένιο, 3^ο στάδιο: μεθάνιο), ένα συμπιεστή μείωσης πίεσης σε διαδοχικά σημεία διαχωρισμού και τους εναλλάκτες θερμότητας. Για την καθεμία από τις τρεις ψυκτικές ουσίες, λόγω συμπίεσης, δημιουργούνται τρία επίπεδα θερμοκρασίας με αποτέλεσμα την τελική δημιουργία εννέα βαθμίδων, όπου η αφαίρεση της θερμότητας από το φυσικό αέριο γίνεται διαδοχικά σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, δηλαδή η ψυκτική ουσία βράζει σε χαμηλότερη πίεση. Η δεύτερη μέθοδος ρευστοποίησης, καλείται **μικτή διεργασία ψυκτικών ουσιών (mixed process)**, και στην ουσία αποτελεί μια απλοποιημένη διαδικασία της υγροποίησης σε σειρά. Σε αυτή τη διαδικασία τα ψυκτικά (προπάνιο, αιθάνιο, βουτάνιο, μεθάνιο, πεντάνιο, άζωτο) χρησιμοποιούνται ως μείγμα στις κατάλληλες αναλογίες. Ωστόσο, απαιτεί μεγαλύτερη κατανάλωση ισχύος, καθώς επιτελείται σε κύκλο. Τέλος, η **προψυγμένη μικτή διεργασία ψυκτικών ουσιών (cooled mixed process)**, είναι η πιο διαδεδομένη διαδικασία, δεδομένου ότι συνδυάζει δύο χωριστά συστήματα ψύξης και αποτελεί ένα συνδυασμό των δύο προαναφερθέντων μεθόδων. Σε πρώτη φάση χρησιμοποιείται ο κύκλος προπανίου, ψύχοντας το φυσικό αέριο, λειτουργώντας ως ένα ενδιάμεσο ψυκτικό για την απόρριψη θερμότητας από το μέρος με το μείγμα ψυκτικών ουσιών προς τον αέρα ή το νερό ψύξης. Κατόπιν ο κύκλος μίγματος ψυκτικών ουσιών συντελεί στη μείωση του εύρους ψύξης, βελτιώνοντας τη σύνθεση του φυσικού αερίου και μειώνοντας ουσιαστικά τις ενεργειακές απώλειες λόγω συμπίεσης (Δ. Καρώνης, 2014).

Ανάλογα με την εγκατάσταση υγροποίησης, το φυσικό αέριο μπορεί να υγροποιηθεί είτε στην ακτή είτε σε πλωτές εγκαταστάσεις. Στη πρώτη περίπτωση, (LNG ακτής) η διαδικασία λαμβάνει χώρα σε τοποθεσία στην οποία υπάρχουν μικρά εργοστάσια υγροποίησης, με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους παραγωγής και μεταφοράς του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Πέραν τούτου, ελαττώνεται στη συγκεκριμένη περιοχή η αυξημένη ζήτηση και εγκαθίστανται τοπικά συστήματα διανομής φυσικού αερίου σε κοινότητες που δεν δύνανται να έχουν πρόσβαση σε αγωγούς μεταφοράς φυσικού αερίου. Στη δεύτερη περίπτωση (floating LNG), το ΦΑ παράγεται και υγροποιείται στις πλωτές εγκαταστάσεις που επιπλέουν πάνω από ένα υπεράκτιο κοίτασμα και μεταφέρεται δια θαλάσσης πριν μεταφερθεί στην αγορά μέσω δεξαμενόπλοιων. Η τεχνολογία της πλωτής πλατφόρμας εξόρυξης, επεξεργασίας και μεταφοράς του φυσικού αερίου υπερτερεί στο γεγονός ότι έχει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης των απομακρυσμένων κοιτασμάτων φυσικού αερίου, καθώς το αντλεί από τις θαλάσσιες ακτές και το υγροποιεί χωρίς τη συνδρομή των αντίστοιχων χερσαίων εγκαταστάσεων.

Τα εργοστάσια ΥΦΑ έχουν σχεδιαστεί με βάση τη λογική της αμαξοστοιχίας. Η έννοια της αμαξοστοιχίας επιτρέπει στα εργοστάσια να συνεχίσουν την παραγωγή όταν μια από τις μονάδες είναι εκτός λειτουργίας για συντήρηση ή απροσδόκητο κλείσιμο. Η έννοια της αμαξοστοιχίας έχει εξελιχθεί για να καλύψει τις απαιτήσεις της αγοράς, την ευελιξία παράδοσης και τον εφοδιασμό των πλοίων. (Saeid Mokhatab, 2013)

3.4 Μεταφορά ΥΦΑ

Το ΥΦΑ αποθηκεύεται σε καλά μονωμένες χαμηλής πίεσης δεξαμενές που δημιουργούνται στην ξηρά, και παραμένει σε σταθερή θερμοκρασία και πίεση στο σημείο βρασμού του. (Flores, 2014)

Αν κάποια ποσότητα ΥΦΑ μεταβεί σε αέρια μορφή τότε αυτή μεταφέρεται έξω από την μονάδα αποθήκευσης και χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του οχήματος μεταφοράς. (NationalGeographic, n.d.)



Πηγή_(Anon., n.d.)

Μετά την ολοκλήρωση της υγροποίησης, το ΥΦΑ μεταφέρεται μέσω του δικτύου αγωγών ή δια των δεξαμενόπλοιων ΥΦΑ (LNG Carriers/Tankers) στους τερματικούς σταθμούς παραλαβής του και είτε αποθηκεύεται κρυογονικά είτε επαναεριοποιείται σε φυσικό αέριο προς κατανάλωση.

Ανάλογα με τη ζήτηση του πελάτη, το ΥΦΑ μπορεί να μεταφερθεί είτε με δεξαμενόπλοιο, είτε με βυτιοφόρο φορτηγό κατά τη φόρτωσή του στο μέσο μεταφοράς, το ΥΦΑ αντλείται σε αυτό με τη χρήση αντλιών. Για τη φόρτωση πλοίων, θα πρέπει ο χρόνος φόρτωσης του πλοίου να είναι όσο το δυνατόν πιο σύντομος εξαιτίας του υψηλού κόστους αποτροπής του πλοίου (ship demurrage), καθώς απαιτούνται δύο ή τρεις βραχίονες φόρτωσης υγρού ανάλογα με το ρυθμό φόρτωσης και τη χωρητικότητα των βραχιόνων φόρτωσης. Οι γραμμές φόρτωσης διατηρούνται κρύες κατά τη διάρκεια της λειτουργίας στήριξης όταν δεν υπάρχει δραστηριότητα φόρτωσης, με τη συνεχή κυκλοφορία ενός μικρού ρεύματος ΥΦΑ το οποίο φεύγει από την κεφαλή της προβλήτας και επιστρέφει στις δεξαμενές αποθήκευσης. Αυτό γίνεται για να διατηρηθεί κρύο το σύστημα φόρτωσης και άνευ αερίου, για να αποφεύγεται η θερμική καταπόνηση και να είναι δυνατή η άμεση εκκίνηση της φόρτωσης πλοίου μετά την άφιξη του προϊόντος ΥΦΑ. Ένας επιπλέον βραχίονας χρησιμοποιείται στην διαχείριση εκτοπισμένου διαχωρισμένου αερίου από τη δεξαμενή του πλοίου, που οφείλεται στη διαφορά πίεσης μεταξύ του πλοίου και της

αποθήκης – δεξαμενής και του σημείου βρασμού του αερίου (boiling off gas – BOG) από την αύξηση της θερμότητας κατά τη φόρτωση του πλοίου. Σε δρομολόγια μικρών αποστάσεων η μεταφορά του BOG είναι αμελητέα και μπορεί να ανακτηθεί επιστρέφοντας στις εγκαταστάσεις. Οι μακριές προβλήτες, οι οποίες συνεπάγονται μεγάλες γραμμές φόρτωσης ΥΦΑ, έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερο ρυθμό παραγωγής BOG λόγω της υψηλότερης ενέργειας άντλησης και διαρροής θερμότητας μέσω σωληνώσεων και δοχείων. Η μετακίνηση μεγάλων όγκων χαμηλής πίεσης BOG σε μεγάλες αποβάθρες είναι αρκετά δαπανηρή. Ως εκ τούτου, είναι γενικά ανοικονομικό να γίνεται ανάκτηση BOG από τις μεγάλες αποβάθρες. (Saeid Mokhatab, 2013)

Το ΥΦΑ μεταφέρεται από εξειδικευμένα πλοία, φορείς μεταφοράς ΥΦΑ, με μονωμένες δεξαμενές διπλού τοιχώματος, σχεδιασμένες για να περιέχουν το φορτίο ελαφρώς πάνω από την ατμοσφαιρική πίεση σε κρυογονική θερμοκρασία περίπου -259F (-169°C). Τυπικά, οι δεξαμενές αποθήκευσης λειτουργούν στα 0,3 barg με πίεση σχεδιασμού 0,7 barg. Ο σχεδιασμός της δεξαμενής διασφαλίζει την ακεραιότητα του συστήματος και παρέχει μόνωση για την αποθήκευση του ΥΦΑ.

Επειδή η μόνωση δεν μπορεί να αποτρέψει όλες τις εξωτερικές θερμότητες να φτάσουν στο ΥΦΑ, κάποια από τα υγρά αρχίζουν να βράζουν κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Η εξάτμιση του LNG δεν είναι ομοιογενής: συστατικά με το χαμηλότερο σημείο βρασμού (άζωτο και μεθάνιο) τείνουν να εξατμίζονται πιο εύκολα από τα βαρύτερα συστατικά. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται γήρανση και έχει ως συνέπεια η σύνθεση ΥΦΑ να γίνεται πιο βαριά, και η Θερμογόνος Δύναμη του ΥΦΑ να αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου.

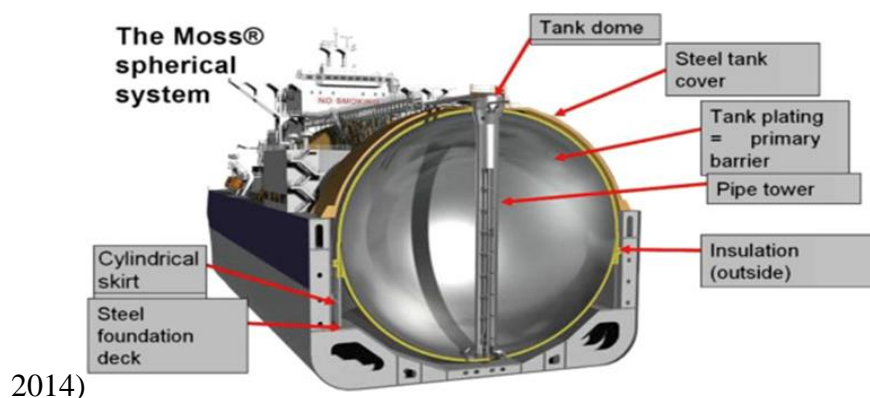
Το αέριο βρασμού, συνήθως σε βαθμό περίπου 0,10% έως 0,15% του όγκου του πλοίου ανά ημέρα, πρέπει να αφαιρείται για να παραμένουν οι δεξαμενές του πλοίου υπό σταθερή πίεση. Το αέριο βρασμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο στους κινητήρες διπλού καυσίμου του πλοίου ή στους λέβητες που παράγουν ατμό ή επανυγροποιείται και ανακυκλώνεται στις δεξαμενές φορτίου, ανάλογα με το σχεδιασμό του σκάφους. Η εκ νέου κλιμάκωση του BOG μπορεί να εξαλείψει τη συρρίκνωση του ΥΦΑ κατά τη διάρκεια μεγάλων ταξιδιών και να διατηρήσει τη σύνθεση του φορτίου. (Saeid Mokhatab, 2013)

3.4.1 Συστήματα συγκράτησης για φορείς μεταφοράς ΥΦΑ

Η θεμελιώδης διαφορά μεταξύ των μεταφορέων ΥΦΑ και άλλων δεξαμενόπλοιων είναι η συγκράτηση του φορτίου και το σύστημα διαχείρισης.

Υπάρχουν τέσσερα συστήματα συγκράτησης ΥΦΑ. δύο ανεξάρτητες δομές στερεών τύπων και δύο μη ανεξάρτητες δομές από μεμβράνη.

Ανεξάρτητου τύπου δεξαμενές. Οι ανεξάρτητου τύπου δεξαμενές είναι αυτοδύναμες, συνήθως σφαιρικές (που αναπτύχθηκε από την Moss Maritime της Νορβηγίας) ή πρισματικού σχήματος (σχεδιασμένο από την Conch International Methane Ltd) και είναι κατασκευασμένα από κράμα αλουμινίου ή 9% νικελίου με εξωτερικές στρώσεις μόνωσης. Οι ανεξάρτητες δεξαμενές είναι πλήρως αυτοσυντηρούμενες και δεν αποτελούν μέρος της δομής του πλοίου. Επιπλέον, δεν συμβάλλουν στην αντοχή του σκάφους. Οι δεξαμενές είναι συγκολλημένες σε κυλινδρικά πλαίσια ή με άλλο τρόπο δεμένες με υποστηρικτές που συγκολλούνται στη δομή του πλοίου. (Δ. Καρώνης,



Σφαιρική δεξαμενή δεξαμενόπλοιου LNG (τύπου Moss)

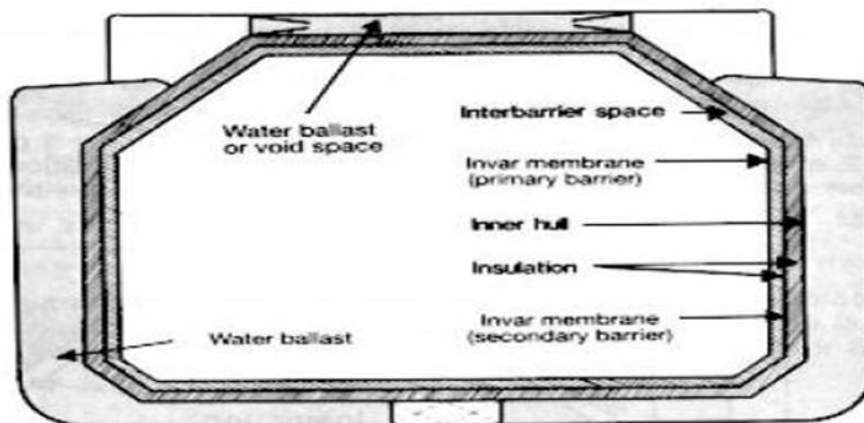
Πηγή (Saeid Mokhatab, 2013)

Όπως ορίζεται στο διεθνή κώδικα για την κατασκευή και τον εξοπλισμό των πλοίων που μεταφέρουν LNG) και ανάλογα κυρίως με την πίεση σχεδιασμού, υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι ανεξάρτητων δεξαμενών για αερομεταφορείς. Αυτοί είναι που κατασκευάζονται σύμφωνα με την κανονική δεξαμενή πετρελαίου (Τύπος Α), άλλοι που έχουν σχεδιασμό δοχείου πίεσης (τύπος C) και, τέλος, δεξαμενές που δεν ανήκουν σε κανέναν από τους δύο πρώτους τύπους (τύπος Β). Όλες οι δεξαμενές υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι τύπου Β από την προοπτική της Ακτοφυλακής, επειδή οι δεξαμενές τύπου Β πρέπει να σχεδιάζονται χωρίς γενικές παραδοχές που να εμπλέκονται στο σχεδιασμό των άλλων τύπων δεξαμενών.

Η αυτοφερόμενη, πρισματική δεξαμενή Τύπου Β (SPB) είναι ανεξάρτητη από τη δομή του πλοίου και έχει το πλεονέκτημα έναντι της σφαιρικής εκδοχής της μέγιστης χρήσης του διαθέσιμου χώρου από το φορτίο.

Ωστόσο, συμβάλλουν σημαντικά στο βάρος και το κόστος, λόγω του ότι οι ελεύθερες πρισματικές δεξαμενές περιλαμβάνουν βαριές πλάκες και σημαντική ποσότητα στήριξης για να μην παραμορφωθούν οι πλάκες υπό υδροστατικό φορτίο.

Συστήματα συγκράτησης μεμβράνης. Οι δεξαμενές μεμβράνης είναι δεξαμενές φορτίου μη ανεξάρτητες περιβαλλόμενες από μια ολοκληρωμένη δομή διπλού κύτους. Οι δεξαμενές συγκράτησης μεμβράνης αποτελούνται από ένα λεπτό στρώμα μετάλλου (πρωτογενές φράγμα), μόνωση, φράγμα δευτερογενούς μεμβράνης και περαιτέρω μόνωση σε κατασκευή σάντουιτς.



Δεξαμενή μεμβράνης

Η μεμβράνη έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε θερμική και άλλη διαστολή συστολή αντισταθμίζεται χωρίς αδικαιολόγητο στρες της μεμβράνης. Με το σχεδιασμό της μεμβράνης, το κύτος του πλοίου, στην πραγματικότητα, γίνεται το εξωτερικό δοχείο. Η μόνωση είναι εγκατεστημένη επάνω του και μια μεμβράνη τοποθετείται στο εσωτερικό για να συγκρατεί το υγρό. Η εσωτερική επιφάνεια αυτού του "διπλού κύτους" είναι είτε χάλυβας υψηλής περιεκτικότητας σε νικέλιο (36%) ή 18% χρώμιο / 8% ανοξειδωτος χάλυβας νικελίου.

Το πρώτο σύστημα συγκράτησης μεμβράνης αποτελείται από σχιστολιθικής κατασκευής δομή από κόντρα πλακέ και γεμάτο με περλίτη για να διατηρηθεί η στεγανότητα και η μόνωση. Από την άλλη πλευρά, το δεύτερο σύστημα μεμβράνης

αποτελείται από δύο στρώσεις ενισχυμένου αφρού πολυουρεθάνης διαχωρισμένο από ένα υλικό που ονομάζεται triplex για να διαμορφώσει ένα σύστημα μόνωσης.

Τα τελευταία χρόνια υπήρξε μεγάλη κινητικότητα προς την επιλογή μεταφορέων τύπου μεμβράνης, επειδή οι δεξαμενές μεμβράνης χρησιμοποιούν αποτελεσματικότερα το σχήμα της γάστρας, έχοντας έτσι μικρότερο κενό χώρο μεταξύ των δεξαμενών φορτίου και των δεξαμενών έρματος. Περισσότερα από τα τρία τέταρτα των νέων πλοίων LNG που κατασκευάστηκαν στη δεκαετία 2001 έως 2011 ήταν σχεδιασμένα με μεμβράνη λόγω των πλεονεκτημάτων της χωρητικότητας φορτίου και του κόστους κεφαλαίου. Ωστόσο, οι αυτοδύναμες δεξαμενές είναι πιο ανθεκτικές και έχουν μεγαλύτερη αντοχή στην κινητικότητα του υγρού, λόγω των δυσμενών καιρικών συνθηκών που μπορεί να επικρατούν στο θαλάσσιο χώρο, οι οποίες αποτελούν σημαντικό σχεδιαστικό κριτήριο για την υπεράκτια αποθήκευση. (Δ. Καρώνης, 2014)

3.4.2 Μεταφορικές ικανότητες του μεταφορέα ΥΦΑ και διαστάσεις του πλοίου

Τα πλοία ΥΦΑ ποικίλουν σε μέγεθος από 30.000 m³ έως περίπου 265.000 m³ χωρητικότητας φορτίου, ενώ για τα σύγχρονα σκάφη το εύρος κυμαίνεται μεταξύ 125.000 m³ και 140.000 m³ (58.000 έως 65.000 τόνοι). Το βιομηχανικό πρότυπο πριν από μερικές δεκαετίες έγινε το πλοίο 125.000 m³ ΥΦΑ, το οποίο συνήθως είχε πέντε δεξαμενές, με χωρητικότητα περίπου 25.000 m³.



https://www.pentapostagma.gr/epistimi/energeia/6499870_dexamenoploio-Ing-kataskeyazetai-gia-elliniki-etaireia-gia-proti-fora

Τα νέα μεγαλύτερα πλοία LNG που ονομάζονται Q-Flex (με χωρητικότητα περίπου 216.000 m³ LNG) και Q-Max (με χωρητικότητα μέχρι περίπου 265.000 m³ ΥΦΑ) αποσκοπούν στην εξυπηρέτηση αλυσίδων εφοδιασμού μεγάλων αποστάσεων από τις μεγάλες αμαξοστοιχίες υγροποίησης που ανατέθηκαν στο Κατάρ μεταξύ του 2009 και του 2011. Αυτοί οι μεταφορείς ΥΦΑ προωθούνται από πετρελαιοκινητήρες χαμηλής ταχύτητας, οι οποίοι είναι πιο αποδοτικοί, ευκολότεροι στη συντήρηση και τη λειτουργία τους, και πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τους παραδοσιακούς οδηγούς ατμοστρόβιλων. Αυτά τα πλοία είναι επίσης εξοπλισμένα με ένα σύστημα επανυγροποίησης προλαμβάνοντας τις απώλειες από το αέριο που βράζει. Ενώ τα Q-Flex και Q-Max πλοία είναι εκτός από τις προδιαγραφές σχεδόν των μισών εκ των υπαρχόντων στον κόσμο λιμένων να φιλοξενηθούν, οι τερματικοί σταθμοί ΥΦΑ μπορούν, ακόμα και με τροποποιήσεις, να τα φιλοξενήσουν.

Η πρόσφατη έρευνα εφοδιαστικής αλυσίδας ΥΦΑ δείχνει ένα νέο τμήμα της αγοράς που απαιτεί τη χρήση μικρότερων πλοίων LNG και μικρότερα τερματικά λήψης ΥΦΑ. Η έλλειψη καθαρού καυσίμου προωθεί τη χρήση του ΥΦΑ για εφαρμογές μικρής και μεσαίας κλίμακας στις αναπτυσσόμενες χώρες

Σε αντίθεση με τα μεγαλύτερα σκάφη, τα συστήματα συγκράτησης στα μικρότερα πλοία σχεδιάζονται με την ανεξάρτητη δεξαμενή τύπου C, σύμφωνα με τους κωδικούς των δοχείων πίεσης. Τα σκάφη αναπτύχθηκαν αρχικά για μεταφορές αιθυλενίου, και στη συνέχεια αναβαθμίστηκαν ώστε να μπορέσουν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις τερματικού ΥΦΑ σε υπεράκτιο περιβάλλον.

Οι δεξαμενές τύπου C δεν είναι συνήθως οικονομικές για μεγάλα σκάφη λόγω του υψηλού κόστους που οφείλεται στο πάχος του τοιχώματος. Από την άλλη πλευρά, οι δεξαμενές τύπου C είναι εύκολο να κατασκευαστούν και δεν χρειάζονται δευτερεύοντα φράγματα λόγω του σχεδιασμού του δοχείου πίεσης. Οι δεξαμενές μπορούν να κατασκευαστούν εκτός του ναυπηγείου, κάνοντας τες περισσότερο ανταγωνιστικές στο οικονομικό κομμάτι.

Οι δεξαμενές αποθήκευσης στα τερματικά πρέπει να σχεδιάζονται για αποθήκευση υψηλής πίεσης συμβατής με το πλοίο, προκειμένου να αποφευχθούν οι απώλειες του BOG κατά την εκφόρτωση.

3.4.3 Συστήματα πρόωσης πλοίων ΥΦΑ

Παραδοσιακά, οι φορείς μεταφοράς ΥΦΑ χρησιμοποιούν σύστημα πρόωσης λέβητα και ατμοστρόβιλο που μπορεί να καταναλώσει το αέριο βρασμού κατά τη μεταφορά. Από την άλλη πλευρά, τα περισσότερα από τα ωκεάνια φορτηγά πλοία είναι εξοπλισμένα με υψηλής απόδοσης κινητήρες diesel χαμηλής ταχύτητας (SSD).

- Σύστημα πρόωσης διπλού καυσίμου diesel (DFDE): Προσφέρει υψηλή απόδοση καυσίμου και ελευθερία επιλογής καυσίμου μεταξύ καυσίμου και BOG από τις δεξαμενές φορτίου ΥΦΑ. Το σύστημα DFDE τυπικά υλοποιείται με ηλεκτρικά συστήματα προώθησης που απαιτούν ηλεκτρικό διακόπτη μεγάλης χωρητικότητας, μετατροπείς συχνότητας και ηλεκτροκινητήρες, οι οποίοι απαιτούν ένα πλήρωμα με ειδικές δεξιότητες να το διατηρούν. Σε σύγκριση με τις ατμομηχανές, το κόστος συντήρησης των πολλών κυλίνδρων που εμπλέκονται στον τυπικό τετράχρονο κινητήρα είναι υψηλότερο.

Για τον μεγάλο στόλο των μεταφορέων υγροποιημένου φυσικού αερίου που κατασκευάστηκαν για το Nakilat του Κατάρ με χωρητικότητα άνω των 210.000 m³, οι δίχρονες μηχανές diesel χαμηλής ταχύτητας και το σύστημα εκ νέου υγροποίησης BOG χρησιμοποιούνται. Οι κινητήρες ντίζελ είναι οι ίδιοι με εκείνους των περισσότερων εμπορικών πλοίων, με αποδεδειγμένη απόδοση και αξιοπιστία. Το σύστημα επανυγροποίησης είναι ιδανικό για μακρινά ταξίδια αποφεύγοντας έτσι τις απώλειες σχετικά με το αέριο που βράζει απώλειες. Ωστόσο, όταν οι τιμές των υγρών καυσίμων είναι υψηλότερες από τις τιμές του ΥΦΑ, το κόστος λειτουργίας του θα είναι υψηλότερο, καθώς δεν είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει το αέριο βρασμού. Μια επιλογή για να ξεπεραστεί αυτό το μειονέκτημα είναι να χρησιμοποιηθούν δίχρονες μηχανές SSD υψηλής πίεσης έγχυση αερίου. Ωστόσο, αυτά τα συστήματα προώθησης δεν έχουν ακόμη εφαρμοστεί σε φορείς LNG.

- Προωστικά συστήματα αεριοστρόβιλων με χρήση του BOG: Είναι ενεργειακά αποδοτικά ειδικά σε συνδυασμό με ατμοστρόβιλους με εργοστάσιο συνδυασμένου κύκλου. Οι αεριοστρόβιλοι μπορούν να χρησιμοποιούν διπλό καύσιμο και είναι εύκολη η διατήρηση και η λειτουργία. Οι αεριοστρόβιλοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας για το σύστημα

πρώωσης ή να χρησιμοποιηθούν για άμεση μηχανική μετάδοση κίνησης των συμπιεστών ψύξης σε δοχεία FLNG.

- Ατμοστρόβιλοι υψηλής πίεσης: Έχουν τη δυνατότητα να βελτιώνουν την απόδοση καυσίμου σε σύγκριση με τους συμβατικούς ατμοστρόβιλους. Ωστόσο, η λειτουργία ενός συστήματος αμού υψηλής πίεσης απαιτεί υψηλή ποιότητα ανάκτησης νερού για να μειώσει το χτύπημα του λέβητα. Το κόστος του συστήματος αφαλάτωσης και το βάρος του συστήματος λέβητα προσθέτει κόστος στο σύστημα του πλοίου. Η απόδοση καυσίμου του συστήματος υψηλής πίεσης αμού, εκτός εάν πρόκειται για σχέδιο υπερκρίσιμης πίεσης, δεν είναι τίποτε άλλο παρά οι κινητήρες ντίζελ ή το αεριοστρόβιλοι. Είναι απίθανο να υιοθετηθεί σύστημα αμού υψηλής πίεσης σε φορέα ΥΦΑ (Saeid Mokhatab, 2013)

3.4.5 Τα πλοία ΥΦΑ για αρκτικές υπηρεσίες

Η αναμενόμενη αύξηση της εκμετάλλευσης των πεδίων φυσικού αερίου στις αρκτικές, υποαρκτικές περιοχές της Ρωσίας και άλλες βόρειες περιοχές θα προκαλέσουν την ανάπτυξη της αρκτικής ναυσιπλοΐας ΥΦΑ. Πλοία που ταξιδεύουν σε περιοχές πάγου λειτουργούν αρκετά διαφορετικά λόγω της αντοχής του πάγου σε σύγκριση με τις ανοιχτές θαλάσσιες επιχειρήσεις.

Το πρώτο LNG για πάγο τέθηκε σε υπηρεσία για το έργο Sakhalin-II στην ανατολική Ρωσία. Πέντε νέα πλοία LNG εξυπηρετούν το τερματικό υγροποίησης στο Prigorodnoye στον κόλπο Ανίνα: τρία κατασκευάστηκαν στην Ιαπωνία με ανεξάρτητη δεξαμενή τύπου Moss και κύτη σχεδιασμένη σύμφωνα με το πρότυπο κατηγορίας πάγου 1B της Φινλανδίας-Σουηδίας. (Saeid Mokhatab, 2013)



<https://www.protagon.gr/epikairota/44341464646-44341464646>

Πηγή (Anon., n.d.)

3.5 Τερματικοί σταθμοί ΥΦΑ

Οι μεταφορείς ΥΦΑ παραδίδουν ΥΦΑ σε ένα τερματικό σταθμό, όπου το ΥΦΑ μεταβαίνει σε αέρια κατάσταση. Το φυσικό αέριο μεταφέρεται στους πελάτες φυσικού αερίου μέσω αγωγών διανομής.

Ιστορικά, οι τερματικοί σταθμοί LNG στην ξηρά βρίσκονται κοντά σε πυκνοκατοικημένες περιοχές και βιομηχανικές περιοχές, όπου βρίσκεται μια ευρεία γκάμα πελατών. Ωστόσο, μεγάλες εκτάσεις γης με επαρκή θαλάσσια πρόσβαση σε πλοία LNG είναι δύσκολο να εντοπιστούν σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Η κατασκευή τερματικών κοντά σε πυκνοκατοικημένες περιοχές αυξάνει τις ανησυχίες των τοπικών κοινοτήτων για το περιβάλλον και την ασφάλεια.

Ο μειωμένος προγραμματισμός και η έγκριση των ρυθμιστικών αρχών για μια νέα άδεια τερματικού σταθμού ΥΦΑ είναι χρονοβόρα και πολύ δαπανηρή. Οι τερματικοί σταθμοί λήψης υπεράκτιων σταθμών LNG αποτελούν εναλλακτική λύση για την καταστροφή αυτών των δυσκολιών.

Παρόλο που οι τερματικοί σταθμοί ΥΦΑ offshore / floating μπορεί να φαίνεται ότι προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα χερσαία τερματικά, εισάγουν

επίσης νέες περιπλοκές, κινδύνους και ερωτήσεις όπου μόνο λίγοι τερματικοί σταθμοί ΥΦΑ υπεράκτιων έχουν πράγματι επιτευχθεί μέχρι σήμερα. (Saeid Mokhatab, 2013)

3.5.1 Υπεράκτια τερματικά ΥΦΑ.

Ένα υπεράκτιο τερματικό σταθμού υγροποιημένου φυσικού αερίου παραλαμβάνει ΥΦΑ από πλοία που εκτελούν θαλάσσιες μεταφορές, αεριοποιεί το ΥΦΑ είτε αμέσως είτε ύστερα από την αποθήκευσή του και παραδίδει το LNG στους πελάτες στην ξηρά μέσω ενός υποθαλάσσιου αγωγού.

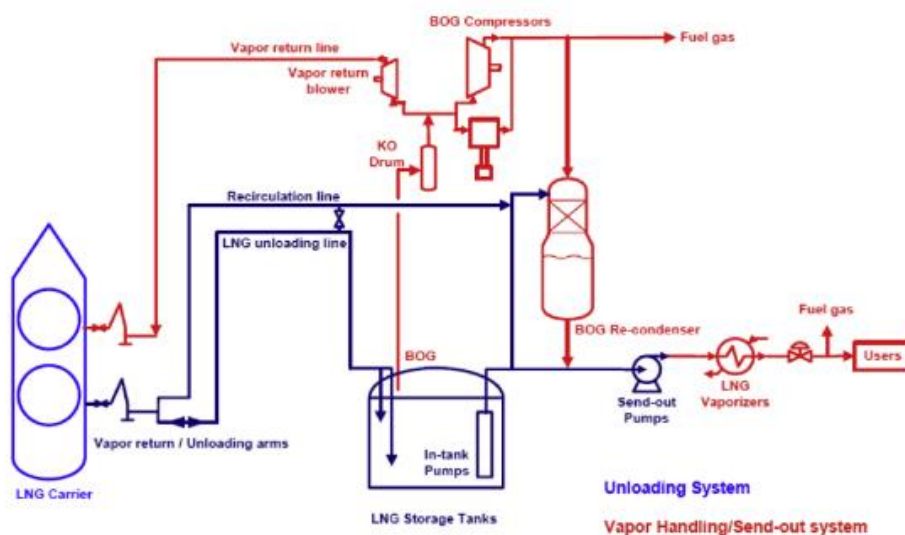
Υπάρχουν δύο θεμελιώδεις έννοιες για τους υπεράκτιους τερματικούς σταθμούς υγροποιημένου φυσικού αερίου: βασικές δομές βαρύτητας (GBS) και τις Κινητές μονάδες αποθήκευσης και επαναεριοποίησης (FSRU). Η επιλογή του σχεδίου εξαρτάται από τις συνθήκες του τόπου, όπως το βάθος του νερού, το υποθαλάσσιο έδαφος, η κατάσταση της θάλασσας και οι δυνατότητες μεταφοράς. Μια GBS είναι μια σταθερή δομή σκυροδέματος που βρίσκεται στον πυθμένα της θάλασσας. Η δομή εγκαθίσταται με τις δεξαμενές αποθήκευσης ΥΦΑ και τον εξοπλισμό επαναεριοποίησης. Ο τερματικός σταθμός LNG της Αδριατικής βρίσκεται 9 μίλια (14 χλμ.), στην ανοικτή θάλασσα κοντά στο Ronigo, στην Ιταλία στη βόρεια Αδριατική και ήταν η πρώτη ανοικτής θάλασσας βάση βαρύτητας στον κόσμο

Το τερματικό FSRU είναι ένα πλοίο μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) το οποίο μπορεί να είναι είτε ειδικής σχεδίασης ή υφιστάμενο τροποποιημένο πλοίο που θα συμπεριλάβει την εγκατάσταση επαναεριοποίησης. Είναι πλωτές κατασκευές, είτε αγκυροβολημένες στον πυθμένα της θάλασσας με αγκυροβόληση πυργίσκων ή προσδεμένο σε προβλήτα. Ο σχεδιασμός GBS είναι πιο μόνιμος και χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να κατασκευαστεί, και το κόστος κεφαλαίου είναι υψηλότερο. Ωστόσο, ο σχεδιασμός GBS μπορεί να επεκταθεί για υψηλότερη απόδοση ενώ το FSRU περιορίζεται από το ακίνητο στο πλοίο. (Saeid Mokhatab, 2013)

3.5.2 Τερματικοί σταθμοί υγροποιημένου φυσικού αερίου στην ξηρά

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται το διάγραμμα ενός τερματικού σταθμού ΥΦΑ στην ξηρά. Το LNG εκφορτώνεται μέσω των αντλιών πλοίων στους βραχίονες εκφόρτωσης στην προβλήτα και στη συνέχεια στη δεξαμενή αποθήκευσης μέσω των

γραμμών εκφόρτωσης. Έπειτα αντλείται σε υψηλή πίεση μέσω διαφόρων εξαρτημάτων των τερματικών, όπου θερμαίνεται σε ελεγχόμενο περιβάλλον. Το LNG μπορεί να θερμανθεί με διάφορες μεθόδους, συμπεριλαμβανομένων των θερμαντήρων με απευθείας καύση, του θαλασσινού νερού, του θερμού νερού ή του αέρα. Μόλις επανεξαχθεί, το φυσικό αέριο εισάγεται στους αγωγούς διανομής στις διάφορες χρήσεις ή στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.



Εκφόρτωση πλοίου LNG

Στα περισσότερα τερματικά ΥΦΑ, η εκφόρτωση των πλοίων συνήθως διαρκεί περίπου 12 ώρες για έναν μεταφορέα ΥΦΑ μήκους 145.000 m³ με μέσο ρυθμό εκφόρτωσης 12.000 m³ / ώρα. Το LNG τυπικά εκφορτώνεται σε μία μόνο δεξαμενή. Υπάρχουν άλλες δραστηριότητες πριν και μετά την εκφόρτωση, όπως λεκάνες περιστροφής, ελλιμενισμός, προετοιμασία για εκφόρτωση, και αναχώρηση. Ο συνολικός χρόνος παραμονής του πλοίου στο λιμάνι είναι περίπου 24 ώρες.

Παρέχονται τρεις βραχίονες εκφόρτωσης ΥΦΑ συν ένα βραχίονα επιστροφής ατμών και ένα πακέτο υδραυλικού βραχίονα στην προβλήτα. Ένας από τους βραχίονες υγροποιημένου φυσικού αερίου μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως βραχίονας επιστροφής ατμού κατά τη διάρκεια έκτακτης ανάγκης. Μία ενιαία μεγάλη γραμμή εκφόρτωσης και μια μικρή γραμμή ανακυκλοφορίας εγκαθίστανται συνήθως από την προβλήτα έως την περιοχή αποθήκευσης. Εάν είναι απαραίτητο, η γραμμή ανακυκλοφορίας μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την εκφόρτωση ΥΦΑ. Κατά

τη διάρκεια της διαδικασίας όταν το πλοίο δεν βρίσκεται στο λιμάνι, η γραμμή εκφόρτωσης διατηρείται κρύα κυκλοφορώντας το LNG από το σύστημα αποστολής προς την προβλήτα χρησιμοποιώντας τη μικρή γραμμή κυκλοφορίας. Κατά την εκφόρτωση του πλοίου, οι ατμοί πρέπει να επιστρέφονται στο πλοίο για να αναπληρώσουν τον όγκο που δεν έχει φορτωθεί, προκειμένου να αποφευχθούν οι συνθήκες κενού. Στις περισσότερες εγκαταστάσεις, η επιστροφή ατμών μπορεί να επιτευχθεί με τη λειτουργία των δεξαμενών αποθήκευσης σε υψηλότερη πίεση από το πλοίο, τυπικά περίπου 8 έως 10 KPa υψηλότερη. Για μια μεγάλη προβλήτα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί φουσητήρας ατμού.

Μετά την ολοκλήρωση της εκφόρτωσης του ΥΦΑ, οι βραχίονες εκφόρτωσης καθαρίζονται με άζωτο και ΥΦΑ αποκαθίσταται το απόθεμα στους βραχίονες εκφόρτωσης είτε με αποστράγγιση σε ένα τύμπανο αποστράγγισης που βρίσκεται στην αποβάθρα ή υπό πίεση στις δεξαμενές αποθήκευσης με άζωτο, πριν αποσυνδεθεί από το πλοίο.

Σφυρί νερού. Η πίεση υπερτάσεων, ή "σφυρί νερού", είναι μια βραχυπρόθεσμη αύξηση της πίεσης λόγω της αλλαγής ταχύτητας του ρευστού στον αγωγό. Σε μια μελέτη νερού σφυρί, θεωρείται ότι το σφυρί ρευστό συμβαίνει όταν μια βαλβίδα κλείνει ξαφνικά και το υγρό συνεχίζει να ρέει από αυτή τη βαλβίδα λόγω της ορμής του. Μια κοιλότητα ατμού θα εμφανιστεί στην κάτω πλευρά της βαλβίδας και όταν το ρευστό παύσει να έχει ορμή, η κοιλότητα του ατμού θα καταρρεύσει, προκαλώντας σφύρα νερού.

Το ΥΦΑ εκφορτώνεται με υψηλές ταχύτητες μέσω των πολλαπλών σκαφών, των βραχιόνων εκφόρτωσης και της εκφόρτωσης στη δεξαμενή. Κάθε τμήμα εγκαθίσταται με βαλβίδες διακοπής έκτακτης ανάγκης (ESD), οι οποίες έχουν σχεδιαστεί για γρήγορο κλείσιμο. Αυτές οι βαλβίδες ESD ξεκινούν κατά την έκτακτη ανάγκη και το χρονικό κλείσιμο των βαλβίδων πρέπει να διαμορφωθεί έτσι ώστε να αποφευχθούν πιθανές βλάβες από το "σφυρί νερού".

Απαιτείται μελέτη του συγκεκριμένου φαινομένου κατά τη διάρκεια της φάσης σχεδιασμού για να εξασφαλιστεί η ακεραιότητα του συστήματος εκφόρτωσης κατά τη διάρκεια μιας κατάστασης έκτακτης ανάγκης. (Saeid Mokhatab, 2013)

4. Νομικό πλαίσιο της θάλασσας

4.1. Δίκαιο της Θάλασσας

Ως «Δίκαιο της Θάλασσας» ορίζεται το σύνολο των κανόνων διεθνούς δικαίου το οποίο καθορίζει τα κυριαρχικά δικαιώματα των κρατών στον θαλάσσιο χώρο.

Η πρώτη απόπειρα κωδικοποίησης του δικαίου της θάλασσας στη μορφή μίας γενικής πολυμερούς συνθήκης έγινε στο πλαίσιο της Κοινωνίας των Εθνών, η συνέλευση της οποίας αποφάσισε στις 27 Σεπτεμβρίου 1927 τη σύγκλιση Συνδιάσκεψης στη Χάγη για την κωδικοποίηση του Διεθνούς Δικαίου. Οι εργασίες της διήρκησαν από τις 13 Μαρτίου μέχρι τις 13 Απριλίου 1930 στις οποίες συμμετείχαν 30 κράτη, ενώ αντικείμενό της υπήρξε, μεταξύ άλλων, και το ζήτημα του εύρους των χωρικών υδάτων, πλην όμως δεν κατέληξε σε θετικό αποτέλεσμα.

Μετά την ίδρυση των Ηνωμένων Εθνών (1945), η Επιτροπή Διεθνούς Δικαίου εκπόνησε το 1956 ένα σχέδιο άρθρων, το οποίο ετέθη στη διάθεση της Πρώτης Συνδιάσκεψης των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας (United Nations Convention on the Law of the Sea - UNCLOS I), που συνήλθε στη Γενεύη το 1958 και κατέληξε στην υιοθέτηση 4 Συμβάσεων, ενός πρωτοκόλλου και εννέα αποφάσεων: α) Σύμβαση για την Αιγιαλίτιδα Ζώνη και τη Συνορεύουσα Ζώνη, η οποία επικυρώθηκε από 46 κράτη και τέθηκε σε ισχύ στις 10 Σεπτεμβρίου 1964, β) Σύμβαση για την Ανοιχτή θάλασσα, η οποία επικυρώθηκε από 57 κράτη και τέθηκε σε ισχύ στις 30 Σεπτεμβρίου 1962, γ) Σύμβαση για την Αλιεία και τη Διατήρηση των Ζώντων Πόρων της Ανοιχτής Θάλασσας, που επικυρώθηκε από 36 κράτη και τέθηκε σε ισχύ στις 20 Μαρτίου 1966 και δ) Σύμβαση για την Υφαλοκρηπίδα, που επικυρώθηκε από 54 κράτη και τέθηκε σε ισχύ στις 20 Μαρτίου 1966. Η Ελλάδα κύρωσε μόνο τη Σύμβαση για την Υφαλοκρηπίδα (Ν.Δ. 1182 της 14 Ιουνίου/ 8 Ιουλίου 1972).

Στη Δεύτερη Συνδιάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας (UNCLOS II) τον Μάρτιο 1960 στη Γενεύη ετέθη το ζήτημα του εύρους της αιγιαλίτιδας ζώνης, το οποίο δεν είχε διευθετηθεί κατά την UNCLOS I, πλην όμως ούτε τότε επήλθε συμφωνία. Αιτία υπήρξε η εμφάνιση νέων Κρατών στο διεθνές σκηνικό από το έτος 1960, η οποία με την ταυτόχρονη ραγδαία τεχνολογική ανάπτυξη, επέβαλλε μία νέα κωδικοποιητική προσπάθεια από την πλευρά της

διεθνούς κοινότητας. Αρχή αποτέλεσε μια ρηματική διακοίνωση της Μάλτας προς τη Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών το 1967, με την οποία ετέθη το ζήτημα σύναψης μιας νέας συνθήκης για το δίκαιο της θάλασσας. Στην ίδια Σύνοδο, υιοθετήθηκε η Απόφαση 2340/18-12-1967, με την οποία δημιουργήθηκε η Επιτροπή «για τη μελέτη των ειρηνικών χρήσεων του θαλάσσιου και ωκεάνιου βυθού πέρα από τα όρια της εθνικής δικαιοδοσίας», η οποία λειτούργησε ως προπαρασκευαστική επιτροπή της νέας Σύμβασης (Παπασταυρίδης, n.d.).

Βασική πηγή του διεθνούς δικαίου της θάλασσας αποτελεί η Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας, η οποία ήταν αποτέλεσμα της Τρίτης Συνδιάσκεψης των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας (UNCLOS III) που διήρκησε από τον Δεκέμβριο του έτους 1973 έως τον Απρίλιο του έτους 1982.

Η Σύμβαση για το Δίκαιο της Θάλασσας υπεγράφη στο Montego Bay της Τζαμάικα στις 10 Δεκεμβρίου 1982 και τέθηκε σε ισχύ στις 16 Νοεμβρίου 1994 (άρθρο 308 παρ. 1 της ΣΔΘ). Αποτελείται από 320 άρθρα και 9 παραρτήματα. Η Ελλάδα κύρωσε τη Σύμβαση με τον Νόμο 2321/1995 (ΦΕΚ Α' 136/23-06-1995), καταθέτοντας παράλληλα ερμηνευτικές δηλώσεις αφορούσες στα εξής: α) στην άσκηση των δικαιωμάτων που απορρέουν από τη Σύμβαση κατά το χρόνο που η ίδια η Ελλάδα αποφασίσει, β) τον καθορισμό των στενών διεθνούς ναυσιπλοΐας, σύμφωνα με το άρθρο 41, γ) την επιλογή του Διεθνούς Δικαστηρίου του Δικαίου της Θάλασσας ως οργάνου για την επίλυση των διαφορών σχετικά με την ερμηνεία και εφαρμογή της συνθήκης, δ) την ονομασία της πρώην Γιουγκοσλαβικής Δημοκρατίας της Μακεδονίας και ε) τα αντικείμενα της Σύμβασης, για τα οποία είχε μεταβιβαστεί αρμοδιότητα στην τότε Ε.Ο.Κ.

Τη Σύμβαση για το Δίκαιο της Θάλασσας συμπληρώνει η Συμφωνία της Νέας Υόρκης για την εφαρμογή του Μέρους XI της Σύμβασης της 28ης Ιουλίου 1994 που αφορά στο καθεστώς του διεθνούς βυθού και την εκμετάλλευσή του πέρα από τα όρια της εθνικής κυριαρχίας¹. Η Συμφωνία της Νέας Υόρκης ήταν το αποτέλεσμα των ανεπίσημων διαβουλεύσεων που έλαβαν χώρα τα έτη 1990 έως 1994, υπό την αιγίδα του Γενικού Γραμματέα του Ο.Η.Ε., αναφορικά με το σύστημα εκμετάλλευσης των ορυκτών πόρων του διεθνούς βυθού που θεσπίζονταν στο Μέρος XI της Σύμβασης ΔΘ, το οποίο ευνοούσε τα αναπτυσσόμενα κράτη και όχι τα βιομηχανικώς ανεπτυγμένα. Δεδομένου ότι δεν επιτρεπόταν η κατάθεση επιφυλάξεων στη Σύμβαση

ΔΘ έπρεπε να βρεθεί μια λύση έτσι ώστε να διευκολυνθεί η συμμετοχή των κρατών αυτών στη Σύμβαση. Διαφορετικά, υπήρχε ο κίνδυνος να τεθεί μεν η Σύμβαση ΔΘ σε ισχύ, αλλά ο αριθμός των κρατών μερών να είναι τόσο μικρός, ώστε η εφαρμογή της στην πράξη να είναι αμφίβολη. Η Συμφωνία της Ν. Υόρκης υιοθετήθηκε ακριβώς για να διευκολυνθεί η παγκόσμια συμμετοχή στη Σύμβαση με ρυθμίσεις που ευνοούσαν παράλληλα και τα βιομηχανικά κράτη και η εφαρμογή μιας νέας διεθνούς δημόσιας τάξης στους ωκεανούς (Ιωάννου, 2000).

Πέραν των ανωτέρω, το Δίκαιο της Θάλασσας, έχει ως πηγές του διεθνείς πολυμερείς ή διμερείς συμβάσεις, κανονισμούς που υιοθετούν καθ' ύλην αρμόδιοι διεθνείς οργανισμοί, όπως ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (International Maritime Organization (IMO)), οι οποίες επιλύουν ειδικότερα ζητήματα του δικαίου της θάλασσας. Ακόμη, μεγάλο μέρος του δικαίου της θάλασσας βασίζεται σε κανόνες εθιμικού δικαίου. Σύμφωνα με τον Ευθύμιο Παπασταυρίδη, *«η Σύμβαση ΔΘ είναι μια χαρακτηριστική περίπτωση διεθνούς συνθήκης, η οποία περιλαμβάνει και τις τρεις περιπτώσεις εθίμου μέσα από συνθήκη, όπως προσδιορίστηκαν από το Διεθνές Δικαστήριο στην Υπόθεση της Υφαλοκρηπίδας της Βορείου Θάλασσας (1969), δηλαδή, κωδικοποίηση εθίμου, αποκρυστάλλωση εθίμου και τέλος δημιουργία διεθνούς πρακτικής βάσει της συνθήκης, η οποία δύναται να οδηγήσει στη γένεση νέου εθίμου. Ως παράδειγμα διατάξεων, που κωδικοποιούν προϋφιστάμενο έθιμο, αρκεί να αναφέρουμε τις διατάξεις περί αβλαβούς διέλευσης, ενώ ως παράδειγμα αποκρυστάλλωσης από τη Σύμβαση ενός διεθνούς εθίμου in statu nascendi (=στη διαδικασία της δημιουργίας), μπορούμε να αναφέρουμε το θεσμό της Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης. Τέλος, ως παράδειγμα ενός κανόνα της Σύμβασης ΔΘ, ο οποίος δεν αποτελούσε έθιμο κατά τη σύναψη της, αλλά μπορεί να υποστηριχθεί ότι έχει καταστεί έθιμο βάσει της μεταγενέστερης πρακτικής των Κρατών, είναι το δικαίωμα του πλου διέλευσης»*. Επικουρικά, πηγές του Δικαίου της Θάλασσας είναι η νομολογία των διεθνών δικαστηρίων, αλλά και η διεθνής θεωρία. (Παπασταυρίδης, n.d.)

Περίπου το 70% της επιφάνειας της γης καλύπτεται από τους ωκεανούς. Αυτή η περιοχή για μεγάλο χρονικό διάστημα ήταν εκτός της κυριαρχίας των κρατών. Πριν από την καθιέρωση δικαιοδοσίας που βασίζεται στην υφαλοκρηπίδα και στην αποκλειστική οικονομική ζώνη (ΑΟΖ), σχεδόν όλη αυτή η περιοχή ήταν εκτός της εθνικής δικαιοδοσίας, και παρά μόνο μια μικρή ζώνη εύρους 3 με 4 ναυτικών μιλίων (ένα ναυτικό μίλι ισούται με 1.852 μέτρα), υπόκειτο στον άμεσο έλεγχο του παράκτιου κράτους. Τα παράκτια κράτη δύνανται να επεκτείνουν την κυριαρχία τους στο βυθό

και στα ύδατα γύρω από την αιγιαλίτιδα ζώνη σε 200 ναυτικά μίλια και το βυθό της θάλασσας σε περιορισμένες περιπτώσεις έως και 350 ναυτικά μίλια, Τα 2/3 των ωκεανών του πλανήτη είναι εκτός της εθνικής δικαιοδοσίας. Συγκρούσεις αναφορικά με τη δικαιοδοσία σε θέματα όπως η έρευνα, η εξόρυξη, η επεξεργασία και μεταφορά του υδροποιημένου φυσικού αερίου, η ασφάλεια και η προστασία του περιβάλλοντος, εγείρονται όταν συμπίπτει η κυριαρχία περισσότερων του ενός παράκτιων κρατών σε μία περιοχή, και ιδίως στις διάφορες θαλάσσιες ζώνες.

Ο θεσμός της ΑΟΖ στα 200 ναυτικά μίλια, συνοδευόμενος από ακόμη μεγαλύτερη επέκταση προς τα έξω από το εξωτερικό όριο της υφαλοκρηπίδας, καθώς και μια σαφή ενιαία υιοθέτηση της αιγιαλίτιδας ζώνης εύρους 12 ναυτικών μιλίων παγκοσμίως, έχει αυξήσει σημαντικά τη σημασία της οριοθέτησης των θαλάσσιων ορίων στο υφιστάμενο διεθνές δίκαιο. Η οριοθέτηση των θαλάσσιων ορίων ήταν ένα από τα βασικά ζητήματα που αντιμετώπισε η Τρίτη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας (UNCLOS III), το οποίο επιλύθηκε μετά από δέκα χρόνια παρατεταμένων διαπραγματεύσεων.

Ο σκοπός της σύμβασης ήταν να θεσπίσει ένα πλήρες σύνολο κανόνων σχετικά με οικονομικά, τεχνολογικά και θαλάσσια περιβαλλοντικά ζητήματα που διέπουν τους ωκεανούς και να αντικαταστήσει τις προγενέστερες συμβάσεις του 1958 (UNCLOS I) και 1960 (UNCLOS II). Η Σύμβαση ΔΘ παρέχει ευρεία προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος στο Μέρος XII, υποχρεώνοντας τα κράτη να προστατεύουν και να διατηρούν το θαλάσσιο περιβάλλον, να μειώνουν και να ελέγχουν τη μόλυνσή του από οποιαδήποτε πηγή. Πέραν αυτών, στις υποχρεώσεις των κρατών, που απορρέουν από το Δίκαιο της Θάλασσας περιλαμβάνονται υποχρεώσεις κοινοποίησης, παρακολούθησης και αξιολόγησης που συνδέονται με σημαντική ρύπανση ή με σημαντικές και επιβλαβείς μεταβολές στο περιβάλλον.

4.2. Οι θαλάσσιες ζώνες κυριαρχίας των παράκτιων κρατών

4.2.1. Τα εσωτερικά ύδατα

Ως εσωτερικά ύδατα ορίζονται τα ύδατα τα οποία σύμφωνα με το άρθρο 8 της Σύμβασης ΔΘ «βρίσκονται προς το εσωτερικό των γραμμών βάσεως της χωρικής θάλασσας», δηλαδή τα ύδατα μεταξύ της ακτής και των σημείων από τα οποία αρχίζει η μέτρηση της αιγιαλίτιδας ζώνης. Ως τέτοια λογίζονται οι κόλποι, οι λιμένες και οι εκβολές των ποταμών. Όσον αφορά τα εσωτερικά ύδατα, το παράκτιο κράτος έχει πλήρη κυριαρχικά δικαιώματα, όπως στο χερσαίο έδαφος, κυριαρχία η οποία εκτείνεται και στον βυθό και το υπέδαφος του βυθού των εσωτερικών υδάτων, αλλά και στον υπερκείμενο εναέριο χώρο. Το δικαίωμα της «αβλαβούς διελεύσεως» των ξένων πλοίων δεν έχει εφαρμογή στα εσωτερικά ύδατα, σε αντίθεση με την αιγιαλίτιδα ζώνη. Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα στα περικλειστα κράτη (κράτη που δεν διαθέτουν διέξοδο προς τη θάλασσα), να διακινούν πλοία και προϊόντα από τα εσωτερικά ύδατα του παράκτιου κράτους προς την ανοιχτή θάλασσα, κατόπιν συμφωνίας με το παράκτιο κράτος (Ρουκουνας, 2006).

Σχετικά με τα εσωτερικά ύδατα, ένα σημαντικό από νομική πλευρά θέμα, είναι το καθεστώς των λιμένων, περιοχές οι οποίες δεν ορίζονται ρητά στη Σύμβαση του Δικαίου της Θάλασσας. Αποτελούν ασφαλείς περιοχές στις οποίες διενεργείται διακίνηση εμπορευμάτων και επιβατών μέσω πλοίων, αλλά και περιοχές στις οποίες βρίσκουν προστασία τα πλοία κατά τη διάρκεια δυσμενών καιρικών συνθηκών. Αναφορικά όμως με τα αλλοδαπά πλοία, σύμφωνα με τη Σύμβαση του ΔΘ, το παράκτιο κράτος μπορεί να θεσπίζει περιορισμούς ως προς την πρόσβαση αυτών. Μια εκ των σημαντικότερων πολυμερών συμβάσεων, στην οποία έχει προσχωρήσει και η Ελλάδα, είναι η Σύμβαση και το Καταστατικό της Γενεύης της 9^{ης} Δεκεμβρίου 1923 «περί του διεθνούς καθεστώτος των Θαλάσσιων Λιμένων», κατά την οποία θεσπίζεται η αρχή της ίσης μεταχείρισης των πλοίων των συμβαλλόμενων κρατών, αναφορικά με τη πρόσβαση και την χρήση των θαλάσσιων λιμένων. Ακόμα, και κατά το Ευρωπαϊκό Δίκαιο καθιερώνεται το δικαίωμα αμοιβαίας εισόδου στους λιμένες των κρατών-μελών της Ένωσης μεταξύ τους βάσει της ελεύθερης κυκλοφορίας, αλλά και ο περιορισμός του δικαιώματος του κάθε κράτους να κλείνει τους λιμένες του, βάσει της ελεύθερης πρόσβασης για εμπορικούς σκοπούς. Πλοία που διενεργούν

θαλάσσια επιστημονική έρευνα, θα πρέπει να διευκολύνονται ως προς την πρόσβασή τους στους λιμένες, όπως ορίζει η Σύμβαση ΔΘ στο άρθρο 255.

Μη επιτρεπτή είναι η θέσπιση όρων πρόσβασης και χρήσης των λιμένων, οι οποίοι βασίζονται σε αυθαίρετες διακρίσεις, από την άλλη, δε, επιβάλλεται η πρόσβαση σε αυτούς (λιμένες) πλοίων ευρισκόμενων σε κατάσταση ανάγκης (καιρικές συνθήκες, μηχανική βλάβη). Ωστόσο, αν λόγω αυτής της ανωτέρας βίας, τίθεται ζήτημα ασφάλειας ή δημόσιας υγείας του παράκτιου κράτους δύναται να μην επιτραπεί η προσέγγιση στον λιμένα, υπό την προϋπόθεση να γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες ώστε να προστατευτούν οι ευρισκόμενοι στο πλοίο (Παπασταυρίδης, n.d.).

4.2.2. Η αιγιαλίτιδα ζώνη

Όπως θεσπίζεται στο άρθρο 3 της Σύμβασης ΔΘ, κάθε κράτος έχει το δικαίωμα να ορίσει το εύρος της αιγιαλίτιδας ζώνης του μέχρι το όριο που δεν υπερβαίνει τα 12 ναυτικά μίλια (1 ν.μ. = 1852 μέτρα), η μέτρηση του οποίου ξεκινάει από τις γραμμές βάσης². Σύμφωνα με το άρθρο 2, το κράτος έχει πλήρη κυριαρχία επί της αιγιαλίτιδας ζώνης, το οποίο σημαίνει ότι έχει πλήρη νομοθετική δικαιοδοσία, όπως στη ξηρά. Η αιγιαλίτιδα ζώνη περιλαμβάνει το βυθό και το υπέδαφος της σχετικής θαλάσσιας περιοχής, καθώς και τον υπερκείμενο εναέριο χώρο.

Ειδικότερα, όσον αφορά τις γραμμές βάσεως για τη μέτρηση της αιγιαλίτιδας ζώνης, θα πρέπει να αναφερθεί η μέθοδος της χάραξης ευθείων γραμμών βάσης, όπως ορίζεται στο άρθρο 7 της Σύμβασης 1982 ΔΘ. Συγκεκριμένα, σε περιοχές, στις οποίες η ακτογραμμή κόβεται απότομα ή εισχωρεί βαθιά στο έδαφος ή υπάρχει κατά μήκος της πλήθος νησιών, χρησιμοποιείται η μέθοδος των ευθείων γραμμών βάσης για να μετρηθεί η έναρξη της αιγιαλίτιδας ζώνης. Η χάραξη αυτής της γραμμής δεν θα πρέπει να απέχει από τη γεωλογική διαμόρφωση της ακτής και δεν πρέπει να χαράζεται προς ή από αβαθή, παρά μόνο αν εκεί βρίσκονται φάροι ή εγκαταστάσεις που βρίσκονται νομίμως πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, ή να αποκόπτει την αιγιαλίτιδα ζώνη άλλων κρατών από την ανοικτή θάλασσα. Τα ύδατα που βρίσκονται στην εσωτερική πλευρά των ευθείων γραμμών βάσης θεωρούνται εσωτερικά ύδατα του παράκτιου κράτους, εκτός αν πριν αυτά θεωρούνταν ανοικτή θάλασσα ή

² Σύμφωνα με το άρθρο 5, η φυσική γραμμή βάσης για τη μέτρηση του εύρους της αιγιαλίτιδας ζώνης είναι η μεγίστη ρηχία, δηλαδή το χαμηλότερο σημείο της αμπώτιδας, όπως σημειώνεται στους μεγάλους αναγνωρισμένους ναυτικούς χάρτες.

αιγιαλίτιδα ζώνη, οπότε το παράκτιο κράτος δεσμεύεται να παραχωρήσει στα ξένα πλοία δικαίωμα αβλαβούς διέλευσης. Στην περίπτωση των κόλπων, η ευθεία γραμμή που ενώνει το στόμιο του κόλπου αποτελεί τη γραμμή βάσης, το μήκος της οποίας, κατά το άρθρο 10 παρ.2 της Σύμβασης ΔΘ, ορίζεται ως τα 24 ν.μ. και τα θαλάσσια ύδατα που βρίσκονται στο εσωτερικό αυτής είναι εσωτερικά ύδατα.

Κατά την χάραξη της εκάστοτε αιγιαλίτιδας ζώνης, δημιουργείται επίσης ζήτημα ως προς τις θαλάσσιες περιοχές που θα περιέλθουν στην αιγιαλίτιδα ζώνη, δηλαδή η οριοθέτηση του εξωτερικού ορίου αυτής, ανεξαρτήτως της ύπαρξης άλλων κρατών στις περιοχές. Σύμφωνα με το Διεθνές Δικαστήριο της Χάγης, για την επίλυση αυτού του ζητήματος χρησιμοποιούνται τρεις μέθοδοι. Η πρώτη εξ αυτών είναι η μέθοδος της παράλληλης χάραξης, κατά την οποία χαράζεται μια γραμμή παράλληλη προς τις ακτές, εκτάσεως 3,6,12 κλπ ναυτικών μιλίων, και είναι εφαρμοστέα μόνο σε ευθύγραμμες ακτές. Κατά την πολυγωνική μέθοδο, χαράζονται ευθείες γραμμές παράλληλες προς τις γραμμές βάσης που ενώνουν ακρωτήρια, με κίνδυνο αυθαιρεσίας υπέρ του παράκτιου κράτους. Τέλος, χρησιμοποιείται η μέθοδος της χάραξης γραμμής κάθε σημείο της οποίας απέχει τόση απόσταση από το πλησιέστερο σημείο της ακτής, όσο είναι το πλάτος της αιγιαλίτιδας ζώνης, αποτελώντας τη μέθοδο του ημικυκλίου και ανταποκρινόμενη περισσότερο προς την απόφαση του Διεθνούς Δικαστηρίου και προς τη Σύμβαση του Δικαίου της Θάλασσας. Η Σύμβαση του ΔΘ, μάλιστα, κατά το άρθρο 14, δίνει τη δυνατότητα σε κάθε κράτος να επιλέξει την κατάλληλη σε κάθε περίπτωση μέθοδο, ή ακόμα και να προβεί σε συνδυασμό των ανωτέρω μεθόδων. (Ρουκουνας, 2006)

Η συντριπτική πλειονότητα των κρατών έχει αιγιαλίτιδα ζώνη στα 12 ν.μ. Ωστόσο, η Ελλάδα, σύμφωνα με το νόμο 230/1936 έχει αιγιαλίτιδα ζώνη 6 ναυτικών μιλίων, όπως και η Τουρκία στο Αιγαίο (στη Μαύρη Θάλασσα έχει 12 ν.μ.). Τα κράτη των οποίων η αιγιαλίτιδα ζώνη είναι μικρότερη των 12 ναυτικών μιλίων (όπως η Ελλάδα), έχουν το δικαίωμα κατά το διεθνές δίκαιο να την επεκτείνουν κατά το ανώτατο όριο των 12 ναυτικών μιλίων. Όσον αφορά τον υπερκείμενο εναέριο χώρο, στον οποίο επεκτείνονται τα δικαιώματα της αιγιαλίτιδας ζώνης, το 1931, (ν. 5017/1931) η Ελλάδα είχε ήδη οριοθετήσει τον εναέριο χώρο της με εύρος 10 ναυτικά μίλια. Σχετικά με το δικαίωμα της Ελλάδας να επεκτείνει το εύρος της αιγιαλίτιδας ζώνης της στα 12 ν.μ., δυνάμει του άρθρου 3 της Σύμβασης Δικαίου της Θάλασσας, υπάρχουν έντονες αντιδράσεις από την Τουρκία από το 1974 έως σήμερα, δηλώνοντας, δε, ότι σε περίπτωση που λάβει χώρα η επέκταση της ελληνικής

αιγιαλίτιδας ζώνης, θα θεωρηθεί casus belli, ήτοι αιτία πολέμου. Η τουρκική αυτή στάση παραβιάζει το άρθρο 2 παρ. 4 του Χάρτη των Ηνωμένων Εθνών, βάσει του οποίου απαγορεύεται η απειλή χρήσης βίας.

Αναφορικά με την κυριαρχία του παράκτιου κράτους επί των χωρικών υδάτων, σύμφωνα, μάλιστα, με το άρθρο 2 της Σύμβασης ΔΘ, περιορίζεται από ειδικές ρυθμίσεις της Σύμβασης, με κυριότερη το θεσμό της αβλαβούς διέλευσης, αλλά και από γενικές υποχρεώσεις και περιορισμούς που θέτει το διεθνές δίκαιο στην άσκηση κυριαρχίας των Κρατών. Συγκεκριμένα, «το δικαίωμα της αβλαβούς διέλευσης συνίσταται στη διέλευση των πλοίων τρίτων κρατών μέσα από τα χωρικά ύδατα παράκτιου κράτους χωρίς τη συγκατάθεσή του. Βάσει του σχετικού εθιμικού δικαίου, που κωδικοποιήθηκε αρχικά από τη σχετική Σύμβαση της Γενεύης του 1958 και αργότερα από τη Σύμβαση ΔΘ, τα δύο συστατικά στοιχεία του εν λόγω δικαιώματος αποτελούν το στοιχείο της «διέλευσης» και εκείνο του «αβλαβούς» της διέλευσης» (Παπασταυρίδης, n.d.). Διέλευση, κατά το άρθρο 18 της Σύμβασης ΔΘ, σημαίνει ναυσιπλοΐα μέσα από τη χωρική θάλασσα με σκοπό τον διάπλου της θάλασσας αυτής ή την πορεία προς ή την αναχώρηση από τα εσωτερικά ύδατα και πρέπει να είναι συνεχής και ταχεία, ενώ η στάση και η αγκυροβολία επιτρέπονται μόνο όταν αποτελούν συνήθη περιστατικά της ναυσιπλοΐας ή επιβάλλονται από λόγους ανωτέρας βίας ή κινδύνου ή προκειμένου να παρασχεθεί βοήθεια σε πρόσωπα, πλοία, αεροσκάφη, τα οποία βρίσκονται σε κίνδυνο. Αβλαβής διέλευση, κατά το άρθρο 19, θεωρείται όταν το αλλοδαπό πλοίο δεν επιχειρεί ενέργειες, οι οποίες στρέφονται κατά της ειρήνης, της ασφάλειας και της δημόσιας τάξης του παράκτιου Κράτους, όπως για παράδειγμα η απειλή ή χρήση βίας, η διεξαγωγή πολεμικών ασκήσεων, η φόρτωση ή εκφόρτωση εμπορευμάτων ή ανθρώπων κατά παράβαση των τελωνειακών, μεταναστευτικών, δημοσιονομικών ή υγειονομικών νόμων κ.ο.κ. Σε περίπτωση που το αλλοδαπό πλοίο ενεργήσει κάποια εκ των ανωτέρω δραστηριοτήτων, χάνει το δικαίωμα της αβλαβούς διέλευσης και το παράκτιο κράτος έχει το δικαίωμα να προβεί στη λήψη μέτρων προκειμένου να το απομακρύνει από τη χωρική του θάλασσα, και να ασκήσει τη δικαιοδοσία του, όπως προβλέπεται από τη Σύμβαση Δικαίου της Θάλασσας (Shall be considered to be prejudicial). Ωστόσο, τίθενται ειδικοί κανόνες για την αβλαβή διέλευση των πυρηνοκίνητων και άλλων αντίστοιχων πλοίων με εγγενώς επικίνδυνες ή επιβλαβείς ουσίες, αλλά και των υποβρυχίων, τα οποία πρέπει να πλέουν στην επιφάνεια της θάλασσας για να θεωρηθεί ότι ασκούν

αβλαβή διέλευση. Αβλαβής διέλευση ξένων αεροπλάνων πάνω από την αιγιαλίτιδα ζώνη δεν υφίσταται, καθώς ο θεσμός αυτός αφορά μόνο στα πλοία.

Το παράκτιο κράτος οφείλει, μεν, να υποδεικνύει τις περιοχές στις οποίες είναι επιτρεπτή η αβλαβής διέλευση των ξένων πλοίων, δικαιούται, δε, να απαγορεύει προσωρινά τη διέλευση για λόγους ασφαλείας υπό την προϋπόθεση ότι γνωστοποιεί αυτή την απαγόρευση. Σημαντική, όμως, είναι και η δυνατότητα που παρέχεται στα παράκτια Κράτη, για αναστολή του δικαιώματος της αβλαβούς διελεύσεως, η οποία για να είναι νόμιμη, θα πρέπει να είναι προσωρινή, να εφαρμόζεται σε καθορισμένες περιοχές της αιγιαλίτιδας ζώνης, να είναι απαραίτητη για την ασφάλεια του παράκτιου κράτους και τέλος, να μη κάνει διάκριση τυπικά ή ουσιαστικά μεταξύ των αλλοδαπών πλοίων (άρθρο 25 Σύμβασης ΔΘ).

Η πλήρης κυριαρχία του κράτους επί της αιγιαλίτιδας ζώνης, περιορίζεται μεν από το δικαίωμα της αβλαβούς διέλευσης, ωστόσο, η Σύμβαση Δικαίου της Θάλασσας στο άρθρο 21, αναγνωρίζει κάποιες δραστηριότητες, για τις οποίες παρέχεται στο παράκτιο κράτος η δυνατότητα να ασκήσει τη νομοθετική του αρμοδιότητα, δεδομένου ότι οι δραστηριότητες αυτές ταυτίζονται με τις αναφερόμενες στο άρθρο 19 ως «μη αβλαβείς». Το παράκτιο κράτος έχει το δικαίωμα να νομοθετήσει σχετικά με την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και τη ρύθμιση της θαλάσσιας κυκλοφορίας, την προστασία των ναυτιλιακών βοηθημάτων ναυσιπλοΐας, την προστασία καλωδίων και αγωγών, τη διατήρηση του ζώντος θαλάσσιου πλούτου, την παραβίαση των νόμων περί αλιείας, την προστασία του περιβάλλοντός του και την πρόληψη, έλεγχο και μείωση της ρύπανσής του, τη θαλάσσια επιστημονική έρευνα και τις υδρογραφικές χαρτογραφήσεις, την πρόληψη της παραβίασης των τελωνιακών, δημοσιονομικών, μεταναστευτικών ή υγειονομικών νόμων του παράκτιου Κράτους, και τέλος, κατά το άρθρο 22, την χάραξη θαλάσσιων διαδρόμων και σχεδίων διαχωρισμού κυκλοφορίας. Η προαναφερθείσα αρμοδιότητα του παράκτιου κράτους δεν πρέπει, επ' ουδενί λόγω, να οδηγεί σε άρνηση ή περιορισμό του δικαιώματος της αβλαβούς διελεύσεως, ωστόσο, αν η διέλευση του αλλοδαπού πλοίου δεν είναι εν τέλει αβλαβής τότε το παράκτιο κράτος μπορεί να προβεί στις ανάλογες κυρώσεις της κείμενης νομοθεσίας. Η δικαιοδοσία του παράκτιου κράτους στα άρθρα 27 και 28 της Σύμβασης του Δικαίου της Θάλασσας διακρίνεται σε ποινική και αστική αντίστοιχα.

Σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν, παράλληλα, οι νόμοι του παράκτιου κράτους καθώς και οι διεθνείς συμβάσεις, οι επικυρωμένες από το παράκτιο κράτος, αναφορικά με τη ρύπανση της θάλασσας, που καταλαμβάνουν κάθε πλοίο στα εσωτερικά ύδατα ή στην

αιγιαλίτιδα ζώνη, ανεξαρτήτως αν είναι ιδιωτικό ή δημόσιο. Το εμπορικό πλοίο, αν προκαλέσει ρύπανση, συλλαμβάνεται, υποχρεούται σε αλλαγή του πλου και κρατείται σε λιμένα του παράκτιου κράτους. Δυνατή είναι η απαγόρευση του απόπλου πριν την καταβολή προστίμου, και στη περίπτωση μη καταβολής προστίμου, το παράκτιο κράτος επιβάλλει εκτελεστικά μέτρα κατά το εσωτερικό δίκαιο. Αντιθέτως, το πολεμικό πλοίο σε περίπτωση ρύπανσης δεν συλλαμβάνεται αλλά φέρει ευθύνη για τη ρύπανση και τις άλλες βλάβες στο θαλάσσιο περιβάλλον. (Ρουκουνας, 2006)

4.3. Οι θαλάσσιες ζώνες δικαιοδοσίας των παράκτιων κρατών

4.3.1. Η συνορεύουσα ζώνη

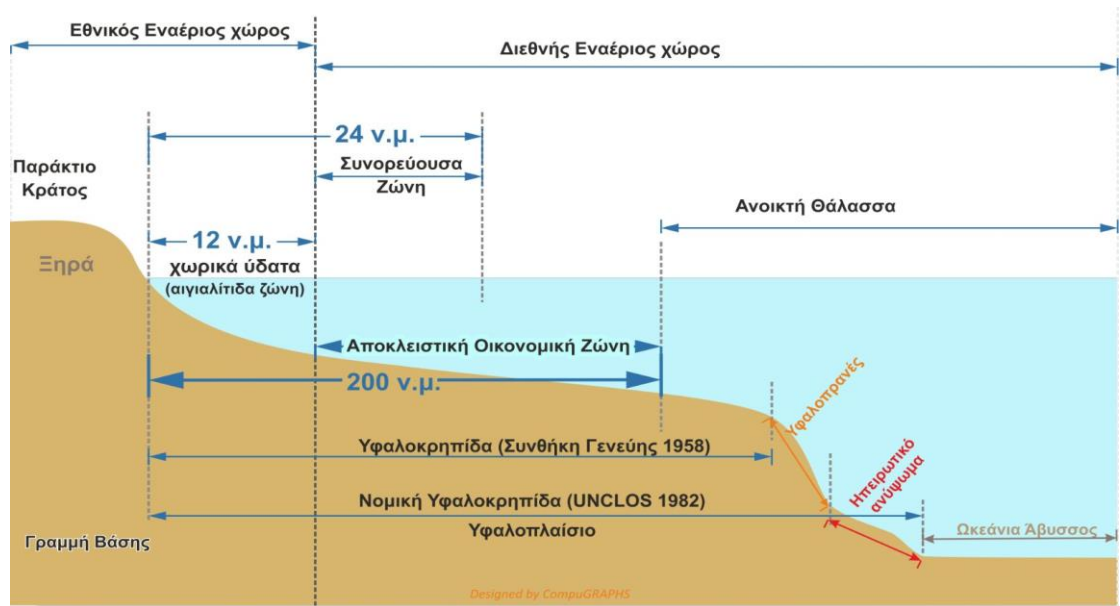
Ως συνορεύουσα καλείται η ζώνη η οποία έπεται της αιγιαλίτιδας ζώνης και αποτελεί μια ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ των καθεστώτων της αιγιαλίτιδας ζώνης και της ανοικτής θάλασσας, στην οποία το παράκτιο κράτος ασκεί περιορισμένα δικαιώματα ελέγχου, κυρίως διοικητικού χαρακτήρα, για την πρόληψη και τη καταστολή παραβιάσεων της τελωνειακής, φορολογικής, μεταναστευτικής δημοσιονομικής ή υγειονομικής νομοθεσίας του, που έλαβαν χώρα ή επρόκειτο να λάβουν χώρα στο έδαφος του ή στην αιγιαλίτιδα ζώνη του. Κατά τη Σύμβαση του Δικαίου της Θάλασσας, το εύρος της συνορεύουσας ζώνης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 24 ναυτικά μίλια από τις γραμμές βάσης της αιγιαλίτιδας ζώνης. Συνεπώς αν το εύρος της αιγιαλίτιδας ζώνης ενός κράτους είναι 12 ν.μ., τότε η συνορεύουσα ζώνη του έχει εύρος 12 ν.μ., ενώ αν η αιγιαλίτιδα ζώνη φτάνει ως τα 6 ν.μ., τότε η συνορεύουσα ζώνη του άρχεται από το 7^ο ν.μ. Ορισμένα μόνο κράτη έχουν κηρύξει συνορεύουσα ζώνη, όπως η Ιταλία, η Ισπανία, η Μάλτα στη Μεσόγειο, ενώ η Ελλάδα δεν εντάσσεται σε αυτές.

Όπως, ήδη, επισημάνθηκε, ο ρόλος της συνορεύουσας ζώνης συνίσταται στην πρόληψη και στον έλεγχο, και όχι στη λήψη καταναγκαστικών μέτρων, αλλά στην ανακοπή του πλου, τον έλεγχο του φορτίου και τη παρεμπόδιση της εισέλευσης του πλοίου στα χωρικά ύδατα. Το παράκτιο κράτος δικαιούται να προβεί σε σύλληψη αν υπάρχει έρεισμα σε άλλη νομική βάση ή παρασχεθεί άδεια προς τούτο από το Κράτος της σημαίας. Σε περίπτωση τέλεσης παραβίασης από εξερχόμενο των χωρικών υδάτων πλοίο, το παράκτιο κράτος μπορεί κατασταλτικά να προβεί σε σύλληψη και να ασκήσει πλήρη εκτελεστική αρμοδιότητα. Να επισημανθεί το ότι το δικαίωμα αβλαβούς διελεύσεως δεν υφίσταται στη συνορεύουσα ζώνη.

4.3.2. Η υφαλοκρηπίδα

Η υφαλοκρηπίδα αποτελεί τη συνέχεια της ξηράς κάτω από τη θάλασσα, αρχίζει από την ακτή και τελειώνει εκεί όπου το επικλινές του βυθού γίνεται απότομα πιο έντονο προς την ωκεάνια άβυσσο. Από την ακτή ως την ωκεάνια άβυσσο, ο βυθός χωρίζεται στα εξής τμήματα, το υφαλοπλαίσιο (continental margin), που αρχίζει από την ακτή μέχρι την άβυσσο και στο οποίο εντάσσονται, η υφαλοκρηπίδα (continental self), η οποία, από γεωλογική άποψη, αποτελεί ένα ρηχό πλάτωμα ως τα 200 μέτρα, το υφαλοπρανές (continental slope), που αποτελεί το τμήμα του βυθού που αποκλίνει σε βάθος μεγαλύτερο από 200 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας και έχει κλίση 30 – 40 μοιρών, και το ηπειρωτικό ανύψωμα (continental rise), το οποίο σχηματίζεται από κατακρημνίσεις ή άλλα γεωλογικά φαινόμενα στη βάση του υφαλοπρανούς, σε ποικίλλουσα έκταση. Τέλος, οι ωκεάνιες άβυσσοι (oceanic abyss), διαχωρίζονται σε πεδιάδες της αβύσσου (2.500-5.700 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας) και σε λάκκους της αβύσσου (5.700 μέτρα και πέρα). Η εξαιρετική οικονομική σημασία της υφαλοκρηπίδας, δεδομένης της, όσο το δυνατόν, μεγαλύτερης εκμετάλλευσης που αποζητά το κάθε κράτος, την καθιστά έναν από τους πιο σημαντικούς θεσμούς του Δικαίου της Θάλασσας.

Προκειμένου, λοιπόν, να μη δημιουργηθούν αβεβαιότητα και αντιπαραθέσεις ως προς την εκμετάλλευση της, η Σύμβαση του 1982 του Δικαίου της Θάλασσας διατύπωσε τον τελικό ορισμό ως προς το πλάτος της υφαλοκρηπίδας, αφού ο προγενέστερος ορισμός της Σύμβασης του 1958 περί υφαλοκρηπίδας δημιούργησε ανασφάλεια και αβεβαιότητα ως προς το κριτήριο της εκμετάλλευσης. Ο νέος αυτός ορισμός καθιερώνει τα κυριαρχικά δικαιώματα επί της υφαλοκρηπίδας ως αποκλειστικά δικαιώματα έρευνας και εκμετάλλευσης.



Εικόνα 1: Νομικός ορισμός της υφαλοκρηπίδας

Κατά το άρθρο 76 της Σύμβασης ΔΘ, «η υφαλοκρηπίδα ενός παράκτιου κράτους αποτελείται από το θαλάσσιο βυθό και το υπέδαφός του που εκτείνεται πέραν της χωρικής του θάλασσας καθ' όλη την έκταση της φυσικής προέκτασης του χερσαίου του εδάφους μέχρι του εξωτερικού ορίου του υφαλοπλαισίου ή σε μια απόσταση 200 ναυτικών μιλίων από τις γραμμές βάσης από τις οποίες μετράται το πλάτος της χωρικής θάλασσας όπου το εξωτερικό όριο του υφαλοπλαισίου δεν εκτείνεται μέχρι αυτή την απόσταση» (Ευρωπαϊκή Ένωση, 1998). Αν, όμως το υφαλοπρανές εκτείνεται πέρα από τα 200 ν.μ. από τις γραμμές βάσης, τότε το πλάτος της υφαλοκρηπίδας θα εκτείνεται είτε μέχρι τα 350 ν.μ., είτε μέχρι τα 100 ν.μ. πέρα της ισοβαθούς των 2.500 μέτρων, είτε στα 60 ν.μ. από τη βάση του ηπειρωτικού ανυψώματος, που δημιουργείται από κατακρημνίσεις στη βάση του υφαλοπρανούς. Με τον ανωτέρω ορισμό τέθηκαν δύο κριτήρια για τον καθορισμό της υφαλοκρηπίδας από το παράκτιο Κράτος, ένα της αποστάσεως (και όχι πια του βάθους των 200 μέτρων), το οποίο εφαρμόζεται εκεί όπου το υφαλοπλάισιο έχει έκταση μικρότερη των 200 ν.μ. από τις γραμμές βάσης, και δεύτερον, ένα γεωλογικό κριτήριο, το οποίο θα εφαρμοστεί αν το υφαλοπλάισιο έχει έκταση μεγαλύτερη των 200 ν.μ.. Για να μη δημιουργηθεί αβεβαιότητα και να υπάρχει συντονισμός στον καθορισμό των εξωτερικών ορίων της υφαλοκρηπίδας κάθε κράτους βάσει του γεωμορφολογικού κριτηρίου, η Σύμβαση ΔΘ έχει ορίσει μια αρμόδια Επιτροπή (Commission on the Limits of the Continental Shelf), η οποία εξετάζει κάθε αίτηση που θα υποβάλλεται από κάθε κράτος υποχρεωτικά, το οποίο επιδιώκει να

καθιερώσει υφαλοκρηπίδα πέρα των 200 ν.μ. Τα όρια που θα θεσπίσει, εν τέλει, το παράκτιο Κράτος βασιζόμενο στις εισηγήσεις της Επιτροπής θα είναι δεσμευτικά και οριστικά και οι σχετικοί χάρτες και πληροφορίες θα κατατίθενται στο DOALOS. (Παπασταυρίδης, n.d.) (NATIONS, n.d.) Συνεπώς, με βάση το κριτήριο της απόστασης, ο ορισμός της υφαλοκρηπίδας πρακτικά έχει ουσία όταν το παράκτιο κράτος δεν έχει ΑΟΖ, καθώς το εξωτερικό όριο της ΑΟΖ, στην οποία το παράκτιο κράτος έχει κυριαρχικά δικαιώματα, συμπίπτει με το εξωτερικό όριο της υφαλοκρηπίδας. Ο θεσμός της υφαλοκρηπίδας συνδέεται με τον θεσμό της ΑΟΖ, ωστόσο μπορεί να υπάρχει υφαλοκρηπίδα χωρίς να υπάρχει ΑΟΖ, αλλά δεν προβλέπεται το αντίθετο, δηλαδή η ύπαρξη ΑΟΖ χωρίς υφαλοκρηπίδα.

Η Υπόθεση Υφαλοκρηπίδας Βόρειας Θάλασσας, οδήγησε το Διεθνές Δικαστήριο στη παροχή διευκρινίσεων αναφορικά με τη φύση των δικαιωμάτων και υποχρεώσεων του παράκτιου Κράτους στην υφαλοκρηπίδα, τα οποία είναι κυριαρχικά *ipso facto* και *ab initio*, δηλαδή υπάρχουν, μεν, από τότε που υφίσταται η κυριαρχία του κράτους επί του εδάφους, δεν απαιτείται, δε, η διενέργεια υλικών πράξεων για την διατήρησή τους. Τα κυριαρχικά δικαιώματα, σε αντιδιαστολή προς την πλήρη κυριαρχία, είναι περιορισμένα και λειτουργικά, δηλαδή αναγνωρίζονται για συγκεκριμένο σκοπό, ήτοι την έρευνα και την εκμετάλλευση των φυσικών πόρων της υφαλοκρηπίδας. Κατά το άρθρο 77 της Σύμβασης ΔΘ τα δικαιώματα του παράκτιου κράτους είναι αποκλειστικά, δηλαδή κανένα άλλο κράτος, δεν μπορεί να τα επικαλεστεί και να προβεί σε έρευνα ή εκμετάλλευση της υφαλοκρηπίδας χωρίς τη ρητή του συναίνεση, εφόσον, μάλιστα, για την κατοχύρωση των δικαιωμάτων αυτών, δεν προϋποτίθεται κάποια νομική ενέργεια του παράκτιου κράτους, διότι διάφορες διακηρύξεις των κρατών είναι δηλωτικές και όχι συστατικές.

Ο θεσμός της υφαλοκρηπίδας καθιερώθηκε λόγω της ανάγκης εξερεύνησης και εκμεταλλεύσεως των κοιτασμάτων πετρελαίου και άλλων ορυκτών του βυθού και του υπεδάφους της υφαλοκρηπίδας. Προκειμένου, όμως, οι λοιποί βιολογικοί πόροι που θα βρίσκονταν στο βυθό της θάλασσας να μην αποτελέσουν αντικείμενο διεκδίκησης από άλλα κράτη με την αιτιολογία ότι υπάγονται στο καθεστώς της ανοικτής θάλασσας. Έτσι, εντάχθηκαν, τελικά, στο καθεστώς της υφαλοκρηπίδας όλοι οι φυσικοί πόροι του βυθού, περιλαμβανομένων, πέρα των ορυκτών, και των μη ζώντων οργανισμών άλλα και των ζώντων οργανισμών που ανήκουν στα καθιστικά είδη. Στην παράγραφο 4 του άρθρου 77 της Σύμβασης ΔΘ ορίζεται επακριβώς τι περιλαμβάνεται στην έννοια των φυσικών πόρων. Συνεπώς, στα κυριαρχικά

δικαιώματα του κράτους επί της υφαλοκρηπίδας περιλαμβάνονται, κατά την παρ. 4 του άρθρου 77, «...Οι φυσικοί πόροι που αναφέρονται σ' αυτό το μέρος αποτελούνται από τους μεταλλευτικούς και άλλους μη-ζώντες οργανισμούς που ανήκουν στα καθιστικά είδη, δηλαδή οργανισμούς οι οποίοι κατά το στάδιο που είναι δυνατή η αλίευσή τους είναι είτε ακίνητοι στο βυθό της θάλασσας ή κάτω απ' αυτόν, είτε ανίκανοι να κινηθούν ειμή μόνον εφόσον βρίσκονται σε διαρκή φυσική επαφή με το βυθό της θάλασσας ή το υπέδαφός του». (Ευρωπαϊκή Ένωση, 1998) Σημαντική αναφορά, πρέπει να γίνει και στο άρθρο 246 της Σύμβασης ΔΘ, το οποίο αναφέρεται στη θαλάσσια επιστημονική έρευνα στην αποκλειστική οικονομική ζώνη, την οποία θα εξετάσουμε ακολούθως, και στην υφαλοκρηπίδα, και σύμφωνα με το οποίο «...Τα παράκτια κράτη κατά την άσκηση της δικαιοδοσίας τους, έχουν το δικαίωμα να ρυθμίζουν, εξουσιοδοτούν και διεξάγουν θαλάσσια επιστημονική έρευνα στην αποκλειστική οικονομική τους ζώνη και στην υφαλοκρηπίδα τους...», ενώ αντίστοιχη δραστηριότητα άλλου Κράτους διεξάγεται με συναίνεση του παράκτιου Κράτους. Παρεμφερή κυριαρχικά δικαιώματα επί της υφαλοκρηπίδας παρέχει και το άρθρο 80 σε συνδυασμό με το άρθρο 60 της Σύμβασης, αναφορικά με εγκαταστάσεις, κατασκευές, γεωτρήσεων.

Εν πάση περιπτώσει, τα κυριαρχικά αυτά δικαιώματα δεν θα πρέπει να ασκούνται από το παράκτιο κράτος καταχρηστικά, και να οδηγούν αδικαιολόγητα σε παρεμπόδιση ή αποκλεισμό της ναυσιπλοΐας ή άλλων ελευθεριών των κρατών. Στο σημείο αυτό, πρέπει να αναφερθεί το άρθρο 79 της Σύμβασης, με το οποίο αναγνωρίζεται η δυνατότητα κάθε κράτους να τοποθετεί υποβρύχια καλώδια και αγωγούς επί της υφαλοκρηπίδας, επιφυλασσόμενου, δε, του παράκτιου κράτους, του δικαιώματος του να λαμβάνει πρόσφορα μέτρα για την εξερεύνηση της υφαλοκρηπίδας, την εκμετάλλευση των φυσικών πόρων της και την πρόληψη, μείωση και έλεγχο της μόλυνσης από αγωγούς.

4.3.3. Η Αποκλειστική οικονομική ζώνη (ΑΟΖ)

Ως Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη/ΑΟΖ, νοείται, κατά το άρθρο 55 της Σύμβασης ΔΘ, «...η πέραν και παρακείμενη της χωρικής θάλασσας περιοχή, η υπαγόμενη στο ειδικό νομικό καθεστώς που καθιερώνεται στο παρόν μέρος, δυνάμει του οποίου τα δικαιώματα και οι δικαιοδοσίες του παράκτιου κράτους και τα δικαιώματα και οι ελευθερίες των άλλων κρατών διέπονται από τις σχετικές διατάξεις της παρούσας

σύμβασης». Το «ειδικό νομικό καθεστώς» που αναφέρεται στον ανωτέρω ορισμό, δηλώνει ότι η ΑΟΖ είναι μια *sui generis* θαλάσσια ζώνη, το καθεστώς της οποίας δεν ταυτίζεται ούτε με το καθεστώς κυριαρχίας της αιγιαλίτιδας ζώνης, ούτε, όμως, με το καθεστώς ελευθερίας της ανοικτής θάλασσας. Το ειδικό αυτό καθεστώς αναγνωρίζει δικαιώματα στο παράκτιο κράτος, παράλληλα όμως παρέχει δικαιώματα και ελευθερίες στα άλλα κράτη. Στην ύπαρξη ειδικού νομικού καθεστώτος επί της Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης, συνηγορεί και το άρθρο 59 της Σύμβασης ΔΘ, σύμφωνα με το οποίο «Στις περιπτώσεις που η παρούσα σύμβαση δεν παρέχει συγκεκριμένα δικαιώματα ή δικαιοδοσίες στο παράκτιο κράτος ή σε άλλα κράτη μέσα στην αποκλειστική οικονομική ζώνη, και προκύπτει σύγκρουση συμφερόντων ανάμεσα στο παράκτιο κράτος και άλλο κράτος ή κράτη, η διαφορά αυτή θα πρέπει να διευθετείται με βάση την αρχή της ευθυδικίας και το υπό το φως όλων των σχετικών πραγματικών περιστατικών, λαμβάνοντας υπόψη την αντίστοιχη σπουδαιότητα των συμφερόντων των μερών καθώς και τη διεθνή κοινότητα στο σύνολό της» (Ευρωπαϊκή Ένωση, 1998)

Το εύρος της ΑΟΖ είναι τα 200 ναυτικά μίλια. Στην περίπτωση όμως που οι ακτές κρατών βρίσκονται απέναντι ή είναι προσκείμενες, τότε η οριοθέτηση των ΑΟΖ, γίνεται κατόπιν συμφωνίας που βασίζεται στο Διεθνές Δίκαιο, προς εξεύρεση δικαιότερης λύσης. Σε αντίθετη περίπτωση, τα ενδιαφερόμενα κράτη προσφεύγουν στις προβλεπόμενες για την επίλυση των διεθνών διαφορών διαδικασίες. Το εύρος των 200 ν.μ βρίσκει έρεισμα σε πρακτικές εκτιμήσεις, με την αιτιολογία ότι το 99% της παγκόσμιας αλιείας λαμβάνει χώρα σε έκταση έως 200 ν.μ. από τις ακτές. (Ρουκουνας, 2006) Οι γραμμές των εξωτερικών ορίων της ΑΟΖ και οι γραμμές οριοθέτησης που χαράσσονται κατόπιν συμφωνίας, καταγράφονται σε ναυτικούς χάρτες για την εξακρίβωση της θέσης τους. Το παράκτιο Κράτος δεσμεύεται να δημοσιεύει πλήρως τους ναυτικούς χάρτες ή πίνακες γεωγραφικών συντεταγμένων και αντίστοιχα να τους καταθέσει στο Γενικό Γραμματέα των Ηνωμένων Εθνών.

Το παράκτιο κράτος στην Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη του, κατά την άσκηση των κυριαρχικών δικαιωμάτων του, ερευνά, εκμεταλλεύεται, διατηρεί και διαχειρίζεται τους ζώντες πόρους και λαμβάνει τα κατάλληλα μέτρα, για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης στους νόμους και τους κανονισμούς που απορρέουν από τη Σύμβαση, όπως ο έλεγχος των εγγράφων του πλοίου, η επιθεώρηση, η σύλληψη και η κίνηση δικαστικών διαδικασιών. Συγκεκριμένα το παράκτιο Κράτος διαθέτει επί της ΑΟΖ τις παρακάτω εξουσίες:

- κυριαρχικά δικαιώματα αναφορικά με την εξερεύνηση, εκμετάλλευση, διατήρηση και διαχείριση των φυσικών πόρων, ζώντων ή μη, των υπερκείμενων του βυθού της θάλασσας υδάτων, του βυθού της θάλασσας και του υπεδάφους αυτού, όπως ακόμη, και με άλλες δραστηριότητες για την οικονομική εκμετάλλευση και εξερεύνηση της ζώνης, όπως η παραγωγή ενέργειας εκ των υδάτων, ρευμάτων και ανέμων
- δικαιοδοσία που αφορά στην εγκατάσταση και χρήση τεχνητών νησιών, εγκαταστάσεων και κατασκευών
- δικαιοδοσία αναφορικά με τη θαλάσσια επιστημονική έρευνα
- δικαιοδοσία για την προστασία και τη διατήρηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος
- άλλα δικαιώματα και υποχρεώσεις απορρέουσες εκ της Συμβάσεως ΔΘ
- ποινική δικαιοδοσία ως προς την εφαρμογή της σχετικής με την άσκηση των κυριαρχικών δικαιωμάτων του νομοθεσίας

Σημειωτέο ότι στη Σύμβαση προβλέπεται ότι τα δικαιώματα σχετικά με το βυθό της θάλασσας και το υπεδάφος του, πρέπει να ασκούνται σε συμφωνία με τις διατάξεις σχετικές με την υφαλοκρηπίδα. Ωστόσο, τα κυριαρχικά δικαιώματα επί υφαλοκρηπίδας και ΑΟΖ διαφέρουν σε δύο σημεία. Αρχικά, στην περίπτωση που το κράτος δεν υιοθετήσει Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη με ρητή διάταξη, δεν θα απολάβει κανένα δικαίωμα επ' αυτής, ενώ τα επί υφαλοκρηπίδας δικαιώματα υφίστανται *ipso facto* και *ab initio*. Η δεύτερη διαφορά ανάμεσα στη φύση των δικαιωμάτων της υφαλοκρηπίδας και της ΑΟΖ, είναι ότι τα μεν πρώτα είναι αποκλειστικά, στην ΑΟΖ, δε, αναγνωρίζονται εκ της Σύμβασης δικαιώματα και σε τρίτα Κράτη. Να αναφερθεί ότι ΑΟΖ δικαιούνται και τα ηπειρωτικά εδάφη και τα νησιά, εκτός των βράχων.

Στην πλήρη κυριαρχία, τα δικαιώματα ενός κράτους είναι πλήρη περιλαμβάνοντας κάθε χρήση. Στην ΑΟΖ, όμως, το παράκτιο κράτος έχει κυριαρχία επί των φυσικών πόρων των υδάτων του βυθού και του υπεδάφους του, αλλά και σε λοιπές δραστηριότητες οικονομικής εκμετάλλευσης της ΑΟΖ. Έτσι, ενώ στην υφαλοκρηπίδα υπάρχει αποκλειστικότητα εκμετάλλευσης των ζώντων και μη υδάτινων πόρων, στην Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη, αυτή η αποκλειστικότητα περιορίζεται από τη δυνατότητα άλλων κρατών να συμμετέχουν υπό προϋποθέσεις στα αλιευτικά αποθέματα της ΑΟΖ, αλλά και από

την υποχρέωση του κράτους να διατηρήσει τη καλύτερη δυνατή εκμετάλλευσή τους. Ωστόσο, το αν θα συμμετέχουν τα άλλα κράτη στο πλεόνασμα αλιείας του παράκτιου κράτους δεν νοείται ως αυτοτελές δικαίωμα, αλλά υπάγεται στη δυνητική υποχρέωση του παράκτιου κράτους, η οποία δεν υφίσταται αφ' ης στιγμής το παράκτιο κράτος καταφέρει να αλιεύσει όλο το επιτρεπόμενο αλίευμα του επί ΑΟΖ. Πέραν τούτου, η υποχρέωση διατήρησης και ορθής διαχείρισης και χρήσης των ζώντων πόρων της ΑΟΖ, δεν αναιρεί τα αποκλειστικά δικαιώματα του κράτους. Για την άσκηση των κυριαρχικών αυτών δικαιωμάτων, θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να έχει θεσπιστεί η Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη του παράκτιου κράτους με ρητή διακήρυξη, διότι τα δικαιώματα αυτά δεν υπάρχουν αυτοδίκαια και εξ υπαρχής όπως αυτά επί της υφαλοκρηπίδας.

Το παράκτιο κράτος πέραν αυτών των κυριαρχικών δικαιωμάτων, έχει και αυτά τα οποία προβλέπονται στο άρθρο 56 περ. 1 στοιχ. γ' της Σύμβασης ΔΘ, ως «άλλα δικαιώματα και υποχρεώσεις που προβλέπονται από τη παρούσα σύμβαση». Τέτοια δικαιώματα είναι το αποκλειστικό δικαίωμα του άρθρου 81 της Σύμβασης ΔΘ, σύμφωνα με το οποίο το παράκτιο κράτος «επιτρέπει και ρυθμίζει τις γεωτρήσεις στην υφαλοκρηπίδα για όλους τους σκοπούς», ήτοι στο βυθό της ΑΟΖ, αλλά και το δικαίωμα της συνεχούς καταδίωξης (hot pursuit) σύμφωνα με το άρθρο 111, για παραβιάσεις των κανονισμών εντός της ΑΟΖ.

Τα περικλειστα κράτη, δηλαδή τα κράτη που δεν διαθέτουν διέξοδο στη θάλασσα, δηλαδή σε κάποιον από τους πέντε ωκεανούς και τις θάλασσές τους ή σε κάποια από τις τέσσερις μεγάλες κλειστές θάλασσες, δύνανται να εκμεταλλεύονται ισότιμα μέρος του πλεονάσματος των ζώντων πόρων των ΑΟΖ των παράκτιων κρατών της ίδιας περιοχής, εφόσον ληφθούν απαραίτητως υπόψη οι οικονομικές και γεωγραφικές συνθήκες των ενδιαφερόμενων κρατών. Η συμμετοχή αυτή ρυθμίζεται βάσει διμερών συμφωνιών μεταξύ των ενδιαφερόμενων κρατών, στις οποίες λαμβάνονται ιδίως υπόψη, η αποφυγή δυσμενών συνεπειών εις βάρος των αλιευτικών κοινοτήτων ή ιχθυοβιομηχανιών του παράκτιου κράτους, η έκταση της συμμετοχής του περικλειστού κράτους, η έκταση της ήδη υφιστάμενης συμμετοχής άλλων περικλειστών και γεωγραφικώς μειονεκτούντων κρατών με επακόλουθο την αποφυγή περαιτέρω επιβάρυνσης του παράκτιου κράτους, και τέλος, οι ανάγκες διατροφής των πληθυσμών των αντίστοιχων κρατών. Σημειωτέο, δε, ότι τα ανεπτυγμένα περικλειστα κράτη έχουν το αντίστοιχο δικαίωμα συμμετοχής μόνο στις ΑΟΖ των ανεπτυγμένων κρατών της ίδιας

περιοχής, με αντίστοιχο περιορισμό των δυσμενών συνεπειών στις αλιευτικές κοινότητες.

Ως προς τα γεωγραφικώς μειονεκτούντα κράτη, ως τέτοια νοούνται α) τα παράκτια κράτη με ακτές σε κλειστές ή ημίκλειστες θάλασσες, με συνέπεια να εξαρτώνται από την εκμετάλλευση των ζωντανών πόρων των ΑΟΖ άλλων κρατών για την τροφοδότηση των πληθυσμών τους και β) τα παράκτια κράτη μη δυνάμενα να καθιερώσουν δική τους Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη. Δικαίωμα συμμετοχής στο πλεόνασμα των ζώντων πόρων των ΑΟΖ των παράκτιων κρατών της ίδιας περιοχής έχουν και αυτά τα κράτη, με τους όρους που προαναφέρθηκαν για τα περικλείστα κράτη, ανεπτυγμένα και μη, αντίστοιχα.

Συμπερασματικά, τα δικαιώματα που περιγράφονται διαβαθμισμένα στο άρθρο 56 (κυριαρχικά δικαιώματα, δικαιοδοσία, άλλα δικαιώματα), υποδηλώνουν την προτεραιότητα των οικονομικών κινήτρων που οδήγησαν στην καθιέρωση της ΑΟΖ. Σημαντικό είναι σε κάθε περίπτωση να διασαφηνίζονται και να τηρούνται οι κανονισμοί της Σύμβασης ΔΘ που διέπουν τις δραστηριότητες των κρατών εντός της ΑΟΖ, την άσκηση των αντίστοιχων δικαιωμάτων και τη συμμόρφωση των κρατών στις υποχρεώσεις τους, ώστε να αποφεύγονται υπερβάσεις και κατ' επέκταση οι εντάσεις μεταξύ των περισσότερων κρατών που χρησιμοποιούν την ΑΟΖ. Συνάγεται εξάλλου, ότι η Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη είναι μια *sui generis*, πολυλειτουργική θαλάσσια ζώνη, η οποία παρέχει αποκλειστικότητα στο παράκτιο κράτος ως προς τις οικονομικές χρήσεις, παράλληλα, όμως αναγνωρίζει δικαιώματα σε άλλα κράτη, με αποτέλεσμα να χάνεται η αποκλειστικότητά της, στο δικαίωμα επικοινωνίας παραδείγματος χάρι, αλλά και να καθίσταται «μη οικονομική», καθώς δικαιοδοσία μη οικονομικής φύσεως μπορούν να ασκήσουν, πέραν του παράκτιου κράτους, και τρίτα κράτη.

Τέλος, να επισημανθεί ότι η Ελλάδα δεν έχει θεσπίσει Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη, παρά τα πλεονεκτήματα που θα της παρείχε μια τέτοια ενέργεια, όπως η εκμετάλλευση των υδρογονανθράκων του βυθού και του υπεδάφους της ΑΟΖ. Ωστόσο, εξακολουθεί να έχει *ipso iure* τα γνωστά κυριαρχικά δικαιώματα στο έδαφος και το υπέδαφος της υφαλοκρηπίδας.

4.4. Οι θαλάσσιες περιοχές πέραν των ζωνών εθνικής κυριαρχίας ή δικαιοδοσίας

4.4.1. Η ανοικτή θάλασσα

Κατά το άρθρο 86 της Σύμβασης Δικαίου της Θάλασσας, οι διατάξεις για την ανοικτή θάλασσα, ή αλλιώς κατά τον ανεπίσημο όρο της «διεθνή ύδατα», εφαρμόζονται σε όλα τα τμήματα της θάλασσας που δεν ανήκουν στην αιγιαλίτιδα ζώνη, στην αποκλειστική οικονομική ζώνη ή τα εσωτερικά ύδατα ενός κράτους ή τέλος στα αρχιπελαγικά ύδατα ενός αρχιπελαγικού κράτους. (Ρουκουνας, 2006). Στο καθεστώς της ανοικτής θάλασσας υπάγονται τα υπερκείμενα ύδατα και ο αντίστοιχος εναέριος χώρος (διεθνής εναέριος χώρος). Αντίθετα, ο βυθός και το υπέδαφος της ανοικτής θάλασσας υπάγονται ή στην υφαλοκρηπίδα συγκεκριμένου παράκτιου κράτους ή στον διεθνή βυθό («Περιοχή») (Παπασταυρίδης, n.d.). Η ανοικτή θάλασσα ορίζεται αναγκαία αρνητικά, σε αντιδιαστολή με τις ζώνες κυριαρχίας ή δικαιοδοσίας του παράκτιου κράτους. Δικαιολογητικό λόγο συνιστά το γεγονός ότι δεν ορίζεται με ακρίβεια το πλάτος της αιγιαλίτιδας ζώνης καθώς επαφίεται στη διακριτική ευχέρεια εκάστου κράτος, αλλά και το ότι το εύρος της ανοικτής θάλασσας θα εξαρτάται από το αν τελικά το παράκτιο κράτος θα υιοθετήσει Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη.

Η νομική φύση της ανοικτής θάλασσας δεν ορίζεται ρητά σε συμβατικά κείμενα. Το άρθρο 89 της Σύμβαση ΔΘ ορίζει ότι κανένα κράτος δεν μπορεί νομίμως να διεκδικήσει την υπαγωγή οποιουδήποτε μέρους της ανοικτής θάλασσας υπό την κυριαρχία του. Δεν είναι όμως, ούτε κοινό πράγμα εφόσον όλα τα κράτη δεν είναι συγκυρίαρχα σε αυτή. Ορθότερο είναι, να θεωρηθεί η ανοικτή θάλασσα πράγμα κοινής χρήσης, εφόσον, μάλιστα, σύμφωνα με το άρθρο 87, διέπεται από την αρχή της ελευθερίας των θαλασσών, ούσα ελεύθερη για όλα τα κράτη είτε είναι παράκτια είτε είναι περικλειστά.

Η ελευθερία της ανοικτής θάλασσας, σύμφωνα με το προαναφερόμενο άρθρο της Σύμβασης ΔΘ περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, τόσο για τα παράκτια όσο και για τα άνευ ακτών κράτη: α) την ελευθερία ναυσιπλοΐας, β) την ελευθερία υπέρπτησης, γ) την ελευθερία τοποθέτησης υποβρυχίων καλωδίων και σωληναγωγών, δ) την ελευθερία κατασκευής τεχνητών νήσων και άλλων εγκαταστάσεων που επιτρέπονται κατά το διεθνές δίκαιο, ε) την ελευθερία αλιείας, στ) την ελευθερία επιστημονικής έρευνας. Η απαρίθμηση των ελευθεριών αυτών είναι ενδεικτική. Επιτρέπονται επίσης στην ανοικτή θάλασσα, τα ναυτικά γυμνάσια, όχι όμως για πυρηνικές δοκιμές, καθώς δεν συνιστούν ειρηνική χρήση της ανοικτής θάλασσας, όπως προβλέπει το άρθρο 88

της Σύμβασης ΔΘ, θέτοντας έτσι έναν περιορισμό στις ανωτέρω ελευθερίες. Πέραν αυτού του, έναν δεύτερο περιορισμό εισάγει το άρθρο 87 παρ. 2 της Σύμβασης ΔΘ, ο οποίος συνίσταται στο ότι κατά την άσκηση των ελευθεριών της ανοικτής θάλασσας θα πρέπει να «λαμβάνονται προσηκόντως υπόψη τα συμφέροντα των άλλων κρατών κατά την άσκηση της ελευθερίας της ανοικτής θάλασσας, ως επίσης και τα δικαιώματα που παρέχονται από τη σύμβαση σχετικά με τις δραστηριότητες εντός της περιοχής». (Ευρωπαϊκή Ένωση, 1998)

Δεδομένου ότι κανένα κράτος δεν έχει κυριαρχία επί της ανοικτής θάλασσας, δεν μπορεί να εμποδίζει την άσκηση των ανωτέρω ελευθεριών από άλλα κράτη. Κατ' επέκταση, τα πλοία στην ανοικτή θάλασσα υπάγονται στην αποκλειστική δικαιοδοσία του κράτους της σημαίας τους και κανένα κράτος δεν μπορεί να επεμβαίνει και να ασκεί εξουσία σε πλοία που δεν φέρουν τη σημαία του. Όλα τα κράτη θα πρέπει να διατηρούν τη δημόσια τάξη στην ανοικτή θάλασσα, γι' αυτό το λόγο αποδίδεται εθνικότητα σε κάθε πλοίο, ώστε να διασφαλίζεται η διεθνής ευθύνη του κράτους της σημαίας σε περίπτωση παραβίασης. Πλοίο, το οποίο πλέει με τις σημαίες δύο ή περισσότερων κρατών, δεν μπορεί να επικαλεστεί καμία από τις δύο εθνικότητες, οπότε και μπορεί να εξομοιωθεί με πλοίο άνευ εθνικότητας (άρθρο 92 παρ. 2 Σύμβασης ΔΘ). (Παπασταυρίδης, n.d.) Μόνο τα πολεμικά πλοία του κράτους της σημαίας του πλοίου, εμπορικού ή μη, που παραβιάζει το διεθνές δίκαιο ή τη νομοθεσία του κράτους της σημαίας του, μπορούν να ασκήσουν εξουσία στο πλοίο, ανακόπτοντας τον πλου και προβαίνοντας σε κατασταλτικές πράξεις. Ωστόσο, τα πολεμικά πλοία δεν έχουν την εξουσία να επεμβαίνουν ή να παρακωλύουν τη ναυσιπλοΐα ξένων εμπορικών πλοίων σε περίοδο ειρήνης, ούτε όμως να παρακωλύουν τη ναυσιπλοΐαν άλλων πολεμικών πλοίων.

Δικαίωμα επέμβασης μπορεί να θεσπίζεται και μέσω διμερών ή πολυμερών διεθνών συνθηκών, αλλά σε αυτή τη περίπτωση θα ισχύει μόνο για τα πλοία των συμβαλλόμενων κρατών.

4.5. Τα νησιά

«Νήσος είναι μια φυσικά διαμορφωμένη περιοχή ξηράς που περιβρέχεται από ύδατα και βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια των υδάτων κατά τη μέγιστη πλημμυρίδα», όπως ορίζεται στο άρθρο 121 παρ. 1 της Σύμβασης Δικαίου της Θάλασσας. Σύμφωνα με τον ανωτέρω ορισμό οι τεχνητοί νήσοι δεν θεωρούνται νήσοι κατ' αυτή την έννοια

διότι δεν έχουν σχηματιστεί φυσικά. Ενδιαφέρον στη παρούσα φάση έχουν τα τεχνητά νησιά, τα οποία είναι μόνιμες εγκαταστάσεις που έχουν δημιουργηθεί από τον άνθρωπο από τσιμέντο ή μέταλλο ή ξύλο και έχουν τη βάση τους στο βυθό. Οι λόγοι δημιουργίας τους είναι η έρευνα και η εκμετάλλευση της υφαλοκρηπίδας ή για επιστημονικούς σκοπούς. Το παράκτιο κράτος ασκεί επί των τεχνητών νησιών αστική και ποινική δικαιοδοσία ανεξάρτητα αν αυτά βρίσκονται στην ανοικτή θάλασσα. Η εφαρμογή της νομοθεσίας του κράτους σε αυτά τα νησιά, λαμβάνει χώρα μόνο αν τα κράτη με ρητές διατάξεις επεκτείνουν στα νησιά τη νομοθεσία τους. Αν όμως βρίσκεται εντός της αιγιαλίτιδας ζώνης του τότε αυτομάτως υπάγονται στην εσωτερική νομοθεσία του παράκτιου κράτους.

Τα τεχνητά νησιά δεν έχουν αιγιαλίτιδα ζώνη, διότι δεν θεωρούνται νησιά με την έννοια του διεθνούς δικαίου. Στα τα νησιά αυτά εφαρμόζεται το ειδικό καθεστώς των άρθρων 60 και 80 της Σύμβασης ΔΘ. Το παράκτιο κράτος σε κάθε περίπτωση πρέπει να ενημερώνει για τη κατασκευή τεχνητών νησιών τα άλλα κράτη και να και να μεριμνά για τη μόνιμη σηματοδότησή τους και για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Η δημιουργία ζωνών ασφαλείας σε έκταση 500 μέτρων γύρω από τα τεχνητά νησιά αποτελεί δικαίωμα του παράκτιου κράτους. Η δημιουργία τεχνητών νήσων απαγορεύεται όταν μπορεί δημιουργεί εμπόδιο στη χρήση διαδρόμων, αναγκαίων για τη διεθνή ναυσιπλοΐα. (Ρουκουνας, 2006)

5. ΥΦΑ και οι νομικές πτυχές του

5.1. Εισαγωγή

Η βιομηχανία ΥΦΑ ακολουθεί ένα διεθνές δίκτυο κωδικών και προτύπων, κυρίως Ευρωπαϊκά και Αμερικανικά πρότυπα, διασφαλίζοντας το υψηλό επίπεδο ασφάλειας, μέσω της εφαρμογής εγκεκριμένων τεχνολογιών, υλικών και σχεδίων που συμβάλλουν στην κατασκευή των τερματικών εισαγωγής. Η ανάπτυξη και η εφαρμογή των συγκεκριμένων προτύπων προωθεί την ανταλλαγή τεχνολογιών αιχμής και έρευνας στον κλάδο.

Το 2015 δημιουργήθηκε μια διεθνής ομάδα εργασίας με την επωνυμία TC67 / SC9: "Εγκαταστάσεις και εξοπλισμός ΥΦΑ" η οποία διαδέχθηκε το TC67 / WG10, που δημιουργήθηκε το 2006 στο πλαίσιο του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης (ISO).

Στόχος της ομάδας αυτής είναι η συμβατότητα και η εναρμόνιση των κωδικών ΥΦΑ, προκειμένου να αυξηθούν οι υφιστάμενοι κώδικες και πρότυπα μεταξύ των χωρών σε διεθνές επίπεδο. Ορισμένοι κώδικες αφορούν σε ασφάλεια των τερματικών σταθμών εισαγωγής ΥΦΑ από σεισμούς σε ορισμένα μέρη του κόσμου. Οι κύριοι κώδικες, NFPA 59A ή EN1473, παρέχουν ισχυρές κατασκευαστικές απαιτήσεις για να εξασφαλίσουν σε ακόμα αυστηρότερο επίπεδο την ασφάλεια των σταθμών από τις σεισμικές δονήσεις, προσδιορίζοντας τον "μέγιστο θεωρούμενο σεισμό" (MCE). Οι δεξαμενές υγροποιημένου φυσικού αερίου και το σύστημα κατακράτησης έχουν σχεδιαστεί για δύο επίπεδα σεισμικής κίνησης: (1) "σεισμός κλεισίματος", και (2) "σεισμός λειτουργίας βάσης", όπου και οι δύο προσδιορίζονται στους βασικούς κώδικες.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN) είναι ένας ιδιωτικός μη κερδοσκοπικός οργανισμός που έχει ως αποστολή να συμβάλει στην επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου με εθελοντικά τεχνικά πρότυπα που προωθούν το ελεύθερο εμπόριο, την ασφάλεια των εργαζομένων και των καταναλωτών.

5.2. Διεθνής νομοθεσία

Αναφορικά με το νομοθετικό πλαίσιο για τη μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων από τη ναυτιλία, οι πρώτες προσπάθειες ξεκίνησαν τη δεκαετία 1980 – 1990 και είχαν ως αποτέλεσμα τη μείωση κατά 20% των εκπομπών διοξειδίου του θείου (SO₂). Για το λόγο αυτό εκδόθηκαν οι κάτωθι οδηγίες, με σκοπό τη μείωση ως το 1977 των υπό παρακολούθηση ρύπων κατά 90%.

- Οδηγία 96/62/EC (τροποποιήθηκε με την Οδηγία 99/30/EC), σχετικά με την ποιότητα του αέρα
- Οδηγία 70/220/EEC, θέτοντας όρια εκπομπών για τα επιβατηγά οχήματα
- Οδηγία 93/59/ EEC, για φορτηγά και βαρέα οχήματα

Ενιαία και διεθνώς αναγνωρισμένα πρότυπα ασφαλείας και περιβαλλοντικά πρότυπα για τις θαλάσσιες μεταφορές εισάγει ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, ο οποίος θεσπίζει κανονισμούς και περιορισμούς προκειμένου να περιοριστούν οι εκπομπές ρύπων από τα πλοία. Οι κυριότεροι διεθνείς κανονισμοί που αφορούν τη μεταφορά και τον ανεφοδιασμό του ΥΦΑ είναι οι εξής:

- SOLAS - Διεθνής Σύμβαση για την ασφάλεια της ζωής στη θάλασσα (IMO)
- MARPOL – Διεθνής Σύμβαση αποφυγής της ρύπανσης της θάλασσας από πλοία (IMO)
- IGC Code – Διεθνής Κώδικας για την κατασκευή και τον εξοπλισμό πλοίων μεταφοράς υγροποιημένων αερίων χύδην (IMO)
- IGF Code - Διεθνής Κώδικας για την ασφάλεια των πλοίων που χρησιμοποιούν αέριο ή άλλα καύσιμα χαμηλής ανάφλεξης (IMO)
- No. 20-NFPA 302-2012 – Προστασία από φωτιά για εμπορικά σκάφη και σκάφη αναψυχής (NFPA)
- No. 52 – Προστασία από πυρκαγιά (NFPA)
- API Recommended Practice 2003,6th Edition – Προστασία από αναφλέξεις (API)

Σημείο αναφοράς για τα πρότυπα ασφαλείας αποτελεί η Διεθνής Σύμβαση περί ασφαλείας της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα (SOLAS), η οποία περιλαμβάνει διεθνώς συμφωνηθέντα πρότυπα για τα επιβατηγά πλοία και ταχύπλοα σκάφη που εκτελούν δρομολόγια διεθνώς. Στο έβδομο κεφάλαιο αυτής της Σύμβασης περιλαμβάνεται ο Διεθνής Κώδικας για την κατασκευή και τον εξοπλισμό πλοίων μεταφοράς υγροποιημένων αερίων χύδην (IGC Code), ο οποίος ψηφίστηκε από την Επιτροπή Ασφάλειας Ναυτιλίας του IMO και είναι υποχρεωτικός από 01/07/1986. Ο Κώδικας IGC ισχύει για όλα τα πλοία ανεξαρτήτως μεγέθους και αποβλέπει στη καθιέρωση διεθνών προτύπων για την ασφαλή μεταφορά υγροποιημένων αερίων μέσω προτύπων για τη μελέτη και κατασκευή πλοίων που διενεργούν αντίστοιχες μεταφορές και το απαραίτητο εξοπλισμό που θα διαθέτουν για τη μείωση κινδύνου για το πλήρωμα, το περιβάλλον και το πλοίο (IMO, n.d.). Στον Κώδικα αυτόν, γίνεται κατηγοριοποίηση των πλοίων ανάλογα με το τι μεταφέρουν, προσδιορίζοντας τους αντίστοιχους κινδύνους, τους οποίους αναγράφουν σε κώδικες, λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι μια σοβαρή σύγκρουση ή προσάραξη θα προκαλούσε βλάβη στις δεξαμενές και απώλεια του φορτίου. Δεδομένης της εξέλιξης της τεχνολογίας της μεταφοράς του φυσικού αερίου, ο Κώδικας IGC χρήζει συνεχούς αναθεώρησης, με την τελευταία τελεσθείσα τροποποίηση, να τίθεται σε ισχύ την 01/07/2016.

Ένας ακόμα σημαντικός Κώδικας που ενέκρινε η Επιτροπή Ασφάλειας Ναυτιλίας του IMO ήταν ο Διεθνής Κώδικας για την ασφάλεια των πλοίων που χρησιμοποιούν

αέριο ή άλλα καύσιμα χαμηλής ανάφλεξης (IGF Code) (IMO, n.d.), στον οποίο περιλαμβάνονται διατάξεις αναφορικά με τη ρύθμιση, την εγκατάσταση, τον έλεγχο και τη παρακολούθηση των μηχανημάτων και του εξοπλισμού που χρησιμοποιούν καύσιμα χαμηλής ανάφλεξης, όπως το ΥΦΑ προς ελαχιστοποίηση του κινδύνου του πλοίου, του περιβάλλοντος και του πληρώματος. Δίνονται, παράλληλα, οδηγίες σχετικά με τη κατάλληλη τοποθέτηση των δεξαμενών καυσίμων, τεχνικά μέτρα και μέτρα πυρασφάλειας, αλλά και υποχρεώσεις για μεγαλύτερη προστασία του μηχανοστασίου. Κρίθηκε απαραίτητο, ο Κώδικας IGF να εφαρμοστεί, πέρα από τα καινούρια πλοία, και στα πλοία εκ μετατροπής, που χρησιμοποιούν ως καύσιμο κίνησης το υγροποιημένο φυσικό αέριο ή άλλα καύσιμα χαμηλής ανάφλεξης. Δεν εφαρμόζεται σε φορτηγά πλοία μικτής χωρητικότητας κάτω των 500 τόνων, παρά μόνο κατ' επιλογή, βάσει της νομοθεσίας κάθε κράτους μέλους.

Βασικό νομοθέτημα σχετικά με το περιβάλλον είναι η Διεθνής Σύμβαση αποφυγής της ρύπανσης της θάλασσας από πλοία (1973), η οποία τροποποιήθηκε με το Πρωτόκολλο του 1978, γνωστή ως MARPOL 73/78. Αποσκοπεί στην αποφυγή ρύπανσης της θάλασσας εξαιτίας της ρίψης πετρελαίου, χημικών ή άλλων επιβλαβών ουσιών ή αποβλήτων από πλοία. Όσον αφορά το πετρέλαιο, είναι το πιο σύνηθες επιβλαβές για το περιβάλλον διότι η μεγαλύτερη ποσότητα του επιρρίπτεται στη θάλασσα κατά τη λειτουργία του πλοίου παρά σε περίπτωση ατυχήματος. Η Σύμβαση MARPOL θέτει τα κατώτατα όρια ρίψης επιβλαβών ουσιών στη θάλασσα, υποχρεώνοντας τα κράτη-μέλη της να ελέγχουν τα πλοία στα λιμάνια και στη θάλασσα, να εντοπίζουν και να διώκουν τα πλοία που προκαλούν ρύπανση και να διασφαλίζουν την ύπαρξη επαρκών και κατάλληλων διευκολύνσεων υποδοχής αποβλήτων των πλοίων στους λιμένες.

Η Σύμβαση MARPOL, τροποποιήθηκε και πάλι στις 27/09/1997, με το Πρωτόκολλο 1997, το οποίο εισάγει το Παράρτημα VI αναφορικά με τους Κανονισμούς για τον περιορισμό της αέριας ρύπανσης από πλοία, θέτοντας όρια στις εκπομπές αερίων οξειδίου του αζώτου (NO_x) και οξειδίου του θείου (SO_x) από τα καυσαέρια των πλοίων. Το εν λόγω Παράρτημα τέθηκε σε ισχύ το 2005, ωστόσο η συνεχής ανάγκη μείωσης των εκπομπών ρύπων, οδήγησε τον IMO σε τροποποίηση του Παραρτήματος VI, μειώνοντας το ποσοστό θείου στα καύσιμα της ναυτιλίας από 4,5% σε 3,5% το ανώτατο. Στην Ευρώπη η Σύμβαση υιοθετήθηκε με την Οδηγία

2012/32/ΕΕ. Επιπλέον, σύμφωνα με τους κανονισμούς ενεργειακής αποδοτικότητας, όλα τα υπάρχοντα πλοία οφείλουν να τηρούν ένα σχέδιο διαχείρισης ενεργειακής αποδοτικότητας. Οι απαιτήσεις ενεργειακής αποδοτικότητας εφαρμόστηκαν ως τροποποιήσεις του Παραρτήματος VI της MARPOL το 2011 και τέθηκαν σε ισχύ το 2013.

5.3. Ευρωπαϊκή νομοθεσία

Στην Ευρώπη, οι κώδικες και οι κανονισμοί που διέπουν τις εγκαταστάσεις εισαγωγής ΥΦΑ περιλαμβάνουν:

1. την οδηγία 2012/18 / ΕΕ του Συμβουλίου της 4ης Ιουλίου 2012 σχετικά με την οδηγία Seveso-III της Ευρωπαϊκής Ένωσης - Έλεγχος των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου Κίνδυνοι μείζονος ατυχήματος που αφορούν επικίνδυνες ουσίες. Για την Ευρωπαϊκή Ένωση, όλες οι δραστηριότητες λειτουργίας και συντήρησης υπόκεινται στον έλεγχο ενός συστήματος διαχείρισης της ασφάλειας που απαιτείται από την οδηγία Seveso-III 2012/18 / ΕΕ, το οποίο περιλαμβάνει απαιτήσεις σχετικά με τα συστήματα διαχείρισης της ασφάλειας, τον προγραμματισμό έκτακτης ανάγκης και τον προγραμματισμό της χρήσης γης, που πρέπει να διεξαχθούν από τα κράτη μέλη.
2. EN 1473: «Εγκατάσταση και εξοπλισμός για ΥΦΑ - Σχεδιασμός εγκαταστάσεων στην ξηρά» για χωρητικότητες άνω των 200 τόνων. Ο ευρωπαϊκός κωδικός EN 1473 βασίζεται σε μια προσέγγιση εκτίμησης κινδύνου με λιγότερα ρητά πρότυπα, σε σύγκριση με τους κανονισμούς των ΗΠΑ ή τα αμερικανικά πρότυπα.
3. ISO 16903: "Εγκατάσταση και εξοπλισμός υγροποιημένου φυσικού αερίου - Χαρακτηριστικά του ΥΦΑ, επηρεάζοντας το σχεδιασμό και την επιλογή υλικού. Αυτό το πρότυπο περιέχει οδηγίες σχετικά με τις ιδιότητες των υλικών που ενδέχεται να έρθουν σε επαφή με το ΥΦΑ στην εγκατάσταση.

Οι πρόσθετοι κώδικες περιλαμβάνουν:

- ➔ Το πρότυπο EN 146201 («Σχεδιασμός και κατασκευή δομικών χαλύβδινων δεξαμενών με κατακόρυφη, κυλινδρική και επίπεδη βάση για την αποθήκευση ψυκτικών υγροποιημένων αερίων με θερμοκρασίες λειτουργίας μεταξύ 0 ° C και -165 ° C»).

- ➔ ISO 16904- 2016 ("Σχεδιασμός και δοκιμή των βραχιόνων μεταφοράς θαλάσσιων πόρων ΥΦΑ για συμβατικούς τερματικούς σταθμούς επί ξηράς - Σχεδιασμός και δοκιμή βραχιόνων φόρτωσης / εκφόρτωσης ΥΦΑ").
- ➔ ISO 28460 ("Εγκατάσταση και εξοπλισμός για ΥΦΑ - Διεπαφή πλοίου προς ξηρά και λιμενικές λειτουργίες").
- ➔ EN 13645 ("Σχεδιασμός χερσαίων εγκαταστάσεων με χωρητικότητα αποθήκευσης μεταξύ 5 τόνων και 200 τόνων").

Εφαρμόζοντας τους δικούς τους κανονισμούς που απορρέουν από την οδηγία Seveso-III, οι εθνικές αρχές κάθε ευρωπαϊκής χώρας έχουν την ευθύνη να εκδώσουν πιστοποιητικό στη διευκόλυνση και είναι ο κύριος φορέας για την επανεξέταση των ανησυχιών σχετικά με το περιβάλλον και την ασφάλεια, συμπεριλαμβανομένων των δημόσιων σχολίων και των διαδικασιών επανεξέτασης.

Βέβαια υπάρχουν και αμερικανικά πρότυπα των ΗΠΑ τα οποία μπορούν επίσης να εφαρμοστούν στην Ευρώπη όπως τα παρακάτω:

- NFPA 59A: Πρότυπο για την Παραγωγή, Αποθήκευση και Χειρισμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG). και
- 33 CFR Μέρος 127: Εγκαταστάσεις παραθαλάσσιας μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου και υγροποιημένου αερίου

https://giignl.org/sites/default/files/PUBLIC_AREA/About_LNG/3_LNG_Safety/giignl2019_infopapers4.pdf

Στις 16 Φεβρουαρίου 2016, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσίασε ένα πακέτο αειφόρου ενεργειακής ασφάλειας, το οποίο περιλάμβανε μια μη νομοθετική στρατηγική της ΕΕ για το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) και την αποθήκευση φυσικού αερίου. Η στρατηγική αυτή αποσκοπεί στη βελτίωση της πρόσβασης όλων των κρατών μελών στο ΥΦΑ ως εναλλακτική πηγή αερίου.

Για αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητη τόσο η κατασκευή αναγκαίας υποδομής για την ολοκλήρωση της δημιουργίας της εσωτερικής αγοράς ενέργειας όσο και ο εντοπισμός των αναγκαίων σχεδίων για τον τερματισμό της εξάρτησης ορισμένων κρατών μελών από μια πηγή εφοδιασμού με φυσικό αέριο. Στο πλαίσιο αυτό, η στρατηγική αναφέρει τη νομοθετική εργασία για την αναθεώρηση του κανονισμού της ΕΕ σχετικά με τα μέτρα διασφάλισης της ασφάλειας του εφοδιασμού με φυσικό

αέριο, η οποία εγκρίθηκε επίσημα από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο στις 12 Σεπτεμβρίου 2017, μετά από μια σειρά τριμερών διαπραγματεύσεων με το Συμβούλιο σε ένα αποδεκτό συμβιβαστικό κείμενο.

Η στρατηγική αποθήκευσης φυσικού αερίου και LNG αναφέρει τη σημασία της συμμετοχής της ΕΕ στις διεθνείς αγορές. Η Επιτροπή θα συνεργαστεί με τους σημαντικότερους εξαγωγείς ΥΦΑ και θα εξασφαλίσει ότι με την αναθεώρηση της απόφασης της ΕΕ για τις διακυβερνητικές συμφωνίες στον τομέα της ενέργειας (η οποία τέθηκε σε ισχύ τον Μάιο του 2017, αφού πέρασε η νομοθετική διαδικασία στο Συμβούλιο και το Κοινοβούλιο) Οι συμβάσεις ΥΦΑ συμμορφώνονται με τη νομοθεσία της ΕΕ. Η στρατηγική θεωρεί επίσης ότι το ΥΦΑ μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο ως εναλλακτικό καύσιμο στις μεταφορές, στη θέρμανση και στην ηλεκτρική ενέργεια, με αποτέλεσμα η Επιτροπή να επιβάλει την εφαρμογή της οδηγίας 2014/94 / ΕΕ για την υποδομή εναλλακτικών καυσίμων, η οποία προβλέπει τον ανεφοδιασμό LNG για φορτηγά και εσωτερικά σκάφη. Η Επιτροπή θα συνεχίσει επίσης τις εργασίες της για τη θέσπιση τυποποίησης και κανονιστικού πλαισίου για το ΥΦΑ στη ναυτιλία.

Στις 26 Σεπτεμβρίου 2016, η Επιτροπή Βιομηχανίας, Έρευνας και Ενέργειας (ITRE) ενέκρινε έκθεση πρωτοβουλίας σχετικά με τη στρατηγική της ΕΕ για την αποθήκευση υγροποιημένου φυσικού αερίου και φυσικού αερίου (εισηγητής András Gyürk, EPP, Ουγγαρία). Κατατέθηκαν 265 τροπολογίες στο σχέδιο έκθεσης · οι πολιτικές ομάδες διαπραγματεύθηκαν σε 21 συμβιβαστικές τροπολογίες.

Στις 25 Οκτωβρίου 2016 το Κοινοβούλιο ψήφισε στην Ολομέλεια το ψήφισμα σχετικά με τη στρατηγική της ΕΕ για την αποθήκευση υγροποιημένου φυσικού αερίου και φυσικού αερίου. Περιλαμβάνει τρία βασικά μηνύματα: (i) υπάρχει ανάγκη διαφοροποίησης του εφοδιασμού με αέριο, (ii) πρέπει να αναπτυχθεί η ελλείπουσα υποδομή φυσικού αερίου, ώστε να αξιοποιηθεί πλήρως το δυναμικό των υφιστάμενων τερματικών σταθμών ΥΦΑ, και (iii) οι εσωτερικοί κανόνες, και οι τιμολογιακές δομές πρέπει να εναρμονιστούν. Ειδικότερα, το εγκριθέν ψήφισμα:

- ✓ υπογραμμίζει τη σημασία μιας εσωτερικής αγοράς ενέργειας με πλήρως ολοκληρωμένη αποθήκευση ΥΦΑ και φυσικού αερίου, η οποία θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην επίτευξη μιας ανθεκτικής Ενεργειακής Ένωσης ·

- ✓ ζητεί να προωθηθεί και να καταστεί αποτελεσματικότερη η χρήση της υποδομής ΥΦΑ και αποθήκευσης φυσικού αερίου, πριν υποστηριχθεί η κατασκευή νέων τερματικών επαναεριοποίησης ·
- ✓ όσον αφορά την αποθήκευση φυσικού αερίου, το κείμενο αναφέρεται στην υπάρχουσα πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα και επισημαίνει τις ακόλουθες λύσεις για τη βελτίωση του ποσοστού χρησιμοποίησης της αποθήκευσης φυσικού αερίου: i) περισσότερη περιφερειακή συνεργασία, ii) επαρκές επίπεδο διασυνδέσεων φυσικού αερίου, iii) (iv) την ανάγκη να αναπτυχθούν εναρμονισμένες τιμολογιακές δομές σε ολόκληρη την ΕΕ και να αυξηθεί η διαφάνεια στον ορισμό των δασμών ·
- ✓ υποστηρίζει ότι πριν από τη λήψη απόφασης σχετικά με νέες υποδομές θα πρέπει να εξεταστεί η προώθηση της αποδοτικότερης χρήσης των υφιστάμενων τερματικών σταθμών ΥΦΑ από διασυνοριακή προοπτική. Αυτό θα βοηθούσε στην αποφυγή των λανθάνοντων περιουσιακών στοιχείων στην υποδομή των ορυκτών καυσίμων.
- ✓ εκφράζει την ανησυχία του για τον προτεινόμενο διπλασιασμό της δυναμικότητας του αγωγού Nord Stream (σχέδιο Nord Stream 2) · τονίζει ότι το Nord Stream 2 έρχεται σε αντίθεση με τις αρχές της Ενεργειακής Ένωσης και συνεπώς δεν πρέπει να λάβει οικονομική στήριξη από την ΕΕ ή οποιαδήποτε παρέκκλιση από το δίκαιο της ΕΕ ·
- ✓ θεωρεί ότι «εάν, αντίθετα προς τα ευρωπαϊκά συμφέροντα, η κατασκευή του δικτύου Nord Stream 2 απαιτεί αναγκαστικά μια ορθή αξιολόγηση της προσβασιμότητας των τερματικών σταθμών ΥΦΑ και μια λεπτομερή κατάσταση του διαδρόμου φυσικού αερίου Βορρά-Νότου».

<http://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-resilient-energy-union-with-a-climate-change-policy/file-comprehensive-strategy-for-lng-and-storage>

5.4. Ελληνική Νομοθεσία

Στην Ελλάδα η υιοθέτηση των διεθνών κανόνων που σχετίζονται με τη μεταφορά και τη χρήση επικίνδυνων υλών γίνεται με τη δημοσίευση Προεδρικών Διαταγμάτων

(ΠΔ) ή Υπουργικών Αποφάσεων (ΥΑ) στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως και η συμμόρφωση είναι υποχρεωτική. Ενδεικτικά είναι τα εξής:

- ΠΔ 103/92 (ΦΕΚ 47/Α/31-3-1992): Αποδοχή των τροποποιήσεων των προσαρτημάτων ΙΙ και ΙΙΙ του Παραρτήματος ΙΙ της Διεθνούς Σύμβασης 1973 «για την πρόληψη της ρύπανσης της θάλασσας από τα πλοία» (MARPOL 73/78).
- ΠΔ 288/92 (ΦΕΚ 147/Α/2-9-1992): Αποδοχή των τροποποιήσεων του Παραρτήματος του Πρωτοκόλλου 1978 του σχετικού με την Διεθνή Σύμβαση 1973 «για την πρόληψη της ρύπανσης της θάλασσας από πλοία» (MARPOL 73/78).
- ΠΔ 46/92 (ΦΕΚ 17/Α/17-2-1993): Αποδοχή των τροποποιήσεων του Παραρτήματος του Πρωτοκόλλου 1978 του σχετικού με την Διεθνή Σύμβαση 1973 «για την πρόληψη της ρύπανσης της θάλασσας από πλοία» (MARPOL 73/78ν- Παράρτημα Ι).
- ΠΔ 419/93 (ΦΕΚ 178/Α/6-10-1993): Αποδοχή τροποποιήσεων 1987 της Διεθνούς Σύμβασης «για την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα 1974» που αναφέρονται στο Διεθνή Κώδικα για την κατασκευή και τον εξοπλισμό των πλοίων που μεταφέρουν επικίνδυνα χημικά χύμα (Κώδικας IBC)
- ΠΔ 68/95 (ΦΕΚ 48/Α/7-3-1995): Αποδοχή των τροποποιήσεων των Παραρτημάτων της Διεθνούς Σύμβασης 1972 «για την πρόληψη της ρύπανσης της θάλασσας εξ απορρίψεως καταλοίπων και άλλων υλών και άλλων τινών διατάξεων».
- ΠΔ 197/95 (ΦΕΚ 106/Α/13-6-1995): Κύρωση του πρωτοκόλλου του έτους 1992 για την τροποποίηση της Διεθνούς Σύμβασης του 1969 «περί Αστικής Ευθύνης συνεπεία ζημιών εκ ρυπάνσεως υπό πετρελαίου, 1969 και ρυθμίσεως συναφών θεμάτων».
- ΠΔ 361/96 (ΦΕΚ 233/Α/20-9-1996): Αποδοχή των τροποποιήσεων του Παραρτήματος του Πρωτοκόλλου 1978 του σχετικού με την Διεθνή Σύμβαση 1973 «για την πρόληψη της ρύπανσης της θάλασσας από πλοία» (MARPOL 73/78).
- ΥΑ 1218.85/1/97 (ΦΕΚ 101/Β/14-2-1997): Αποδοχή των Κωδίκων του IMO για τη μεταφορά επικίνδυνων χημικών χύμα και υγροποιημένων αερίων χύμα.

Αναφέρεται και στα πιστοποιητικά καταλληλότητας που οφείλουν να έχουν τα πλοία.

- ΥΑ 3131.2/01/94 (ΦΕΚ 119/Β/94): Μέτρα ασφάλειας κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση χύμα υγρών ουσιών, υγροποιημένων αερίων που μεταφέρονται με δεξαμενόπλοια και των κατάλοιπων τους από/σε βυτιοφόρα οχήματα.
- ΥΑ 3131.2/09/94 (ΦΕΚ 448/Β/94): Έγκριση του Ειδικού Κανονισμού Λιμένα Πειραιά σχετικά με τη παραλαβή και μεταφορά πετρελαιοειδών καταλοίπων από πλοία και βυτιοφόρα οχήματα.
- ΥΑ 3131.2/16/96 (ΦΕΚ 453/Β/96): Έγκριση του Ειδικού Κανονισμού Λιμένα Θεσσαλονίκης σχετικά με τη παραλαβή και μεταφορά πετρελαιοειδών καταλοίπων από πλοία και βυτιοφόρα οχήματα.
- ΠΔ 346/94 (ΦΕΚ 183/Α/31-10-94): Αναφορές των πλοίων που καταπλέουν σε ή αποπλέουν από Ελληνικούς λιμένες και μεταφέρουν επικίνδυνα ή ρυπογόνα φορτία, σύμφωνα με την Οδηγία 93/75/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 13^{ης} Σεπτεμβρίου 1993.

Στην Ελλάδα υπάρχει νομοθεσία σχετικά με τον ανεφοδιασμό των πλοίων με συμβατικά καύσιμα. Συγκεκριμένα για τον ανεφοδιασμό υγροποιημένου φυσικού αερίου τυγχάνει εφαρμογής το ΠΔ 293/1986, εναρμονισμένο με τις διεθνείς πρακτικές, στο οποίο βασίζονται όλοι οι κανονισμοί εκάστης αρχής λιμένος, που δημοσιεύονται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως. Αναφορικά με τις πλωτές εγκαταστάσεις υποδοχής πετρελαιοειδών καταλοίπων εφαρμόζεται η Υπουργική Απόφαση 3231/89 (ΦΕΚ 573/Β/3-8-1989) «Όροι και προϋποθέσεις χορήγησης άδειας σε πλοία και πλωτά ναυπηγήματα που χρησιμοποιούνται ως πλωτές ευκολίες υποδοχής πετρελαιοειδών καταλοίπων», ενώ στην ΚΥΑ 46884/3402/31-10-2012 (ΦΕΚ 2927/Β/1-11-2012) καθορίζονται πρόσθετα προστατευτικά μέτρα για τη μείωση της ελάχιστης απόστασης ασφαλείας σταθμών αυτοκινήτων δημόσιας χρήσης που διαθέτουν αντλίες καυσίμων καθώς και νεοϊδρυόμενων και λειτουργούντων πρατηρίων υγρών καυσίμων δημόσιας χρήσης από κτίρια. Στην Κοινή Υπουργική Απόφαση 172058/2016 (ΦΕΚ 354/Β/17-2-2016), προβλέπεται ο καθορισμός κανόνων, μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες, λόγω της ύπαρξης επικίνδυνων ουσιών, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2012/18/ΕΕ. Η εν λόγω ΚΥΑ αφορά και

τη διαχείριση του ΥΦΑ καθώς στο παράρτημά της περιλαμβάνονται και τα υγροποιημένα φυσικά αέρια.

Η εισαγωγή, η προμήθεια και η διανομή του φυσικού αερίου ρυθμίστηκε στην Ελληνική νομοθεσία με το Νόμο 2364/1995 (ΦΕΚ 252/Α/6-12-1995) «Σύσταση του Σώματος Ενεργειακού Ελέγχου και Σχεδιασμού, εισαγωγή, μεταφορά, εμπορία και διανομή φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις». Παράλληλα, με την υπ' αριθμ. 611/2010 απόφαση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας, εγκρίθηκαν οι Συμβάσεις Μεταφοράς Φυσικού Αερίου και Χρήσης Εγκατάστασης Υ.Φ.Α. που υποβλήθηκαν από τον Δ.Ε.Σ.Φ.Α. Α.Ε. (ΡΑΕ, 2010)

5.5. Συμπεράσματα

Στην αγορά του φυσικού αερίου, η γεωπολιτική θέση της Ελλάδας αποτελεί το σταυροδρόμι μεταξύ της άφθονης σε φυσικό αέριο Ανατολής και της απαιτητικής Δύσης. Το φυσικό αέριο εισέρχεται στην εγχώρια αγορά από το Βορρά, μέσω της Ρωσίας, από την Ανατολή, μέσω της Τουρκίας και του Αζερμπαϊτζάν, και από τον Νότο, μέσω της προμήθειας ΥΦΑ της Αλγερίας, με μελλοντικές προοπτικές από τη Λιβύη και την Αίγυπτο. Τα έργα υποδομής των αγωγών που διασυνδέουν τη Βουλγαρία, την Ιταλία και την Τουρκία προσφέρουν διαφοροποίηση των πηγών και ασφάλεια του εφοδιασμού, εξαλείφοντας τον κίνδυνο μιας ενεργειακής κρίσης παρόμοιας με εκείνη που γνώρισε η Ευρώπη στο παρελθόν. Το νομοθετικό πλαίσιο στην Ελλάδα βασίζεται στο Ενωσιακό Ενεργειακό Δίκαιο.

Σήμερα, το νομοθετικό πλαίσιο για τις ενεργειακές δραστηριότητες στην Ελλάδα καθορίζεται από το Νόμο 4001/2011 (ΦΕΚ Α' 179/22.08.2011) «Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις».

Ο Νόμος 4336/2015 (ΦΕΚ Α' 94/14.08.2015) καθόρισε τις διαδικασίες και τις προϋποθέσεις για την πλήρη απελευθέρωση της αγοράς φυσικού αερίου στην Ελλάδα, ρυθμίζοντας το πλαίσιο για τη Διανομή Φυσικού Αερίου και Διαχείριση Δικτύων Φυσικού Αερίου, τη σύσταση των Εταιρειών Διανομής και τη χορήγηση Αδειών. Το ανωτέρω εθνικό ενεργειακό δίκαιο συμπληρώθηκε με το Ν.4337/2015

(ΦΕΚ Α' 129/17.10.2015), καθώς και το Ν.4414/2016 (ΦΕΚ Α' 149/09.08.2016), το άρθρο 55 του Ν.4423/2016 (ΦΕΚ Α' 182/27.09.2016), με το άρθρο 15 του Ν.4425/2016 (ΦΕΚ Α' 185/30.09.2016) και με την παρ. 1 του άρθρου 40 του Ν. 4546/2018 (ΦΕΚ Α' 101/12.06.18). Με το Ν. 4602/2019 (ΦΕΚ Α' 45/09.03.2019) καθορίζεται το πλαίσιο για τον ιδιοκτησιακό διαχωρισμό των δικτύων διανομής φυσικού αερίου. Με το Ν. 4643/2019 (ΦΕΚ Α' 193/03.12.2019) «Απελευθέρωση αγοράς ενέργειας, εκσυγχρονισμός της ΔΕΗ, ιδιωτικοποίηση της ΔΕΠΑ και στήριξη των Α.Π.Ε. και λοιπές διατάξεις» τροποποιήθηκαν σχετικά άρθρα του Ν. 4001/2011.

Πέραν του ανωτέρω νομοθετικού πλαισίου, η ΡΑΕ, εξέδωσε πλήθος αποφάσεων σχετικά με την άδεια διανομής φυσικού αερίου και άδεια διαχείρισης δικτύου διανομής φυσικού αερίου, τον κώδικα διαχείρισης δικτύου διανομής φυσικού αερίου, αλλά και αποφάσεις σχετικά με απομακρυσμένα δίκτυα διανομής και σχετικά με την ασφάλεια εφοδιασμού με φυσικό αέριο.

Μια εκ των τελευταίων εξελίξεων στην ελληνική νομοθεσία, αποτελεί το Π.Δ. 64/2019 (103/Α' 20.6.2019), σχετικά με τη «Θέση σε εφαρμογή Κανονισμού για τον ασφαλή ανεφοδιασμό των πλοίων με υγροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο». Με το παρόν προεδρικό διάταγμα, η Ελλάδα αναπτύσσεται θεσμικά ώστε να ανταποκριθεί ακόμα περισσότερο στις διεθνείς υποχρεώσεις της που έχουν να κάνουν με την προστασία του περιβάλλοντος και με τις εκπομπές αερίων των πλοίων. Η έκδοση του Π.Δ. 64/2019 (103/Α' 20.6.2019), οφείλεται στο γεγονός ότι η εσωτερική νομοθεσία της Ελλάδας έπρεπε να προσαρμοστεί με την οδηγία 2014/94 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου που συμπεριελήφθη στο σχετικό νόμο 4439/2016 περί καυσίμων των πλοίων.

Σε κάθε περίπτωση η Ελλάδα προσπαθεί συνεχώς να ενσωματώσει στη νομοθεσία της και να εναρμονιστεί με τους διεθνείς και ευρωπαϊκούς κανονισμούς που αφορούν το υγροποιημένο φυσικό αέριο. Το προαναφερθέν Π.Δ. 64/2019 (103/Α' 20.6.2019), αποτελεί απόδειξη, δεδομένου μάλιστα του γεγονότος ότι ο ανεφοδιασμός πλοίων με υγροποιημένο φυσικό αέριο, δεν προβλέπεται νομοθετικά σε αρκετές χώρες της Ευρώπης. Νομοθεσία σχετικά με τη χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο έχουν και η Νορβηγία, η Δανία, η Γερμανία και η Σουηδία. Στον ελλαδικό χώρο, η υλοποίηση σχεδίων, όπως πιλοτικά προγράμματα που αφορούν τη μετατροπή υφιστάμενων πλοίων σε διπλού καυσίμου (LNG-Diesel), με ταυτόχρονη διερεύνηση

δυνατοτήτων κατασκευής εγκαταστάσεων εφοδιασμού πλοίων με ΥΦΑ, θα πρέπει να αποτελείσει προτεραιότητα των αρμόδιων υπουργείων. Σε κάθε περίπτωση η χώρα μας, εφόσον το επιλέξει, λόγω γεωπολιτικής θέσης θα μπορεί να δημιουργήσει σημαντικούς εφοδιαστικούς κόμβους για τα διερχόμενα πλοία και να είναι πρωτοπόρος σε αυτή τη νέα αγορά που αναπτύσσεται.

Εν τέλει, η ευθύνη και ο ρόλος των παραπάνω φορέων και οργάνων δεν θα πρέπει να περιορίζεται μόνο στη νομοθέτηση αναφορικά με τη λειτουργία των πλοίων, αλλά και με την εποπτεία και τον έλεγχο για το αν οι διατάξεις και οι νόμοι που προκύπτουν από τις διεθνείς συνθήκες και την εκάστοτε κοινοτική και εθνική νομοθεσία εφαρμόζονται από τις ναυτιλιακές εταιρίες. Μέσα στα πλαίσια αυτά, οι τεχνικοί έλεγχοι των πλοίων θα πρέπει να γίνονται με ακόμη μεγαλύτερη ένταση, ενώ οι κυρώσεις σε περίπτωση μη συμμόρφωσης θα πρέπει να είναι αυστηρές.

6. Κίνδυνοι του ΥΦΑ

6.1. Εισαγωγή

Είναι υψίστης σημασίας να διασφαλίζεται καθημερινά η ασφάλεια της διαδικασίας, της αποθήκευσης και της μεταφοράς του ΥΦΑ, σύμφωνα πάντα με τους σχετικούς νόμους.

Το LNG συνήθως αποθηκεύεται και μεταφέρεται σε συνθήκες περιβάλλοντος, συνήθως κάτω από 5 psia, σε καλά μονωμένα δοχεία. Η αναπόφευκτη αγωγιμότητα της θερμότητας προκαλεί την εξάτμιση του υγρού και η αφαίρεση του αερίου που δημιουργείται από το βρασμό βοηθά στη διατήρηση του υγροποιημένου φυσικού αερίου στην υγρή του κατάσταση με αυτόματη ψύξη. Η πυκνότητα του ΥΦΑ είναι περίπου το ήμισυ του νερού. Αν χυθεί στο έδαφος, θα αρχίσει να βράζει γρήγορα στην αρχή και στη συνέχεια πιο αργά καθώς το έδαφος ψύχεται. Εξατμίζεται εντελώς, χωρίς να αφήνει υπολείμματα. Εάν χυθεί πάνω στο νερό, θα επιπλεύσει και θα εξατμιστεί γρήγορα, δεδομένου ότι ακόμη και σε θερμοκρασίες νερού κοντά στο πάγωμα, το νερό είναι σημαντικά θερμότερο από το LNG. Το ΥΦΑ σε σημείο βρασμού δημιουργεί ρεύματα μεταφοράς στο νερό, και σχηματίζει πάγο μόνο εάν στο νερό είναι πολύ ρηχό. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται συνήθως για την ανίχνευση διαρροής ΥΦΑ στο έδαφος και παρέχουν ισχυρότερο σήμα από τους ανιχνευτές αερίων υδρογονανθράκων. Το χαρακτηριστικό των εύφλεκτων υγρών, όπως και για το ΥΦΑ είναι ότι στην υγρή φάση το ΥΦΑ δεν θα καεί ούτε θα εκραγεί,

καθώς πρέπει να εξατμιστεί και να αναμιχθεί με αέρα στο εύρος ανάφλεξης. Η εύφλεκτη περιοχή του νέφους ατμού (LNG) (τυπικά μεταξύ 4% και 15% συγκέντρωση αερίου στον αέρα) είναι συνήθως ορατή καθώς ένα σύννεφο υδρατμών και κρυστάλλους πάγου συμπυκνώνονται από τον αέρα από τους κρύους ατμούς ΥΦΑ. Ο ατμός εξαερώνεται αρχικά γύρω στους $-161.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-259\text{ }^{\circ}\text{F}$) και συνεπώς είναι βαρύτερος από τον αέρα. Δεδομένου ότι το σύννεφο ατμού αγγίζει το έδαφος είναι πιο πιθανό να υπάρξει πηγή ανάφλεξης, όπως μια εξάτμιση αυτοκινήτου. Αν δεν αναφλεγεί, το νέφος ατμού εξαπλώνεται λόγω της αρνητικής του πλευστότητας, όπου συμπαρασύρει τον αέρα, ο οποίος και το θερμαίνει και μπορεί να σταματήσει να είναι ορατό. Καθώς θερμαίνεται πάνω από $-101\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-166\text{ }^{\circ}\text{F}$), γίνεται θετική η πλευστότητά του και "ανυψώνεται". Οι ατμοί ΥΦΑ αποτελούνται από ελαφρούς υδρογονάνθρακες στο σημείο βρασμού του(κυρίως μεθάνιο, αιθάνιο, προπάνιο, με άζωτο) που είναι εύφλεκτοι και άοσμοι. (Saeid Mokhatab, 2013)

6.2. Δεξαμενές αποθήκευσης ΥΦΑ

Όλες οι σύγχρονες δεξαμενές ΥΦΑ έχουν διπλά τοιχώματα. Τα αρχικά απορροφητικά υλικά σχεδιάζονται, δοκιμάζονται και επιλέγονται για κρυογενική εξυπηρέτηση. Τα σχέδια για την απομάκρυνση ατμών βρασμού, για την πρόληψη της ρύπανσης του αέρα, για την αποφυγή παγετού και για να αντέξουν αρκετούς κύκλους πλήρωσης, εκκένωσης, ψύξης και θέρμανσης προγραμματίζονται στη διάρκεια ζωής των δεξαμενών.

Τα δευτερεύοντα απορροφητικά υλικά είναι αποτελεσματικά μια δεύτερη δεξαμενή που περιβάλλει τη δεξαμενή αποθήκευσης ΥΦΑ στην ξηρά. Η δευτερεύουσα δεξαμενή είναι σχεδιασμένη για χωρητικότητα που υπερβαίνει τον όγκο του κύριου δοχείου. Ένα μονωτικό σύστημα περιβάλλει το εσωτερικό τοίχωμα, το οποίο περιέχει το κρυογενικό υγρό. Οι δεξαμενές είναι κατασκευασμένες από μέταλλα ή κράματα με χαμηλούς συντελεστές θερμικής διαστολής που δεν συστέλλονται όταν έρχονται σε επαφή με κρυογενικά υγρά (δηλ. αλουμίνιο ή χάλυβας νικελίου 9%). Οι εσωτερικές αντλίες χρησιμοποιούνται για την άντληση ΥΦΑ. Δεν υπάρχουν συνδέσεις πυθμένα για διαρροή ή αποτυχία. Τα υλικά που περιβάλλουν τις δεξαμενές λειτουργούν ως προφύλαξη από τη διαρροή πάνω και από το 110% της χωρητικότητας της δεξαμενής.

Ενδεικτικά περιλαμβάνονται και άλλες συσκευές:

- Αισθητήρες θερμοκρασίας ψύξης στις δεξαμενές αποθήκευσης και στη βάση
- Ανίχνευση διαρροών στο δακτυλιοειδή χώρο στις δεξαμενές, π.χ. συναγερμούς χαμηλής θερμοκρασίας
- Μετρητής δεξαμενής ΥΦΑ που παρέχει μετρήσεις από απόσταση, συναγερμούς υψηλού / χαμηλού επιπέδου και συστήματα τερματισμού
- Συνδυασμένοι αισθητήρες θερμοκρασίας και πυκνότητας για την ανίχνευση πιθανής ανατροπής.

Ο κίνδυνος έκρηξης ελαχιστοποιείται με την αποθήκευση ΥΦΑ σε ελαφρώς υψηλότερη από την ατμοσφαιρική πίεση έτσι ώστε ο αέρας να μην μπορεί να εισέλθει σε μια δεξαμενή, εκτός από το άνοιγμα βαλβίδων διακόπτη κενού. Εάν το ΥΦΑ διαρρεύσει από τη δεξαμενή ή χυθεί κατά τη διάρκεια της μεταφοράς, θα αναμειχθεί με τον αέρα και υπάρχει ο κίνδυνος των παρακάτω σεναρίων. Σχετικά, με τις δεξαμενές αποθήκευσης ΥΦΑ εντός εδάφους είναι διαπιστευμένες με το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN1473 ως τον ασφαλέστερο τρόπο αποθήκευσης ΥΦΑ. Έχουν επίσης τον υψηλότερο βαθμό ασφάλειας καθώς και μερικά περιβαλλοντικά οφέλη, κυρίως σε περιπτώσεις τρομοκρατικής επίθεσης και σεισμών. Στην πρώτη περίπτωση αν η στέγη του σκυροδέματος καταστραφεί από ένα βλήμα, το ΥΦΑ δεν θα διαρρεύσει στο έδαφος, ενώ στη δεύτερη περίπτωση η σεισμική κίνηση δεν επηρεάζει σημαντικά τις δεξαμενές αποθήκευσης εντός εδάφους σε αντίθεση με τις υπερκείμενες δομές, καθιστώντας τις έτσι πιο ασφαλείς σε περιοχές επιρρεπείς σε σεισμό.

Παρακάτω αναπτύσσονται οι κίνδυνοι που ελλοχεύουν κατά την διαρροή του ΥΦΑ. (Saeid Mokhatab, 2013)

6.2.1. Ανάφλεξη και πυρκαγιές

Οι κίνδυνοι πυρκαγιάς και έκρηξης στις εγκαταστάσεις ΥΦΑ μπορεί να προκύψουν από μικρότερες ή μεγαλύτερες διαρροές, ιδίως κατά τη διάρκεια μεταφορών, συμπεριλαμβανομένων των δραστηριοτήτων φόρτωσης και εκφόρτωσης. Απαιτούν επίσης την ύπαρξη πηγών ανάφλεξης. Οι σχεδιαστές των εγκαταστάσεων προσπαθούν να ελαχιστοποιήσουν τις πηγές ανάφλεξης, όπως η ύπαρξη οχημάτων, οι σπίθες που σχετίζονται με τον στατικό ηλεκτρισμό, πηγές θερμότητας όπως οι κλίβανοι διεργασιών και οι αστραπές, αλλά οι εκτιμήσεις κινδύνου δεν μπορούν ποτέ να προβλέψουν 100% την ανάφλεξη. Εάν δεν υπάρχει ανάφλεξη, το LNG θα εξατμιστεί ταχέως, θα εξαπλωθεί και θα μεταφερθεί προς τα κάτω χωρίς ζημιογόνες επιδράσεις μετά την αραίωση κάτω από τα όρια ανάφλεξης. Οι ατμοί LNG είναι

δύσκολο να αναφλεγούν εν μέρει επειδή τα σύννεφα περιέχουν συμπυκνωμένη υγρασία από υδρατμούς, ενώ δοκιμές έδειξαν ότι πολλές πυρκαγιές σβήνουν από μόνες τους λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε υγρασία. Το ΦΑ έχει θερμοκρασία αυτανάφλεξης στους 540°C, η οποία είναι υψηλότερη από τα περισσότερα άλλα καύσιμα (π.χ. ντίζελ στους 280°C, βενζίνη υψηλής ποιότητας στους 400°C, προπάνιο στους 468°C).

Τα τέσσερα πιθανά σενάρια κινδύνου πυρκαγιάς είναι τα παρακάτω:

1. **Νέφος ατμού με αυτανάφλεξη (Flash Fire):** με αργή ανάφλεξη το νέφος ατμού δεν αυταναφλέγεται με τη μία. Μόνο το μέρος του νέφους που έχει συγκεντρώσεις στο εύρος ανάφλεξης μπορεί να καεί. Τέτοιου είδους πυρκαγιά μπορεί να καίει στο μπροστινό μέρος του νέφους και πίσω στο μέρος όπου είναι το σημείο απελευθέρωσης, μπορεί να προκαλέσει πίσίνα πυρκαγιάς ή πίδακα πυρκαγιάς. Είναι γεγονός ότι η αυτανάφλεξη μπορεί να προκαλέσει σοβαρές συνέπειες για οποιονδήποτε βρίσκεται μέσα στις φλόγες, αλλά έχει χαμηλό δείκτη κινδύνου για τα άτομα που βρίσκονται έξω από την εύφλεκτη περιοχή του νέφους
2. **Πίδακας πυρκαγιάς (Jet Fire):** Η ανάφλεξη υγρού, ατμού ή μείγματος διπλής φάσης που εκφορτώνεται υπό πίεση μέσα από μια οπή σε ένα δοχείο θα σχηματίσει πίδακα πυρκαγιάς. Αυτού του είδους η φωτιά μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές, αλλά περιορίζεται στην περιοχή του τόξου. Αυτός ο τύπος πυρκαγιάς είναι απίθανος για μια δεξαμενή αποθήκευσης ΥΦΑ δεδομένου ότι το προϊόν δεν είναι αποθηκευμένο υπό πίεση (εκτός από την πίεση της υδραυλικής κεφαλής). Στα τερματικά εισαγωγής φορτίου βάσης, υπάρχει μικρή ποσότητα αποθηκευμένων υγρών υπό πίεση. Ωστόσο, μπορεί να προκύψουν πυρκαγιές από εκνεφωτήρες υπό πίεση ή κατά τη διάρκεια εργασιών εκφόρτωσης ή μεταφοράς υπό πίεση αντλίας ακόμη και μετά από τις μονωμένες βαλβίδες οι οποίες κλείνουν μια υπό πίεση γραμμή.
3. **Πισίνα πυρκαγιάς (Pool Fire):** Αν η διαρροή λάβει χώρα μέσα σε μια καλά σχεδιασμένη και συντηρούμενη περιοχή, η πυρκαγιά της πισίνας θα παραμείνει μέσα και θα συνεχίσει να καίει μέχρι να καταναλωθεί το καύσιμο. Εάν η διαρροή λάβει χώρα εκτός μιας περιορισμένης περιοχής, η πισίνα πυρκαγιάς θα ρέει ελεύθερη με βάση την τοπογραφία και τη γεωμετρία της διαρροής. (Saeid Mokhatab, 2013) (Ζιώμας, 2014)

6.2.2. Εκρήξεις σε σύννεφα ατμών (VCE)

Το καθαρό μεθάνιο (φυσικό αέριο) δεν είναι γνωστό ότι προκαλεί ζημιогόνες υπερπίεσεις αν αναφλεγεί σε μη εξειδικευμένη περιοχή. Μόνο εάν ο εύφλεκτος αέρας βρίσκεται σε περιορισμένη ή συμφορημένη ζώνη, μπορεί να επιταχυνθεί η ταχύτητα φλόγας για να σχηματιστεί ένας τύπος έκρηξης. Μια τέτοια έκρηξη έχει ταχύτητες φλόγας λιγότερο θανατηφόρες και λαμβάνει χώρα μόνο μέσα σε συμφορημένες ζώνες πριν από την καύση των φλογών για να αναβοσβήνει η ταχύτητα της φλόγας.

Μια τέτοιου είδους έκρηξη είναι μια πολύ λιγότερο ζημιогόνα έκρηξη από μια κανονική έκρηξη. Μια εκτόνωση συμβαίνει με περισσότερο αντιδραστικά αέρια όπως το αιθυλένιο και καίει όλο το καύσιμο μέσα στην εύφλεκτη περιοχή, συμπεριλαμβανομένου του καυσίμου έξω από τις συμφορημένες ζώνες. Αυτό συμβαίνει επειδή διαιωνίζει την αντίδραση καύσης στην προωθητική υπερηχητική φλόγα μπροστά και δεν χρειάζεται την ενίσχυση της αναταραχής των εμποδίων. Τα συμπίεσμα εύφλεκτα υγρά που εκτίθενται σε εξωτερική φωτιά μπορούν να υπερθερμανθούν. Το μη πιεσμένο μέταλλο πάνω από τον χώρο του ατμού σε ένα δοχείο μπορεί να αποδυναμωθεί και να αποτύχει, απελευθερώνοντας το υγρό που αναβοσβήνει μερικώς σε ατμό. Αυτός ο ατμός επεκτείνεται και αναφλέγεται σαν ένα υγρό εν βρασμό που επεκτείνει την αναρρόφηση του ατμού (BLEVE). Το LNG δεν είναι υπό πίεση, οπότε υπάρχει πολύ χαμηλή πιθανότητα για ένα BLEVE. Είναι δυνατόν με ελαττωματικό σχεδιασμό σε ένα φορηγό LNG να έχει βαλβίδες πίεσης με πιέσεις σημείων τιμών που είναι πολύ υψηλές, επιτρέποντας σε μια υπό πίεση, θερμαινόμενη μεταλλική κατάσταση να αναπτυχθεί σε μια καταπιεστική φωτιά. Αυτό συνέβη σε ατύχημα με φορηγά δεξαμενόπλοια στην Ισπανία το 2002. (Saeid Mokhatab, 2013) (Ζιώμας, 2014)

6.2.3. Κρυογενικές επιπτώσεις

Η αποθήκευση και ο χειρισμός του ΥΦΑ μπορούν να εκθέσουν το προσωπικό σε επαφή με υγρά, ατμούς ή στερεές επιφάνειες πολύ χαμηλής θερμοκρασίας. Το ιξώδες των κρυογενικών υγρών είναι χαμηλό, πράγμα που σημαίνει ότι διεισδύουν μέσα από τα πορώδη υλικά των ρούχων πιο γρήγορα από το νερό. Η επαφή με ένα κρυογενικό υλικό μπορεί να προκαλέσει σοβαρή ζημιά του δέρματος και των ματιών. Μπορεί επίσης να κάνει τα συνήθη μέταλλα, τα πλαστικά, το καουτσούκ και ορισμένα είδη ένδυσης να υποστούν θραύση ή αλλοίωση. Ως εκ τούτου, οι κρυογενικές εργασίες

απαιτούν ειδικά containers, υλικά και προστατευτικό ρουχισμό. Πρέπει να παρέχεται πάντα εκπαίδευση στους εργαζομένους σχετικά με τους κινδύνους κατά την επαφή με κρυογενικές υγρές και ψυχρές επιφάνειες και την ανάγκη για προσωπικό προστατευτικό εξοπλισμό (π.χ. γάντια, μονωμένα ρούχα). Τα containers ΥΦΑ κατασκευάζονται από υψηλής ποιότητας μέταλλα που προορίζονται για κρυογενική αποθήκευση. Οι δεξαμενές αποθήκευσης έχουν σχεδιαστεί με εσωτερικό και εξωτερικό κρυογενικό κέλυφος που εμποδίζει το LNG να έλθει σε επαφή με το εξωτερικό κύτος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Οι διεθνείς κανόνες σχεδιασμού πλοίων απαιτούν οι περιοχές στις οποίες ενδέχεται να αναμένεται διαρροή στις δεξαμενές φορτίου κατά την εκφόρτωση (π.χ. κατάστρωμα πλοίων και καλύμματα δεξαμενών) πρέπει να σχεδιάζονται για επαφή με το κρυογενικό ΥΦΑ για την πρόληψη της φθοράς. Δεδομένου ότι κοντά στην αρχή του εμπορίου ΥΦΑ το 1969 σημειώθηκαν οκταπλά περιστατικά ΥΦΑ που είχαν ως αποτέλεσμα τη διαρροή με κάποια ζημιά στο σκάφος λόγω ψυχρού θραύσματος. Δεδομένου ότι οι ρυθμοί ψύξης είναι τόσο γρήγοροι, η έγκαιρη ανίχνευση διαρροών και η απομόνωση του συστήματος έχουν ελάχιστη επίδραση στη διαχείριση των κινδύνων στην περιοχή άμεσης απελευθέρωσης. Έτσι, η κρυογενική προστασία απαιτεί κατάλληλα υλικά κατασκευής και / ή προσθήκη μόνωσης και θωράκισης. Οι κρύοι ατμοί από τον εξαερισμό των βαλβίδων αποσυμπίεσης σε μια γραμμή είναι πιθανός χώρος έκθεσης και απαιτείται προσεκτική τοποθέτηση των βαλβίδων. Άλλες συνήθεις πρακτικές σχεδιασμού του συστήματος περιλαμβάνουν τη χρήση απομακρυσμένα βαλβίδων απομόνωσης και συστήματος ανίχνευσης αερίων που βοηθάει στην απομόνωση της πηγής απελευθέρωσης. (Saeid Mokhatab, 2013)

6.2.4. Ανατροπή (rollover)

Η αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων ΥΦΑ σε δεξαμενές έχει οδηγήσει σε ένα φαινόμενο γνωστό ως ανατροπή. Η ανατροπή μπορεί να συμβεί εάν το LNG στρωματοποιείται μέσα στη δεξαμενή αποθήκευσης σε δύο στρώματα διαφορετικών πυκνοτήτων σε μια παρατεταμένη περίοδο με ανεπαρκή ανάμιξη. Το ανώτερο στρώμα εξατμίζει ελαφρύτερα συστατικά και γίνεται πυκνότερο. Η μεταφορά θερμότητας επηρεάζει και τα δύο στρώματα, αλλά η πίεση της υδροστατικής κεφαλής του άνω στρώματος επιτρέπει την αύξηση της πίεσης ατμών του κατώτερου επιπέδου. Καθώς η πυκνότητα της οξειδωμένης στρώσης γίνεται ελαφρώς βαρύτερη από την

χαμηλότερη, ξαφνικά το ανώτερο στρώμα βυθίζεται ή ανατρέπει τη σειρά των στρωμάτων, φέρνοντας το κάτω στρώμα στην επιφάνεια. Το κάτω στρώμα, το οποίο έχει υπερθερμανθεί σε σχέση με την ατμοσφαιρική πίεση, εκπέμπει μεγάλη ποσότητα ατμού. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αιφνίδια αύξηση της πίεσης της δεξαμενής και να προκαλέσει δομική βλάβη, καθώς οι βαλβίδες αποφυγής πίεσης δεν έχουν σχεδιαστεί για το φαινόμενο της ανατροπής. Δύο τύποι συνθηκών συνήθως φέρνουν σε κατάσταση ανατροπής. Η πρώτη είναι η στρωματοποίηση που προκαλείται από γεμίσματα. Αυτό συμβαίνει όταν το προστιθέμενο υγρό (φορτίο) είναι λιγότερο πυκνό από το υγρό μέσα στη δεξαμενή (πυθμένας) και προστίθεται μέσω μιας γραμμής κορυφής πλήρωσης ή αντιστρόφως όταν το φορτίο είναι πυκνότερο από τον πυθμένα προστίθεται μέσω μιας γραμμής πλήρωσης από κάτω. Η δεύτερη είναι επαγόμενη από άζωτο. Το υγρό άζωτο είναι το πλέον πτητικό συστατικό του LNG και όταν είναι παρόν σε περισσότερο από 1%, βράζει και οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας του σημείου φυσαλίδας του μίγματος και μείωση της πυκνότητας του ανώτερου στρώματος, δηλαδή σε διαστρωμάτωση. Αντίθετα, όταν το μεθάνιο είναι το πιο πτητικό συστατικό (ενός μίγματος που δεν είναι ΥΦΑ), η απώλεια του οδηγεί σε ελαφρά αύξηση της θερμοκρασίας κορεσμού χωρίς σημαντική μεταβολή της πυκνότητας του υγρού. Η ανατροπή θα μπορούσε να συμβεί σε μεταφορές ΥΦΑ που έχουν ακινητοποιηθεί για παρατεταμένες περιόδους, κάτι που θεωρείται απίθανο. Η ανατροπή δεν αποτελεί πρόβλημα για τους μεταφορείς στη θάλασσα λόγω της ανάμειξης του φορτίου από την κίνηση της θάλασσας.

Τα μέτρα που συνιστώνται για την πρόληψη της ανατροπής είναι τα εξής:

- ➔ Παρακολούθηση δεξαμενών αποθήκευσης ΥΦΑ για πίεση, πυκνότητα και θερμοκρασία σε όλη τη στήλη υγρού.
- ➔ Εγκατάσταση πολλαπλών σημείων φόρτωσης σε διαφορετικά επίπεδα δεξαμενών για να επιτραπεί η διανομή ΥΦΑ με διαφορετικές πυκνότητες μέσα στη δεξαμενή και να αποφευχθεί η στρωματοποίηση.

Τα μέτρα έχουν γίνει απαιτητά στη βιομηχανία και η ανατροπή δεν θεωρείται πλέον σημαντική απειλή σε μια καλά διαχειριζόμενη εγκατάσταση. (Saeid Mokhatab, 2013)

6.2.5. Γρήγορη αλλαγή φάσης

Ορισμένες διαρροές ΥΦΑ στο νερό έχουν επιφέρει σχεδόν ταυτόχρονη μετάβαση από το υγρό σε ατμό με μια σχετικά γρήγορη αύξηση της πίεσης. Η ενέργεια από μια

γρήγορη αλλαγή φάσης προέρχεται από μια φυσική αλλαγή φάσης και είναι πολύ μικρότερη από την ενέργεια που είναι διαθέσιμη από μια χημική αντίδραση καύσης. Ένα σύνολο ερευνητών ισχυρίζεται ότι είναι πιο πιθανό να συμβεί όταν το LNG περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις των βαρέων υδρογονανθράκων (συστατικά C2 έως C4) ή μετά από μια χρονική καθυστέρηση που επιτρέπει στο ελαφρύ μεθάνιο να βράσει αφήνοντας ένα βαρύτερο υγρό με υψηλότερες συγκεντρώσεις αυτών μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα δύο επιδράσεις: μία τοπική υπερπίεση που προκύπτει από την ταχεία αλλαγή φάσης και ενισχυμένη διασπορά καθώς το ΥΦΑ εξατμίζεται ταχέως στην ατμόσφαιρα. Δεν υπήρξαν γνωστά περιστατικά RPT στην εμπορική μεταφορά ή διαχείριση του ΥΦΑ, αλλά ο πειραματισμός έδειξε ότι υπάρχει πιθανότητα να συμβούν. (Saeid Mokhatab, 2013)

6.2.6. Περιορισμένοι χώροι

Όπως σε κάθε άλλο κλάδο της βιομηχανίας, οι κίνδυνοι περιορισμένου χώρου είναι δυνητικά μοιραίοι για τους εργαζόμενους. Οι περιορισμένοι χώροι μπορεί να περιλαμβάνουν δεξαμενές αποθήκευσης, δευτερεύουσες περιοχές περιορισμού και υποδομή διαχείρισης των υδάτων / λυμάτων. Οι εγκαταστάσεις θα πρέπει να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν περιορισμένες διαδικασίες εισόδου στο χώρο όπως περιγράφονται στις γενικές κατευθυντήριες γραμμές για την ασφάλεια του περιβάλλοντος (περιβαλλοντική υγιεινή και ασφάλεια). Τα μέσα ανίχνευσης αερίων θα πρέπει επίσης να χρησιμοποιούνται για να επιτρέπουν την είσοδο και την παρακολούθηση των εργασιών σε κλειστούς χώρους. (Saeid Mokhatab, 2013)

6.2.7. Χημικοί κίνδυνοι

Ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων ΥΦΑ στην ξηρά θα πρέπει να μειώσει την έκθεση του προσωπικού σε καύσιμα και προϊόντα που περιέχουν επικίνδυνες χημικές ουσίες. Η χρήση ουσιών και προϊόντων που ταξινομούνται ως πολύ τοξικά, καρκινογόνα, αλλεργιογόνα, μεταλλαξιογόνα, τερατογόνα ή έντονα διαβρωτικά θα πρέπει να εντοπίζεται και να υποκαθίσταται από λιγότερο επικίνδυνες εναλλακτικές ουσίες, όπου είναι δυνατόν. Για κάθε χημικό που χρησιμοποιείται, θα πρέπει να είναι διαθέσιμο ένα Φύλλο Δεδομένων Ασφαλείας Υλικού και να είναι εύκολα προσβάσιμο στους εργαζόμενους. (Saeid Mokhatab, 2013)

6.3. Συστήματα ασφαλείας στα εργοστάσια

Τα συστήματα ασφαλείας εργοστασίων σχεδιάζονται σε δύο επίπεδα:

- ➔ Σύστημα πρόληψης που εμποδίζει την απώλεια περιορισμού (Lose of Containment LOC), όπως βαλβίδες αποσυμπίεσης
- ➔ Σύστημα έκτακτης ανάγκης που μετριάξει τις απώλειες μετά από LOC, όπως το σύστημα καταστολής έκτακτης ανάγκης (EDS), το σύστημα έκτακτης διακοπής λειτουργίας (ESD) και το σύστημα πυροπροστασίας που ενεργοποιεί αυτόματα καταστολείς πυρκαγιάς. Τα συστήματα ESD είναι απαιτητά από τους κώδικες των ΗΠΑ NFPA-59A, ενώ με τους Ευρωπαϊκούς Κώδικες prEN1473 4.5.6 τα συστήματα EDS είναι προαιρετικά.

6.4. Ασφάλεια εγκαταστάσεων εκφόρτωσης ΥΦΑ

Έχουν υιοθετηθεί διάφορες πρότυπες πρακτικές παγκοσμίως με στόχο την πρόληψη των διαρροών μέσα στις οποίες συμπεριλαμβάνονται οι παρακάτω

- Συμμόρφωση με εθνικούς και διεθνώς αποδεκτούς κώδικες και πρότυπα, καθώς και επιχειρησιακές οδηγίες για τοποθέτηση, επιθεώρηση και συντήρηση
- Τοποθέτηση νέων τερματικών σε ασφαλή απόσταση από τους παρακείμενους πληθυσμούς με βάση εκτιμήσεις κινδύνου
- Χρήση υλικών και συστημάτων σχεδιασμένων για την ασφαλή μόνωση και αποθήκευση ΥΦΑ
- Περιοχές τερματισμού. Οι περιοχές αυτές χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του ρυθμού εξάπλωσης και εξάτμισης ελεγχόμενης διαρροής καθώς και την μελέτη ελαχιστοποίησης των συνεπειών από μια πισίνα πυρκαγιάς
- Συστήματα μείωσης ατμών. Γεννήτριες οι οποίες μειώνουν τον ρυθμό σχηματισμού και κίνησης ατμών
- Τα συστήματα διεργασίας εκφόρτωσης ΥΦΑ ενσωματώνουν συσκευές παρακολούθησης και ελέγχου για την ανίχνευση απόκλισης από αποδεκτές παραμέτρους, διευκολύνοντας τις διορθωτικές ενέργειες
- Ενεργοποιημένοι σύνδεσμοι απελευθέρωσης έκτακτης ανάγκης (PERC) στις γραμμές εκφόρτωσης έχουν κλείσει από διάφορα σήματα , ανίχνευση αερίων, χαμηλή θερμοκρασία, πυρκαγιά)
- Προστασία υπερπίεσης (ελεγκτές πίεσης και βαλβίδες αποσυμπίεσης)
- Έλεγχος διαρροών με ανιχνευτές ανίχνευσης θερμοκρασίας και αερίου

- Ανιχνευτές πυρκαγιάς UV / IR και συστήματα ανίχνευσης εύφλεκτων ατμών
- Ζώνη πυρόσβεσης
- Αυτόματα συστήματα απενεργοποίησης και αποσυμπίεσης έκτακτης ανάγκης και βαλβίδες απομόνωσης
- Παθητική πυροπροστασία (πυροπροστασία, φράγματα και επιχρίσματα)
- Ενεργή πυροπροστασία (πυροσβέστες, προεγκατεστημένες οθόνες κλπ.)
- Εκπαιδευμένοι χειριστές είναι πάντα παρόντες.
- Προληπτικές εξετάσεις υγείας του πληρώματος, εκπαίδευση και αδειοδότηση
Οι έλεγχοι υγείας και εκπαίδευσης των πληρωμάτων και των διαχειριστών πλοίων γίνονται με κάθε άφιξη, κάθε χρόνο από διαχειριστές πλοίων και κάθε 2,5 χρόνια από εξωτερικούς επιθεωρητές κατά τη διάρκεια προγραμματισμένης στεγάνωσης και συντήρησης. (Saeid Mokhatab, 2013)

6.5. Συστήματα ασφαλείας στα πλοία

Αναφορικά με τα LNG πλοία, θα πρέπει να συμμορφώνονται με όλες τις τοπικές και διεθνείς νομικές προδιαγραφές, συμπεριλαμβανομένου του διεθνούς ναυτικού οργανισμού (International Maritime Organisation (IMO)), του κώδικα διεθνών μεταφορών αερίου (International Gas Carriers Codes (IGC)), και της φύλαξης στεριάς των ΗΠΙ (US Coast Guard (USCG)). Το ίδιο και η μικρής κλίμακας σταθμοί LNG.

Το 2018 υπήρχαν 148 τερματικοί σταθμοί LNG παγκοσμίως, με την Ιαπωνία, την Κίνα, την Νότια Κορέα, την Ινδία, την Ταιβάν στην Ασία, το Μεξικό και τη Χιλή στην Αμερική, το Κουβέιτ και την Ιορδανία στη μέση Ανατολή, και την Ισπανία, Γαλλία, Τουρκία, Ιταλία, Ηνωμένο Βασίλειο και Ολλανδία στην Ευρώπη.

Σκοπός των ρυθμιστικών αρχών είναι η μείωση του κινδύνου δυσμενών περιβαλλοντικών συνθηκών, η προστασία των εξοπλισμών, των πλοίων και των εγκαταστάσεων, ενώ πάνω από όλα αυτά βρίσκεται η αποτροπή των ανθρώπινων απωλειών. Αυτό έχει επιτευχθεί με διάφορα μέσα, σε διάφορα σημεία του πλανήτη, με κοινή βάση η οποία καθορίζεται από τα διεθνή πρότυπα όπως το ISO16901 : «Καθοδήγηση σχετικά με την εκτίμηση κινδύνου στο σχεδιασμό εγκαταστάσεων υγροποιημένου φυσικού αερίου στη ξηρά, συμπεριλαμβανομένης της διεπαφής πλοίου / ξηράς»

Στην Ευρώπη, οι υποψήφιοι έργων οφείλουν να διεξάγουν αξιολόγηση κινδύνου για την ασφάλεια σύμφωνα με τις αποδεκτές μεθοδολογίες και να υποβάλουν τα αποτελέσματα των μελετών τους στους οργανισμούς αδειοδότησης για επανεξέταση. Οι ευρωπαϊκοί κανονισμοί επικεντρώνονται συνήθως στα αποτελέσματα, και όχι στους συγκεκριμένους τρόπους επίτευξης του επιθυμητού επιπέδου ασφάλειας. Η οδηγία 2012/18 / ΕΕ της Ευρωπαϊκής Ένωσης (SEVESO-III) αποσκοπεί στην πρόληψη μεγάλων ατυχημάτων που περιλαμβάνουν επικίνδυνες ουσίες, συμπεριλαμβανομένου του ΥΦΑ, και στον περιορισμό των συνεπειών τους. Οι διατάξεις που περιέχονται στην οδηγία αναπτύχθηκαν με βάση ανάλυση των μεγάλων ατυχημάτων που είχαν αναφερθεί στην Επιτροπή μετά την εφαρμογή της αρχικής οδηγίας SEVESO I το 1976. Ένας τέτοιος τομέας είναι οι πολιτικές και τα συστήματα διαχείρισης. Οι αποτυχίες του σχετικού συστήματος διαχείρισης αποδείχτηκαν ότι συνέβαλαν στην αιτία για πάνω από το 85% των αναφερόμενων ατυχημάτων. Η οδηγία καθορίζει βασικές αρχές και απαιτήσεις για πολιτικές και συστήματα διαχείρισης που είναι κατάλληλα για την πρόληψη, τον έλεγχο και τον μετριασμό των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων. (GIIGNL, 2019)

Η μεταφορά είναι πολύ σημαντική διαδικασία στον κύκλο διεργασίας του ΥΦΑ, δεδομένου ότι σε αυτό το στάδιο ελλοχεύουν κίνδυνοι και ζητήματα ασφαλείας. Για τη μεταφορά υγρών φορτίων, όπως το υγροποιημένο φυσικό αέριο, απαιτείται η επιλογή εξειδικευμένων πλοίων, οι κυριότερες κατηγορίες των οποίων είναι τα πετρελαιοφόρα, τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένων αερίων (LNG, LPG), τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς υγρών χημικών προϊόντων και τα λοιπά πλοία με τα οποία μεταφέρεται χύδην το υγρό φορτίο (π.χ νερό).

Τα πλοία που επιλέγονται για τη μεταφορά του ΥΦΑ, έχουν σχεδιαστεί ειδικά για αυτό το σκοπό πληρώντας τις κατάλληλες προδιαγραφές, προκειμένου να διατηρείται η θερμοκρασία του υγροποιημένου φυσικού αερίου στους -162o C και να περιορίζεται η απώλεια του λόγω εξάτμισης. Η ποσότητα, ωστόσο, που εξατμίζεται χρησιμοποιείται ως καύσιμο των πλοίων που το μεταφέρουν, και σε κάθε περίπτωση εξαρτάται από την αποτελεσματικότητα της μόνωσης και τη ταχύτητα του ταξιδιού. Διαθέτουν διπλές επιστρώσεις (επιφάνειες) όσον αφορά τα τοιχώματα των δεξαμενών, για την προστασία των συστημάτων φορτίου από διαρροές ή ζημιές, σε περιπτώσεις πρόσκρουσης ή ατυχήματος.

Παρόλα αυτά, τόσο η μεταφορά όσο και η εγκατάσταση των παραπάνω είναι αναγκαίο να γίνονται σύμφωνα με τα ακόλουθα:

1. Ύστερα από εκτενή μελέτη γύρω από τον περιβαλλοντικό τομέα,,
2. Ύστερα από αποφάσεις που παίρνονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές της εναέριας μόλυνσης
3. Προδιαγραφές που σχετίζονται με τον υδάτινο φορέα,
4. Και λοιπές εγκρίσεις. ((EPA), 2006)

7. Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, αναπτύχθηκε η ανάλυση της μεγάλης σημασίας του υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) λόγω των φιλικών προς το περιβάλλον ιδιοτήτων του αλλά και της οικονομίας. Αναλύθηκε ο ορισμός, τα βασικά χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες του. Επίσης, παρουσιάστηκε διεξοδικά ο κύκλος επεξεργασίας του, αναλύοντας τα στάδια από την έρευνα μέχρι την παραγωγή και τη μεταφορά του.

Ένα σημαντικό στάδιο στον κύκλο ζωής του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι αυτό της υγροποίησης, δεδομένου ότι στο εν λόγω στάδιο θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο τρόπος με τον οποίο θα επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή ενεργειακή απόδοση, αλλά και η αποτελεσματικότητα και λειτουργικότητα της μονάδας. Αναφορικά με τα στάδια της παραγωγής και υγροποίησης καταβλήθηκε μεγάλη προσπάθεια ως προς την ανάλυσή τους, δεδομένων των πολύπλοκων διαδικασιών τους, οι οποίες θεωρείται ότι θα απλουστευτούν λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης.

Ωστόσο, η μεταφορά του φυσικού αερίου ήταν από τα καίρια σημεία αυτής της εργασίας. Και οι δύο τρόποι μεταφοράς, είτε μέσω αγωγών είτε δια θαλάσσης με τη χρήση πλοίων, έχουν έκαστος μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα, όμως η επιλογή ενός από αυτούς επηρεάζεται και από οικονομικούς, γεωπολιτικούς, αλλά και ενεργειακούς παράγοντες.

Σήμερα το ΥΦΑ ικανοποιεί το 25% των αναγκών σε ενέργεια παγκοσμίως και χρησιμοποιείται για θέρμανση αλλά και για τις μετακινήσεις στη ξηρά. Η χρήση του ΥΦΑ εξαπλώνεται και στις θαλάσσιες μεταφορές. Η ζήτηση για LNG θα συνεχίσει να αυξάνεται, και η Ευρώπη είναι πρόθυμη να διαφοροποιήσει τον ενεργειακό εφοδιασμό της, επιλέγοντας το υγροποιημένο φυσικό αέριο. Κατά τα τελευταία χρόνια, το LNG θεωρείται ως πιθανό καύσιμο πλοίων λόγω της νέας νομοθεσίας για τις εκπομπές θείου στα πλοία.

Παρά τις σημερινές δύσκολες εποχές της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης, η ναυτιλία αλλά και ο τουρισμός αποτελούν καίριους τομείς της εθνικής μας οικονομίας. Η Ελλάδα διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στον τομέα της ναυτιλίας, καθώς η γεωγραφική της θέση αποτελεί σημαντικό πόλο έλξης εμπορικών και τουριστικών επενδύσεων.

Ταυτόχρονα, η ναυτιλιακή δραστηριότητα αποτελεί μια σημαντική και συνεχώς αναπτυσσόμενη πηγή αέριων ρύπων, οι οποίοι επιδρούν σημαντικά στην κλιματική αλλαγή. Χωρίς τη λήψη αναγκαίων μέτρων, οι εκπομπές αέριων ρύπων αναμένεται να υπερδιπλασιαστούν μέχρι το 2050. Ωστόσο, η τεχνολογική εξέλιξη έχει οδηγήσει σε θέσπιση αυστηρότερης νομοθεσίας παγκοσμίως, αλλά και στην Ελλάδα, με απώτερο στόχο την προστασία του περιβάλλοντος. Η χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου (ΥΦΑ) ως καύσιμο πλοίων μειώνει το λειτουργικό κόστος εξαιτίας της οικονομικότερης τιμής του συγκριτικά με το πετρέλαιο, παράλληλα όμως επιτυγχάνεται μείωση των αέριων ρύπων, η οποία αποτελεί απαίτηση της ευρωπαϊκής πολιτικής. Η χρήση ΥΦΑ στη ναυτιλία μπορεί να βοηθήσει στη πραγματοποίηση αυτής της απαίτησης.

Βιβλιογραφία

(EPA), E. P. A., 2006. *EPA'S LNG REGULATORY ROADMAP*, s.l.: EPA.

Anon., n.d. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://liquefiedgascarrier.com/LNG.html>

Anon., n.d. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.hdmtubes.co.uk/industries-served/hdm-lng-storage-tank-terminals/>

Anon., n.d. *Το πρώτο τάνκερ που διέσχισε την Αρκτική χωρίς τη βοήθεια παγοθραυστικού.* [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.protagon.gr/epikairoti/44341464646-44341464646>

eia, 2019. *Natural gas explained.* [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/>

energypress, n.d. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://energypress.gr/news/enallaktika-kaysima-sti-naytilia-mia-syntomi-episkopisi>

Flores, R. M., 2014. *Coalbed Gas Production.* Elsevier επιμ. s.l.:s.n.

GIIGNL, 2019. *Managing LNG Risks*, FRANCE: GIIGNL - THE INTERNATIONAL GROUP OF LIQUEFIED NATURAL GAS IMPORTERS.

JNG, J., n.d. *Acid Gas Treatment Technology.* [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://jet-inc.com/acid-gas-treatment/>

NationalGeographic, n.d. *Natural Gas.* [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/natural-gas/>

NATIONS, U., n.d. *OCEANS AND LAW OF THE SEA.* [Ηλεκτρονικό]

Available at: https://www.un.org/Depts/los/clcs_new/commission_submissions.htm

Patrick, E. G., n.d. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://science.howstuffworks.com/environmental/energy/liquefied-natural-gas.htm>

Saeid Mokhatab, J. Y. M. J. V. V. D. A. W., 2013. *Handbook of Liquefied Natural Gas*, s.l.: Elsevier.

wikipedia, n.d. [Ηλεκτρονικό]

Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Claus_process

wikipedia, n.d. [Ηλεκτρονικό]

Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Claus_process

Δ. Καρώνης, Ε. Λ. Φ. Ζ., 2014. Υδροποίηση Φυσικού Αερίου . Στο: ΕΜΠ, επιμ. *Τεχνολογία Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου*,. ΑΘΗΝΑ: ΕΜΠ, pp. 68-70.

Δ. Καρώνης, Ε. Λ. Φ. Ζ., 2014. Υγροποίηση Φυσικού Αερίου. Στο: ΕΜΠ, επιμ. *Τεχνολογία Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου*. ΑΘΗΝΑ: ΕΜΠ, π. 70.

Ευρωπαϊκή Ένωση, 1998. *Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το δίκαιο της θάλασσας*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:21998A0623\(01\)&from=PT](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:21998A0623(01)&from=PT)

Ζιώμας, Ι., 2014. *ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ*. ΑΘΗΝΑ: ΕΜΠ.

IMO, n.d. *IGC Code*. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://www.imo.org/en/ourwork/safety/cargoes/cargoesinbulk/pages/igc-code.aspx>

IMO, n.d. *International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (IGC Code)*. [Ηλεκτρονικό]

Available at:

<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/ChemicalPollution/Pages/IGCCode.aspx>

Ιωάννου, Σ., 2000. Στο: Β. έκδοση, επιμ. «*Δίκαιο της Θάλασσας*». σ.λ.:Αντ.Ν.Σάκκουλα, pp. 10-12.

Παπασταυρίδης, Ε., n.d. Στο: «*Δίκαιο της Θάλασσας*» σε «*Το Δίκαιο της Διεθνούς Κοινωνίας*». ΑΘΗΝΑ: Νομική Βιβλιοθήκη, pp. 188-189..

ΡΑΕ, 2010. *ΑΠΟΦΑΣΗ ΡΑΕ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 611/2010*, ΑΘΗΝΑ: ΡΑΕ.

Ρουκουνας, Ε., 2006. «Το κράτος και το έδαφος – Το δίκαιο της θάλασσας». Στο: β. έκδοση, επιμ. «*Διεθνές Δίκαιο*». σ.λ.:Αντ. Ν. Σάκκουλα, pp. 93-94, 124-125.