

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα : « Η Διαδικασία του Bunkering και το συναφές κόστος κίνησης σαν στοιχείο της ανταγωνιστικότητας ενός εμπορικού πλοίου».



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΜΠΑΚΑΛΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΒΛΑΧΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Τριμελής Επιτροπή: **Βλάχος Γεώργιος**    **Τζαννάτος Ερνέστος**    **Πολέμης Διονύσης**

ΠΕΙΡΑΙΑΣ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2017

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract .....	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	5
2. ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ.....	9
2.1 Τύποι ναυτιλιακών καυσίμων .....	9
2.1.1 Crude oil - Αργό πετρέλαιο.....	9
2.1.2 Fuel oil – Μαζούτ.....	11
2.2 Ναυτιλιακά καύσιμα και κινητήρες .....	11
2.2.1 Επιλογή καυσίμου .....	12
2.2.2 Χαρακτηρίστηκα των κινητήρων.....	14
2.3 Ενεργειακή απόδοση.....	16
2.3.1 Το δίλημμα των καυσίμων και οι ευκαιρίες που ανοίγονται .....	17
2.3.2 Σχεδιασμός και ενεργειακή απόδοση.....	18
2.4 Η ηλικία του πλοίου και πως επηρεάζει τα κόστη λειτουργίας.....	19
3. ΑΓΟΡΑ ΤΩΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ.....	22
3.1 Η διαδικασία αγοράς ναυτιλιακών καυσίμων .....	22
3.1.1 Η διαδικασία .....	23
3.1.2 Τιμολόγηση ναυτιλιακών καυσίμων .....	24
3.1.3 Η απόδειξη παράδοσης καυσίμων - BDR.....	25
3.2 Σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αγορά καυσίμων .....	27
3.2.1 Παράγοντες προσφοράς .....	27
3.2.1.1 Αγορά πετρελαίου.....	27

3.2.1.2 Μέθοδοι ανεφοδιασμού .....	29
3.2.2 Παράγοντες ζήτησης .....	30
3.2.2.1 Εξέλιξη της παγκόσμιας οικονομίας .....	30
3.2.2.2 Ανάπτυξη του διεθνούς ναυτιλιακού εμπορίου .....	31
3.2.2.3 Ταχύτητα πλοίων και κατανάλωση καυσίμων.....	32
3.3 Αντιστάθμιση κινδύνου στην αγορά ναυτιλιακών καυσίμων .....	33
4. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ .....	43
4.1 Διεθνής Σύμβαση για την αστική ευθύνη για ρυπάνσεις από καύσιμα.....	46
4.1.1 Νομοθετικό πλαίσιο .....	46
4.1.2 Πεδίο εφαρμογής.....	47
5. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΠΛΟΙΩΝ.....	52
5.1 Προκλήσεις των εναλλακτικών ναυτιλιακών καυσίμων .....	54
5.2 Πιθανά εναλλακτικά καύσιμα.....	58
5.3 Αξιολόγηση καυσίμων για πρόωση .....	69
5.4 Όραμα για το μέλλον.....	70
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	73
Βιβλιογραφία-Πηγές .....	78

## Περίληψη

Η λειτουργία του bunkering αποτελεί ένα πάρα πολύ σημαντικό συστατικό στην ναυτιλιακή βιομηχανία. Στην παρούσα διατριβή αναλύονται όλες οι πτυχές της λειτουργίας του Bunkering, καθώς και ότι έχει να κάνει με αυτήν. Μία εκτενής ανάλυση πραγματοποιείται στα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στην σημερινή αγορά. Στον τρόπο με τον οποίο οι πλοιοκτήτες προμηθεύονται τα καύσιμα για τα πλοία τους και πως μπορούν να διαχειριστούν τον όποιο κίνδυνο από τις συνεχείς διακυμάνσεις τις αγοράς. Επίσης ιδιαίτερη έμφαση γίνεται στο τρόπο που θα αναπτυχθεί η ναυτιλία στο μέλλον, χρησιμοποιώντας καύσιμα φιλικά με το περιβάλλον και τα θετικά και αρνητικά αντίκτυπα που θα έχει κάτι τέτοιο στην παγκόσμια ναυτιλιακή αγορά.

Η παρούσα διατριβή ξεκινάει με μία ανάλυση των ναυτιλιακών καυσίμων, παρουσιάζοντας τα είδη καυσίμων που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο από τα πλοία. Ο σχεδιασμός των μηχανών και πως η σχεδίαση τους βοηθάει στην βελτιστοποίηση της καύσης ανάλογα με το εκάστοτε καύσιμο που χρησιμοποιείται, και οι ευκαιρίες που ανοίγονται στην αγορά και πρόκειται να υλοποιηθούν στο μέλλον.

Στην συνέχεια ακολουθεί μία ανάλυση της αγοράς των ναυτιλιακών καυσίμων. Αναλύονται οι συμμετέχοντες στην αγορά αυτή, και ο τρόπος λειτουργίας και παραγόντων που επηρεάζουν αυτήν. Ξεκινώντας από τον τρόπο της παραγγελίας μέχρι την στιγμή της παράδοσης. Η αγορά του πετρελαίου, οι παράγοντες που την επηρεάζουν σε συνδυασμό με την παγκόσμια οικονομία αναλύονται επίσης παρακάτω.

Στο τέταρτο κεφάλαιο μία πλήρης αναφορά στο θεσμικό πλαίσιο που αφορά τις ρυπάνσεις από διαδικασίες πετρέλευσης, οι κυρώσεις και οι εξελίξεις διαχρονικά παρατίθενται. Το τελευταίο κεφάλαιο έχει να κάνει με το μέλλον τις ναυτιλίας, τα εναλλακτικά ναυτιλιακά καύσιμα που θα έρθουν να αντικαταστήσουν τα υπάρχοντα, με σκοπό να δημιουργηθούν πιο οικονομικά καύσιμα αλλά και να συμβιβάζονται με το θεσμικό πλαίσιο του μέλλοντος.

## **Abstract**

The operation of bunkering is a very important component in the shipping industry. In this dissertation, all aspects of Bunkering's operations and market are analyzed, as well as that it has to do with it. An extensive analysis is made of the fuels used in the current market. The way in which shipowners obtain fuel for their ships and how they can manage any risk from the constant fluctuations of the market. Also, special emphasis is placed on how shipping will develop in the future, using environmentally friendly fuels and the positive and negative impacts this will have on the global maritime market.

This thesis begins with an analysis of marine fuels, presenting the types of fuels used primarily by ships. The design of the engines and how their design helps to optimize combustion according to the fuel used, and the opportunities that are open to the market and will be implemented in the future.

An analysis of the market for marine fuels follows. It analyzes the participants in this market, the way they work and the factors that affect it. Starting from the way of order until the moment of delivery. The oil market, the factors that influence it in conjunction with the global economy are also analyzed.

In the fourth chapter a complete reference in the institutional framework related to pollution from bunkering procedures, sanctions and developments over time are listed. The last chapter has to do with the future of shipping, alternative marine fuels that will replace existing ones in order to create more fuel-efficient fuels but also be compatible with the institutional framework of the future.

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ναυτιλία μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένας βασικός συνδετικός κρίκος στο διεθνές εμπόριο, καθώς τα πλοία αντιπροσωπεύουν την πλέον αποτελεσματική μέθοδο μεταφοράς βασικών εμπορευμάτων και τελικών προϊόντων και είναι συχνά η μόνη διαθέσιμη μέθοδος μεταφοράς και διακίνησης αγαθών (1). Επιπλέον, η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά ενός συνόλου πάνω από το 90% των παγκόσμιων αγαθών μέσω της θαλάσσης, χαρακτηρίζοντας τη βιομηχανία ως ζωτικής σημασίας παράγοντα για την παγκόσμια οικονομία, καθώς μέχρι το 2012 περίπου 2,7 δισεκατομμύρια τόνοι ξηρού φορτίου χύδην μεταφέρθηκαν δια θαλάσσης, ποσοστό το οποίο περιλαμβάνει πάνω από το ένα τρίτο του συνόλου του διεθνούς ναυτιλιακού εμπορίου (2).

Μετά την παγκόσμια οικονομική κρίση, η μείωση της ζήτησης από τις προηγμένες οικονομίες αποσταθεροποίησε την ισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης σε παγκόσμιο επίπεδο. Η «πικρή» κληρονομιά της χρηματοπιστωτικής κρίσης άφησε υψηλά επίπεδα χρέους και υψηλή ανεργία, προβλήματα που πάρα πολλές χώρες εξακολουθούν να αγωνίζονται να ξεπεράσουν. Πολλές εταιρείες και νοικοκυριά εξακολουθούν να μειώνουν τις επενδύσεις και την κατανάλωση επειδή ανησυχούν για τη χαμηλή μελλοντική ανάπτυξη. Οι κυβερνήσεις και οι κεντρικές τράπεζες προσπάθησαν να καταπολεμήσουν αυτόν τον κύκλο, μειώνοντας τα επιτόκια και ακολουθώντας άλλα μέτρα τόνωσης. Πολλοί έχουν μειώσει τα ποσοστά σε ιστορικά χαμηλά επίπεδα, μερικά ακόμη και αρνητικά, προκειμένου να δημιουργήσουν οικονομική ανάπτυξη.

Ο ναυτιλιακός κλάδος συνεχίζει να ανακάμπτει από μια πενταετή κάμψη, η οποία οφειλόταν σε πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα και προκάλεσε πτώση των ναύλων(56). Τα πλοία ξηρού φορτίου αναμένεται να έχουν τα υψηλότερα επίπεδα ανάκτησης λόγω της αύξησης της προσφοράς σε εμπορεύματα όπως το σιδηρομετάλλευμα και ο άνθρακας. Τα ποσοστά των δεξαμενόπλοιων θα αυξηθούν καθώς η ανάπτυξη του στόλου επιβραδύνεται. Πιο συγκεκριμένα, η απότομη πτώση των τιμών του πετρελαίου από τα μέσα του 2014 υποστηρίζει την παγκόσμια δραστηριότητα και συμβάλλει στην αντιστάθμιση κινδύνου για τις χώρες που

αποτελούν κύριους εισαγωγείς πετρελαίου. Οι χαμηλότερες τιμές των βασικών εμπορευμάτων οδηγούν σε σημαντικές μεταβολές του πραγματικού εισοδήματος από τις οικονομίες που εξάγουν σε οικονομίες που εισάγουν. Εάν η κατανάλωση αρχίσει να μειώνεται και μείνει σταθερά μειωμένη για μία περίοδο, αυτό μπορεί να αναβάλλει τις δαπάνες των νοικοκυριών και των επιχειρήσεων αλλά ακόμα και τις επενδυτικές αποφάσεις. Ο κίνδυνος είναι ότι μια τέτοια εξέλιξη θα μπορούσε να προκαλέσει μια καθοδική πορεία της οικονομικής δραστηριότητας, των τιμών και του παγκόσμιου εμπορίου. Ο αποπληθωρισμός καθιστά επίσης πιο δύσκολο για τις χώρες να αποπληρώσουν τα χρέη τους και μπορεί με την σειρά του αυτό να αναγκάσει τις αδύναμες οικονομίες να μειώσουν τους μισθούς προκειμένου να γίνουν πιο ανταγωνιστικές παγκοσμίως.

Τα ναυτιλιακά καύσιμα καταναλώνονται κυρίως από πλοία χύδην και γενικού φορτίου, δεξαμενόπλοια, πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, πλοία ανοικτής θαλάσσης και επιβατηγά πλοία. Δεδομένου ότι τα πλοία και τα σκάφη υποστήριξης καταναλώνουν το μέγιστο χρόνο λειτουργίας τους εντός των ECA (Emission control Area), οι ναυτιλιακές εταιρείες που εκμεταλλεύονται τα πλοία αυτά μετατοπίζονται σταδιακά από τους παραδοσιακούς κινητήρες σε πλοία που τροφοδοτούνται με LNG(58). Ως εκ τούτου, τα οχηματαγωγά πλοία και τα πλοία υποστήριξης ανοικτής θάλασσας αντιπροσωπεύουν σημαντικό μερίδιο της παγκόσμιας αγοράς καυσίμων LNG. Η αύξηση της κυκλοφορίας εμπορευματοκιβωτίων τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ασία θα ενισχύσει την υιοθέτηση του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο από τα εμπορευματοκιβώτια και στις δύο περιοχές (3).

Η παγκόσμια αγορά ανεφοδιασμού καυσίμων έχει καταταξιωθεί ως εξής ανά τύπου πλοίου και περιοχή:

- Πλοία εμπορευματοκιβωτίων
- Δεξαμενόπλοια
- Χύδην φορτηγά πλοία & Γενικού φορτίου πλοία
- Ferries & OSV

και

- Βόρεια Αμερική
- Ευρώπη
- Ασία-Ειρηνικός
- Υπόλοιπο του κόσμου

Η Νότια Αμερική, η Νότια Ασία, η υποσαχάρια Αφρική, η Μέση Ανατολή και η Βόρεια Αφρική: αυτές είναι οι περιοχές που θα επωφεληθούν οικονομικά από την καλύτερη ενσωμάτωσή τους στις παγκόσμιες αλυσίδες αξίας. Μια πιο ολοκληρωμένη παγκόσμια ολοκλήρωση θα ήταν καλό για τις αναδύμενες οικονομίες να αξιοποιήσουν ακόμα τις δυνατότητες του παγκόσμιου εμπορίου. Μέρος του χάσματος της προσφοράς έχει γεφυρωθεί από βραχυπρόθεσμους κυκλικούς παράγοντες όπως μεγαλύτερες αποστάσεις διαδρομής, χαμηλότερες ταχύτητες και χαμηλότερες αποδόσεις του στόλου σε πολλά τμήματα(56).

Πιο μεμονωμένα, τα τμήματα της ναυτιλίας έχουν επηρεαστεί διαφορετικά: ορισμένα μπορούν να θεωρηθούν ως τα τμήματα με το χειρότερο πλήγμα (δεξαμενόπλοια) ενώ άλλοι δεν έχουν ακόμη επηρεαστεί τόσο (LPG), αλλά τα περισσότερα, αν όχι όλα, τμήματα της φαίνεται ότι εκτίθενται. Ο τομέας του ξηρού φορτίου πλησιάζει στο σημείο που θα μπορούσε να θεωρηθεί το μάτι του κυκλώνα. Τα μεγαλύτερα τμήματα εμπορευματοκιβωτίων συνεχίζουν να δημιουργούν υπερβολική χωρητικότητα (57). Τα κέρδη των δεξαμενόπλοιων θα μπορούσε να θεωρηθεί και ως έκπληξη, αλλά το συναίσθημα αυτό θα μπορούσε εύκολα να μετατραπεί σε αρνητικό πάλι εάν τα πολλά νέα πλοία που αναμένονται να χτιστούν μουν στην αγορά.

Η ναυτιλιακή βιομηχανία αυτήν την περίοδο παραμένει ασταθής, αλλά η ανάκαμψη αυτής, φαίνεται ότι απουσιάζει για μεγάλο χρονικό διάστημα λόγω μαζικών νέων παραγγελιών σε πολλά τμήματα της ναυτιλίας. Οι επενδυτές που είχαν σχεδιάσει να οδηγήσουν στην παγκόσμια ανάκαμψη συνειδητοποιούν ότι όταν μία ύφεση στην ναυτιλία έρχεται μερικές φορές, παραμένει για αρκετά χρόνια.

Για την επιτυχή ολοκλήρωση μίας ναύλωσης, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν την εμπορική βιωσιμότητα, στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη όσο αφορά τα κόστη σε μία ναύλωση είναι τα operational costs – λειτουργικά



έξοδα (σταθερό κόστος) και τα έξοδα ταξιδιού - voyage costs (μεταβλητό κόστος). Τα έξοδα από τα ναυτιλιακά καύσιμα θεωρούνται σχεδόν κατ'εξοχήν ως ο βασικός συντελεστής του κόστους ταξιδιού, με το συγκεκριμένο κόστος να κυμαίνεται στο 78% περίπου του ημερήσιου κόστους ταξιδιού, έναντι 28% στη δεκαετία του 1990 (4).

## 2. ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ

Από τις αρχές του 19ου αιώνα μέχρι τα μέσα και λίγο παραπάνω του 20ου αιώνα, τα ατμόπλοια διέσχισαν τις επτά θάλασσες, εξαλείφοντας σταδιακά την προσφορά από τα ιστιοφόρα πλοία στην εμπορική ναυτιλία. Στο δεύτερο μισό του 20ού αιώνα, τα μηχανοκίνητα πλοία ξεκίνησαν να κυριαρχούν. Η ιστορία του πετρελαιοκινήτηρα ξεκίνησε το 1892 με τον Rudolf Diesel και είκοσι χρόνια αργότερα, τα πρώτα τετράχρονα θαλάσσια πετρελαιοκίνητα πλοία ξεκίνησαν να λειτουργούν. Περίπου το 1930, τα σχέδια δίχρονου κινητήρα πήραν ένα ισχυρό προβάδισμα, καθώς τα πλοία έγιναν μεγαλύτερα και γρηγορότερα. Μεταξύ του Α' Παγκοσμίου Πολέμου και του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, το ποσοστό των πλοίων με μηχανή αυξήθηκε σε περίπου 25% της συνολικής χωρητικότητας του παγκόσμιο στόλου.

### 2.1 Τύποι ναυτιλιακών καυσίμων

#### 2.1.1 Crude oil - Αργό πετρέλαιο

Η γενικά αποδεκτή θεωρία είναι ότι το αργό πετρέλαιο σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων ετών από τα υπολείμματα των φυτών και ζώων που ζούσαν στις θάλασσες. Καθώς πέθαναν, βυθίστηκαν στον βυθό, θάφτηκαν με άμμο και λάσπη και έγιναν ένα οργανικό πλούσιο στρώμα. Σταθερά, αυτά τα στρώματα που είχαν συσσωρευτεί, μετατράπηκαν σε δεκάδες μέτρα πάχος. Η άμμος και η λάσπη έγιναν ιζηματογενείς πέτρες και τα οργανικά κατάλοιπα έγιναν σταγονίδια πετρελαίου και φυσικού αερίου. Το πετρέλαιο και το αέριο διήλθαν από τον πορώδη βράχο και τελικά παγιδεύτηκαν από ένα αδιαπέραστο στρώμα βράχου.

Το πιο σημαντικό είναι ότι αυτοί οι τέσσερις παράγοντες πρέπει να συμβούν την κατάλληλη στιγμή, στον σωστό τόπο και με τη σωστή σειρά για το σχηματισμό και την παγίδευση πετρελαίου και αερίου. Επί του παρόντος, η επιτυχής εξερεύνηση πετρελαίου βασίζεται σε σύγχρονες τεχνικές, όπως με σεισμική έρευνα. Η θεμελιώδης

αρχή της σεισμικής επισκόπησης είναι με το να ξεκινήσει ένας σεισμικός παλμός στην επιφάνεια της γης ή κοντά στην επιφάνεια της γης και να καταγράψει τα πλάτη και τους χρόνους ταξιδιού των κυμάτων που επιστρέφουν στην επιφάνεια αφού ανακλάται ή διαθλάται από τη διεπαφή σε ένα ή περισσότερα στρώματα πετρωμάτων. Μόλις αποκτηθούν σεισμικά δεδομένα, πρέπει να μεταποιηθούν σε μορφή κατάλληλη για γεωλογική ερμηνεία με σκοπό την ανίχνευση πετρελαίου (5).

### **Σύνθεση και ταξινόμηση του αργού πετρελαίου**

Το αργό πετρέλαιο είναι ένα μείγμα πολλών διαφορετικών υδρογονανθράκων και μικρών ποσοτήτων ακαθαρσιών. Η σύνθεση του αργού πετρελαίου μπορεί να ποικίλει σημαντικά ανάλογα με την πηγή του. Το αργό πετρέλαιο ακόμα και από την ίδια γεωγραφική περιοχή μπορεί να είναι διαφορετικό λόγω διαφορετικών στρωμάτων σχηματισμού πετρελαίου (6). Οι διαφορετικές ταξινομήσεις του αργού πετρελαίου βασίζονται σε:

1. Υδρογονάνθρακες:
  - a) Παραφινικό
  - b) Ναφθενικό
  - c) Αρωματικό

Κάθε αργό πετρέλαιο περιέχει τους τρεις διαφορετικούς τύπους υδρογονανθράκων, αλλά το σχετικό ποσοστό μπορεί να ποικίλει ευρέως. Παραδείγματος χάριν, υπάρχει παραφινικό αργό στη Σαουδική Αραβία, το ναφθενικό αργό σε ορισμένους σχηματισμούς της Νιγηρίας και το αρωματικό αργό στη Βενεζουέλα.

### **2. Βαρύτητα API (American Petroleum Institute)**

Όσο χαμηλότερη είναι η πυκνότητα του αργού πετρελαίου, τόσο μεγαλύτερη είναι η βαρύτητα του API. Μια υψηλότερη βαρύτητα API σημαίνει ότι το ακατέργαστο υλικό περιέχει πιο πολύτιμα κλάσματα χαμηλότερου βρασμού.

### **3. Περιεκτικότητα σε θείο:**

Η συνεχώς αυξανόμενη ανησυχία γι

α το περιβάλλον και οι επιπτώσεις στον υπολογισμό του κόστους διύλισης αποτελούν τη βάση αυτής της κατάταξης. Χωρίζεται σε:

- a) Γλυκό αργό (χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο)
- b) Ξινό αργό (υψηλή περιεκτικότητα σε θείο)

### 2.1.2 Fuel oil – Μαζούτ

Όλες οι χρήσεις του μαζούτ δημιουργούν ενέργεια με την καύση του. Η καύση μαζούτ (αντίδραση οξειδωσης) απελευθερώνει μεγάλη ποσότητα θερμότητας, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ατμού, για παράδειγμα σε ατμολέβητες. Ο υψηλός όγκος (πίεση) των καυσαερίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την λειτουργία ενός κινητήρα. Όταν καίγεται το μαζούτ, απελευθερώνεται ποσότητα θερμότητας, η οποία ορίζεται από τη συγκεκριμένη ενέργεια (MJ / kg) του καυσίμου. Οι θερμικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν αυτή τη θερμότητα για να παράγουν ατμό, ο οποίος στη συνέχεια οδηγεί ατμοστρόβιλους, παρέχοντας έτσι μηχανική ενέργεια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πρόωση ή για μετατροπή σε ηλεκτρική ενέργεια. Για τους κινητήρες των πλοίων, η μηχανική ενέργεια που παράγεται από τα αέρια καύσης χρησιμοποιείται συνήθως απευθείας για πρόωση (7).

### 2.2 Ναυτιλιακά καύσιμα και κινητήρες

Η θαλάσσια πρόωση αρχίζει από τον κύριο κινητήρα και τελειώνει στην προπέλα. Σε αυτό το κεφάλαιο θα συζητηθούν οι πιο συνηθισμένοι τύποι κινητήρων και τα διάφορα καύσιμα που χρησιμοποιούν. Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την τελική απόφαση για το ποιος κύριος κινητήρας ταιριάζει καλύτερα σε ένα συγκεκριμένο πλοίο.

Η βελτιστοποίηση του κόστους των καυσίμων μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους: επιλέγοντας έναν κινητήρα που καίει το φθηνότερο καύσιμο ή επιλέγοντας έναν κινητήρα που είναι ιδιαίτερα αποδοτικός από πλευράς καυσίμου. Ένας συνδυασμός αυτών των παραγόντων μπορεί επίσης να είναι οικονομικά αποδοτικός κατά τη διάρκεια ζωής του κινητήρα. Ένα από τα μειονεκτήματα στην επιλογή ενός κινητήρα

που καίει το φθηνότερο διαθέσιμο καύσιμο είναι ο απρόβλεπτος χαρακτήρας τόσο των παγκόσμιων όσο και των τοπικών αγορών ναυτιλιακών καυσίμων. Οι τιμές θα μπορούσαν να ανεβαίνουν ή αντίστοιχα οι τιμές θα μπορούσαν να μειωθούν ή ακόμα οι κανονισμοί θα μπορούσαν να περιορίσουν ή να απαγορεύσουν τη χρήση ορισμένων τύπων ναυτιλιακών καυσίμων (8).

### 2.2.1 Επιλογή καυσίμου

Η επιλογή ενός πρωτογενούς καυσίμου μπορεί να επηρεαστεί από άλλους παράγοντες, όπως οι ρυθμίσεις αποθήκευσης και τα βοηθητικά συστήματα που σχετίζονται με τον επιλεγμένο τύπο καυσίμου. Παρακάτω παρατίθενται εν συντομία οι κύριοι τύποι ναυτιλιακών καυσίμων που χρησιμοποιούνται σήμερα:

#### **Βαρύ Μαζούτ – Heavy Fuel Oil (HFO)**

Ιστορικά το λιγότερο ακριβό από τα χρησιμοποιούμενα καύσιμα πλοίων, το βαρύ μαζούτ χρησιμοποιείται εκτεταμένα στις χαμηλής ταχύτητας παλινδρομικές μηχανές που τροφοδοτούν πολλά από τα μεγαλύτερα εμπορικά πλοία στον κόσμο. Αν και το κόστος του καυσίμου είναι χαμηλό, η χρήση του για θαλάσσια πρόωση απαιτεί ένα σύστημα καθαρισμού για την απομάκρυνση των περιττών ακαθαρσιών που αφήνει η χρήση του, καθώς και ένα σύστημα θέρμανσης για τη μείωση του ιξώδους για αποτελεσματική καύση (7).

Η ενέργεια που απαιτείται για την παροχή του καυσίμου στον κινητήρα έτοιμο για καύση είναι αρκετά υψηλή. Ο χώρος και το βάρος που απαιτούνται για τα συστήματα θέρμανσης και επεξεργασίας που σχετίζονται με HFO καθιστούν την χρήση αυτού του τύπου καυσίμου μη πρακτική για τα μικρότερα πλοία. Τα ολοένα αυξανόμενα πρότυπα εκπομπών καθιστούν επίσης την πρωταρχική χρήση του HFO πιο δαπανηρή και λιγότερο πρακτική. Νέοι κανονισμοί επιτρέπουν τη δημιουργία Περιοχών Ελέγχου Εκπομπών Θείου (SECA), στις οποίες τα επίπεδα εκπομπών θείου πρέπει να είναι χαμηλότερα από εκείνα που είναι εφικτά κατά την καύση του διαθέσιμου HFO. Αυτό απαιτεί να μετατοπιστεί ένα πλοίο γύρω από την περιοχή SECA, να εγκαταστήσει ένα σύστημα πλύσης για να απομακρυνθεί το θείο και οι εκπομπές να μειωθούν σύμφωνα με τα πρότυπα ή να στραφεί σε ένα ακριβότερο καύσιμο

απόσταξης χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο καθώς διέρχεται από την περιοχή SECA (9).

Οι εκθέσεις των εργοστασίων ραφινάρισματος δείχνουν ότι υπάρχει ελάχιστο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των τεχνολογιών που είναι απαραίτητες για τη δραστική μείωση της περιεκτικότητας σε θείο του HFO. Αντ' αυτού, τα εργοστάσια ραφινάρισματος υποστηρίζουν ότι τα κεφάλαια πρέπει να δαπανηθούν για την αύξηση της συνολικής διαδικασίας εξευγενισμού, αποδίδοντας περισσότερα αποστάγματα από υπολείμματα αποβλήτων.

### **Φυσικό αέριο**

Πρώτον, χρησιμοποιείται συνήθως στη ναυτιλία σε πλοία LNG, το φυσικό αέριο γίνεται τώρα ένα πιο δημοφιλές καύσιμο πλοίων, κυρίως λόγω των καθαρών χαρακτηριστικών καύσης του, που παράγουν σημαντικά λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από άλλα ορυκτά καύσιμα για την ίδια ποσότητα θερμότητας που παράγεται. Το LNG παράγει επιπλέον λιγότερο NOx, SOx, και αιωρούμενα σωματίδια από τα παραδοσιακά υγρά καύσιμα. Το φυσικό αέριο πρέπει να αποθηκεύεται ως υγρό υπό πίεση και στη συνέχεια να θερμαίνεται σε αέριο πριν από την καύση, δημιουργώντας έτσι ορισμένες προκλήσεις στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης και σωληνώσεων.

### **Πετρέλαιο εσωτερικής καύσης ντίζελ - Marine diesel fuel**

Αυτά τα καύσιμα είναι μείγματα αποσταγμένου καυσίμου σε συνδυασμό με μικρές ποσότητες HFO. Έχουν χαμηλότερα επίπεδα περιεκτικότητας σε θείο από ό, τι το HFO και παρέχουν καθαρότερη καύση. Αν και αυτά τα καύσιμα είναι πιο ακριβά, η εξάλειψη της θέρμανσης και τα εκτεταμένα συστήματα επεξεργασίας δικαιολογούν την αύξηση του κόστους. Οι τρέχουσες και οι μελλοντικές ρυθμίσεις θα περιορίσουν περαιτέρω τις επιτρεπόμενες περιεκτικότητες σε θείο στα καύσιμα απόσταξης, μειώνοντας έτσι τη ρύπανση, αλλά σχεδόν βέβαια αυξάνοντας το κόστος.

### **Βιοντίζελ – Biodiesel**

Το βιοντίζελ είναι ένα καθαρό εναλλακτικό καύσιμο που κερδίζει έδαφος στη θαλάσσια βιομηχανία. Όπως υποδηλώνει το όνομά του, το βιοντίζελ είναι καύσιμο

παρόμοιο με το ντίζελ, αλλά δεν περιέχει προϊόντα πετρελαίου. Το βιοντίζελ δημιουργείται μέσω μιας χημικής διαδικασίας που ονομάζεται trans-εστεροποίηση, η οποία διαχωρίζει τη γλυκερίνη από το λίπος (όπως το σογιέλαιο). Όταν γίνεται με την παρουσία αλκοόλ, η διαδικασία αυτή αφήνει πίσω τους μεθυλεστέρες, που συνήθως ονομάζονται βιοντίζελ. Αυτός ο τύπος καυσίμου μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε έναν τυπικό παλινδρομικό κινητήρα τύπου συμπίεσης με ελάχιστες ή καθόλου αλλαγές. Η καύση του βιοντίζελ είναι καθαρότερη από τα συμβατικά αποστάγματα ντίζελ, και επιπρόσθετα εκτός από το γεγονός ότι προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, αυτοί οι παράγοντες καθιστούν το βιοντίζελ πολύ φιλικό προς το περιβάλλον.

### 2.2.2 Χαρακτηρίσματα των κινητήρων

Η παραγωγή ισχύος, βρίσκεται στον πυρήνα της θαλάσσιας προώθησης από την πρώτη εφαρμογή ισχύος μέσω ατμού που έγινε στα πλοία στα τέλη του 19ου αιώνα. Τα χρόνια συνεχούς βελτίωσης και διαφορετικών ρυθμίσεων έχουν οδηγήσει σε μια μεγάλη γκάμα δυνατών κινητήρων που ταιριάζουν σε πολλά διαφορετικά πλοία σε μια μεγάλη ποικιλία υπηρεσιών.

#### **Κινητήρες εσωτερικής καύσης**

Ο πιο συνηθισμένος τύπος κινητήρα είναι ένας παλινδρομικός κινητήρας εσωτερικής καύσης (όπως ένας κινητήρας ντίζελ). Αυτός ο τύπος κινητήρα χαρακτηρίζεται από την διαλείπουσα ταχεία καύση αέρα και καυσίμου μέσα σε ένα θάλαμο καύσης, απελευθερώνοντας ενέργεια που κινεί ένα έμβολο, αποδίδοντας γραμμική κίνηση που μετατρέπεται σε περιστροφική κίνηση. Οι μηχανές εσωτερικής καύσης συνήθως εμπίπτουν σε μία από τις τρεις κατηγορίες που περιγράφουν την ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται ο κινητήρας (10).

Οι κινητήρες χαμηλής ταχύτητας τυπικά περιστρέφονται μεταξύ 100 και 500 σ.α.λ. (στροφές ανά λεπτό). Οι κινητήρες μέσης ταχύτητας περιστρέφονται σε ταχύτητες 700-1200 σ.α.λ. Οι κινητήρες υψηλής ταχύτητας περιστρέφονται γενικά σε 1800-4000 σ.α.λ. Τα ιδιαίτερα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε ενός από αυτούς τους τύπους κινητήρων πρέπει να γίνουν κατανοητά ώστε να ταιριάζουν με τον κινητήρα στην εφαρμογή. Οι κινητήρες χαμηλής ταχύτητας είναι μεγάλοι, έχουν

μεγάλο βάρος και είναι δαπανηροί, αλλά έχουν χαμηλότερα κόστη καυσίμου, λειτουργίας και συντήρησης σε σύγκριση με έναν κινητήρα υψηλής ταχύτητας της ίδιας παραγωγής. Η εγκατάσταση ενός κινητήρα χαμηλής ταχύτητας μπορεί επίσης να εξαλείψει την ανάγκη για κιβώτιο ταχυτήτων, εξοικονομώντας έτσι επιπλέον κόστος και βάρος. Ίσως ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα μιας μηχανής εσωτερικής ανάφλεξης, που είναι αμοιβαία, είναι η ευρεία αποδοχή και χρήση αυτού του τύπου μηχανής στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

Οι υψηλοί αριθμοί παραγωγής μειώνουν το κόστος και προάγουν την αξιοπιστία, επιτρέποντας παράλληλα εύκολη πρόσβαση στα κομμάτια του κινητήρα κάτι που βοηθάει τους εκπαιδευμένους μηχανικούς. Όμως αυτό δεν σημαίνει ότι μηχανές εσωτερικής καύσης δεν έχουν σφάλματα. Στο μεγαλύτερο άκρο του φάσματος, δεν έχουν καλές αναλογίες ισχύος προς βάρος, αν και αυτό γενικά αντισταθμίζεται από μεγαλύτερη μετατόπιση του σκάφους. Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι ικανοί να χρησιμοποιούν μια ποικιλία διαφορετικών καυσίμων.

Η χρήση βαρέος μαζούτ παραδοσιακά περιορίζεται στη χρήση σε κινητήρες χαμηλών στροφών, αλλά το καύσιμο ντίζελ πλοίων και το φυσικό αέριο είναι κατάλληλα για κινητήρες γρηγορότερων στροφών. Το φυσικό αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ελαφρά τροποποιημένο κινητήρα ντίζελ σε διάταξη διπλού καυσίμου. Οι πετρελαιοκινητήρες είναι κατάλληλοι για μια μεγάλη ποικιλία θαλάσσιων εφαρμογών, στην πραγματικότητα οι πετρελαιοκινητήρες μπορούν να βρεθούν σχεδόν σε κάθε τύπο εμπορικού πλοίου, από τα επιβατηγά πλοία μέχρι τα ρυμουλκά (10).

### **Κινητήρες εσωτερικής καύσης περιστρεφόμενου τύπου**

Οι Περιστροφικοί κινητήρες εσωτερικής καύσης (όπως μία τουρμπίνα αερίου) χρησιμοποιούνται επίσης για θαλάσσια προώθηση. Αυτός ο τύπος κινητήρα χαρακτηρίζεται από συνεχή καύση αέρα και καυσίμου και μετατροπή αυτής της ενέργειας απευθείας σε περιστροφική κίνηση. Το βασικό πλεονέκτημα της εγκατάστασης ενός κινητήρα αεριοστροβίλου είναι η μεγάλη αναλογία ισχύος / βάρους που μπορεί να επιτύχει αυτός ο τύπος κινητήρα. Το μικρό μέγεθος του κινητήρα διευκολύνει τη συντήρηση και μειώνει τον χρόνο διακοπής αφού λόγω του μικρού μεγέθους, αυτό καθιστά δυνατή την ταχεία εναλλαγή των στροβίλων αντί να παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα στην αποβάθρα πραγματοποιώντας



συντήρηση ή επισκευή. Η σχετική απλότητα του κινητήρα είναι ένα άλλο δευτερεύον πλεονέκτημα, όπου υπάρχουν λιγότερα κινούμενα μέρη (11).

Μερικά από τα μειονεκτήματα των αεριοστροβίλων είναι οι αυστηρές απαιτήσεις πίεσης εισόδου και καυσαερίων, η ανάγκη για μεγάλα, βαριά κιβώτια ταχυτήτων, πο υψηλές θερμοκρασίες που δημιουργούνται από τα καυσαέρια, το υψηλότερο αρχικό κόστος και η χαμηλότερη σχετική οικονομία καυσίμου. Ένας αεριοστροβίλος μπορεί να καίει σχεδόν οποιαδήποτε κατηγορία ραφιναρισμένου πετρελαίου, όπως καύσιμο ντίζελ πλοίων και κηροζίνη, καθώς και φυσικό αέριο. Αν και αυτά τα καύσιμα είναι ακριβά, η ευελιξία καυσίμων που χρησιμοποιεί ένας αεριοστροβίλος, το καθιστά ελκυστικό για τις ασταθείς αγορές καυσίμων. Ένας αεριοστροβίλος λειτουργεί καλά σε εφαρμογές υψηλής ταχύτητας, όπου το βάρος είναι πάντα ανησυχητικό. Επιπλέον, υπάρχει μια αυξανόμενη αγορά αεριοστροβίλων σε σκάφη που δεν μπορούν να αντέξουν σε υπερβολικό χρόνο εκτός λειτουργίας, όπως τα πετρελαιοφόρα

### **Κινητήρες εξωτερικής καύσης περιστρεφόμενου τύπου**

Παρόλο που οι κινητήρες εσωτερικής καύσης (κυρίως κινητήρες εσωτερικής καύσης πετρελαίου) είναι η κυρίαρχη πηγή ισχύος στη ναυτιλιακή βιομηχανία, μια περιστροφική μονάδα προώθησης εξωτερικής καύσης εξακολουθεί να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε ορισμένες υπηρεσίες. Ένας κινητήρας εξωτερικής καύσης θερμαίνει το υγρό εργασίας (τυπικά ατμό) εκτός του μηχανισμού (τουρμπίνα), επί του οποίου το εργαζόμενο ρευστό διαστέλλεται, παράγοντας περιστροφική κίνηση.

Όπως και οι αντίστοιχες μονάδες αεριοστροβίλων, τα πλεονεκτήματα ενός ατμοστροβίλου περιλαμβάνουν την απλότητα λιγότερων κινούμενων μερών που περιστρέφονται, μια καλή σχέση ισχύος-βάρους και επίσης έχουν μικρό μέγεθος. Ωστόσο, οι ατμολέβητες, οι οποίοι δεν είναι ούτε μικροί ούτε ελαφροί, είναι ένας απαραίτητος συμβιβασμός σε αυτό το είδος συστήματος. Ένα σύστημα ατμού απαιτεί επίσης συνεχή συντήρηση. Άλλα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν τον βραδύτερο χρόνο απόκρισης σε σύγκριση με τους κινητήρες εσωτερικής καύσης, τόσο από την εκκίνηση όσο και κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους (11).

### **2.3 Ενεργειακή απόδοση**

Μόλις πριν από μερικά χρόνια, η αποδοτικότητα των καυσίμων ήταν ένα μικρό ή ακόμα και παραμελημένο θέμα. Σήμερα, μαζί με την ασφάλεια, βρίσκεται στην κορυφή της ατζέντας της θαλάσσιας κοινότητας.

Αυτή η εξέλιξη είναι σαφώς το αποτέλεσμα των δραματικών διακυμάνσεων και υψηλών επιπέδων κόστους των καυσίμων. Αυτό έχει οδηγήσει σε μείωση των εσόδων για τους φορείς εκμετάλλευσης πλοίων που βρέθηκαν απροετοίμαστοι απέναντι στο ταχέως μεταβαλλόμενο κόστος καυσίμων και δεν είχαν την ικανότητα να προσαρμόζουν τις λειτουργίες των πλοίων και τα λειτουργικά έξοδα. Ένας άλλος παράγοντας αφορά την αυξημένη ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με τη ρύπανση και τις περιβαλλοντικές εκπομπές, γεγονός που προκαλεί πολιτικές αποφάσεις σε παγκόσμιους ή τοπικούς κανόνες και κανονισμούς.

### 2.3.1 Το δίλημμα των καυσίμων και οι ευκαιρίες που ανοίγονται

Η παγκόσμια ναυτιλία καταναλώνει περίπου 300 εκατομμύρια μετρικούς τόνους καυσίμου ετησίως, που περιλαμβάνει βαρέα πετρέλαια (HFO) που χρησιμοποιούνται στις μεταφορές και μεγαλύτερα πλοία και ναυτιλιακό πετρέλαιο ντίζελ (MDO) που χρησιμοποιείται στα υπεράκτια και μικρότερα πλοία κοντά στη ξηρά. Επειδή το HFO είναι υπολειμματικό προϊόν πετρελαίου, είναι το καύσιμο με τη χαμηλότερη τιμή και επομένως είναι απίθανο να αντικατασταθεί ως κύρια πηγή καυσίμων για ναυτιλία στο εγγύς μέλλον. Ωστόσο, η χρήση καυσίμων χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο και καθαρότερα, όπως το MDO και το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) που αναλύσαμε στην προηγούμενη ενότητα, θα κυριαρχήσουν σε μέρη της αγοράς που χρησιμοποιείται HFO, καθώς οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί και οι τοπικοί περιορισμοί των εκπομπών είναι πιο αυστηροί.

Τα τελευταία χρόνια, η αγορά ενέργειας ήταν ταραγμένη, αυτό ήταν αποτέλεσμα από τις αυξανόμενες και τις μεταβαλλόμενες τιμές των καυσίμων. Λίγοι υποστηρίζουν και προβλέπουν ότι αυτό θα αλλάξει την επόμενη δεκαετία. Μεταξύ των πλοιοκτητών και των σχεδιαστών, υπάρχει μια σαφής τάση για το σχεδιασμό πλοίων με ευελιξία όσον αφορά τις πηγές καυσίμων τους και τη λειτουργική φόρτωση των συστημάτων πρόωσης τους. Οι προκλήσεις που συνεπάγονται με την επίτευξη των

μακροπρόθεσμων στόχων που συνδέονται με τη σταθεροποίηση των εκπομπών CO<sub>2</sub>, προκειμένου να μειωθεί η επιταχυνόμενη αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, αναμένεται να επηρεάσουν τη ναυτιλιακή βιομηχανία, ακόμη και αν οι σχετικοί διεθνείς κανόνες και κανονισμοί δεν έχουν ακόμη τεθεί σε ισχύ.

Αυτοί οι στόχοι δεν μπορούν να επιτευχθούν μόνο με τις σημερινές τεχνολογίες και θα απαιτηθούν νέοι τρόποι σχεδιασμού και καινοτόμων τρόπων λειτουργίας των πλοίων, καθώς και περαιτέρω ανάπτυξη τεχνολογιών και πηγών ενέργειας. Ενώ αυτή είναι μια πρόκληση, αντιπροσωπεύει επίσης έναν σαφή οδηγό για τις μακροπρόθεσμες στρατηγικές κινήσεις των πλοιοκτητών.

Με το τρέχον κόστος HFO πάνω από 400 δολάρια ανά μετρικό τόνο, η ναυτιλιακή βιομηχανία αντιμετωπίζει συνολικό ετήσιο κόστος καυσίμων τουλάχιστον 150 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Για τους προμηθευτές ενεργειακά αποδοτικών λύσεων που μειώνουν την κατανάλωση καυσίμων για περιβαλλοντικούς λόγους, υπάρχουν τεράστιες επιχειρηματικές ευκαιρίες, αλλά βασίζονται μόνο σε μειωμένους λογαριασμούς καυσίμων.

### 2.3.2 Σχεδιασμός και ενεργειακή απόδοση

Μια βασική ιδέα στο σχεδιασμό του πλοίου είναι το σημείο σχεδιασμού, ένας συνδυασμός των μεταβλητών γύρω από τις οποίες αναπτύσσεται και βελτιστοποιείται ο σχεδιασμός. Αυτές μπορεί να είναι η ταχύτητα, το ρεύμα, η κατανάλωση, το νεκρό βάρος, οι καιρικές και θαλάσσιες συνθήκες και πολλές άλλες μεταβλητές ανάλογα με τον τύπο του πλοίου και το επιχειρησιακό προφίλ (12).

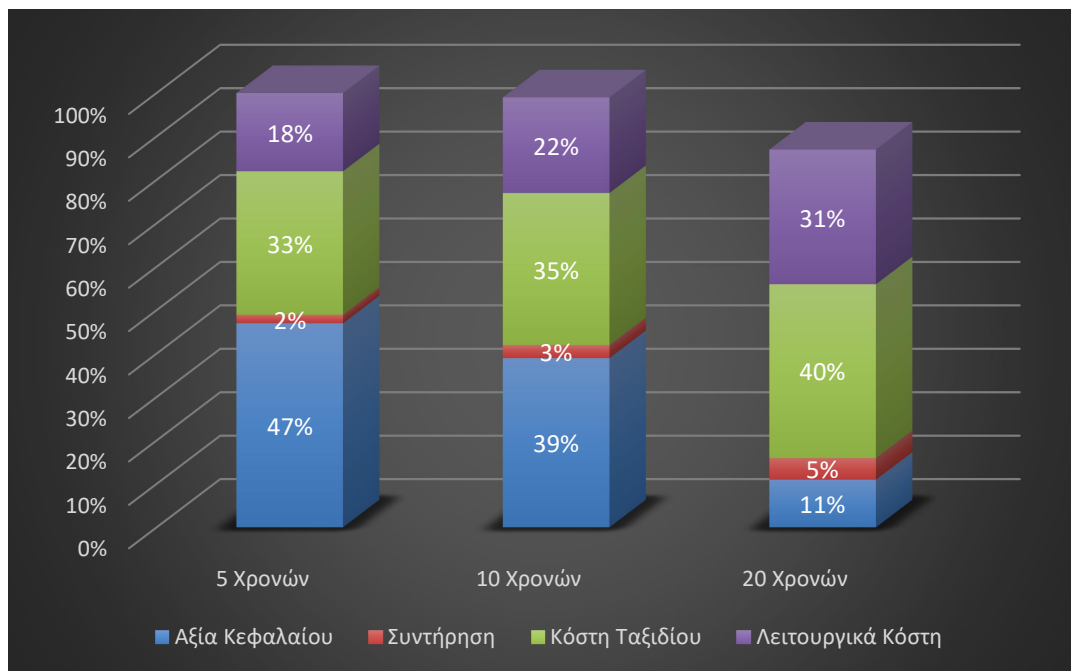
Ένα πλοίο που λειτουργεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές σχεδιασμού του θα έχει την καλύτερη βελτιστοποίηση για τις δεδομένες μεταβλητές, όπως για παράδειγμα μικρότερη κατανάλωση καυσίμου, ένα συγκεκριμένο βύθισμα, την πρόσδεση, την φόρτωση και εκφόρτωση φορτίου, την καθαρότητα του κύτους και της προπέλας και τις θαλάσσιες καιρικές συνθήκες. Όμως συχνά συμβαίνει το πλοίο λειτουργεί εκτός των προδιαγραφών σχεδιασμού του, έτσι έχει ένα εύρος παραλλαγών για τις διάφορες αυτές μεταβλητές.

Ένα καλό παράδειγμα ενός πλοίου που αποκλίνει ελάχιστα από το σημείο του σχεδιασμού του είναι ένα μικρό / μεσαίο ακτοπλοϊκό πλοίο. Η ταχύτητα είναι πάντα η ίδια, το νεκρό βάρος μεταβάλλεται ελάχιστα (αν και το φορτίο νεκρού βάρους μπορεί να αλλάξει σημαντικά) και ο καιρός είναι αρκετά σταθερός (υποθέτοντας μια προστατευόμενη περιοχή λειτουργίας). Από την άλλη πλευρά, ένα πλοίο εμπορευματοκιβωτίων Panamax που λειτουργεί παγκοσμίως αντιμετωπίζει τεράστιες διακυμάνσεις στον καιρό και τις θάλασσες, πρέπει να λειτουργεί σε ένα ευρύ φάσμα ταχυτήτων και υπόκειται σε αρκετά μεγάλες μεταβολές φορτίου κατά τη διάρκεια ενός ομαλού ταξιδιού (12).

Δεδομένου ότι ένα πλοίο είναι πιθανό να αντιμετωπίσει ένα ευρύ φάσμα θαλάσσιων καταστάσεων κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του για το οποίο η προστιθέμενη αντίσταση είναι πιθανόν να είναι διαφορετική από αυτή που έχει οριστεί κατά τον σχεδιασμό του, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι είναι πολύ πιθανό να λειτουργήσει εκτός του σχεδιασμού του για σημαντικό μέρος της διάρκειας ζωής του. Συνεπώς, το πλοίο δεν θα λειτουργήσει τόσο αποτελεσματικά όσο οι σχεδιαστές του υπέθεσαν. Οι οικονομικές επιπτώσεις των παραπάνω θα εξαρτηθούν από το πόσο μακριά και πόσο συχνά ένα πλοίο λειτουργεί εκτός του σημείου του σχεδιασμού του.

#### 2.4 Η ηλικία του πλοίου και πως επηρεάζει τα κόστη λειτουργίας

Σε ένα στόλο παρόμοιων πλοίων, είναι συνηθισμένο να διαπιστώνουμε ότι τα παλαιά πλοία έχουν διαφορετική δομή κόστους από τα νέα. Πράγματι, αυτή η σχέση μεταξύ κόστους και ηλικίας είναι ένα από τα κεντρικά ζητήματα της οικονομίας της ναυτιλιακής αγοράς. Καθώς το πλοίο «γερνάει» η αξία του σταδιακά μειώνεται, αλλά το κόστος λειτουργίας και ταξιδιού του αυξάνεται σε σχέση με νεότερα πλοία τα οποία είναι πιο αποτελεσματικά λόγω ενός συνδυασμού τεχνικής βελτίωσης από την κατασκευή του πλοίου (π.χ. πιο αποδοτικές μηχανές) και της επίδρασης της «γήρανσης» (13).



**Γράφημα 2-4-1** Κόστη τριών Capesize χύδην ξηρού φορτίου με διαφορετική ηλικία  
 Πηγή: (Clarkson Research Studies, 2013)

Μια απεικόνιση του τρόπου μεταβολής του προφίλ κόστους με την ηλικία παρέχεται από τη σύγκριση του ετήσιου κόστους των τριών φορτηγών πλοίων Capesize, ενός πενταετούς, ενός δεκαετούς και ενός 20 ετών, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.3. Και τα τρία πλοία εμπορεύονται υπό τη σημαία της Λιβερίας, χρησιμοποιώντας τα ίδια καθεστώτα συντήρησης και χρεώνουν κεφάλαιο 8% ετησίως. Το συνολικό κόστος ανά ημέρα λειτουργεί περίπου στα ίδια πλαίσια για πλοία ηλικίας 5 ετών και 10 ετών, αλλά βάσει αυτών των υποθέσεων το 20χρονο πλοίο είναι περίπου 13% φθηνότερο. Ωστόσο, η διάρθρωση του κόστους των νέων και παλαιών πλοίων είναι αρκετά διαφορετική.

Εάν θεωρήσουμε μόνο τα άμεσα έξοδα κεφαλαίων και εξαιρούμε το κόστος κεφαλαίου και την περιοδική συντήρηση, το σύγχρονο πλοίο είναι πολύ φθηνότερο για να λειτουργήσει, με λειτουργικά έξοδα μόνο 18% έναντι 31% του παλιού πλοίου και τα κόστη καυσίμων 40% έναντι 33% του σύγχρονου πλοίου. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο υψηλότερο λειτουργικό κόστος του παλαιού πλοίου, στο μεγαλύτερο πλήρωμα, στη συνήθη συντήρηση και στη μείωση της απόδοσης καυσίμων (14).

Αυτή η διαφορά κόστους διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στις ταμειακές ροές. Αν αγνοήσουμε το κόστος κεφαλαίου και την περιοδική συντήρηση, το σύγχρονο πλοίο μπορεί να επιβιώσει σε τιμές ναύλων που είναι πολύ κάτω από το σημείο παροπλισμού για τα παλαιότερα πλοία.

### **3. ΑΓΟΡΑ ΤΩΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ**

Διαφορετικοί τύποι καυσίμων που αναλύσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο διακινούνται σε ολόκληρο τον κόσμο, πολύ συχνά πωλούνται σε μια χώρα μακριά από την προέλευσή τους (15). Οι διαφορετικοί λιμένες λειτουργούν με διαφορετικούς τρόπους και έχουν διαφορετικό υπόβαθρο και νομοθεσία. Μερικοί λειτουργούν καλύτερα από άλλους. Υπάρχουν επίσης πολλά μέρη που συμμετέχουν στην λειτουργία ενός πλοίου, γεγονός που εμποδίζει τις ευκαιρίες και τη διαφάνεια των επιχειρήσεων.

Για τις ναυτιλιακές εταιρείες ένα πολύ μεγάλο μέρος του μεταβλητού λειτουργικού κόστους αφορά τα καύσιμα για τα πλοία. Ειδικότερα, για τις ναυτιλιακές εταιρείες τακτικών γραμμών, η αγορά αυτών των αποθεμάτων μπορεί να προγραμματιστεί μερικούς μήνες μπροστά. Δεδομένου ότι τα σκάφη που πλέουν σε σταθερά χρονοδιαγράμματα, σε αντίθεση με την tramp ναυτιλία (αδρομολόγητα πλοία ή ελεύθερα πλοία) και άλλους τύπους ναυτιλίας. Αυτή η κανονικότητα στα χρονοδιαγράμματα των πλοίων επιτρέπει τον λεπτομερή προγραμματισμό ενός συγκεκριμένου πλοίου όπως εξετάζεται στην διεθνή βιβλιογραφία (16).

#### **3.1 Η διαδικασία αγοράς ναυτιλιακών καυσίμων**

Αγοράζοντας τα καύσιμα των πλοίων είναι τις περισσότερες φορές μια διεθνή υπόθεση. Όπως τονίσαμε προηγουμένως, ο φορέας εκμετάλλευσης ή η δεξαμενή καυσίμων είναι κατά πάσα πιθανότητα εγκατεστημένη σε άλλη χώρα από την οποία βρίσκεται το πλοίο. Η επιτυχία μιας αγοράς βασίζεται σε μια συστηματική προσέγγιση της αγοράς. Οι μεγαλύτερες ναυτιλιακές εταιρείες συχνά έχουν ένα ξεχωριστό τμήμα που επικεντρώνεται στην αγορά των καυσίμων ενός μεγάλου στόλου. Σε μικρότερες επιχειρήσεις, ο πλοιοκτήτης μπορεί να είναι υπεύθυνος για την αγορά ναυτιλιακών καυσίμων. Σε αυτό το σημείο θα αναλυθεί η διαδικασία αγοράς μέσω ξεχωριστής υπηρεσίας καυσίμων με σκοπό να αναδειχθούν τα πολλά βήματα που απαιτούνται και τα πολλά εμπλεκόμενα μέρη που αναμειγνύονται.

### 3.1.1 Η διαδικασία

Η διαδικασία ξεκινά με μια παραγγελία των ναυτιλιακών καυσίμων, η οποία έχει αποφασιστεί από τον πλοίαρχο του πλοίου και τον χειριστή, και μεταφέρεται στο τμήμα καυσίμων. Στη συνέχεια, η υπηρεσία του τμήματος καυσίμων βάζει την παραγγελία στην αγορά, είτε μέσω ενός broker, είτε ενός εμπόρου είτε απευθείας στους προμηθευτές. Η διαφορά μεταξύ της χρήσης ενός broker και ενός εμπόρου είναι ότι ένας broker οργανώνει τη συμφωνία μεταξύ αγοραστή και προμηθευτή και χρεώνει τον αγοραστή για αυτό., αλλά το θετικό είναι ότι σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να βρει πιο φτηνές τιμές.

Ο αγοραστής αγοράζει το καύσιμο σύμφωνα με τους όρους και τις προϋποθέσεις του προμηθευτή. Ο broker πρέπει να βοηθήσει τον αγοραστή να μεγιστοποιήσει τη θέση του στην αγορά, αλλά δεν αναλαμβάνει τον κίνδυνο ή την ευθύνη για την παράδοση. Ένας έμπορος θα πρέπει επίσης να μεγιστοποιήσει τη θέση του αγοραστή στην αγορά, αλλά αντ' αυτού αγοράζει το καύσιμο και το πουλάει στον αγοραστή με μια μικρή επιβάρυνση για τους όρους και τις συνθήκες των εμπορών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ότι αν τυχόν προκύψουν προβλήματα κατά την παράδοση, ο αγοραστής μπορεί να απευθυνθεί στον έμπορο (17). Για τους λόγους αυτούς, η χρήση ενός εμπόρου είναι μια πιο εύκολη επιλογή για έναν αγοραστή.

Ένας αγοραστής πιθανότατα θα έρθει σε επαφή με μερικούς εμπόρους για να εξασφαλίσει την καλύτερη διαθέσιμη τιμή στην αγορά, οι έμποροι θα επικοινωνήσουν με τη σειρά τους μερικούς προμηθευτές για να εξασφαλίσουν το ίδιο. Ορισμένες διαπραγματεύσεις θα γίνουν πιθανότατα από και προς τις δύο μεριές, έως ότου ο αγοραστής επιλέξει τον έμπορο με την καλύτερη τιμή και έτσι μία συμφωνία να επιτευχθεί.

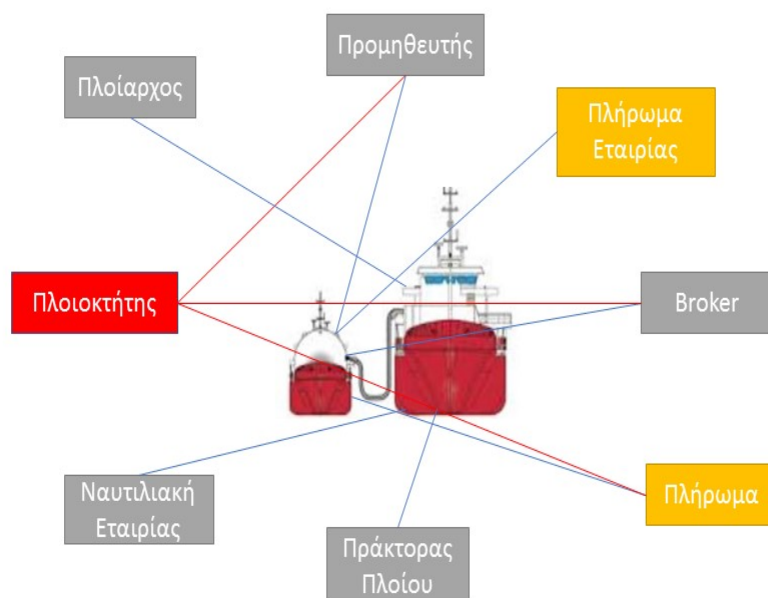
Έπειτα ένας πράκτορας του λιμένα (port agent) διορίζεται για να συνεργάζεται με τα διάφορα μέρη, το σκάφος, την εταιρία πετρελαίου και τον πλοιοκτήτη, για να διασφαλίσει την ομαλή παράδοση. Ο προμηθευτής πετρελαίου οργανώνει μια φορτηγίδα για να παραδώσει το πετρέλαιο, η οποία μπορεί είτε να προσληφθεί είτε να



είναι δικιά του. Η φορτηγίδα στη συνέχεια παραδίδει το καύσιμο του πλοίου στο πλοίο.

Στο σχήμα 3-1-1-2 μπορεί να παρατηρηθεί μια απλοποιημένη επισκόπηση μιας αγοράς καυσίμων και τα εμπλεκόμενα μέρη. Σε αυτή την εικόνα το τμήμα καυσίμων βρίσκεται κάτω από πλοιοκτήτη. Όπως φαίνεται στη σχηματική επισκόπηση, διάφοροι ενδιαφερόμενοι εμπλέκονται σε διαφορετικές περιοχές της λειτουργίας του πλοίου.

**Εικόνα 3-1-1-1** Τα μέρη που εμπλέκονται σε μία διαδικασία αγοράς ναυτιλιακών καυσίμων



Πηγή: Kamminga, E. (2013). Global Head Marine Fuel Services, Bureau Veritas CTD..

### 3.1.2 Τιμολόγηση ναυτιλιακών καυσίμων

Όταν συζητάμε για την τιμολόγηση των καυσίμων σε διάφορες περιοχές ανα τον κόσμο, γίνεται συχνά αναφορά στο Bunkerwire του Platt (Platt's). Το Platt's είναι ένα παγκόσμιο ενημερωτικό δελτίο που επικεντρώνεται στις τιμές των ναυτιλιακών καυσίμων. Κάθε μέρα αποστέλλεται ένα ενημερωτικό δελτίο με μια μέση τιμολόγηση από την προηγούμενη ημέρα ως σύγκριση για τους αγοραστές παγκοσμίως. Το Platt's παρέχει επίσης μια μηνιαία επισκόπηση (18).

Οι συγκρίσεις των τιμών πραγματοποιούνται από το Bunkerwire της Platt συν ή πλην του το ποσό που αγοραστής έδωσε για το καύσιμο. Για παράδειγμα, αν ένας αγοραστής αγόρασε το HSFO στη Σιγκαπούρη με \$590 ανά μετρικό τόνο και το Bunkerwire της Platt για την ημέρα αυτή ανερχόταν σε \$595 ανά μετρικό τόνο, ο αγοραστής θα παραπέμψει την τιμή ως μείον 5 του Platt. Σε πολλά λιμάνια ανεφοδιασμού καυσίμων οι τιμές είναι κοντά στο Platt με μικρές μόνο διακυμάνσεις. Η τιμολόγηση είναι επίσης ξεχωριστή, δεδομένου ότι μερικές φορές η τιμή που προσφέρεται για τα καύσιμα πλοίων που παραδίδονται με φορτηγίδα είναι χαμηλότερη από την τιμή που πωλείται από την πρώην αποβάθρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια απώλεια για όποιον εμπορεύεται αυτό το πετρέλαιο. Οι τιμές των καυσίμων αλλάζουν συνεχώς κατά τη διάρκεια της ημέρας (18).

Παρακάτω αναφέρονται ονομαστικά 3 από τις κορυφαίες εταιρίες παροχής πληροφοριών, τιμών και αναλυτικών στοιχείων για τις αγορές ενέργειας και βασικών προϊόντων.

- 1) S&P Global Platts
- 2) IHS Markit
- 3) Argus

### 3.1.3 Η απόδειξη παράδοσης καυσίμων - BDR

Όταν τα ναυτιλιακά καύσιμα παραδίδονται και η φορτηγίδα μετριέται, έπειτα παραδίδεται και η απόδειξη παράδοσης καυσίμων, η οποία πρέπει να υπογραφεί και από τα δύο μέρη. Το έγγραφο είναι η καταγραφή της ποσότητας που παραδίδεται και

του ποσού που πρέπει να πληρώσει ο αγοραστής. Πρόκειται για ένα από τα πιο σημαντικά έγγραφα της διαδικασίας αγοράς των ναυτιλιακών καυσίμων και οι πληροφορίες που πρέπει να περιέχει είναι τουλάχιστον η ημερομηνία και η ώρα, λεπτομέρειες σχετικά με την φορτηγίδα, το όνομα του προμηθευτή, τον τύπο καυσίμου, τη θερμοκρασία, την πυκνότητα, το ιξώδες, στοιχεία πλοίου και τους μετρικούς τόνους (19).

Η πυκνότητα είναι μόνο εκτίμηση δεδομένου ότι η θερμοκρασία και το ιξώδες δεν μπορούν να μετρηθούν με ακρίβεια. Τόσο ο κύριος μηχανικός όσο και ο πλοίαρχος του πλοίου πρέπει να υπογράψουν αυτό το έγγραφο. Η φορτηγίδα πλοίων δεν μπορεί να εγκαταλείψει το σκάφος εάν δεν έχει υπογραφεί το BDR (Bunker Delivery Notice) .

## 3.2 Σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αγορά καυσίμων

Η τιμή των καυσίμων καθορίζεται από τους νόμους της προσφοράς και της ζήτησης. Έτσι, οι παράγοντες που άμεσα ή έμμεσα επηρεάζουν την προσφορά και τη ζήτηση των καυσίμων, παίζουν ένα σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση στις τιμές των καυσίμων.

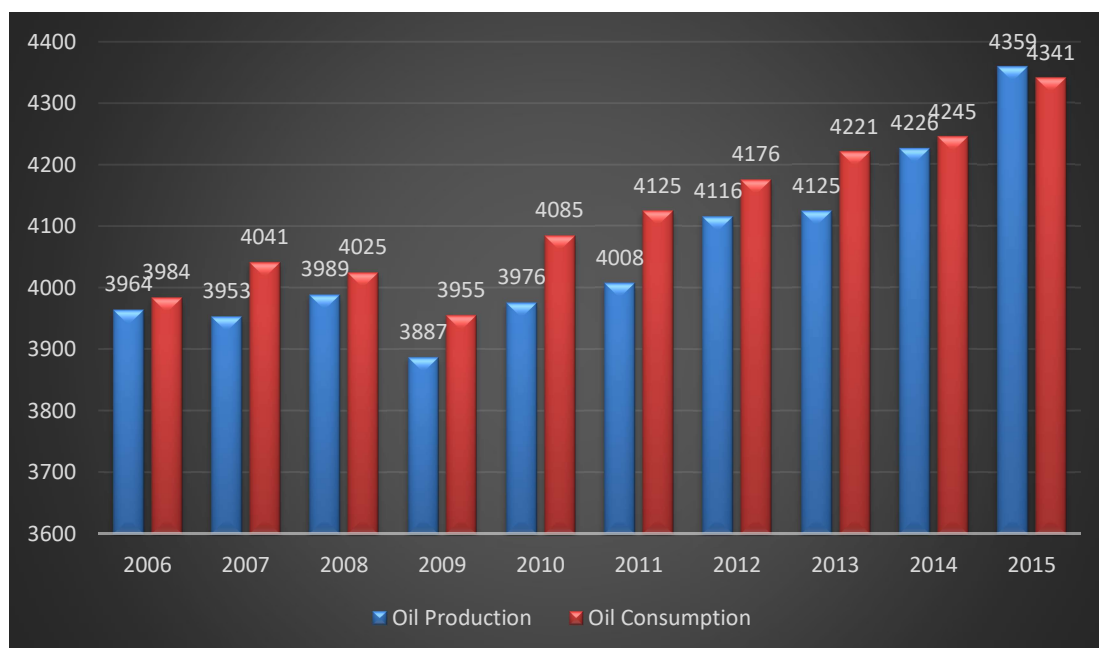
### 3.2.1 Παράγοντες προσφοράς

#### 3.2.1.1 Αγορά πετρελαίου

Δεδομένου ότι το ναυτιλιακό καύσιμο είναι το τελικό προϊόν μετά από μία διαδικασία διύλισης / απόσταξης αργού πετρελαίου, οι παράγοντες που επηρεάζουν την αγορά του αργού πετρελαίου έχουν άμεσο αντίκτυπο στην αγορά των καυσίμων. Για παράδειγμα, όταν ο **OPEC** ενέκρινε ένα σχέδιο στενής προμήθειας στα μέσα του 2008, οι τιμές του αργού πετρελαίου έφθασαν σε υψηλό επίπεδο ρεκόρ των 90 δολαρίων / βαρέλι. Αυτές οι υψηλές τιμές πετρελαίου οδήγησαν σε εξαιρετικά υψηλές τιμές καυσίμων, όμως τα τελευταία χρόνια έχουμε μία σημαντική μείωση, όπου σήμερα η τιμή να κυμαίνεται στα **52 \$** / βαρέλι.

Οι υψηλές τιμές του πετρελαίου υποστηρίζονται από την αυξανόμενη ζήτηση για κατανάλωση πετρελαίου από τις αναπτυσσόμενες χώρες και από την επίδραση των δυσμενών καιρικών συνθηκών. Παράλληλα, η παραγωγή πετρελαίου (πλευρά προσφοράς) δεν συνάδει με τον αυξανόμενο ρυθμό κατανάλωσης πετρελαίου. Από το διάγραμμα παρακάτω, προκύπτει ότι η παγκόσμια παραγωγή πετρελαίου και η κατανάλωση πετρελαίου συμπεριφέρθηκαν σχεδόν με τον ίδιο τρόπο και ήταν σχεδόν στα ίδια επίπεδα. Αυτό συνεπάγεται πιθανούς κινδύνους ανεπάρκειας εφοδιασμού εάν συμβεί ένα απρόβλεπτο συμβάν, όταν η πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα δεν είναι αρκετή.

**Διάγραμμα 4.1.2.1** Παγκόσμια παραγωγή πετρελαίου και κατανάλωση πετρελαίου (2006-2015) [εκατ. Τόνοι]



**Πηγή:** BP Statistical Review of World Energy. June 2016 (2016).

Ιστορικά, η τιμή του πετρελαίου έχει υποστεί πολλές διακυμάνσεις. Μετά την πετρελαϊκή κρίση το 1973 που έπληξε την πετρελαϊκή αγορά, υπάρχουν και άλλα γεγονότα που επηρέασαν άσχημα την τιμή του πετρελαίου, συνεπώς τον αντίκτυπο φαινόταν στην τιμή του ναυτιλιακού καυσίμου. Η εισβολή του Κουβέιτ από το Ιράκ το 1990 έστειλε τιμές πετρελαίου μέχρι και \$ 40 / βαρέλι, η ασιατική χρηματοπιστωτική κρίση στα τέλη του 1998 έριξε τις τιμές πετρελαίου κάτω από περίπου 10 \$ / βαρέλι (20). Η εισβολή του Ιράκ από τις ΗΠΑ το 2000 έφερε πάλι την τιμή του πετρελαίου στα \$ 35 / βαρέλι. Άλλα γεγονότα επηρέασαν επίσης τις τιμές του πετρελαίου, όπως το γεγονός της 11ης Σεπτεμβρίου 2001 και οι πολιτικές συγκρούσεις στη Μέση Ανατολή και η τελευταία και σημαντικότερη χρηματοπιστωτική κρίση του 2009 .

**Διάγραμμα 4.1.2.2** Τιμές spot πετρελαίου WTI από το 2008 έως το 2017



**Πηγή:** BP Statistical Review of World Energy(2016).

Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της τιμής του αργού πετρελαίου και της τιμής του καυσίμου είναι 0,96. Ωστόσο, από ότι φαίνεται ότι η τιμή του πετρελαίου δεν κυμάνθηκε τόσο πολύ όσο η τιμή του καυσίμου. Αυτό εξηγείται κυρίως από το γεγονός ότι το αργό πετρέλαιο πωλείται σχεδόν παντού, ενώ οι συναλλαγές των πλοίων μεταφοράς εμπορευμάτων πραγματοποιούνται μόνο σε ορισμένους λιμένες και ελέγχονται κυρίως από πολυεθνικές εταιρείες πετρελαίου (21).

### 3.2.1.2 Μέθοδοι ανεφοδιασμού

Οι μέθοδοι ανεφοδιασμού έχουν άμεσο αντίκτυπο στην προμήθεια των καυσίμων, με την έννοια ότι εάν χρησιμοποιείται σύγχρονη τεχνολογία, η τιμή προσφοράς θα είναι φθηνότερη και η λειτουργία θα είναι ασφαλέστερη. Γενικά, υπάρχουν δύο μέθοδοι ανεφοδιασμού. Η πρώτη μέθοδος είναι η προμήθεια καυσίμων απευθείας από τις δεξαμενές αποθήκευσης όταν το σκάφος βρίσκεται σε αγκυροβόλιο. Η δεύτερη μέθοδος είναι ο υπεράκτιος ανεφοδιασμός με φορηγίδες. Επί του παρόντος, το 90% των καυσίμων σε όλο τον κόσμο παραδίδονται από φορηγίδες. Η πρώτη μέθοδος

ανεφοδιασμού καυσίμων λέγεται ότι είναι πιο δαπανηρή αν το πλοίο φτάσει μόνο σε αγκυροβόλιο για ανεφοδιασμό, καθώς οφείλει να πληρώνει λιμενικά τέλη. Αντίθετα, η μέθοδος υπεράκτιου ανεφοδιασμού μπορεί να λάβει χώρα όταν το πλοίο βρίσκεται σε αγκυροβόληση και δίνει τη δυνατότητα εξοικονόμησης των λιμενικών τελών αλλά και από τις αμοιβές πρακτόρων (22). Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την προμήθεια των καυσίμων είναι οι συνθήκες εφοδιασμού. Φυσικά, οι εφοπλιστές αναζητούν τη φθηνότερη και βέλτιστη επιλογή.

Ως εκ τούτου, εάν ένας λιμένας μπορεί να προσελκύσει τις επιχειρήσεις ανεφοδιασμού λόγω χαμηλής τιμολόγησης, έχει αντίκτυπο σε όλα τα λιμάνια ανεφοδιασμού. Για παράδειγμα, η πτώση της τιμής του καυσίμου στη Σιγκαπούρη επηρεάζει την τιμή του καυσίμου στο Ρότερνταμ και αντίστροφα (23). Εκτός από τους παράγοντες που συζητήθηκαν, πολλοί άλλοι παράγοντες διαδραματίζουν τον εφοδιασμό των καυσίμων, όπως ο ανταγωνισμός στην τοπική αγορά, ο παράγοντας εποχικότητας, ο αντίκτυπος των απρόβλεπτων οικονομικών και των φυσικών και πολιτικών παραγόντων.

### 3.2.2 Παράγοντες ζήτησης

#### 3.2.2.1 Εξέλιξη της παγκόσμιας οικονομίας

Η παγκόσμια οικονομία επηρεάζει τη ζήτηση της ναυτιλίας με δύο τρόπους: μέσω της οικονομικής πολιτικής και της οικονομική ανάπτυξης (24). Η παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη δημιουργεί τη ζήτηση για μεταφορά διαφόρων προϊόντων (υλικά, εξοπλισμός) καθώς και τελικών προϊόντων από τη μια χώρα στην άλλη. Η ανάπτυξη του εμπορίου μεταξύ μεγάλων χωρών και οργανισμών όπως οι ΗΠΑ, η Ιαπωνία, η Κίνα, ο ΠΟΕ<sup>1</sup> και η Ε.Ε. είναι το κύριο στοιχείο για να ερμηνευτεί η κάθε αλλαγή στο διεθνές θαλάσσιο εμπόριο.

Επιπλέον, η κυκλοφορία των εμπορευμάτων υποστηρίζεται από διάφορες διμερείς αλλά και πολυμερείς εμπορικές συμφωνίες μεταξύ των οικονομικών οργανώσεων. Για παράδειγμα, οι αμοιβαίες εμπορικές συμφωνίες μεταξύ του Βιετνάμ και της Κίνας, της Κίνας και των ΗΠΑ, οι πολυμερείς εμπορικές συμφωνίες μεταξύ των

---

<sup>1</sup> Παγκόσμιος Οργανισμός Εμπορίου

μελών του ΠΟΕ, και των μελών του ΟΟΣΑ<sup>2</sup> απομακρύνουν τα εμπόδια και διευκολύνουν την ανάπτυξη του διεθνούς εμπορίου και στη συνέχεια τη ζήτηση για ναυτιλιακά καύσιμα.

Στην ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας, η αύξηση του ΑΕΠ είναι η βασική κινητήρια δύναμη για την αύξηση της ζήτησης για μεταφορά δια θαλάσσης (26). Ωστόσο, η ποσοτικοποίηση του αντίκτυπου της αύξησης του ΑΕΠ στη ζήτηση για μεταφορά δια θαλάσσης δεν είναι εύκολο έργο. Ο (25) δηλώνει, για παράδειγμα, ότι μια μικρή αλλαγή στην οικονομική ανάπτυξη μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στη ζήτηση για θαλάσσιες μεταφορές. Η ανάπτυξη του παγκόσμιου εμπορίου είναι φυσικά πιο γρήγορη από την αύξηση του ΑΕΠ (24). ο λόγος μεταξύ αύξησης του εμπορίου και αύξησης του ΑΕΠ ορίζεται ως η ελαστικότητα του παγκόσμιου εμπορίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η ελαστικότητα του παγκόσμιου εμπορίου, τόσο ταχύτερη είναι η ανάπτυξη του παγκόσμιου εμπορίου σε σχέση με την αύξηση του ΑΕΠ.

### 3.2.2.2 Ανάπτυξη του διεθνούς ναυτιλιακού εμπορίου

Η ναυτιλία αποτελεί το τελικό συνδετικό κρίκο σε μια διεθνή εμπορική συναλλαγή για να φέρει αγαθά από τους πωλητές στους αγοραστές. Ως εκ τούτου, η ναυτιλία δεν δημιουργεί η ίδια τη ζήτηση, μία πιθανή αύξηση στην ζήτηση προέρχεται από την ανάπτυξη του παγκόσμιου εμπορίου αγαθών (24). Ταυτόχρονα, η ανάπτυξη της ναυτιλίας μπορεί να δημιουργήσει νέες ευκαιρίες για το διεθνές εμπόριο (26). Ο Πίνακας 4.2.2.1 δείχνει ότι οι παγκόσμιες θαλάσσιες μεταφορές έχουν αναπτυχθεί δραματικά από το 1970 έως το 2017. Το ξηρό φορτίο αντιπροσωπεύει περίπου το 65%, ενώ το υπόλοιπο είναι κυρίως (υγρό) φορτίο.

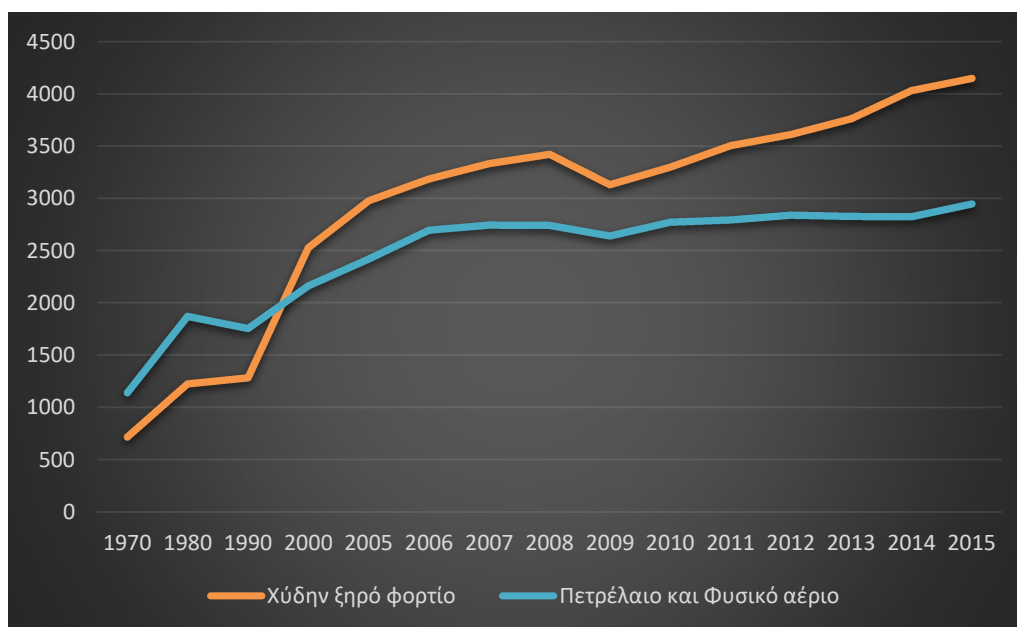
Το θαλάσσιο εμπόριο παρουσίασε αύξηση για την χρονιά 2015 περίπου 220 εκατομμύρια τόνους φορτίου. Ένας τέτοιος τεράστιος όγκος είναι ισοδύναμος με 3.385 Panamax πλοία με μέση χωρητικότητα 65,000dwt. Αυτό συνεπάγεται μια κατανάλωση καυσίμων των  $3.385 \times 35$  τόνους = 118,475 τόνων ανά ημέρα ή  $350 \times 118,475$  τόνους = 41,466,250 εκατομμύρια τόνους καυσίμων ετησίως.

---

<sup>2</sup> Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης



**Πίνακας 4.2.2.1** Εξέλιξη στο διεθνές θαλάσσιο εμπόριο, επιλεγμένα έτη 1970-2016 (εκατομμύρια τόνοι)



**Πηγή:** Review of Maritime Transport 2016

### 3.2.2.3 Ταχύτητα πλοίων και κατανάλωση καυσίμων

Η κατανάλωση καυσίμου και η ταχύτητα του εκάστοτε πλοίου είναι δύο στοιχεία που έχουν άμεσο αντίκτυπο στο κόστος των καυσίμων. Η κατανάλωση καυσίμου ενός πλοίου εξαρτάται από την απόδοση της μηχανής του πλοίου. Στην πραγματικότητα, τα νεότερα πλοία γενικά καταναλώνουν λιγότερο από τα ηλικιωμένα (24). Βραχυπρόθεσμα, οι ιδιοκτήτες μπορούν να αυξήσουν τη προσφορά των πλοίων τους απλά αυξάνοντας την ταχύτητα τους. Ωστόσο, όσο υψηλότερη είναι η ταχύτητα ενός πλοίου, τόσο μεγαλύτερη είναι η κατανάλωση καυσίμων (25). Επομένως, όταν οι τιμές των καυσίμων αυξάνονται, οι εφοπλιστές τείνουν να μειώνουν την ταχύτητα για να εξοικονομήσουν το κόστος των καυσίμων.

Δεδομένου ότι η αναλογία του κόστους των καυσίμων στο συνολικό κόστος αυξάνεται, οι πλοιοκτήτες προσπαθούν πάντοτε να αναζητούν τη βέλτιστη ταχύτητα (24). Παραδείγματος χάριν, η μελέτη για το κόστος ταχύτητας και δεξαμενόπλοιων

για τον στόλο των εμπορευματοκιβωτίων 8000 TEU της Germanischer Lloyd<sup>3</sup> διαπίστωσε ότι για μια τιμή καυσίμων στα \$ 175 / τόνο, το βέλτιστο μέγεθος του στόλου βρίσκεται σε 8 πλοία με σχετικά υψηλή ταχύτητα 26 κόμβων. Από την άλλη μεριά, με την τιμή των καυσίμων στα 275 δολ. / τόνο, το βέλτιστο μέγεθος του στόλου βρίσκεται σε 9 πλοία με ταχύτητα 22 κόμβων. Ωστόσο, όταν οι τιμές των καυσίμων των καυσίμων αυξάνονται στα 400 \$ / τόνο, το βέλτιστο μέγεθος του στόλου είναι 10 πλοία, αλλά η ταχύτητα θα μειωθεί σε 18 κόμβους. Συνεπώς, με την τάση να αναπτύσσονται όλο και μεγαλύτερα πλοία και σε συνδυασμό με τη βέλτιστη ταχύτητα πάντα, και για να μπορέσει η λειτουργία των πλοίων να επωφεληθεί από τις οικονομίες κλίμακας, η ναυτιλιακή βιομηχανία θα χρειαστεί ολοένα και περισσότερα ναυτιλιακά καύσιμα στο μέλλον.

### 3.3 Αντιστάθμιση κινδύνου στην αγορά ναυτιλιακών καυσίμων

Η τιμή του ναυτιλιακού καυσίμου διέπεται από τους νόμους της προσφοράς και της ζήτησης. Οι παράγοντες, που επηρεάζουν την προσφορά και τη ζήτηση του καυσίμου, δημιουργούν παράλληλα και τον κίνδυνο, ιδιαίτερα οι παράγοντες της τιμής του πετρελαίου (προσφορά) και του ναύλου (ζήτηση). Λόγω της επικίνδυνης φύσης της τιμής του πετρελαίου και του ναύλου, αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι τιμές στα ναυτιλιακά καύσιμα να δέχονται συνεχώς διακυμάνσεις. Η εφαρμογή χρηματοοικονομικών μέσων αντιστάθμισης για τη μείωση του κινδύνου που προκύπτει από τη διακύμανση των τιμών δεν είναι καινούργια στις αγορές βασικών και χρηματοπιστωτικών αγορών. Ωστόσο, η εφαρμογή τέτοιων χρηματοπιστωτικών εργαλείων για αντιστάθμιση της τιμής των ναυτιλιακών έχει αναπτυχθεί πρόσφατα στον ναυτιλιακό κλάδο.

Περίπου στα μέσα της δεκαετίας του '80, οι εφοπλιστές και οι πλοιοκτήτες, οι οποίοι αντιμετώπιζον πάντα μεγάλους κινδύνους στη βιομηχανία, συνειδητοποίησαν ότι τέτοιου είδους εφαρμοσμένα με επιτυχία, χρηματοοικονομικά μέσα, όπως τα συμβόλαια Futures, Options, Forward και Swaps στη χρηματιστηριακή αγορά, μπορούν με την ίδια ευχέρεια να εφαρμοστούν επίσης για τη μείωση του κινδύνου στη ναυτιλία.

---

<sup>3</sup> Η Germanischer Lloyd SE ήταν ένας νηογνώμονας που εδρεύει στην πόλη του Αμβούργου της Γερμανίας. Έπαψε να υπάρχει ως ανεξάρτητη οντότητα τον Σεπτέμβριο του 2013 ως αποτέλεσμα της συγχώνευσής της με την DNV της Νορβηγίας (Det Norske Veritas) για να γίνει ο σημερινός DNV GL

Ως αποτέλεσμα, το 1988, το πρώτο συμβόλαιο συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης καυσίμων ξεκίνησε στο Singapore Futures Exchange. Έντεκα χρόνια αργότερα, το 1999, μια παρόμοια σύμβαση εισήχθη στο Διεθνές Χρηματιστήριο Πετρελαίου με έδρα το Λονδίνο (Ωστόσο, λόγω του περιορισμένου όγκου συναλλαγών, και οι δύο συμβάσεις απέτυχαν να προσελκύσουν αντισυμβαλλόμενους και τελικά αποσύρθηκαν από την αγορά. Τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης ναυτιλιακών καυσίμων στο Future Exchange της Σιγκαπούρης, σταμάτησαν στις αρχές της δεκαετίας του 1990, ενώ στο Λονδίνο μόλις 6 μήνες μετά την έναρξη προσφοράς τους (63).

Οι λόγοι για αυτές τις αποτυχίες, οι οποίοι αποκαλύφθηκαν αργότερα, ήταν ότι οφείλονταν στη φύση της αγοράς των ναυτιλιακών καυσίμων, διότι οι ανεφοδιασμοί καυσίμων πραγματοποιούνται σε διαφορετικά λιμάνια σε όλο τον κόσμο, ενώ τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης για τα ναυτιλιακά καύσιμα προορίζονται για την παράδοση του καυσίμου σε συγκεκριμένες τοποθεσίες. Ως εκ τούτου, οι τιμές συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης των ναυτιλιακών καυσίμων δεν συμπεριφέρονταν με τον ίδιο τρόπο όπως οι τιμές, σε πραγματικό χρόνο, των ναυτιλιακών καυσίμων σε διαφορετικά λιμάνια σε όλο τον κόσμο. Αυτό, κατά συνέπεια, μείωνε την αποτελεσματικότητα της αντιστάθμισης μέσα από συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης (26).

Έτσι λοιπόν, ελλείπει ανταλλαγής συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης για την αντιστάθμιση της τιμής του καυσίμου, πολλοί ερευνητές έχουν καταβάλει προσπάθεια να αναζητήσουν εναλλακτικά μέσα ημιτελής αντιστάθμισης κινδύνου. Μια αξιοσημείωτη μελέτη που διεξήχθη (26) απέδειξε ότι το πιο "τυπικά συναφές εμπόρευμα" που θα μπορούσε να εξυπηρετήσει έναν σκοπό ημιτελής αντιστάθμισης κινδύνου για το ναυτιλιακό καύσιμο είναι η ενέργεια (αργό πετρέλαιο, πετρέλαιο εσωτερικής καύσης και πετρέλαιο θέρμανσης). Για αυτόν τον λόγο, τα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης στην αγορά της ενέργειας θα μπορούσαν να είναι η καλύτερη εναλλακτική λύση για τα αντίστοιχα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης ενάντια στις διακυμάνσεις των ναυτιλιακών καυσίμων.

Παρόλα αυτά, τα εν λόγω συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης στην αγορά της ενέργειας δεν παρέχουν σημαντικά οφέλη όσον αφορά την αντιστάθμιση κινδύνου

και τη μείωση κινδύνου (27). Αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσει τα πιθανά μέσα αντιστάθμισης που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την αντιστάθμιση των διακυμάνσεων των τιμών των καυσίμων.

Ο πυρήνας της διαχείρισης κινδύνων είναι η χρήση οικονομικών εργαλείων που θα βοηθήσουν να αντιμετωπιστεί η αβεβαιότητα. Τα παράγωγα είναι τέτοια εργαλεία που χρησιμοποιούνται κυρίως σε έναν ειδικό τομέα διαχείρισης κινδύνων, στην αντιστάθμιση. Ενώ η αντιστάθμιση είναι για να αποφευχθούν τα ατυχήματα των εκτιμώμενων κινδύνων, κάποιος πρέπει να πάρει μια άλλη θέση με χαρακτηριστικά αντίθετα από τα αρχικά. Με αυτόν τον τρόπο είναι σε θέση να καλύψει και τα δύο σενάρια και να παραμείνει αδιάφορος αν οι αρχικές θέσεις αποτελέσουν απώλειες ή κέρδη, εάν χάσει, η θέση αντιστάθμισης του θα καλύψει την απώλειά του, οπότε αν κερδίσει, έχετε ήδη καλυφθεί από προεπιλογή.

Όπως εξηγήθηκε προηγουμένως, το κόστος των ναυτιλιακών καυσίμων είναι ίσως το μόνο απρόβλεπτο μεταξύ των λειτουργικών εξόδων ενός πλοίου, καθώς τα υπόλοιπα κόστη αυξάνονται πληθωριστικά και δεν κυμαίνονται σε μεγάλο βαθμό. Τα υπόλοιπα κόστη μπορούν λοιπόν να εκτιμηθούν από τους διαχειριστές. Ωστόσο, το κόστος των ναυτιλιακών καυσίμων είναι πολύ υψηλό και η τιμή μπορεί να είναι πραγματικά διαφορετική σε περίπτωση που αγοραστούν στα κανάλια του Παναμά ή στο Κουρασάο. Ο πυρήνας της διαχείρισης κινδύνου στην αγορά των καυσίμων είναι προ-ενεργώντας και προστατεύοντας τον εαυτό τους οι πλοιοκτήτες από τις πραγματικά υψηλές τιμές, σε περίπτωση φυσικά που μπορούν. Είναι προτιμότερο να εξασφαλιστεί μια τιμή εκ των προτέρων, ώστε να ελέγχεται καλύτερα η λειτουργία και το κέρδος του πλοίου: αφενός μπορεί να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα του κόστους και από την άλλη μεριά μπορεί να γίνει με ακρίβεια μία εκτίμηση του κόστους ταξιδιού σας για να διαμορφωθεί η όποια επιχειρηματική απόφαση. Τέλος, δεν μπορεί κανείς να υποτιμήσει το κίνητρο για κερδοσκοπία. Είτε οι πλοιοκτήτες είτε οι ναυλωτές είναι όλοι στη ναυτιλιακή βιομηχανία για να αποκομίσουν κέρδος και εάν μέσω αντισταθμιστικών κυπέλλων μπορούν να το κάνουν, υπάρχει μια επιλογή που δεν πρέπει να αγνοηθεί (28).

Τα ναυτιλιακά καύσιμα αποτελούν ένα χαμηλότερο προϊόν αργού πετρελαίου και η τιμή τους αντικατοπτρίζεται στην κίνηση των τιμών του αργού πετρελαίου. Ως εκ

τούτου, κατά την παρακολούθηση της αγοράς πετρελαίου γενικά μπορεί κανείς να έχει μια πολύ σαφή ιδέα για το πώς θα κινηθούν οι τιμές των καυσίμων. Με άλλα λόγια, οποιαδήποτε απόφαση του ΟΠΕΚ σχετικά με την περικοπή της παραγωγής, οποιοδήποτε πολιτικό πρόβλημα στις χώρες παραγωγής πετρελαίου, οποιαδήποτε απόφαση της αμερικανικής κυβέρνησης να τροποποιήσει τα αποθέματα πετρελαίου άμεσα έχει άμεσο αποτέλεσμα στις τιμές καυσίμων. Η ανάλυση της παγκόσμιας αγοράς πετρελαίου ισοδυναμεί με ανάλυση στην αγορά των καυσίμων. αυτό όμως δεν είναι ο βασικός συντελεστής στην εξίσωση.

Οι τάσεις που περιγράφονται παραπάνω ισχύουν για την αγορά πετρελαίου σε γενικές γραμμές, ενώ η φυσική παράδοση ναυτιλιακών καυσίμων σε κάθε λιμάνι αποτελεί κάτι διαφορετικό. Το θεσμικό πλαίσιο των κανόνων και των πολιτικών φραγμών μαζί με κάθε ιδιομορφία του εκάστοτε λιμένα ολοκληρώνουν το γρίφο των τοπικών περιορισμών. Οι φυσικοί προμηθευτές σε τοπικό επίπεδο διαδραματίζουν τον ιδιαίτερο ρόλο τους στο απόθεμα, τη διαθεσιμότητα και τις τιμές του ναυτιλιακού καυσίμου. Οι καθημερινές τους λειτουργίες και οι τοπικές απαιτήσεις μερικές φορές αλλάζουν την πολιτική του διυλιστηρίου και προκαλούν πρόβλημα. Όσον αφορά τη διαθεσιμότητα των ναυτιλιακών καυσίμων, λόγω της φυσικής τους ιδιότητας έχουν άλλες προτεραιότητες ή υποχρεώσεις να εκπληρώσουν. Οι περιορισμοί κάθε λιμένα όσον αφορά τις επιχειρήσεις ανεφοδιασμού, όπως για παράδειγμα η έλλειψη θέσεων αγκυροβόλησης ή η έλλειψη φορτηγίδων, θέτουν εμπόδια στη διαθεσιμότητα των ναυτιλιακών καυσίμων σε κάθε λιμάνι. Αυτά τα τοπικά προβλήματα και περιορισμοί δεν μπορούν να παρατηρηθούν ξεχωριστά κατά την πορεία ταξιδιού ενός πλοίου.

Για παράδειγμα, : εάν ένα σκάφος βρίσκεται υπό COA <sup>4</sup> από το Μέρσιν στη Σεβίλλη, τότε πρέπει να αγοράσει τα καύσιμα της είτε στο Μέρσιν είτε στη Σεβίλλη ή πρέπει να εξετάσει το ενδεχόμενο να καλέσει για ανεφοδιασμό στα υπόλοιπα δύο μεγάλα λιμάνια στο δρομολόγιο της: Στην Μάλτα και τον Πειραιά. Όλες οι επιλογές που αναφέρονται παραπάνω συσχετίζονται με την απόφαση, αλλά συσχετίζονται μεταξύ τους και ως ανταγωνισμός εντός της αγοράς.

---

<sup>4</sup> Contract Of Affreightment: Συμβόλαιο μεταξύ του πλοιοκτήτη και του ναυλωτή, στον οποίο ο πλοιοκτήτης συμφωνεί να παράσχει χωρητικότητα (πλοίο), συνήθως ανώνυμη, και ο ναυλωτής συμφωνεί να παραδίδει φορτία, συνήθως φορτία χύδην, από συγκεκριμένο τόπο ή τόπο σε άλλο τόπο ή τόπους κατά τη διάρκεια ρητά καθορισμένης περιόδου χρονικός.

## **Εξωρηματιστηριακές (Over-the-counter) επιλογές εργαλείων αντιστάθμισης κινδύνου**

Η διαχείριση του κινδύνου στην αγορά των καυσίμων χωρίζεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, οι οποίες περιλαμβάνουν τη φυσική παράδοση και τις άλλες που αφορούν το διακανονισμό σε μετρητά. Πριν από την έναρξη της ανάλυσης, πρέπει να γίνεται μια γρήγορη αναφορά στις εταιρείες διαχείρισης κινδύνων. Είναι συμβουλευτικές εταιρίες ή πολλές φορές οι ίδιοι οι επενδυτές που παρακολουθούν την αγορά χρησιμοποιώντας χρηματοοικονομικούς δείκτες, ανάλυση ευαισθησίας<sup>5</sup> και άλλες μεθόδους για την πρόβλεψη της κίνησης της αγοράς.

Στόχος τους είναι να εκτιμήσουν τον τρόπο με τον οποίο η αγορά θα κινηθεί σε παγκόσμια βάση, πώς θα διαμορφωθούν οι τιμές σε μεγάλες περιοχές όπως η Μεσόγειος ή η Νοτιοανατολική Ασία και θα παρακολουθούν ακόμη και τις τιμές σε συγκεκριμένους σημαντικούς λιμένες που χρησιμοποιούνται ως σταθμοί καυσίμων όπως το Γιβραλτάρ . Προκειμένου οι σύμβουλοι να προβούν σε τέτοια εκτίμηση, βρίσκονται σε άμεση επαφή με τα τμήματα αντιστάθμισης των μεγάλων χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων όπως οι τράπεζες ή άλλοι αναλυτές που ζυγίζουν διαφορετικούς οικονομικούς και πολιτικούς παράγοντες που σχετίζονται με την τιμή του πετρελαίου. Συγκεντρώνουν επίσης όλες τις πληροφορίες σχετικές με το υποκείμενο από φυσικούς προμηθευτές και άλλους τοπικούς παράγοντες της αγοράς και αφού επεξεργαστούν όλα τα στοιχεία, εκδίδουν ένα δελτίο και άλλα γραφήματα με εκτιμήσεις και προβλέψεις για τιμές για όλες τις μεγάλες εμπορικές περιοχές όπου τα πλοία θα χρειαστούν ανεφοδιασμό (32).

Το ουσιαστικό σημείο είναι, φυσικά, να γίνονται οι σωστές εκτιμήσεις σχετικά με την εξέλιξη των τιμών του πετρελαίου που κινούνται υπέρ ή κατά και να παρθεί η σωστή θέση. Αυτά τα δελτία και οι εκτιμήσεις δίνουν τη βάση πάνω στην οποία οι επενδυτές κάνουν τους δικούς τους υπολογισμούς, αντισταθμίζουν, προσθέτουν το δικό τους ασφάλιστρο και υπολογίζουν τα κέρδη και τις απώλειες στο τέλος της ημέρας. Επιπρόσθετα πρέπει να τονιστεί ότι δεν μπορεί κανείς να παραβλέψει τον πιστωτικό κίνδυνο σε οποιαδήποτε από τα συμβόλαια στην αγορά των ναυτιλιακών καυσίμων.

---

<sup>5</sup> Μια ανάλυση ευαισθησίας είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του τρόπου με τον οποίο οι διαφορετικές τιμές μιας ανεξάρτητης μεταβλητής επηρεάζουν μια συγκεκριμένη εξαρτημένη μεταβλητή κάτω από ένα δεδομένο σύνολο υποθέσεων.

Αυτές οι συναλλαγές πραγματοποιούνται εκτός χρηματιστηρίου. Το οποίο σημαίνει ότι εκθέτουν σε υψηλό πιστωτικό κίνδυνο τον πλοιοκτήτη και, αφού δεν εκτελείται διαδικασία εκκαθάρισης, κάθε πλοιοκτήτης όμως έχει το δικό του πιστωτικό περιορισμό.

### **Φυσική συμφωνία**

Οι φυσικές συμφωνίες είναι συμφωνίες οι οποίες καταλήγουν σε φυσική παράδοση των ναυτιλιακών καυσίμων, πολύ παρόμοιες με τα προθεσμιακά συμβόλαια.

Η μόνη διαφορά είναι ότι η παράδοση και η πληρωμή πραγματοποιούνται κάποια στιγμή στο μέλλον και το χρονικό διάστημα είναι συνήθως ένα έτος. Όταν αναφερόμαστε στην αγορά άμεσης παράδοσης, μπορούμε να την ορίσουμε ως εξής: ο αγοραστής των καυσίμων (είτε ναυλωτής ή ιδιοκτήτης του σκάφους) προγραμματίζει να παραδώσει το πλοίο με ναυτιλιακά καύσιμα κατά τη διάρκεια της φόρτωσης ή της εκφόρτωσης τον λιμένα κλήσης, π.χ. Πειραιώς. Επικοινωνεί με τους τοπικούς φυσικούς προμηθευτές του λιμανιού του Πειραιά μέσω των εμπόρων συνήθως, επειδή οι εταιρείες πετρελαίου αποφεύγουν να δίνουν πίστωση σε όλους τους πλοιοκτήτες / ναυλωτές. Όποια εταιρεία δίνει την καλύτερη τιμή και έχει τη διαθεσιμότητα και το χρόνο για να παραδώσει παίρνει το ραντεβού. Αυτό στην ουσία είναι μια πραγματική αγορά (32).

### **Συμφωνία σταθερής τιμής – Fixed price agreement.**

Η Συμφωνία Σταθερής Τιμής χρησιμοποιείται για την αγορά καυσίμων για μια χρονική περίοδο σε συγκεκριμένους τόπους παράδοσης. Η παράδοση και η πληρωμή πραγματοποιούνται κάποια στιγμή στο μέλλον, με διάρκεια μέχρι ένα έτος. Με άλλα λόγια, υπάρχει συμφωνία μεταξύ του εμπόρου καυσίμων ο οποίος είναι πραγματικός αγοραστής από τον φυσικό προμηθευτή και τον πλοιοκτήτη / ναυλωτή που χρειάζεται τα καύσιμα για ένα πλοίο. Συνήθως βασίζονται στη διαδρομή του πλοίου και μόνο εάν τα λιμάνια διαπραγμάτευσης είναι γνωστά εκ των προτέρων, προγραμματίζουν τις προμήθειες σε σταθερή τιμή για ένα χρονικό διάστημα.

Πρόκειται για μια συναλλαγή εξωχρηματιστηριακή και η σύμβαση είναι μια συμφωνία μεταξύ των δύο μερών, μία σύμβαση η οποία δεν υπάρχει εισηγμένη στην χρηματιστηριακή αγορά. Επειδή η σύμβαση έχει δημιουργηθεί με βάση της ανάγκες

του πλοιοκτήτη / ναυλωτή, αυτός είναι λοιπόν που ορίζει τα στοιχεία και τις λεπτομέρειες, οι οποίες σύμφωνα με τις οδηγίες του συμβάλλουν στην καλύτερη εξυπηρέτηση των αναγκών του (29). Αυτό που είναι πραγματικά σημαντικό σε αυτή τη μορφή σύμβασης είναι ότι δεν μπορεί να ζητηθεί παράδοση σε οποιοδήποτε μέρος, πρέπει εκ των προτέρων να έχουν προσδιορισθεί κάποιες συγκεκριμένες επιλογές. Με άλλα λόγια, το δρομολόγιο του πλοίου είναι απαραίτητο για μια τέτοια σύμβαση. Πρέπει επίσης να περιέχει μια συγκεκριμένη ποσότητα καυσίμων που πρέπει να παραδοθεί σε μια ορισμένη χρονική περίοδο, η περίοδος αντιστάθμισης κινδύνου μπορεί να είναι από 14 ημέρες έως 24 διαδοχικούς μήνες.

Ως παράδειγμα μπορούμε να αναθεωρήσουμε την ακόλουθη περίπτωση: ένας πλοιοκτήτης έχει συμφωνήσει το πλοίο του για τους επόμενους 6 μήνες με συμβόλαιο εργολαβικής μεταφοράς<sup>6</sup> φορτίων να μεταφέρει άνθρακα από το Μουρμανσκ στην Ευρώπη. Για να πραγματοποιήσει αυτό το συγκεκριμένο δρομολόγιο, το πλοίο θα πρέπει να κάνει ένα ταξίδι επιστροφής ανά μήνα και η εκτιμώμενη κατανάλωση καυσίμων για αυτό το δρομολόγιο θα είναι 700 mt<sup>7</sup> / μήνα. Σε όλο αυτό το δρομολόγιο υπάρχουν τρεις προορισμοί ανεφοδιασμού καυσίμων που είναι επιλέξιμοι : Μουρμανσκ, Ρότερνταμ και Ιμινγκαμ. Με βάση τα παραπάνω, ο έμπορος καυσίμων, με τη βοήθεια του διαχειριστή κινδύνου, μπορεί να προσφέρει στον πλοιοκτήτη μια συμφωνία σταθερής τιμής για την παράδοση των ναυτιλιακών καυσίμων στους αντίστοιχους λιμένες, με τις ακόλουθες τιμές:

1. Μούρμανσκ: 235,00 USD

2. Ρότερνταμ: 245,00 USD

3. Ιμινγκαμ: 257,00 USD

Εάν οι πλοιοκτήτες πάρουν αυτή τη συμφωνία, θα αγοράσουν τα καύσιμα τους τους στις σταθερές τιμές, ανεξάρτητα από τη διακύμανση της τιμής για την spot αγορά. Ο έμπορος καυσίμων έχει αγοράσει το συμβόλαιο σταθερής τιμής από την εταιρεία διαχείρισης κινδύνου και στη συνέχεια το πώλησε στον πλοιοκτήτη. Εάν οι πραγματικές τιμές της αγοράς εντοπίζονται σε σύγκριση με τον έμπορο κάτω από τη

---

<sup>6</sup> Το συμβόλαιο εργολαβικής μεταφοράς είναι το COA, που αναλύθηκε προηγουμένως

<sup>7</sup> Metric tons : Μετρικοί τόνοι



σταθερή τιμή στην οποία μπορεί να έχει αγοράσει τα ναυτιλιακά καύσιμα, η εταιρεία διαχείρισης κινδύνου θα πρέπει να του καταβάλει τη διαφορά. Εάν οι τιμές κινούνται υπέρ του, τότε πρέπει να πληρώσει την εταιρεία διαχείρισης κινδύνων. Σε κάθε περίπτωση, ο πλοιοκτήτης αγοράζει σε μία φιξαρισμένη σταθερή τιμή.

Η πραγματική διαδικασία εκκαθάρισης υπολογίζεται βάση με την τιμή spot του στην πραγματική ημερομηνία παράδοσης των καυσίμων και η διαφορά θα πρέπει να τακτοποιηθεί οικονομικά. Η spot τιμή παρέχεται από τον φυσικό προμηθευτή ο οποίος θα προμηθεύσει το πλοίο που έχει ορίσει ο έμπορος. Η συνήθης διαδικασία είναι ότι ο πλοιοκτήτης ειδοποιεί τον έμπορο σχετικά με την ETA του πλοίου στο λιμάνι όπου θέλει να παραλάβει τα καύσιμα, ο έμπορος αγοράζει στην καλύτερη δυνατή τιμή και διευθετεί τη διαφορά με την εταιρεία διαχείρισης κινδύνων που έδωσε την αρχική ένδειξη στην οποία την τιμή είχε καθορίσει η σύμβαση (31).

*Πλεονεκτήματα:* Το κύριο πλεονέκτημα αυτού του συμβολαίου είναι ότι εξασφαλίζεται μια τιμή για τα ναυτιλιακά καύσιμα και φυσικά διαθεσιμότητα για προσφορά τους. Αυτό το είδος συμφωνίας είναι πραγματικά χρήσιμο για τις ναυτιλιακές εταιρίες τακτικών γραμμών, για εταιρείες κρουαζιερόπλοιων, για πλοία υπό συμβολαίου εργολαβικής μεταφοράς κ.λπ., καθώς γνωρίζουν το πρόγραμμά τους και μπορούν να προγραμματίσουν τις παραδόσεις τους σε σταθερή τιμή.

*Μειονεκτήματα:* Πρώτα από όλα, οι πραγματικές τιμές μπορεί να έχουν κινηθεί εναντίον της συμφωνημένης τιμής, αλλά οι πλοιοκτήτες θα είναι υποχρεωμένοι να παραλάβουν τα καύσιμα όπως συμφωνήθηκε. Εν πάση περιπτώσει μπορεί να έχει χαθεί κάποιο κέρδος, αλλά δεν χάθηκαν χρήματά: είχε γίνει ο προϋπολογισμός του ταξιδιού βάσει των τιμών των καυσίμων και το κέρδος είχε ήδη εξασφαλιστεί. Ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι σε γενικές γραμμές, δεν μπορεί ένα πλοίο που δραστηριοποιείται στην αγορά spot, να έχει σύμβαση σταθερού τιμήματος, καθώς δεν μπορεί να προβλεφθεί ποιος θα είναι ο επόμενος προορισμός του. Φυσικά υπάρχουν εξαιρέσεις στον κανόνα: μπορεί να υπάρχει ναυτιλιακή εταιρεία που εκμεταλλεύεται αρκετά πλοία σε μια συγκεκριμένη εμπορική περιοχή και επομένως μπορεί να αγοράσει μια τέτοια σύμβαση που να υπολογίζει τις ανάγκες για τον στόλο της και να εξασφαλίζει τη διαθεσιμότητα και την τιμή αλλά όχι για ένα συγκεκριμένο πλοίο της.

Κατά γενικό κανόνα, αυτή η συμφωνία σταθερών τιμών είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο σε ειδικές περιπτώσεις διαχείρισης πλοίων. Για παράδειγμα, οι φορείς εκμετάλλευσης κρουαζιερόπλοιων το χρησιμοποιούν για να εξασφαλίσουν όχι μόνο την τιμή αλλά κυρίως τη διαθεσιμότητα για την ακριβή ποιότητα των καυσίμων που απαιτούν, συνήθως χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Δεδομένου ότι τα σχέδια κρουαζιέρας τους έχουν οριστεί τουλάχιστον ένα χρόνο μπροστά, οι φορείς εκμετάλλευσης μπορούν πολύ καλά να διαπραγματευτούν τέτοιες συμφωνίες και να εξασφαλίσουν ποσότητες και κερδοφορία.

Ένα άλλο παράδειγμα όπου χρησιμοποιούνται οι συμβάσεις αυτές είναι ελληνικές εταιρείες Ακτοπλοΐας που διαχειρίζονται πλοία, μπορούν επίσης να μπει σε τέτοιου είδους συμφωνίες, αλλά το κάνουν άμεσα με τους φυσικούς προμηθευτές, χωρίς να υπάρχει έμπορος ως ενδιάμεσος. Δεδομένου ότι είναι εγγεγραμμένες ελληνικές δημόσιες εταιρείες, ο πιστωτικός κίνδυνος για τον Φυσικό Προμηθευτή είναι σχεδόν μηδενικός από οποιονδήποτε τυχαίο πλοιοκτήτη, οπότε υπάρχει η δυνατότητα πίστωσης.

Τέλος, υπάρχει και άλλη δυνατότητα σύναψης συμφωνίας σταθερής τιμής, και πάλι μέσω εμπόρου: εάν μια ναυτιλιακή εταιρεία εκμεταλλεύεται πολλά πλοία σε μια συγκεκριμένη εμπορική ζώνη, μπορεί να καθορίσει μια συμφωνία τιμής για την παραλαβή ενός ορισμένου ποσού καυσίμου στη γενική περιοχή. Για παράδειγμα, μια συμφωνία σταθερής τιμής για την παραλαβή των 2.500 mts IFO ανά μήνα στη γενική περιοχή της Νότιας Κορέας μπορεί να χωριστεί σε πολλά πλοία και σε διάφορους λιμένες εάν ο όγκος κίνησης του διαχειριστή του πλοίου και οι συνδέσεις του εμπόρου επιτρέπουν αυτές. Αυτές οι συμβάσεις είναι πολύ δημοφιλείς μεταξύ των εταιρειών διαχειρίσεών τους ή μεγάλων διαχειριστών οι οποίες εξειδικεύονται σε ορισμένους εμπορικούς τομείς και έχουν τη δυνατότητα να διαπραγματευτούν μια συμφωνία σταθερής τιμής για τα πλοία.

### **Συμφωνία μέγιστης τιμής**

Μια συμφωνία μέγιστης τιμής παρέχει πλήρη προστασία από τη διακύμανση των τιμών. Με την καταβολή της αρχικής προμήθειας ο ιδιοκτήτης αποκτά το δικαίωμα, αλλά όχι την υποχρέωση, να αγοράσει ένα ορισμένο ποσό ναυτιλιακών καυσίμων σε μία συμφωνημένη μέγιστη τιμή. Με άλλα λόγια, ο πλοιοκτήτης μπορεί να αγοράσει

ένα δικαίωμα προαίρεσης από τον έμπορο του, στην ουσία είναι περισσότερο σαν ένα ασφαλιστήριο συμβόλαιο ότι δεν θα πληρώσει για τα καύσιμα μία τιμή τιμή υψηλότερη από τη δεδομένη (32).

Η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί για να δοθεί το τελικό ποσό για το ασφάλιστρο (premium) εξαρτάται από τις περιστάσεις, η θεωρητική βάση στην οποία θα γίνουν οι υπολογισμοί είναι η ίδια όταν εκδίδεται ένα ασφαλιστήριο συμβόλαιο: εάν ένας πελάτης έχει κακό ιστορικό τότε θα πληρώσει υψηλότερο ασφάλιστρο. Σε αυτές τις συμβάσεις, ωστόσο, τα κύρια θέματα που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι τα εξής:

1. Ποια είναι η μέγιστη τιμή για τα καύσιμα που ο ιδιοκτήτης επιθυμεί να εξασφαλίσει, αν η τιμή είναι πολύ κοντά στην τιμή στην αγορά spot, το ασφάλιστρο θα πρέπει να είναι χαμηλό. Στην αντίθετη περίπτωση, εάν η τιμή που είναι σημαντικά υψηλότερη από την τιμή spot που πρέπει να εξασφαλιστεί, το ασφάλιστρο είναι σίγουρα υψηλό.
2. Εάν η συμφωνία πρόκειται να καθοριστεί για μια χρονική περίοδο όταν αναμένουμε σημαντικές διακυμάνσεις στις τιμές του πετρελαίου, η εταιρεία διαχείρισης κινδύνων πρέπει να καλύψει και αυτόν τον κίνδυνο
3. Η αστάθεια της αγοράς κατά το χρονικό αυτό διάστημα πρέπει να ληφθεί υπόψη.

Τέτοιες συμβάσεις υπάρχουν, αλλά η εφαρμογή τους δεν είναι πραγματικά δημοφιλής. Ο κύριος λόγος είναι ότι είναι ότι εξαιρετικά περίπλοκο να υπολογιστεί το πόσο που θα πρέπει να είναι αυτό το ασφάλιστρο και έτσι δεν είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς στον ναυτιλιακό κλάδο. Οι επενδυτές και κυρίως οι διαχειριστές κινδύνου αποφεύγουν να κάνουν τον υπολογισμό επειδή τις περισσότερες φορές δεν αξίζει την προσπάθεια.

## 4. ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Πριν από τη ανάλυση σχετικά με τα βασικά χαρακτηριστικά της Διεθνούς Σύμβασης για την Αστική Ευθύνη της Ρύπανσης από τα Καύσιμα<sup>8</sup>, η οποία θα διεξαχθεί σε αυτό το κεφάλαιο παρακάτω, προκύπτει ένα σημαντικό ερώτημα:

Πώς έχει ρυθμιστεί η ευθύνη και η αποζημίωση για τη ρύπανση που προκλήθηκε από τις πετρελαιοκηλίδες των καυσίμων πριν από την έγκριση και την έναρξη ισχύος της συγκεκριμένης σύμβασης;

Η απάντηση στο ερώτημα αυτό είναι ότι αυτή η ευθύνη και η αποζημίωση είχε ρυθμιστεί, σε διαφορετική βάση από διαφορετικά καθεστάτα που υπάρχουν στην εθνική νομοθεσία διαφορετικών χωρών.

Αυτά τα καθεστάτα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις διαφορετικούς τύπους:

1. Την παραδοσιακή νομολογία ·
2. Τη νομοθεσία που επεκτείνει ορισμένες πτυχές της σύμβασης CLC σε διαρροές από εκλύσεις πετρελαίου
3. Τη νομοθεσία που διαφέρει πραγματικά από το σύστημα ευθύνης της σύμβασης CLC<sup>9</sup>

Στην πρώτη περίπτωση, όπου η παραδοσιακή νομολογία ρυθμίζει την ευθύνη και την αποζημίωση σε περίπτωση ζημιάς που προκαλείται από τη διαρροή πετρελαιοειδών, ελλείπει νομικής διάταξης, η ευθύνη καθορίζεται κανονικά με βάση την αμέλεια. Η ευθύνη μπορεί να διαπιστωθεί με βάση την ευθύνη του πλοιοκτήτη, ο οποίος μπορεί επίσης να είναι υπεύθυνος για τις αδικοπραξίες των υπαλλήλων του. Η ευθύνη μπορεί επίσης να διαπιστωθεί με βάση το σφάλμα οποιουδήποτε άλλου προσώπου, του οποίου οι πράξεις ή παραλείψεις προκάλεσαν τη διαρροή πετρελαίου πλοίων (33).

---

<sup>8</sup> Bunker Convention

<sup>9</sup> International Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage - Διεθνής Σύμβασης για την Αστική Ευθύνη για τις Ρυπάνσεις από τα Καύσιμα

Μια τέτοια λύση δεν είναι προφανώς ικανοποιητική, δεδομένου ότι δεν θα ήταν εύλογο να αναμένεται ότι τα θύματα με περιορισμένους πόρους θα πρέπει να αποδείξουν ότι η διαρροή καυσίμου πετρελαίου προέκυψε από λανθασμένη συμπεριφορά κάποιου. Εκτός αυτού, ζητήματα όπως ο περιορισμός της ευθύνης και η δικαιοδοσία δεν ρυθμιζόνταν σωστά, οδηγώντας σε αβεβαιότητα ως προς την εφαρμογή του νόμου.

Μια υποδιαίρεση αυτής της πρώτης προσέγγισης θα περιλάμβανε χώρες οι οποίες έχουν πράγματι θεσπίσει σχετική νομοθεσία για τη ρύθμιση της ευθύνης για ζημιές από πετρελαϊκή ρύπανση από πλοία, αλλά η ευθύνη αυτή εξαρτάται από την ύπαρξη μίας αμελούς συμπεριφοράς του πλοιοκτήτη. Αυτή είναι η κατάσταση στη χώρα της Αυστραλίας: καμία αποζημίωση δεν θα καταβληθεί, εάν δεν είναι υπαιτιότητά του του πλοιοκτήτη. Επιπλέον, η Αυστραλία έχει επικυρώσει τη διεθνή σύμβαση για τον περιορισμό της ευθύνης για ναυτιλιακές απαιτήσεις του 1976 (LLMC)<sup>10</sup> και το πρωτόκολλο του 1996 και, σε περίπτωση πταίσματος, ο πλοιοκτήτης θα είναι σε θέση να περιορίσει την ευθύνη του έναντι των ποσών που προβλέπονται στην εν λόγω σύμβαση. Αξίζει να σημειωθεί ότι παρόλο που η Αυστραλία πήρε μια προορατική θέση κατά τη διάρκεια των συζητήσεων που οδήγησαν στην έγκριση της σύμβασης Bunker, άργησε να την επικυρώσει (34).

Παρ' όλα αυτά, ορισμένες χώρες αποφάσισαν να ασχοληθούν με θέματα ρύπανσης από τα καύσιμα πλοίων χρησιμοποιώντας τη δεύτερη προσέγγιση που προαναφέρθηκε, δηλαδή την επέκταση του καθεστώτος ευθύνης που εφαρμόζεται στην πετρελαϊκή ρύπανση από δεξαμενόπλοια σύμφωνα με τη Σύμβαση CLC για την αντιμετώπιση της ρύπανσης από πετρέλαιο με τις απαραίτητες προσαρμογές. Μια τέτοια λύση υιοθετήθηκε από τις σκανδιναβικές χώρες και φαίνεται σκόπιμο να αναλυθεί ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος αυτού στην πράξη. Η Νορβηγία θεωρείται ως ένα καλό παράδειγμα.

Η ευθύνη για ζημιές που οφείλονται στη ρύπανση από πετρέλαιο διέπεται από το κεφάλαιο 10 του Νορβηγικού Ναυτιλιακού Κώδικα του 1994, το οποίο εφαρμόζει σε εθνικό επίπεδο τους κανόνες των συμβάσεων CLC, συμπεριλαμβανομένων των διατάξεων για την αυστηρή ευθύνη του εγγεγραμμένου κατόχου του πλοίου και τις

---

<sup>10</sup> Convention on Limitation of Liability for Maritime Claims - Σύμβαση Περιορισμένης Ευθύνης

απαλλαγές από την ευθύνη, τον περιορισμό της ευθύνης, την υποχρέωση ασφάλισης και την άμεση προσφυγή κατά του ασφαλιστή.

Οι κανόνες αυτοί αρχικά αποσκοπούν στην αντιμετώπιση της ευθύνης για ζημίες από τη ρύπανση πετρελαίου από δεξαμενόπλοια. Ωστόσο, στο δεύτερο τελευταίο τμήμα του Κεφαλαίου 10 υπάρχει μια διάταξη (Τμήμα 208) που ασχολείται με τη ρύπανση που προκαλείται από το πετρέλαιο που διαφεύγει ή απορρίπτεται από άλλα πλοία από εκείνα που αναφέρονται στην Ενότητα 191, καθόσον επεκτείνει την επιβολή της αυστηρής ευθύνης για ζημίες που προκαλούνται από το πετρέλαιο που χρησιμοποιείται ή πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για τη λειτουργία ή την πρόωση του πλοίου (35).

Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι οι κανόνες που βασίζονται στη σύμβαση (διοχέτευση ευθύνης, υποχρεωτική ασφάλιση και άμεση δράση) δεν ισχύουν για τη ρύπανση από πετρέλαιο πλοίων από μη δεξαμενόπλοια. Επιπλέον, τα όρια ευθύνης είναι εκείνα που προβλέπονται στο κεφάλαιο 9 του Νορβηγικού Ναυτιλιακού Κώδικα, γνωστό ως "γενικός περιορισμός", το οποίο υπολογίζεται σύμφωνα με το LLMC 1976, όπως τροποποιήθηκε. Η λύση είναι παρόμοια στο Ηνωμένο Βασίλειο, όπου ο νόμος περί εμπορικής ναυτιλίας του 1995 επιβάλλει στον εφοπλιστή την αντικειμενική ευθύνη για ζημίες που προκαλούνται από πετρελαϊκή ρύπανση από πλοία εκτός των δεξαμενόπλοιων, πράγμα που αντιστοιχεί στις καταστάσεις που αφορούν την ρύπανση από πετρέλαιο καυσίμων (36).

Ενώ οι διατάξεις διοχέτευσης είναι εφαρμόσιμες στη ρύπανση πετρελαίου από δεξαμενόπλοια επεκτείνονται επίσης στη ρύπανση πετρελαίου από άλλα πλοία, τα ποσά περιορισμού, η απαίτηση ασφάλισης και το δικαίωμα άμεσης δράσης δεν είναι(37). Η αγγλική εφαρμογή της Διεθνούς Σύμβασης για την Αστική Ευθύνη για τις Ρυπάνσεις από τα Καύσιμα διεξήχθη μέσω τροποποίησης του νόμου περί εμπορικής ναυτιλίας του 1995 με τους κανονισμούς του 2006 για την εμπορική ναυτιλία (ρύπανση πετρελαίου) με την εισαγωγή του τμήματος 153A.

Τέλος, σύμφωνα με την τρίτη κατηγορία που αναφέρθηκε παραπάνω, ορισμένες χώρες επέλεξαν να αντιμετωπίσουν τα ζητήματα ρύπανσης από υδρογονάνθρακες με απόκλιση από τους κανόνες που θεσπίστηκαν στη σύμβαση CLC, δημιουργώντας ένα αυστηρότερο καθεστώς ευθύνης και αποζημίωσης από εκείνο που εισήγαγε το

διεθνές καθεστώς. Το κλασικό παράδειγμα μιας χώρας που εμπίπτει στην κατηγορία αυτή είναι οι Ηνωμένες Πολιτείες που ενέκριναν το OPA "90.

#### 4.1 Διεθνής Σύμβαση για την αστική ευθύνη για ρυπάνσεις από καύσιμα

##### 4.1.1 Νομοθετικό πλαίσιο

Η σύμβαση CLC και η σύμβαση FUND<sup>11</sup> έχουν, για τα τελευταία 30 χρόνια, αποτελέσει πυρήνα του διεθνούς συστήματος ευθύνης και αποζημίωσης για την πετρελαϊκή ρύπανση από τα πλοία. Ωστόσο, το πεδίο εφαρμογής τους περιορίζεται, χωρίς να καλύπτει όλους τους τύπους ρύπανσης που προέρχονται από πλοία, όπως διαρροές επικίνδυνων και επιβλαβών ουσιών και διαρροές πετρελαιοκηλίδων από πλοία εκτός των δεξαμενόπλοιων. Η διεθνής ρύθμιση για ζημίες ρύπανσης που προκλήθηκαν από συμβάντα που συνδέονται με τη μεταφορά επικίνδυνων και επιβλαβών ουσιών επήλθε το 1996 με την έγκριση της σύμβασης HNS (38).

Η κατανόηση ότι υπήρχε ανάγκη για ένα καθεστώς ευθύνης για τη ρύπανση των πετρελαιοφόρων πλοίων χρονολογείται από το 1969 κατά τη συζήτηση της σύμβασης CLC. Κατά τη διάρκεια των συζητήσεων για το πρωτόκολλο του 1992 στη σύμβαση CLC του 1969, συζητήθηκε και πάλι η ιδέα. Ωστόσο, για να μην καθυστερήσει η καλή πορεία του καθεστώτος ευθύνης που απαιτείται για την αντιμετώπιση του περιστατικού του Torrent Canyon, οι πετρελαιοκηλίδες των πετρελαιοφόρων έπεσαν σκόπιμα εκτός του πεδίου εφαρμογής της σύμβασης CLC. Σε αντίθεση με όσα πιστεύουν οι περισσότεροι, και παρόλο που οι πετρελαιοκηλίδες που προέρχονται από τα δεξαμενόπλοια παραμένουν αμετάβλητα στην προσοχή των μέσων ενημέρωσης, είναι συνήθης εσφαλμένη αντίληψη ότι οι περισσότερες πετρελαιοκηλίδες προέρχονται από δεξαμενόπλοια.

---

<sup>11</sup> International Oil Pollution Compensation Fund (IOPCF) -> Διεθνές Ταμείο Αποζημιώσεων λόγω Ρυπάνσεως Πετρελαίου.

Οι στατιστικές και οι μελέτες, στην πραγματικότητα, δείχνουν διαφορετικά. Εκτός αυτού, πολλά μη δεξαμενόπλοια διαθέτουν χωρητικότητα καυσίμων πάνω από ορισμένα δεξαμενόπλοια, ενώ τα καύσιμα τους θεωρούνται πιο δαπανηρά.

Για παράδειγμα, τον Νοέμβριο του 1997, το φορτηγό M / V Kure που μετέφερε ξυλεία, είχε υποστεί ρήξη στην δεξαμενή πετρελαίου μετά από σύγκρουση σε μια αποβάθρα φόρτωσης στο Χαμπολντ Μπέι, στη Καλιφόρνια, διασκορπίζοντας αρκετές χιλιάδες γαλόνια καυσίμων. Εκείνη την εποχή, καταγράφηκε ως η πιο ακριβή πετρελαιοκηλίδα σε όρους δολάρια ανά βαρέλι. Το θέμα τέθηκε έτσι στον πίνακα από την Αυστραλία το 1994 κατά την 38η σύνοδο της επιτροπής προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος του ΙΜΟ, η οποία παρέπεμψε την ερώτηση στη νομική επιτροπή του ΙΜΟ.

Στη συνέχεια, τόσο κατά τη διάρκεια της 73ης όσο και της 74ης συνόδου της Νομικής Επιτροπής, η ανάγκη για ένα σύστημα που να ρυθμίζει την αποζημίωση για όσους υπέστησαν ζημιά από περιστατικό ρύπανσης που αφορά πετρέλαιο από τα καύσιμα του πλοίου όχι μόνο επιβεβαιώθηκε, αλλά και δόθηκε υψηλή προτεραιότητα. Έτσι, στις 23 Μαρτίου 2001 το τελικό κείμενο της σύμβασης Bunker συμφωνήθηκε, εγκρίθηκε και τέθηκε προς υπογραφή (39).

#### 4.1.2 Πεδίο εφαρμογής

Η ρύπανση από πετρέλαιο ορίζεται στη σύμβαση Bunker ως «απώλεια ή ζημιά που προκαλείται εκτός του πλοίου από μόλυνση που προκύπτει από τη διαφυγή ή απόρριψη πετρελαίου από το πλοίο» και «τα κόστη των προληπτικών μέτρων και η περαιτέρω απώλεια ή ζημιά που προκλήθηκε από τα προληπτικά μέτρα». Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό, η σύμβαση Bunker και η σύμβαση CLC διαφέρουν σημαντικά σε σχέση με το λειτουργικό πεδίο εφαρμογής τους.

Η σύμβαση Bunker έχει σχεδιαστεί για να παρέχει αποζημίωση για ζημίες που προκαλούνται από περιστατικά που σχετίζονται με τη διαφυγή ή την απόρριψη πετρελαίου από πλοία. Δεδομένου ότι το πλοίο ορίζεται ως οποιοδήποτε σκάφος και πλοίο οποιασδήποτε μορφής, η ίδια η σύμβαση Bunker προβλέπει τις εξαιρέσεις στον ορισμό, μεταξύ των οποίων εξάγεται ότι η σύμβαση Bunker δεν θα εφαρμόζεται στη



σε ζημιές από ρύπανση όπως ορίζεται στη σύμβαση CLC. Με άλλα λόγια, αυτές οι δύο συμβάσεις είναι αμοιβαία αποκλειόμενες. Άλλες εξαιρέσεις αφορούν πολεμικά πλοία, βοηθητικά πολεμικά πλοία ή άλλα πλοία που ανήκουν ή λειτουργούν από το κράτος, υπό την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιούνται σε μη εμπορική υπηρεσία (40).

Το γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής της σύμβασης Bunker καλύπτει τις ζημιές από ρύπανση που προκαλούνται στην περιοχή (συμπεριλαμβανομένων των χωρικών υδάτων) ενός συμβαλλόμενου μέρους, της αποκλειστικής οικονομικής ζώνης ενός συμβαλλόμενου κράτους και περιλαμβάνει προληπτικά μέτρα, για την πρόληψη ή την ελαχιστοποίηση αυτών των ζημιών.

Από τη σύγκριση με την αντίστοιχη διάταξη της σύμβασης CLC προκύπτει ότι το γεωγραφικό πεδίο εφαρμογής τους είναι πανομοιότυπο, αν και πρέπει να σημειωθεί ότι η εισαγωγή της αποκλειστικής οικονομικής ζώνης στο πεδίο εφαρμογής της σύμβασης CLC επιτεύχθηκε μόνο από το Πρωτόκολλο του 1992.

Μια προσεκτικότερη εξέταση των λειτουργικών και γεωγραφικών σκοπών εφαρμογής της σύμβασης Bunker σε συνδυασμό με τους λειτουργικούς και γεωγραφικούς τομείς εφαρμογής της σύμβασης CLC μας οδηγεί στο ακόλουθο συμπέρασμα: εάν καύσιμα απορριφθούν από φορτωμένο δεξαμενόπλοιο σε κράτος που δεν είναι συμβαλλόμενο μέρος σε καμία από τις συμβάσεις CLC ή από δεξαμενόπλοιο χωρίς φορτίο σε κράτος που είναι συμβαλλόμενο μέρος μόνο στο CLC 1969 (και όχι στο πρωτόκολλο του 1992), δεν εφαρμόζεται ούτε η σύμβαση CLC ούτε η σύμβαση Bunker (40).

Σε σχέση με την πρώτη περίπτωση, όταν ένα φορτωμένο δεξαμενόπλοιο απορρίπτει καύσιμα σε κράτος που δεν έχει επικυρώσει καμία από τις συμβάσεις CLC αλλά έχει επικυρώσει τη Σύμβαση Bunker, καμία από τις συμβάσεις δεν θα ισχύει για δύο λόγους. Προφανώς, η Σύμβαση CLC δεν εφαρμόζεται, επειδή το εν λόγω κράτος δεν είναι συμβαλλόμενο μέρος. Εντούτοις, η σύμβαση Bunker δεν εφαρμόζεται, παρόλο που το εν λόγω κράτος είναι συμβαλλόμενο μέρος σε αυτήν, διότι η ίδια η σύμβαση Bunker αποκλείει τη ζημία ρύπανσης όπως ορίζεται στη σύμβαση CLC, ανεξάρτητα από το αν η αποζημίωση καταβάλλεται βάσει της σύμβασης CLC.

Όσον αφορά τη δεύτερη περίπτωση, όταν ένα πετρελαιοφόρο χωρίς φορτίο απορρίπτει πετρέλαιο σε κράτος που έχει επικυρώσει μόνο τη σύμβαση CLC 1969 (όχι όμως το πρωτόκολλο του 1992) και έχει επίσης επικυρώσει τη σύμβαση Bunker, καμία από τις συμβάσεις δεν θα εφαρμοστεί για τους ακόλουθους λόγους. Η σύμβαση Bunker δεν ισχύει για τον ίδιο λόγο που εξηγείται στην προηγούμενη παράγραφο. Η σύμβαση CLC 1969 δεν έχει εφαρμογή, διότι ο ορισμός του πλοίου περιλαμβάνει μόνο πλοία που μεταφέρουν πράγματι πετρέλαιο χύδην ως φορτίο, πράγμα που αποτελεί την αντίθετη κατάσταση ενός πετρελαιοφόρου χωρίς φορτίο. Συνεπώς, υπάρχει ένα κενό που θα μπορούσε να αφηθεί σκόπιμα για να ενθαρρυνθούν τα συμβαλλόμενα κράτη του CLC 1969 να γίνουν συμβαλλόμενα μέρη του CLC 1992 (39).

Αλλά αυτό σημαίνει ότι η Σύμβαση Bunker δεν θα εφαρμόζεται ποτέ στα δεξαμενόπλοια που ορίζονται στη σύμβαση CLC ως πλοίο «κατασκευασμένο ή προσαρμοσμένο για τη μεταφορά χύδην πετρελαίου ως φορτίου»; Όπως προαναφέρθηκε, ο ορισμός του πλοίου διευρύνθηκε με το πρωτόκολλο του 1992 προκειμένου να συμπεριληφθούν οι διαρροές από δεξαμενόπλοια κατά τη διάρκεια "οποιοδήποτε ταξιδιού μετά από αυτή τη μεταφορά εκτός εάν αποδειχθεί ότι δεν έχει υπολείμματα από τη μεταφορά χύδην πετρελαίου".

Ο ορισμός αυτός θα μπορούσε να περιγραφεί καλύτερα με το ακόλουθο παράδειγμα: ένα πετρελαιοφόρο που αναχωρεί από τη Νορβηγία στις ΗΠΑ και μεταφέρει πετρέλαιο χύδην, εκφορτώνει το πετρέλαιο στις ΗΠΑ και επιστρέφει στη Νορβηγία σε έρμα<sup>12</sup>. Μέχρι εκείνη τη στιγμή, αν πετρέλαιο είχε απορριφθεί κατά την διάρκεια της επιστροφής πίσω στη Νορβηγία, η Σύμβαση CLC 1992 θα ίσχυε, εκτός εάν μπορεί να αποδειχθεί ότι δεν υπήρχε κανένα υπόλειμμα πετρελαίου από την προηγούμενη μεταφορά (38).

Αλλά θα μπορούσε κανείς να προβλέψει μια τέτοια κατάσταση αν το ίδιο αυτό δεξαμενόπλοιο, αφού επέστρεψε στη Νορβηγία, παρέμεινε παροπλισμένο για μία περίοδο έξι μηνών. Μετά από αυτούς τους έξι μήνες, αρχίζει για ένα νέο ταξίδι σε ένα λιμάνι προκειμένου να φορτώσει και πάλι το αργό πετρέλαιο, αλλά πριν φτάσει στο

---

<sup>12</sup> Χαρακτηρίζεται το σύνολο των βαρών που τοποθετούνται στα πλοία προκειμένου ν' αυξηθεί η ευστάθεια αυτών

λιμάνι, προσάραξε, με αποτέλεσμα το πετρέλαιο να καταλήξει στον ωκεανό. Στην περίπτωση αυτή, φαίνεται ότι η σύμβαση CLC δεν θα εφαρμοστεί επειδή αυτό το νέο ταξίδι δεν μπορεί να θεωρηθεί μεταγενέστερο ταξίδι από την προηγούμενη μεταφορά. Κατά συνέπεια, η σύμβαση Bunker μπορεί να τεθεί σε ισχύ, ρυθμίζοντας έτσι την ευθύνη και την αποζημίωση για το πετρέλαιο των πλοίων που χύθηκε από δεξαμενόπλοιο (41).

Τέλος, είναι σημαντικό δοθεί προσοχή στις πετρελαιοκηλίδες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια των εργασιών ανεφοδιασμού καυσίμων όταν υπάρχουν δύο πλοία που συμμετέχουν: το ένα το οποίο είναι υπεύθυνο για τον εφοδιασμό των ναυτιλιακών καυσίμων και το άλλο για την παραλαβή τους. Είναι επομένως αναγκαίο να διερευνηθεί από ποιο πλοίο προέκυψε η διαρροή. Το πλοίο που τροφοδοτεί τα καύσιμα είναι συνήθως το πλοίο που εμπίπτει στον ορισμό που παρέχεται από τη σύμβαση CLC (1969 ή 1992). Συνεπώς, εάν η διαρροή προέρχεται από αυτό το είδος πλοίου, και η ζημία προκλήθηκε σε ένα κράτος που έχει συνυπογράψει την σύμβαση CLC, τότε θα ισχύουν οι συμβάσεις CLC και η σύμβαση Fund.

Από την άλλη πλευρά, εάν η διαρροή προέρχεται από το σκάφος που δέχεται τα καύσιμα, το οποίο μπορεί να είναι για παράδειγμα ένα φορτηγό ή ένα αλιευτικό σκάφος και η ζημία προκλήθηκε σε ένα συμβαλλόμενο μέρος της σύμβασης Bunker, τότε εφαρμόζεται η παρούσα σύμβαση. Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ότι ανεξάρτητα από το ποιο από τα μέρη θα υπόκειται στην αντικειμενική ευθύνη, ανάλογα με τις δύο παραπάνω καταστάσεις, το δικαίωμά του προσφυγής δεν τίγεται σε σχέση με το άλλο μέρος του οποίου η φερόμενη ενέργεια οδήγησε στη διάχυση.

Θα μπορούσε κανείς να προβλέψει, για παράδειγμα, μια υποθετική κατάσταση όπου η διαρροή δεν προέρχεται από κανένα από αυτά τα δύο δοχεία, αλλά προέκυψε από ρήξη του εύκαμπτου σωλήνα που χρησιμοποιήθηκε για τη μεταφορά των καυσίμων. Τότε ποιο συμβαλλόμενο μέρος θα πρέπει τότε να υπόκειται σε αντικειμενική ευθύνη; Δεδομένου ότι η ζημία από τη ρύπανση ορίζεται ως η απώλεια ή η ζημία που προκλήθηκε από τη διαφυγή ή απόρριψη από το πλοίο, θα πρέπει να διερευνηθεί κατά πόσον τέτοιος σωλήνας θα εμπίπτει στον ορισμό του πλοίου που προβλέπεται από τις συμβάσεις (40).

Οι ορισμοί του πλοίου και στις δύο συμβάσεις δεν φαίνεται να περιλαμβάνουν τέτοιες δομές σχεδιασμένες να μεταφέρουν υγρό, εν προκειμένω καύσιμο πετρέλαιο. Προφανώς, μια τέτοια λύση δεν είναι καθόλου ικανοποιητική και φαίνεται ότι η μεταφορά καυσίμων από ένα πλοίο σε άλλο πρέπει να θεωρείται αναπόσπαστο μέρος του πλοίου: δηλαδή να συμπεριλαμβάνεται στον εξοπλισμό του πλοίου. Η ευθύνη θα επιβληθεί στον πλοιοκτήτη του σκάφους από το οποίο προήλθε η διαρροή (41). Ακολουθώντας το ίδιο σκεπτικό και επειδή ο εύκαμπτος σωλήνας πρέπει να θεωρείται ένας από τους εξοπλισμούς του πλοίου, πρέπει να επιβληθεί αντικειμενική ευθύνη στον ιδιοκτήτη του ελαστικού σωλήνα και στη συνέχεια, θα καθοριστεί ποια από τις συμβάσεις θα εφαρμοστεί.

## 5. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΠΛΟΙΩΝ

Ο παγκόσμιος εμπορικός στόλος καταναλώνει σήμερα περίπου 330 εκατομμύρια τόνους καυσίμου ετησίως, εκ των οποίων το 80-85% είναι υπολειμματικό καύσιμο με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο, ενώ τα υπόλοιπα είναι καύσιμα απόσταξης που πληρούν αυστηρότερους κανονισμούς. Οι προσεχείς κανονισμοί σχετικά με την περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων πλοίων, τόσο στις περιοχές ελέγχου των εκπομπών όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι πιθανό να δημιουργήσουν αυξημένη ζήτηση για καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο για τα επόμενα πέντε έως δέκα χρόνια.

Η εμφάνιση νέων κανονισμών κατά την επόμενη δεκαετία μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά αυξημένες τιμές καυσίμων για τα καύσιμα απόσταξης, ενώ η ικανότητα διύλισης για την παραγωγή αποσταγμάτων μπορεί να αποδειχθεί ανεπαρκής για την ικανοποίηση της εντεινόμενης ζήτησης. Επιπλέον, οι ανησυχίες για την αλλαγή του κλίματος θα ασκήσουν ολοένα και περισσότερες πιέσεις στη ναυτιλία για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG)<sup>13</sup>. Τόσο η ζήτηση για καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο όσο και η ανάγκη για μειωμένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μπορούν να αντιμετωπιστούν με την εισαγωγή εναλλακτικών καυσίμων χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (43).

Στο παρελθόν έχουν χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά καύσιμα στον τομέα της μεταφοράς. Στη δεκαετία του 1920 επινόησε η διαδικασία μετατροπής άνθρακα, βιομάζας ή φυσικού αερίου σε υγρό καύσιμο από τους Γερμανούς F. Fischer και H. Tropsch και έγινε γνωστή ως διαδικασία Fischer-Tropsch. Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλο βαθμό στον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο στη Γερμανία για την παραγωγή υγρών καυσίμων από άνθρακα, αλλά και στη Νότια Αφρική κατά τη διάρκεια του εμπόργκο πετρελαίου στη δεκαετία του 1970 και του 1980. Τα εναλλακτικά καύσιμα επανεμφανίστηκαν στη δεκαετία του 1970 για λόγους ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1980 και του 1990 η αυξανόμενη ανησυχία σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των

---

<sup>13</sup> Greenhouse Gas

αυτοκινήτων και των ανθρωπογενών εκπομπών εν γένει προκάλεσε το ενδιαφέρον για εναλλακτικά καύσιμα.

Υπάρχει ένας μακρύς κατάλογος καυσίμων ή φορέων ενέργειας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη ναυτιλία. Αυτά που θεωρούνται σήμερα πιο συχνά είναι το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), η ηλεκτρική ενέργεια, το βιοντίζελ και η μεθανόλη. Άλλα καύσιμα που θα μπορούσαν να διαδραματίσουν ένα ρόλο στο μέλλον είναι το υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG), η αιθανόλη, ο διμεθυλαιθέρας (DME), το βιοαέριο, τα συνθετικά καύσιμα, το υδρογόνο (ιδιαίτερα για χρήση σε κυψέλες καυσίμου) και το πυρηνικό καύσιμο (43).

Όλα αυτά τα καύσιμα είναι ουσιαστικά άνευ θείου και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συμμόρφωση με τους κανονισμούς για την περιεκτικότητα σε θείο. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σε συνδυασμό με συμβατικά καύσιμα πλοίων με βάση το πετρέλαιο, καλύπτοντας έτσι μόνο μέρος της ενεργειακής ζήτησης ενός σκάφους, είτε να αντικαταστήσουν πλήρως τα συμβατικά καύσιμα. Ο τύπος του εναλλακτικού καυσίμου που επιλέγεται και η αναλογία των συμβατικών καυσίμων που αντικαθίστανται θα έχουν άμεσο αντίκτυπο στις εκπομπές του πλοίου, συμπεριλαμβανομένων των αερίων θερμοκηπίου, των NO<sub>x</sub><sup>14</sup> και του SO<sub>x</sub><sup>15</sup> (43).

Κατά την εξέταση του συνολικού αντίκτυπου ενός συγκεκριμένου καυσίμου στο περιβάλλον, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη όχι μόνο οι άμεσες εκπομπές από τη χρήση του καυσίμου επί του σκάφους αλλά και οι εκπομπές που σχετίζονται με την πορεία παραγωγής και μεταφοράς του καυσίμου. Επιπλέον, άλλα φαινόμενα, όπως η χρήση γης και νερού, μπορούν να γίνουν σημαντικά για ορισμένους τύπους καυσίμων, ειδικά για τα βιοκαύσιμα. Οι ποσοτικές πληροφορίες για τις επιπτώσεις σε αυτές τις περιοχές μπορούν να συλλεχθούν και να αξιολογηθούν με την εκτίμηση της χρήσης κύκλου ζωής (LCA) καυσίμων πλοίων.

Αυτό επιτρέπει τη σύγκριση μεταξύ διαφόρων οδών κατά μήκος της ενεργειακής αλυσίδας αξίας και επομένως την εκτίμηση του δυνητικού αντικτύπου σε σύγκριση με τα ναυτιλιακά καύσιμα πλοίων. Το παρόν κεφάλαιο παρέχει μια επισκόπηση των πιθανών εναλλακτικών καυσίμων για τη θαλάσσια πρόωση. Μια συζήτηση για τους

---

<sup>14</sup> Sulphur Oxides: Οξείδια του θείου

<sup>15</sup> Nitrogen oxides: Οξείδια του αζώτου

οδηγούς και τα εμπόδια, ακολουθούμενη από μια σύντομη περιγραφή των διαφόρων καυσίμων, συμπεριλαμβανομένων των τεχνολογικών προκλήσεων και τα πιθανά οφέλη από τη χρήση τους. Παρουσιάζονται επίσης τα αποτελέσματα της αξιολόγησης κύκλου ζωής, με επίκεντρο τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Τέλος, μια συζήτηση σχετικά με τις μελλοντικές εφαρμογές ολοκληρώνει το παρόν έγγραφο, υποδεικνύοντας τρόπους για να ξεπεραστούν οι προκλήσεις και να γίνει μια μετάβαση προς ένα πιο βιώσιμο μέλλον για τη ναυτιλία.

## 5.1 Προκλήσεις των εναλλακτικών ναυτιλιακών καυσίμων

Ο παγκόσμιος εμπορικός στόλος άλλαξε σταδιακά από την τεχντροπία με πανί σε έναν πλήρη στόλο με μηχανοκίνητους κινητήρες από το 1870 έως το 1940. Τα ατμοπλοϊκά που χρησιμοποιούσαν άνθρακα κυριαρχούσαν μέχρι το 1920 και από τότε ο άνθρακας σταδιακά αντικαταστάθηκε από ναυτιλιακά καύσιμα λόγω της μετάβασης σε κινητήρες ντίζελ και ατμολέβητες με πετρέλαιο. Η μετάβαση από την χρήση ανέμου στον άνθρακα προκλήθηκε από τις εξελίξεις στις ατμομηχανές και πρόσφερε την ευκαιρία για πιο αξιόπιστους χρόνους διέλευσης - σε μεγάλο βαθμό - και ανεξάρτητους από τις καιρικές συνθήκες και τις επικρατούσες κατευθύνσεις του ανέμου. Η ακόλουθη μετάβαση, από τον άνθρακα στο πετρέλαιο, προήλθε από την αυξημένη αποτελεσματικότητα, την ευκολία χειρισμού και τις πιο καθαρές λειτουργίες. Οι κύριοι μοχλοί που οδηγούν το μέλλον των εναλλακτικών καυσίμων μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1. Κανονιστικές απαιτήσεις και περιβαλλοντικές ανησυχίες
2. Διαθεσιμότητα ορυκτών καυσίμων, κόστος και ενεργειακή ασφάλεια

### **Περιβαλλοντικοί κανονισμοί και περιβαλλοντικές ανησυχίες**

Όπως αναφέραμε και στα προηγούμενα κεφάλαια ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) ενέκρινε ένα σύνολο κανονισμών για την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία, όπως περιγράφεται στο Παράρτημα VI της Σύμβασης MARPOL(60). Το παράρτημα VI της MARPOL θέτει όρια στις εκπομπές οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>) και οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) (IMO, 2008) από τα

καυσαέρια του πλοίου και περιέχει διατάξεις για τη δημιουργία ειδικών περιοχών ελέγχου εκπομπών SO<sub>x</sub>, οι οποίες χαρακτηρίζονται από αυστηρότερους ελέγχους εκπομπών.

Οι Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών περιλαμβάνουν σήμερα τη Βόρεια Θάλασσα και τη Βαλτική και μια ζώνη που εκτείνεται σε 200 ναυτικά μίλια από την ακτογραμμή της Βόρειας Αμερικής. Άλλα μέρη του κόσμου μπορούν να συμπεριληφθούν στις Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών στο μέλλον. Οι πίο πιθανές υποψήφιες σήμερα είναι τα Στενά του Βοσπόρου / Θάλασσα του Μαρμαρά, το Χονγκ Κονγκ και τμήματα της ακτογραμμής του Γκουανγκντόνγκ στην Κίνα. Επιπλέον, η ΕΕ θα καθορίσει 0,5% στα ύδατα της ΕΕ από το 2020, ανεξαρτήτως της ενδεχόμενης καθυστέρησης του ΙΜΟ αλλού, και έχει ήδη επιβάλει απαίτηση 0,1% στα λιμάνια και στις εσωτερικές πλωτές οδούς. Τέλος, η Καλιφόρνια έχει επίσης ειδικές, αυστηρότερες απαιτήσεις.

Τα πλοία που λειτουργούν στις Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών πρέπει να χρησιμοποιούν καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο ή εναλλακτικά να εφαρμόζουν μέτρα για τη μείωση των εκπομπών θείου, όπως μέσω της χρήσης πλυντριών (61). Επιπλέον, η Επιτροπή Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος συμφώνησε σε μια δομή τριών επιπέδων, η οποία θα καθόριζε σταδιακά αυστηρότερα πρότυπα εκπομπών NO<sub>x</sub> για τους νέους θαλάσσιους κινητήρες, ανάλογα με την ημερομηνία εγκατάστασής τους. Τα πρότυπα Tier III τέθηκαν σε ισχύ στο ΒΑ της Βόρειας Αμερικής μόλις το 2016 (44).

Όσον αφορά τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, έχουν θεσπιστεί δύο υποχρεωτικοί μηχανισμοί που αποσκοπούν στη διασφάλιση ενός προτύπου ενεργειακής απόδοσης για τα πλοία:

1. Ο Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI<sup>16</sup>), για νέα πλοία
2. Το Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης (SEEMP<sup>17</sup>) για όλα τα πλοία

---

<sup>16</sup> Energy Efficiency Design Index

<sup>17</sup> Ship Energy Efficiency Management Plan



Ο EEDI είναι ένας μηχανισμός βασισμένος στην απόδοση που απαιτεί νέες κατασκευές να πληρούν μια συγκεκριμένη ελάχιστη σχεδίαση ενεργειακής απόδοσης σχετική με το μέγεθος των σκαφών. Οι πλοιοκτήτες και κατασκευαστές πλοίων είναι ελεύθεροι να επιλέξουν τις τεχνολογίες για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις του EEDI για συγκεκριμένο σχεδιασμό πλοίων. Το SEEMP θεσπίζει μηχανισμό για τους φορείς εκμετάλλευσης για τη βελτίωση της επιχειρησιακής ενεργειακής απόδοσης των πλοίων. Οι κανονισμοί ισχύουν για όλα τα πλοία χωρητικότητας άνω των 400 GT και τέθηκαν σε ισχύ από τον Ιανουάριο του 2013 (45).

Εξετάζονται περαιτέρω κανονισμοί, όπως η παρακολούθηση των εκπομπών, η υποβολή εκθέσεων και η επαλήθευση, αλλά δεν έχουν ληφθεί ακόμα αποφάσεις. Η τήρηση των κανονισμών NOx και SOx είναι τεχνικά εφικτή, αλλά μπορεί να αποδειχθεί πολύ δαπανηρή. Η εισαγωγή συστημάτων μετεπεξεργασίας καυσαερίων, όπως οι πλυντρίδες για τα SOx, μπορούν να αυξήσουν σημαντικά το κόστος ενός πλοίου. Τα συστήματα αυτά είναι τόσο απαιτητικά όσο και δαπανηρά, ενώ μπορούν να αυξήσουν την κατανάλωση καυσίμου κατά 2-3%.

Από την άλλη πλευρά, επιτρέπουν τη χρήση λιγότερο δαπανηρών καυσίμων υψηλής περιεκτικότητας σε θείο. Έτσι, τα καύσιμα που έχουν τη δυνατότητα να μειώσουν τις εκπομπές κάτω από τα απαιτούμενα επίπεδα μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στο μέλλον ως υποκατάστατα του πετρελαίου βαρύ μαζούτ και του θαλάσσιου πετρελαίου ντίζελ (MDO). Επιπλέον, η απαίτηση για μειωμένη περιεκτικότητα σε θείο στο καύσιμο θα αυξήσει επίσης το κόστος του καυσίμου (45).

Αυτό το φαινόμενο θα είναι πιο έντονο μετά το 2020 (ή το 2025, ανάλογα με το πότε θα εφαρμοστούν οι νέοι κανονισμοί), όταν η περιεκτικότητα σε θείο σε παγκόσμιο επίπεδο θα είναι 0,5% , χαμηλότερη από τα τρέχοντα επίπεδα για τις Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών. Η εισαγωγή νέων καυσίμων χωρίς θείο μπορεί να αποτελέσει μια βιώσιμη λύση για το πρόβλημα αυτό, εφόσον τα καύσιμα αυτά και η απαραίτητη τεχνολογία προσφέρονται σε ανταγωνιστικά επίπεδα τιμών. Η κατανάλωση καυσίμων στις Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών εκτιμάται ότι ανέρχεται περίπου σε 30-50 εκατομμύρια τόνους καυσίμων ετησίως και πρόκειται να αυξηθεί εάν περιληφθούν μελλοντικά περισσότερες περιοχές. Τα στοιχεία αυτά είναι σημαντικά για την

αξιολόγηση των δυνατοτήτων του κάθε ένα από τα εναλλακτικά καύσιμα που παρουσιάζονται σε αυτήν την έκθεση για την αντικατάσταση των καυσίμων με βάση το πετρέλαιο (46).

### **Διαθεσιμότητα και κόστος καυσίμου**

Οι εκτιμήσεις της μελλοντικής παραγωγής πετρελαίου ποικίλλουν και είναι αμφιλεγόμενες. Οι προηγμένες μέθοδοι εξόρυξης πετρελαίου αρχίζουν να γίνονται οικονομικά εφικτές, λόγω των υψηλών τιμών του πετρελαίου τα τελευταία χρόνια. Η χρήση μη συμβατικών πόρων, όπως το πετρέλαιο σχιστόλιθου και η άμμος πίσσας, κερδίζουν έδαφος, ενώ στο μέλλον ενδέχεται να υπάρξει αυξημένη πίεση για επέκταση των δραστηριοτήτων πετρελαίου και φυσικού αερίου στην Αρκτική.

Στις ΗΠΑ, η παραγωγή πετρελαίου από σχιστόλιθο τα τελευταία χρόνια έχει αναμορφώσει την αγορά ενέργειας της Βόρειας Αμερικής. Παρά τις δυνατότητες της Αρκτικής για μελλοντική παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου, δεν είναι σαφές πόση παγκόσμια παραγωγή θα μπορούσε να αυξηθεί στο μέλλον. Αυτό οφείλεται κυρίως στο υψηλό κόστος και τις δύσκολες συνθήκες, ακόμη και με μειωμένο πάγο στη θάλασσα. Οι πιθανές συνέπειες ενός ατυχήματος στην Αρκτική θα μπορούσαν επίσης να είναι πολύ σοβαρές.

Ακριβείς πληροφορίες σχετικά με τη θέση και την ποσότητα των παγκόσμιων αποθεμάτων πετρελαίου είναι δύσκολο να επιτευχθούν, επειδή πολλές χώρες παραγωγής πετρελαίου συχνά προβάλλουν δηλώσεις που δεν μπορούν εύκολα να επαληθευτούν. Επιπλέον, ο κόσμος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις προμήθειες πετρελαίου από δυνητικά πολιτικά ασταθείς περιοχές, οι οποίες μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ασφάλεια των καυσίμων. Για ορισμένες χώρες, αυτό αποτελεί σημαντική κινητήρια δύναμη για την ανάπτυξη τεχνολογίας για την εκμετάλλευση τοπικών αντισυμβατικών πόρων, όπως το πετρέλαιο σχιστόλιθου και το φυσικό αέριο στις ΗΠΑ, καθώς και για την επένδυση στην ανάπτυξη βιοκαυσίμων, όπως η αιθανόλη στη Βραζιλία και στις ΗΠΑ, και το βιοντίζελ στην Ευρώπη.

### **Προκλήσεις και εμπόδια**

Μέχρι στιγμής, η ναυτιλιακή βιομηχανία δεν έχει ενεργήσει αποφασιστικά για να υλοποιήσει τις δυνατότητές της για μείωση των εκπομπών μέσω ενέργειας χαμηλής

περιεκτικότητας σε άνθρακα. Για ορισμένους πλοιοκτήτες, η εύρεση κεφαλαίων για τη χρηματοδότηση αποδεδειγμένων τεχνολογιών εξοικονόμησης καυσίμων μπορεί να αποτελέσει πρόκληση. Επιπλέον κατά την παρουσίαση και εισαγωγή στην αγορά ενός νέου καυσίμου, τα υπάρχοντα πλοία ενδέχεται να χρειαστούν αλλαγές λόγω των μη συμβατών μηχανών. Αυτό δημιουργεί αλλαγές σε μια μακροπρόθεσμη επένδυση.

Για τους πρωτοπόρους-πλοιοκτήτες που αναλαμβάνουν τον κίνδυνο να επενδύσουν σε λύσεις των νέων τεχνολογιών - απρόβλεπτα τεχνικά ζητήματα οδηγούν συχνά σε σημαντικές καθυστερήσεις, απαιτώντας πρόσθετο κεφάλαιο. Ταυτόχρονα, το κόστος του καυσίμου για ορισμένους ναυτιλιακούς κλάδους καταβάλλεται από τον ναυλωτή, αφαιρώντας κίνητρα για τους ιδιοκτήτες να διερευνήσουν εναλλακτικά καύσιμα ή ακόμα και μέτρα εξοικονόμησης καυσίμων. Οι κανονισμοί για τις επιθεωρήσεις, οι οποίοι επιβάλλονται από διαφορετικούς κρατικούς φορείς, καθώς και η έλλειψη προτύπων, έχουν επίσης επιβραδύνει τις συντονισμένες ενέργειες.

Η έλλειψη κατάλληλης υποδομής, όπως οι εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού καυσίμων και η αλυσίδα εφοδιασμού, καθώς και η αβεβαιότητα σχετικά με τη μακροπρόθεσμη διαθεσιμότητα καυσίμων αποτελούν επιπλέον εμπόδια για την εισαγωγή οποιουδήποτε νέου καυσίμου. Δηλαδή, οι πλοιοκτήτες δεν θα αρχίσουν να χρησιμοποιούν νέα καύσιμα εάν δεν υπάρχει διαθέσιμη υποδομή και οι πάροχοι ενέργειας δεν θα χρηματοδοτήσουν δαπανηρές υποδομές χωρίς να εξασφαλίσουν πρώτα τους πελάτες. Η εξάλειψη αυτού του αδιεξόδου θα απαιτήσει μια συντονισμένη προσπάθεια σε επίπεδο βιομηχανίας και την πολιτική βούληση για νέες επενδύσεις στην ανάπτυξη νέων υποδομών.

## 5.2 Πιθανά εναλλακτικά καύσιμα

Η DNV GL<sup>18</sup> μελετάει μια σειρά εναλλακτικών καυσίμων ή ενεργειακών φορέων που χρησιμοποιούνται ήδη ή θα μπορούσαν ενδεχομένως να χρησιμοποιηθούν στη ναυτιλία στο μέλλον. Αυτά τα καύσιμα είναι:

- Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG)<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> Η DNV GL είναι μια παγκόσμια εταιρεία διασφάλισης της ποιότητας και διαχείρισης κινδύνου.

- Υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG)<sup>20</sup>
- Μεθανόλη και αιθανόλη
- Διμεθυλαιθέρας
- Συνθετικά καύσιμα (Fischer-Tropsch)
- Βιοντίζελ
- Βιοαέριο
- Χρήση ηλεκτρικού ρεύματος για τη φόρτιση υδρογόνου
- Πυρηνικό καύσιμο

Για καθένα από αυτά τα καύσιμα συλλέγονται οι ακόλουθες πληροφορίες προκειμένου να βελτιωθεί η κατανόηση των εν λόγω καυσίμων και οι πιθανές επιπτώσεις τους στο μέλλον:

- Φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά
- Παραγωγή, διαθεσιμότητα και κόστος: πληροφορίες σχετικά με τις μεθόδους παραγωγής, τον τρέχοντα όγκο και τιμές παραγωγής, την υποδομή και τις μελλοντικές προβλέψεις, εφόσον υπάρχουν
- Εφαρμογές και τρέχουσα κατάσταση: εφαρμογές στην ναυτιλία και σε άλλους τομείς. Επισκόπηση της τεχνολογίας, συμπεριλαμβανομένων των κινητήρων και των δεξαμενών αποθήκευσης
- Ζητήματα ασφάλειας
- Εκπομπές και περιβαλλοντικές εκτιμήσεις

Ενώ οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ηλιακή, αιολική) μπορούν να έχουν μεγάλες δυνατότητες να μετριάσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, αυτό δεν θεωρείται βιώσιμη εναλλακτική λύση για την εμπορική ναυτιλία. Βέβαια, τα πλοία που διαθέτουν πανιά ή ηλιακούς συλλέκτες μπορεί να είναι σε θέση να συμπληρώσουν

---

<sup>19</sup> Liquid Natural Gas

<sup>20</sup> Liquid Petroleum Gas

υπάρχοντα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά η σχετική αναξιοπιστία αυτών των πηγών ενέργειας τις καθιστά ακατάλληλες για μεταφορές μέσω θαλάσσης σε ορισμένα γεωγραφικά πλάτη με εποχιακές καιρικές συνθήκες. Ομοίως και η πυρηνική ενέργεια παραμένει επίσης προβληματική (47).

Ενώ είναι μια αποδεδειγμένη λύση που δεν παράγει GHG, οι αντιληπτοί κίνδυνοι θεωρούνται υπερβολικά υψηλοί ώστε η πυρηνική ενέργεια να θεωρηθεί βιώσιμη εναλλακτική λύση για τα πλοία. Κατά τις επόμενες τέσσερις δεκαετίες, είναι πιθανό ότι το ενεργειακό μείγμα θα χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό διαφοροποίησης. Το LNG έχει τη δυνατότητα να καταστεί το καύσιμο της επιλογής όλων των ναυτιλιακών τμημάτων, υπό την προϋπόθεση ότι η υποδομή θα τεθεί σε λειτουργία, ενώ τα υγρά βιοκαύσιμα θα μπορούσαν σταδιακά να αντικαταστήσουν και τα καύσιμα με βάση το πετρέλαιο.

Η ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο πιθανότατα θα χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για τη φόρτιση των μπαταριών για τη λειτουργία των πλοίων στα λιμάνια, αλλά και για την πρόωση. Ο ανανεώσιμος ηλεκτρισμός θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή υδρογόνου, ο οποίος με τη σειρά του μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία καυσίμου, παρέχοντας βοηθητική ή προωστική ισχύ. Εάν απαιτηθεί δραστική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και δεν είναι άμεσα διαθέσιμα τα κατάλληλα εναλλακτικά καύσιμα, τα συστήματα δέσμευσης άνθρακα θα μπορούσαν να αποτελέσουν ριζική λύση για σημαντική μείωση του CO<sub>2</sub>. Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται συνοπτικά τα καύσιμα που πιθανότατα θα αποτελούν μέρος του μελλοντικού ενεργειακού μείγματος για τη ναυτιλία (47).

### **Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG)**

Η χρήση του LNG ως καυσίμου προσφέρει σαφή περιβαλλοντικά οφέλη: την εξάλειψη των εκπομπών οξειδίων του θείου, τη σημαντική μείωση των οξειδίων του αζώτου και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Είναι μια ελκυστική επιλογή για την ικανοποίηση των σημερινών απαιτήσεων για τις εκπομπές, αλλά δεν

συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub><sup>21</sup> στα επίπεδα που θα απαιτούνται για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Σήμερα υπάρχουν περίπου 50 πλοία που τροφοδοτούνται με LNG (εξαιρούνται οι μεταφορείς φυσικού αερίου) σε λειτουργία σε όλο τον κόσμο, ενώ έχουν επιβεβαιωθεί πολλές παραγγελίες νεόκτιστων πλοίων. Η προμήθεια υγροποιημένου φυσικού αερίου για τα πλοία διατίθεται επί του παρόντος σε αρκετές θέσεις στην Ευρώπη, το Ιντσεον (Κορέα) και το Μπουένος Άιρες (Αργεντινή), αλλά αναπτύσσεται το δίκτυο ανεφοδιασμού στον κόσμο. Ο αριθμός των πλοίων αυξάνεται ταχύτατα και τα έργα υποδομής προγραμματίζονται ή προτείνονται κατά μήκος των κύριων γραμμών θαλάσσιων μεταφορών του κόσμου. Ένα εμπόδιο για την εισαγωγή LNG είναι η ζήτηση για μεγαλύτερες δεξαμενές καυσίμων, με αποτέλεσμα τη μείωση της χωρητικότητας ωφέλιμου φορτίου. Το σχετικά υψηλό κόστος κεφαλαίου της εγκατάστασης του συστήματος είναι ένα άλλο θέμα (48).

Σχέδια για νέους κινητήρες περιλαμβάνουν κινητήρες μόνο με αέριο, με διπλό καύσιμο σε 4-χρονες και 2-χρονες μηχανές. Η ολίσθηση μεθανίου (που συμβάλλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου) κατά τη διάρκεια της καύσης ουσιαστικά εξαλείφεται στις σύγχρονες δίχρονες μηχανές και πρέπει να αναμένονται περαιτέρω μειώσεις από τους τετράχρονους κινητήρες. Από την πλευρά της παραγωγής, η πρόσφατη μεγάλη ζήτηση του μη παραδοσιακού αερίου (σχιστόλιθος) είχε δραματική επίδραση στην αγορά φυσικού αερίου, ιδίως στη Βόρεια Αμερική.

Η αξιοποίηση του φυσικού αερίου σχιστόλιθου σε άλλα μέρη του κόσμου θα μπορούσε επίσης να αποδειχθεί σημαντική για το LNG. Ωστόσο, η διαδικασία εξόρυξης (υδραυλική ρωγμάτωση ή "fracking") παραμένει μια αμφιλεγόμενη τεχνολογία, λόγω των αυξανόμενων ανησυχιών του κοινού για τις επιπτώσεις της στη δημόσια υγεία και το περιβάλλον, τόσο όσον αφορά την ποιότητα του αέρα όσο και των υδάτων. Η χρήση του LNG αναμένεται να αυξηθεί γρήγορα τα επόμενα 5 με 10 χρόνια, πρώτα σε σχετικά μικρά πλοία που λειτουργούν σε περιοχές με ανεπτυγμένη υποδομή ανεφοδιασμού αερίου, όπου οι τιμές LNG είναι ανταγωνιστικές σε σχέση με τις τιμές HFO. Στη συνέχεια θα ακολουθούνται από μεγαλύτερα πλοία, όταν η υποδομή ανεφοδιασμού θα είναι διαθέσιμη σε όλο τον κόσμο.

---

<sup>21</sup> Διοξείδιο του άνθρακα

## Ηλεκτροδότηση πλοίων και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Οι πρόσφατες εξελίξεις στην ηλεκτροκίνηση των πλοίων κατέχουν σημαντική υπόσχεση για την αποτελεσματικότερη χρήση της ενέργειας. Η παραγωγή ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού, προκειμένου να τροφοδοτηθεί πλοίο στο λιμάνι (cold ironing<sup>22</sup>) και να φορτιστούν οι μπαταρίες για πλήρως ηλεκτρικά και υβριδικά πλοία. Η ενίσχυση του ρόλου της ηλεκτρικής ενέργειας στα πλοία θα συμβάλει στη βελτίωση της ενεργειακής διαχείρισης και της αποδοτικότητας των καυσίμων στα μεγαλύτερα πλοία.

Για παράδειγμα, η μετάβαση από το δίκτυο AC σε ένα δίκτυο DC θα επέτρεπε στους κινητήρες να λειτουργούν με μεταβλητές ταχύτητες, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση των ενεργειακών απωλειών. Επιπλέον πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν την πλεονασματική ισχύ και τη μείωση του θορύβου και των κραδασμών. Εάν η ανανεώσιμη ενέργεια από τον ήλιο ή τον άνεμο δεν είναι άμεσα διαθέσιμη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν συμβατικές μονάδες παραγωγής ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή θα εξακολουθούν να εκπέμπονται GHG και άλλοι ρύποι, αλλά μπορούν να μειωθούν μέσω συστημάτων καθαρισμού καυσαερίων ή δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα.

Εναλλακτικά, η πυρηνική ενέργεια στην ξηρά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς εκπομπές, που θα χρησιμοποιηθεί για τη φόρτιση των μπαταριών στο πλοίο. Οι συσκευές αποθήκευσης ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας για τη χρήση ηλεκτρισμού για την πρόωση πλοίων, ενώ είναι επίσης σημαντικές για τη βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας σε υβριδικά πλοία. Υπάρχουν πολλές διαθέσιμες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας(49).

Τα συστήματα πρόωσης με μπαταρία σχεδιάζονται ήδη για μικρότερα πλοία, ενώ για τα μεγαλύτερα πλοία οι κατασκευαστές κινητήρων επικεντρώνονται σε λύσεις υβριδικών μπαταριών. Πρέπει να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις που σχετίζονται με την ασφάλεια, τη διαθεσιμότητα των χρησιμοποιούμενων υλικών και τη διάρκεια

---

<sup>22</sup> Διαδικασία ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά

ζωής, ώστε να διασφαλιστεί ότι τα πλοία με μπαταρία είναι ανταγωνιστικά προς τα συμβατικά, αλλά ο ρυθμός της τεχνολογίας προχωράει πολύ γρήγορα. Άλλες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας που μπορούν να βρουν εφαρμογές στη ναυτιλία στο μέλλον περιλαμβάνουν τους σφονδύλους, τους υπερκτυκνωτές και τις συσκευές αποθήκευσης θερμικής ενέργειας.

Η ηλεκτροκίνηση δημιούργησε έντονο ενδιαφέρον, ιδιαίτερα για τύπους πλοίων με συχνές μεταβολές φορτίου (49). Σημαντική ανάπτυξη των υβριδικών πλοίων, όπως ρυμουλκά λιμανιών, πλοία ανοικτής θαλάσσης και πόρθμεια θα πρέπει να αναμένεται μετά το 2020 και περαιτέρω εφαρμογές τεχνολογίας μπορούν να εφαρμοστούν στους γερανούς που χρησιμοποιούνται στα φορτηγά μεταφοράς φορτίου χύδην ή ακόμη και σε λιμένες. Μετά το 2030, οι βελτιώσεις στην τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας θα επιτρέψουν κάποιο βαθμό υβριδισμού για τα περισσότερα πλοία. Για τα μεγάλα πλοία, η υβριδική αρχιτεκτονική θα χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία βοηθητικών συστημάτων, ελιγμών και λιμενικών εργασιών, με σκοπό τη μείωση των τοπικών εκπομπών όταν βρίσκονται σε κατοικημένες περιοχές.



## **Βιοκαύσιμα**

Τα βιοκαύσιμα μπορούν να προέρχονται από τρεις κύριες πηγές: βρώσιμες καλλιέργειες, μη εδώδιμες καλλιέργειες (απόβλητα ή συγκομιδές που συγκομίζονται σε οριακές εκτάσεις) και άλγη, τα οποία μπορούν να αναπτυχθούν με νερό και δεν ανταγωνίζονται την παραγωγή τροφίμων. Εκτός από το ενδεχόμενο να συμβάλουν σε σημαντική μείωση των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τα βιοκαύσιμα που προέρχονται από φυτά ή οργανισμούς υποβάλλονται επίσης σε γρήγορη βιοαποικοδόμηση, θέτοντας πολύ λιγότερο κίνδυνο για το θαλάσσιο περιβάλλον σε περίπτωση διαρροών. Τα βιοκαύσιμα είναι επίσης ευέλικτα: μπορούν να αναμειχθούν με συμβατικά ορυκτά καύσιμα για την τροφοδοσία συμβατικών κινητήρων εσωτερικής καύσης, ενώ το βιοαέριο που παράγεται από απόβλητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντικατάσταση του LNG (50).

Τα βιοκαύσιμα που παράγονται από τα απόβλητα έχουν πολλά οφέλη, αλλά η εξασφάλιση του απαιτούμενου όγκου παραγωγής αποτελεί πρόκληση. Αν αναρωτηθεί κανείς ότι η απαιτούμενη γη για την παραγωγή 300 τόνων βιοντίζελ ισοδύναμου πετρελαίου με βάση τη σημερινή τεχνολογία βιοκαυσίμων πρώτης και δεύτερης γενιάς είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από το 5% της τρέχουσας γεωργικής γης στον κόσμο. Τα βιοκαύσιμα με βάση τα φύκια φαίνεται να είναι τα πιο αποτελεσματικά και η διαδικασία έχει το πρόσθετο πλεονέκτημα της κατανάλωσης σημαντικών ποσοτήτων CO<sub>2</sub>, αλλά χρειάζεται να καταβληθεί περισσότερη προσπάθεια για τον εντοπισμό των αλγών που θα ήταν κατάλληλα για αποδοτική παραγωγή μεγάλης κλίμακας (51).

Ανησυχίες σχετικά με τη μακροπρόθεσμη σταθερότητα αποθήκευσης βιοκαυσίμων στα πλοία και ζητήματα που αφορούν τη διάβρωση πρέπει επίσης να αντιμετωπιστούν. Ο πειραματισμός με τα βιοκαύσιμα έχει ήδη ξεκινήσει σε μεγάλα σκάφη και τα προκαταρκτικά αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά. Ωστόσο, η πρόοδος στην ανάπτυξη βιοκαυσίμων που προέρχονται από απόβλητα ή φύκια θα εξαρτηθεί από την τιμή του πετρελαίου και του φυσικού αερίου (50). Ως αποτέλεσμα, τα βιοκαύσιμα θα έχουν περιορισμένη διείσδυση στην αγορά καυσίμων πλοίων κατά την επόμενη δεκαετία. Εντούτοις, έως το 2030, τα βιοκαύσιμα αναμένεται να

διαδραματίσουν σημαντικότερο ρόλο, υπό την προϋπόθεση ότι μπορούν να παραχθούν με βιώσιμο τρόπο σημαντικές ποσότητες και σε ελκυστική τιμή.

### **Υδρογόνο**

Η ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή υδρογόνου, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία καυσίμου επί των πλοίων. Η λύση αυτή θα συμβάλει επίσης στην αντιμετώπιση των προκλήσεων που συνδέονται με τη διαλείπουσα φύση πολλών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το υδρογόνο είναι το μικρότερο και ελαφρύτερο από όλα τα μόρια αερίου, προσφέροντας έτσι την καλύτερη αναλογία αποθήκευσης ενέργειας από το βάρος όλων των καυσίμων. Ωστόσο, το υδρογόνο ως καύσιμο μπορεί να είναι δύσκολο και δαπανηρό για την παραγωγή, μεταφορά και αποθήκευση. Το συμπιεσμένο υδρογόνο έχει πολύ χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα κατ' όγκο που απαιτεί έξι έως επτά φορές περισσότερο χώρο από το HFO.

Το υγρό υδρογόνο, από την άλλη πλευρά, απαιτεί κρυογονική αποθήκευση σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες ( $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) που συνδέονται με μεγάλες απώλειες ενέργειας και πολύ καλά μονωμένες δεξαμενές καυσίμου. Οι κυψέλες καυσίμου είναι οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες συσκευές για τη μετατροπή της χημικής ενέργειας του υδρογόνου σε ηλεκτρική ενέργεια. Όταν διατίθεται ένας μετασχηματιστής καυσίμων, άλλα καύσιμα, όπως το φυσικό αέριο ή η μεθανόλη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδοσία μιας κυψέλης καυσίμου. Παρόλο που οι εμπειρίες από λειτουργικές διαδικασίες έχουν δείξει ότι η τεχνολογία των κυψελών καυσίμου μπορεί να αποδώσει ικανοποιητικά σε ένα θαλάσσιο περιβάλλον, είναι απαραίτητη η περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη πριν οι κυψέλες καυσίμου να χρησιμοποιηθούν για να συμπληρώσουν τις υπάρχουσες τεχνολογίες τροφοδοσίας πλοίων.

Οι προκλήσεις περιλαμβάνουν το υψηλό επενδυτικό κόστος, τις διαστάσεις και το βάρος των εγκαταστάσεων κυψελών καυσίμου και την αναμενόμενη διάρκεια ζωής τους. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην αποθήκευση υδρογόνου στα πλοία, προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφαλής λειτουργία. Απαιτούνται σημαντικές βελτιώσεις στην τεχνολογία, συνοδευόμενες από μείωση του κόστους, προκειμένου να καταστούν ανταγωνιστικές τα κυψέλες καυσίμου για τα πλοία. Με την πρόσφατη

εμπορευματοποίηση ορισμένων εφαρμογών κυψελών καυσίμου στην ξηρά, υπάρχει λόγος να πιστεύουμε ότι το κόστος θα μειωθεί. Για τις εφαρμογές στα πλοία, η μείωση του μεγέθους και του βάρους είναι επίσης εξαιρετικής σημασίας, ενώ η ανταπόκριση στα παροδικά φορτία παραμένει επίσης ένα μεγάλο ζήτημα. Οι κυψέλες καυσίμου μπορούν να αποτελέσουν μέρος της μελλοντικής παραγωγής ενέργειας στα πλοία και στο εγγύς μέλλον θα είναι δυνατόν να δούμε επιτυχημένες εξειδικευμένες εφαρμογές για ορισμένα πλοία, ιδιαίτερα σε συνδυασμό με συστήματα υβριδικών συσσωρευτών.

### **Άλλες επιλογές υγρών ή αέριων καυσίμων**

Ορισμένα υγρά καύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κινητήρες διπλού καυσίμου, ως υποκατάστατο του πετρελαίου. Συνήθως, χρησιμοποιείται μικρή ποσότητα ναυτιλιακού καυσίμου για να ξεκινήσει η διαδικασία ανάφλεξης, ακολουθούμενη από καύση του επιλεγμένου εναλλακτικού καυσίμου. Μερικά από τα καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι το υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG-μίγμα προπανίου και βουτανίου), μεθανόλη, αιθανόλη και διμεθυλαιθέρας (DME).

Τα περισσότερα από αυτά τα καύσιμα προσφέρουν σημαντικές μειώσεις των εκπομπών NO<sub>x</sub> και σωματιδίων, ενώ είναι απαλλαγμένες από θείο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συμμόρφωση με τους κανονισμούς των ECA. Οι κατασκευαστές ναυτιλιακών κινητήρων προσφέρουν κινητήρες διπλού καυσίμου που μπορούν να λειτουργούν με τις επιλογές καυσίμων που αναφέρονται παραπάνω. Ανάλογα με τον τύπο καυσίμου, απαιτούνται ειδικά σχέδια για δεξαμενές καυσίμων και σωληνώσεις.

Τον Ιούλιο του 2013, η DNV δημοσίευσε κανόνες για τη χρήση υγρών καυσίμων χαμηλών σημείων ανάφλεξης (LFL)<sup>23</sup>, όπως η μεθανόλη, ως ναυτιλιακό καύσιμο. Το ενδιαφέρον για τη μεθανόλη ως καύσιμο πλοίων αυξάνεται στη Σουηδία, ανταποκρινόμενο στην ανάγκη μείωσης των εκπομπών NO<sub>x</sub> και SO<sub>x</sub>. Η μεθανόλη έχει σχετικά χαμηλό σημείο ανάφλεξης, είναι τοξική όταν έρχεται σε επαφή με το δέρμα ή όταν εισπνέεται ή απορροφάται και ο ατμός του είναι πυκνότερος από τον

---

<sup>23</sup> Κατώτερο Όριο Ευφλεκτότητας ή Εκρηκτικότητας (Lower Flammable Limit)

αέρα. Ως αποτέλεσμα αυτών των ιδιοτήτων, απαιτούνται επιπλέον φράγματα ασφαλείας από την DNV GL.

Η νέα υποχρεωτική σημείωση LFL FUELED καλύπτει πτυχές όπως υλικά, διαρρύθμιση, πυρασφάλεια, ηλεκτρικά συστήματα, έλεγχος και παρακολούθηση, εξαρτήματα μηχανημάτων και ορισμένες παραμέτρους για το συγκεκριμένο τμήμα του πλοίου. Λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας όλων αυτών των καυσίμων, δεν αναμένεται να διεισδύσουν στους τομείς θαλάσσιων μεταφορών στο εγγύς και μεσοπρόθεσμο μέλλον. Ωστόσο, μπορούν να αποτελέσουν σημαντικά μέρη τοπικές αγορές.

### **Πυρηνική πρόωση**

Η πυρηνική ενέργεια είναι μια μάλλον αμφιλεγόμενη τεχνολογία που μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στη ναυτιλία, ανάλογα με τις τεχνολογικές εξελίξεις και την κοινωνική αποδοχή. Το πυρηνικό υλικό ορίζεται από τον Διεθνή Οργανισμό Ατομικής Ενέργειας ως το ουράνιο, πλουτόνιο και θόριο. Για να αποφευχθεί το ενδεχόμενο το πυρηνικό υλικό να χρησιμοποιηθεί για όπλα, τα πλοία πυρηνικής ενέργειας θα πρέπει να κινούνται με πυρηνικά υλικά χαμηλής εμπλουτισμού. Παρόλο που δεν θεωρείται μια πραγματικά βιώσιμη ενεργειακή εναλλακτική λύση, λόγω της χρήσης περιορισμένων πόρων, έχει προφανές πλεονέκτημα ότι δεν εκπέμπει κανένα GHG, με εξαίρεση τις εκπομπές που σχετίζονται με το χειρισμό των πυρηνικών υλικών.

Η πυρηνική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόωση σε πολύ μεγάλα πλοία, ή σε σκάφη που πρέπει να αυτό-υποστηρίζονται για μεγαλύτερες περιόδους. Ο ρωσικός στόλος παγοθραυστικών που λειτουργεί στη βόρεια διαδρομή είναι ένα παράδειγμα όπου η πυρηνική ενέργεια είναι πλήρως προσαρμοσμένη. Επιπλέον, λειτουργούν σήμερα αρκετά πυρηνικά πλοία. Ωστόσο, πολύ λίγα εμπορικά πλοία πυρηνικής ενέργειας έχουν κατασκευαστεί, και όλα αυτά χωρίς εμπορική επιτυχία. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από πυρηνικά εργοστάσια στην ξηρά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για ηλεκτροδότηση ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά, για τη φόρτωση μπαταριών από 100% ηλεκτρικά πλοία ή για την παροχή της απαραίτητης ενέργειας για την παραγωγή άλλων καυσίμων, όπως τα βιοκαύσιμα ή το υδρογόνο.

Υπάρχουν αρκετές έννοιες για τους πυκνούς πυρηνικούς αντιδραστήρες που μελετώνται, που κυμαίνονται από 30MWe έως 200MWe σε ισχύ εξόδου, όλα με περισσότερο από 10 χρόνια ζωής. Ένα σημαντικό εμπόδιο που πρέπει να ξεπεραστεί σχετίζεται με την ασφαλή αποθήκευση και ανακύκλωση των αναλωμένων καυσίμων. Η χρήση του θορίου ως πυρηνικού καυσίμου (αντί του ουρανίου ή του πλουτωνίου που χρησιμοποιείται σήμερα) μπορεί επίσης να προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα: υψηλότερη διαθεσιμότητα καυσίμων, υψηλότερη απόδοση και μειωμένη παραγωγή πυρηνικών αποβλήτων. Το οξείδιο του θείου μπορεί να αναμειχθεί με 10% οξείδιο του πλουτωνίου, το οποίο προσφέρει επίσης έναν τρόπο ανακύκλωσης του πλουτωνίου. Το μίγμα οξειδίου του θορίου και του πλουτωνίου αυξάνει το σημείο τήξης και την θερμική αγωγιμότητα, με αποτέλεσμα να έχουμε ασφαλέστερους αντιδραστήρες.

Ένας πειραματικός αντιδραστήρας θορίου δοκιμάζεται επί του παρόντος στη Νορβηγία, προκειμένου να αξιολογηθεί η σκοπιμότητα αυτής της τεχνολογίας. Η πυρηνική ενέργεια είναι μία από τις πιο αμφιλεγόμενες τεχνολογίες παραγωγής και προώθησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Ενώ τα πρότυπα ασφαλείας είναι πολύ υψηλά και ο αριθμός των ατυχημάτων πολύ χαμηλός, οι συνέπειες ενός ατυχήματος Θρί Μάιλ Αϊλαντ, του 1979, του Τσερνομπίλ του 1986 και του Φουκουσίμα, 2011) καταδεικνύει τον αντίκτυπο ενός ατυχήματος στη διαμόρφωση της κοινής γνώμης και των πολιτικών αποφάσεων.

Το πιο πρόσφατο παράδειγμα είναι η απότομη αλλαγή της κατεύθυνσης στη Γερμανία με δραστική μείωση της πυρηνικής ενέργειας αμέσως μετά το ατύχημα στη Φουκουσίμα το 2011. Δεδομένης της δημόσιας αντίθεσης στην πυρηνική ενέργεια στις περισσότερες χώρες και των φόβων που σχετίζονται με ενδεχόμενες συνέπειες από τα ατυχήματα, φαίνεται πολύ απίθανο ότι η πυρηνική πρόωση θα υιοθετηθεί στη ναυτιλία μέσα στα επόμενα 10-20 χρόνια. Η παραγωγή πυρηνικής ενέργειας στην ξηρά θα παραμείνει στα σημερινά επίπεδα, κυρίως λόγω των εξελίξεων στην Κίνα. Η εικόνα αυτή θα μπορούσε να αλλάξει μετά το 2030, υπό την προϋπόθεση ότι η κοινωνική αποδοχή αυξάνεται και άλλες προσπάθειες για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου δεν αποδεικνύονται τόσο αποτελεσματικές όσο επιθυμούν.

### 5.3 Αξιολόγηση καυσίμων για πρόωση

Τα εναλλακτικά καύσιμα μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα της ναυτιλίας (52). Για να μπορέσει να αναλυθεί η βιωσιμότητα των καυσίμων, απαιτούνται ποσοτικά στοιχεία ώστε να τεθούν τα πράγματα σε μία προοπτική. Αυτό μπορεί να γίνει με την πραγματοποίηση εκτιμήσεων κύκλου ζωής (LCA) καυσίμων πλοίων, τα οποία επιτρέπουν τη σύγκριση μεταξύ διαφορετικών οδών καυσίμων κατά μήκος της ενεργειακής αλυσίδας αξίας.

Τα αποτελέσματα ενός κύκλου ζωής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος κάθε καυσίμου. Αυτά τα είδη αξιολογήσεων είναι πολύπλοκα και τα επιλεγμένα σενάρια επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα. Ενώ οι κύκλοι ζωής εναλλακτικών καυσίμων για τον κλάδο της αυτοκινητοβιομηχανίας ή οι αποκαλούμενες μελέτες Well-To-Wheel έχουν διεξαχθεί εδώ και πολύ καιρό (53), οι κύκλοι ζωής εναλλακτικών καυσίμων (Well-to-Propeller) για τον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών είναι σχετικά κάτι νέο (54). Αυτό οφείλεται εν μέρει στην πρόσφατη εστίαση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από δραστηριότητες θαλάσσιων μεταφορών και στις πιο περιοριστικές επικείμενες κανονιστικές ρυθμίσεις τόσο για την ποιότητα του αέρα όσο και για τα αέρια του θερμοκηπίου.

Μεταξύ των πρόσφατων διαθέσιμων μελετών θετικής πρόθεσης επιβάρυνσης WTP είναι εκείνες που πραγματοποιήθηκαν στο Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Τσάλμερς (54), για τα HFO, MGO, GTL FT ντίζελ, LNG και LBG, στο TNO (55) , MGO / MDO και EN590 Τα αποτελέσματα αυτών των μελετών δείχνουν ότι υπάρχουν δυνατότητες μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την προοπτική του κύκλου ζωής, ανάλογα με την επιλογή των καυσίμων. Ορισμένα καύσιμα, όπως CNG ή FT-diesel, θα μπορούσαν, ανάλογα με τις μεθόδους παραγωγής τους, να είναι χειρότερα από το συμβατικό ντίζελ όταν πρόκειται για εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η τρέχουσα μελέτη Well-To-Propeller των εναλλακτικών καυσίμων για τις θαλάσσιες μεταφορές αξιολογεί τις πιθανές κλιματικές επιπτώσεις των συστημάτων εναλλακτικών καυσίμων σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής τους, από

την γεώτρηση πετρελαίου και φυσικού αερίου (ή από τη γεωργία) μέχρι την πρόωση του πλοίου (53).

#### 5.4 Όραμα για το μέλλον

Η εισαγωγή οποιασδήποτε εναλλακτικής πηγής ενέργειας θα πραγματοποιηθεί με πολύ αργό ρυθμό αρχικά καθώς οι τεχνολογίες θα ωριμάσουν και θα είναι διαθέσιμη η απαραίτητη υποδομή. Επιπλέον, η εισαγωγή οποιουδήποτε νέου καυσίμου πιθανότατα θα πραγματοποιηθεί πρώτα στις περιοχές όπου η προσφορά καυσίμων θα είναι ασφαλής μακροπρόθεσμα. Λόγω της αβεβαιότητας που σχετίζεται με την ανάπτυξη κατάλληλης υποδομής, οι νέοι φορείς ενέργειας θα χρησιμοποιηθούν πρώτα σε μικρότερα πλοία μικρών αποστάσεων. Καθώς οι τεχνολογίες ωριμάζουν και η υποδομή αρχίζει να αναπτύσσεται, κάθε νέο καύσιμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγαλύτερα σκάφη, και τελικά σε πλοία που κάνουν υπερατλαντικά ταξίδια, υπό τον όρο ότι θα είναι διαθέσιμη η παγκόσμια υποδομή.

Επί του παρόντος, το LNG αντιπροσωπεύει το πρώτο και πιθανότερο εναλλακτικό καύσιμο που πρέπει να θεωρηθεί ως γνήσιο αντικαταστάτη του HFO για τα πλοία που θα κατασκευάζονται μετά το 2020. Η υιοθέτηση του LNG θα βασίζεται στην εξέλιξη των τιμών των καυσίμων, στην τεχνολογία, στη ρύθμιση, στην αύξηση της διαθεσιμότητας φυσικού αερίου και στην ανάπτυξη της κατάλληλης υποδομής. Η εισαγωγή μπαταριών σε πλοία για την υποβοήθηση της πρόωσης και των βοηθητικών απαιτήσεων ισχύος αποτελεί επίσης πολλά υποσχόμενη πηγή ενέργειας χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα. Οι τύποι πλοίων που συμμετέχουν σε συχνές μεταβατικές λειτουργίες (όπως δυναμική τοποθέτηση, συχνόι ελιγμοί κ.λπ.) μπορούν να ωφεληθούν περισσότερο από την εισαγωγή μπαταριών μέσω υβριδικής διαμόρφωσης.

Επιπλέον, οι συσκευές αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με συστήματα ανάκτησης θερμότητας για τη βελτιστοποίηση της χρήσης ενέργειας επί του πλοίου. Η διαδικασία ηλεκτροδότησης ελλιμενισμένων πλοίων από την ξηρά μπορεί να γίνει μια τυπική διαδικασία σε πολλά λιμάνια σε όλο τον κόσμο. Ο ρυθμός ανάπτυξης άλλων εναλλακτικών καυσίμων, ιδίως των βιοκαυσίμων που

παράγονται από βιομάζα αποβλήτων που διατίθεται στο τοπικό επίπεδο, θα επιταχυνθεί. Πράγματι, είναι πιθανό ορισμένα βιοκαύσιμα να είναι διαθέσιμα σε διάφορα μέρη του κόσμου μετά το 2030.

Ωστόσο, η αποδοχή των βιοκαυσίμων στις υπερατλαντικές μεταφορές μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο εάν τα καύσιμα αυτά μπορούν να παραχθούν σε μεγάλες ποσότητες και σε ανταγωνιστικές τιμές σε όλο τον κόσμο. Οι συνεχείς νέες εφαρμογές στην ναυτιλία για ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ηλιακή, αιολική) θα συνεχίσουν να αναπτύσσονται, αλλά δεν είναι σαφές εάν αυτές θα έχουν σημαντικό αντίκτυπο στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Η πυρηνική ενέργεια δεν είναι πιθανό να είναι ένα προτιμώμενο εναλλακτικό καύσιμο πέρα από μερικά εξειδικευμένα τμήματα, επομένως δεν αναμένεται να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Ωστόσο, σε περίπτωση που ο αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής αυξηθεί σε επίπεδο όπου οι απαιτούμενες μειώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου γίνονται σημαντικά μεγαλύτερες, αυτές οι τεχνολογίες θα μπορούσαν να διαδραματίσουν κάποιο ρόλο.

Υπάρχουν πολλές πιθανές λύσεις για τη βελτίωση της βιωσιμότητας της ναυτιλίας στο μέλλον, αλλά εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικοί τεχνολογικοί φραγμοί. Είναι πολύ πιθανό ότι στο μέλλον θα υπάρξει ένα πιο διαφοροποιημένο μείγμα καυσίμων όπου το LNG, τα βιοκαύσιμα, η ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια και ίσως το υδρογόνο παίζουν σημαντικό ρόλο. Η ηλεκτροδότηση και η αποθήκευση ενέργειας επιτρέπουν τη χρήση ευρύτερου φάσματος πηγών ενέργειας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια μπορούν να παραχθούν και να αποθηκευτούν για χρήση σε πλοία είτε σε μπαταρίες είτε ως υδρογόνο.

Εκτός από τους κανόνες του IMO και τα πρότυπα ISO, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη κατάλληλων κανόνων και συνιστώμενων πρακτικών για την ασφαλή εφαρμογή οποιασδήποτε από αυτές τις τεχνολογίες στο μέλλον. Για να επιτευχθεί αυτό, ο ρόλος των Νηογνομόνων θα είναι καθοριστικός. Εκτός από τους κανόνες του IMO και τα πρότυπα ISO, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη κατάλληλων κανόνων και συνιστομένων πρακτικών για την ασφαλή εφαρμογή οποιασδήποτε από αυτές τις τεχνολογίες στο μέλλον. Για να επιτευχθεί αυτό, ο ρόλος των κοινωνιών κλάσης θα είναι καθοριστικός. Η υιοθέτηση νέων τεχνολογιών είναι πιθανόν να είναι μια δυσάρεστη



θέση για τους πλοιοκτήτες. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η εμπιστοσύνη ότι οι τεχνολογίες θα λειτουργήσουν όπως προβλέπεται, είναι επίσης πιθανό να χρησιμοποιηθούν ευρύτερα τεχνολογικές πιστοποιήσεις από τρίτα ουδέτερα μέρη, όπως οι νηογνώμονες, πιθανότερο να χρησιμοποιηθούν ευρύτερα.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ναυτιλία είναι μια διεθνής βιομηχανία, οι περισσότερες αποστολές της αναλαμβάνουν ταχέως μια παγκόσμια διάσταση και για το λόγο αυτό θα πρέπει ιδανικά να ρυθμιστεί όχι μόνο σε διεθνές αλλά κυρίως σε ομοιόμορφη βάση. Η ομοιομορφία είναι επιθυμητή για την προώθηση της ασφάλειας όσον αφορά την εφαρμογή του νόμου στα πολλαπλά μέλη που αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον ναυτικό δίκαιο. Η ομοιομορφία επιτυγχάνεται όχι μόνο διασφαλίζοντας ότι οι συμβάσεις εφαρμόζονται σε εθνικό επίπεδο χωρίς αλλαγές στο κείμενο, αλλά και μεριμνώντας ώστε η ερμηνεία τους να μην διαφέρει από χώρα σε χώρα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε μία εκτενής ανάλυση των ναυτιλιακών καυσίμων και της απόδοσης τους. Η πραγματική αλλαγή στη θαλάσσια πρόωση των τελευταίων χρόνων δεν ήταν οι τύποι των εγκατεστημένων κινητήρων, αλλά τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται από αυτούς. Οι κανονιστικές και περιβαλλοντικές αλλαγές μετατοπίζουν τη βιομηχανία μακριά από την αποκλειστική χρήση του HFO, προς καθαρότερα καύσιμα απόσταξης. Το LNG υφίσταται ριζική μετατόπιση καθώς καθίσταται λιγότερο δημοφιλής ως καύσιμο για τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG), αλλά πιο συνηθισμένο σε φιλικό προς το περιβάλλον για τα πορθμεία, ρυμουλκά και λειτουργίες εντός του λιμένα. Ακόμα και η πυρηνική ενέργεια για τα εμπορικά πλοία είναι στην ουσία μια παλιά ιδέα που αναστήθηκε. Σε αυτή χρονική στιγμή, η επιλογή του κύριου κινητήρα πρέπει να είναι μια ισορροπία της σύγχρονης περιβαλλοντικής συνείδησης και της παλαιάς οικονομικής κατανόησης.

Στο τρίτο κεφάλαιο η διατριβή επικεντρώθηκε στην αγορά των ναυτιλιακών καυσίμων. Το συμπέρασμα του κεφαλαίου είναι ότι δεν υπάρχει κανένας αλάνθαστος τρόπος να προστατευθεί ένα πλοίο από τις ποσοτικές αποκλίσεις. Οι προσπάθειες μπορούν να γίνουν με την πρόσληψη τρίτων, αλλά η πραγματική λύση έγκειται στη διαφάνεια και τη γνώση της αγοράς. Το πλήρωμα του πλοίου θα πρέπει να ενημερώνεται σχετικά με τα αναμενόμενα ζητήματα, ώστε να μπορεί να βοηθήσει τον ενδεχόμενο επιθεωρητή ανεφοδιασμού καυσίμων. Με τη γνώση, μερικές από τις πιο απλές τρόπους ποσοτικές αποκλίσεις μπορούν να αποκατασταθούν, όπως η υπογραφή

του BDR ή ο μη έλεγχο των δεξαμενών. Αυτό θα μπορούσε να ασκήσει πίεση στους προμηθευτές. Ένας καλά πληροφορημένος τεχνικός επικεφαλής και πλήρωμα είναι πιο δύσκολο να ξεγελαστούν. Η διαφάνεια της βιομηχανίας και της αγοράς είναι επίσης σημαντική. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη γνώση και την εκπαίδευση σχετικά με το πρόβλημα και με μελλοντική έρευνα για την εξεύρεση νέων τεχνικών μέσων που θα μπορούσαν να βοηθήσουν. Ένας πιο αυστηρός έλεγχος αυτών θα μπορούσε ενδεχομένως να οδηγήσει σε μια αυστηρότερη πολιτική παράδοσης και να καταστήσει αυτές τις πληροφορίες εύκολα προσβάσιμες για τον αγοραστή. Συνοψίζοντας, το ζήτημα που χρίζει λύσης, πρόκειται για ζήτημα εμπιστοσύνης και σχέσεων και υπήρξε από τότε που άρχισε η αγορά το 1985. Δεν θα υπάρξει μια απλή λύση ή ένας αλάνθαστος τρόπος για να σταματήσει αυτό. Δεν υπάρχει ακόμα λύση στο πρόβλημα μέσω διαδικασιών ή τεχνικής ανάπτυξης, παρόλο που έχουν περάσει 20 χρόνια από την εμφάνιση των προβλημάτων.

Το τέταρτο κεφάλαιο έχει να κάνει με το θεσμικό πλαίσιο σχετικά με την ρύπανση από τις λειτουργίες πετρέλευσης μεταξύ πλοίων. Η υιοθέτηση της σύμβασης Bunker υπό την αιγίδα του IMO αντιπροσωπεύει ένα από τα τελευταία διεθνή μέτρα που καλύπτει τα κενά που αφορούν την θαλάσσια ρύπανση από πλοία. Η είσοδος της σύμβασης σε ισχύ το Νοέμβριο του 2008 αναμφισβήτητα δείχνει ότι τη συνεχή αύξηση της περιβαλλοντική συνείδησης του κόσμου, λαμβάνοντας τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Παρά τις προσπάθειες αυτές, δεν μπορεί να θεωρηθεί δεδομένο το γεγονός ότι ορισμένες πτυχές της σύμβασης αποτυγχάνουν να αντιμετωπίσουν σχετικά ζητήματα (ή μάλλον να τα αντιμετωπίζουν με μη ολοκληρωμένο τρόπο), θέτοντας ορισμένα ερωτήματα σχετικά με την πρακτική ερμηνεία και εφαρμογή της.

Πρώτον, παρόλο που η επιβολή αντικειμενικής ευθύνης σε τέσσερα μέρη (σε συνδυασμό με την έλλειψη αντίστοιχης διάταξης που απαλλάσσει άλλους δυνητικά υπεύθυνους από την ευθύνη) αυξάνει αμφισβητήσιμα τις δυνατότητες αποκατάστασης της αποζημίωσης για τα θύματα, μπορεί επίσης να οδηγήσει σε πρακτικά προβλήματα σχετικά με την κατανομή της ευθύνης μεταξύ των μερών και των ασφαλιστών τους. Δεύτερον, η ανακρίβεια της διάταξης για τον καθορισμό του ισχύοντος καθεστώτος περιορισμού του καθεστώτος ευθύνης σε ισχυρισμούς πετρελαϊκής ρύπανσης θα δημιουργήσει αναπόφευκτα αβεβαιότητα ως προς το ποια

ποσά περιορισμού πρόκειται πράγματι να ακολουθηθούν, σε τέτοιο βαθμό που τα συμβαλλόμενα κράτη είναι κατά κάποιο τρόπο ελεύθερα να καθορίσουν τη δική τους εθνική νομοθεσία που ρυθμίζει το θέμα. Ως εκ τούτου, υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα τα όρια που προβλέπονται στη σχετική νομοθεσία να μην επαρκούν για να καλύψουν το σύνολο των απαιτήσεων.

Τα ακόλουθα συμπεράσματα έχουν επιτευχθεί ως αποτέλεσμα του κεφαλαίου 5. Το μέλλον των καυσίμων πλοίων φαίνεται να είναι ένας συνδυασμός τύπων καυσίμων με νέες τεχνολογίες πρόωσης και μετεπεξεργασία συστημάτων καυσίμων ή / και συστημάτων εκπομπών. Δεδομένων των περιβαλλοντικών προκλήσεων που αντιμετωπίζει η ναυτιλιακή βιομηχανία για τη μείωση των εκπομπών SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM και CO<sub>2</sub>, θα υπάρξουν αλλαγές στο μείγμα καυσίμων που χρησιμοποιούν οι πλοιοκτήτες καθώς προσπαθούν να ανταποκριθούν στις διεθνείς και τοπικές απαιτήσεις εκπομπών καυσαερίων. Έτσι ως αποτέλεσμα, δεν θα είναι πλέον "ένα μέγεθος που ταιριάζει σε όλους".

Για το σημερινό και άμεσο μέλλον, η χρήση ορυκτών καυσίμων θα συνεχίσει να είναι το κυρίαρχο καύσιμο με διάφορα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των απαιτήσεων χαμηλότερο από 1% περιεκτικότητα θείου στα καύσιμα. Μία πιθανή λύση είναι η χρήση καυσίμου χαμηλής περιεκτικότητας θείου. Επίσης ένα σύστημα διπλού καυσίμου, το οποίο θα επιτρέπει στους πλοιοκτήτες να εναλλάσσουν τα καύσιμα, επιλέγοντας αυτά της χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο στις περιοχές όπου χρειάζεται. Όπως γίνεται αντιληπτό, είναι δύσκολο να βρεθεί μια στρατηγική που να ικανοποιεί όλες τις απαιτήσεις.

Με την άφιξη του ορίου ρύθμισης του θείου 0,1% για τον έλεγχο εκπομπής του 2015, ορισμένοι προβλέπουν τη μετάβαση στο κυριότερο απόσταγμα καυσίμου, υποθέτοντας ότι δεν θα είναι διαθέσιμο ένα LSRF 0,1%. η τάση αυτή προβλέπεται να διαρκέσει μέχρι το 2020. Τα scrubbers είναι μια βιώσιμη εναλλακτική λύση για τη χρήση καυσίμων χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο και έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές σε θαλάσσιες εγκαταστάσεις, αυτήν την στιγμή ωστόσο, δεν υπάρχουν πολλές εγκαταστάσεις, που να επαρκούν για να δείξουν σημαντική τάση προς τη χρήση τους έναντι χρήσης καυσίμων χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο.

Το φυσικό αέριο που αποθηκεύεται ως LNG αποτελεί σίγουρα ένα βιώσιμο εναλλακτικό καύσιμο κίνησης για τα πλοία και έχει αποδειχθεί πολλές φορές στα πλοία σε σταθερές και παράκτιες εμπορικές οδούς και εξακολουθεί να εμφανίζεται σε νεόκτιστα πλοία που θα χρησιμοποιούν συστήματα καυσίμου LNG και κινητήρες αερίου. Η ανάπτυξη ενός παγκόσμιου συστήματος ανεφοδιασμού LNG είναι ζωτικής σημασίας για την επέκταση της χρήσης αυτού του καυσίμου στα μεγαλύτερα μεγέθη πλοίων που ταξιδεύουν σε διεθνείς διαδρομές.

Το LNG θα πρέπει να παραμείνει ανταγωνιστικό ως προς το κόστος των θαλάσσιων ορυκτών καυσίμων για το προσεχές μέλλον και να παρέχει ισχυρό κίνητρο για τα νέα πλοία που θα διαθέτουν κινητήρες αερίου και συστήματα καυσίμου LNG. Το υψηλότερο αρχικό κόστος κατασκευής πλοίου με φυσικό αέριο μπορεί να ανακτηθεί καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του από το χαμηλότερο κόστος καυσίμων. Επιπλέον, τα πλοία που τροφοδοτούνται με υγραέριο και τα οποία ξοδεύουν μεγάλο μέρος του χρόνου λειτουργίας τους σε ECAs θα είναι σε θέση να συμμορφωθούν με τις απαιτήσεις χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο χωρίς να χρειάζεται να αλλάξουν καύσιμα ή να προσθέσουν συσκευές εκπομπής καυσαερίων για τη μείωση SO<sub>x</sub> και NO<sub>x</sub> αντίστοιχα.

Για τη συμμόρφωση με τα NO<sub>x</sub> το 2016 για τα νέα πλοία που λειτουργούν σε περιοχές ECA, η συναίνεση φαίνεται να είναι ότι τα εν λόγω πλοία θα είναι εξοπλισμένα με συσκευές μετεπεξεργασίας για τη μείωση των εκπομπών NO<sub>x</sub>. Τα πλοία που χρησιμοποιούν κινητήρες αερίου μπορεί να είναι σε θέση να συμμορφωθούν χωρίς την ανάγκη για συσκευή μετεπεξεργασίας. Υπάρχουν διαθέσιμοι κινητήρες αερίου που πιστοποιούνται ότι συμμορφώνονται με τα όρια του NOM Tier 3 NO<sub>x</sub>.

Η συμμόρφωση με τις νέες απαιτήσεις σχετικά με τις εκπομπές θα αυξήσει τα λειτουργικά έξοδα για τους πλοιοκτήτες και τους φορείς εκμετάλλευσης όσον αφορά τα νέα πλοία που θα έχουν πιο περίπλοκα συστήματα καυσίμων (και ίσως συσκευές μετεπεξεργασίας) σχετικά με τα ακριβότερα καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, όταν βρίσκονται στα ECAs και σε άλλους λιμένες συμμόρφωσης με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο και σε παράκτια ύδατα. Ορισμένα υπάρχοντα πλοία ενδέχεται

επίσης να πρέπει να επανεγκαταστήσουν διπλά συστήματα ορυκτών καυσίμων για την εναλλαγή καυσίμου όταν μπαίνουν σε ECAs.

Τα βιοκαύσιμα δεν φαίνεται να αποτελούν εναλλακτική λύση, δεδομένης της περιορισμένης διαθεσιμότητάς τους και του υψηλού κόστους τους. Συγκεκριμένα, το βιοντίζελ FAME δεν φαίνεται να αποτελεί καλό υποψήφιο για ναυτιλιακή χρήση στα μεγάλα πλοία λόγω των ποιοτικών ζητημάτων. Τέλος σχετικά με το καύσιμο LNG, με μια εκτίμηση που μπορεί να γίνει, η χρήση του ως καύσιμο στα πλοία εκτιμάται ότι θα αυξηθεί σε 15 τόνους ετησίως έως το 2020 σε πιθανό 66 εκατομμύρια τόνους το 2025.

## Βιβλιογραφία-Πηγές

1. Genco Shipping & Trading Limited, 2012. Industry. *Available:* <http://www.gencoshipping.com/industry.html>. Last accessed 22nd September, 2017.
2. UNCTAD (2013a). *Review of Maritime Transport 2014*. United Nations publication. Sales No. E.14.II.D.5. New York and Geneva.
3. Draffin N, Segar M. An introduction to bunkering. Adderbury: Petrosport Ltd; 2012.
4. Stopford, M. (2013). *Maritime Economics*. Hoboken: Taylor and Francis
5. Holt D. Crude oil. Market Rasen: Total-E-Bound; 2008.
6. Nigel Draffin. Petrosport Limited 2012. ‘ An Introduction to Bunkering, pp.1-88
7. Wauquier J.-P., ‘Crude Oil Petroleum Products Process’, Editions Technip, IFP Publications, 1995, pp. 97
8. Δημήτρης Σ. Σταματόπουλος & Βασίλης Δ. Σταματόπουλος 2008. Εκδόσεις ELSSI ΕΠΕ. ‘Καύσιμα Ναυτιλίας’, pp.25-50, pp. 52-70, pp. 102-186
9. Edwin Lampert ‘HFO is the industry future fuel... for now’. Marine Fuels & Lubes, September 2012, page 3
10. McBirnie S. Marine, Steam Engines, and Turbines. Burlington: Elsevier Science; 1980.
11. ROPER S. HAND-BOOK OF LAND AND MARINE ENGINES. [S.I.]: FORGOTTEN BOOKS; 2016.
12. L. Larsson et. al., 2010, “The Principles of Naval Architecture Series: Ship Resistance and Flow,” pp. 196-201.
13. Clarksons, 2008. CSIW [*Clarkson Shipping Intelligence Weekly*]. 16 May 2008, London: Clarksons.
14. Clarksons, 2012a. CSIW [*Clarkson Shipping Intelligence Weekly*]. 20 January 2012, London: Clarksons.
15. Fisher, C., & Lux, J. (2004). *Bunkers, An analysis of the Practical, Technical and Legal Issues*. London: Petrosport Limited.
16. Christian E. M. Plum and Peter Neergaard Jensen. Minimization of bunker costs. Master’s thesis, 2007.
17. Cockett, N. (1997). *Neil Cockett on bunkers*. London: Mendip Communications Ltd.

18. *Platts McGraw Hill Financial*. (2013, November 17). Retrieved from <http://www.platts.com/products/bunkerwire>
19. Bracken, R. S. (2000). *Bunker claims prevention*. Twickenham: Anchorage press.
20. Streifel S. Review and outlook for the world oil market. Washington, D.C.: World Bank; 1995.
21. UNCTAD. (2010). *Oil prices and Maritime Freight Rates: An empirical Investigation*. UNCTAD/DTL/TLB/2009/2. April.
22. European Commission. (2003). *Advice on Marine Fuel*. Retrieved 18 June, 2007 from World Wide Web: [http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/beicipfranlab\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/beicipfranlab_report.pdf).
23. Kavussanos, M. & Visvikis, I. (2006a). Shipping freight derivatives: a survey of recent evidence. *Maritime Policy and Management*, 33 (3), 233-255.
24. Ma, S. (2006). *Maritime Economics*. Unpublished lecture handout, World Maritime University, Malmö, Sweden.
25. Haushalter, D. (2000). Financing policy, basis risk, and corporate hedging: evidence from oil and gas producers. *The Journal of Finance*, 55 (1), 107-152.
26. Alizadeh, A. & Kavussanos, M. & Menachof, D. (2004). Hedging against bunker price fluctuations using petroleum futures contracts; constant versus timevarying hedge ratios. *Applied Economics*, 36 (12), 1337-1353.
27. Alizadeh, H. & Nomikos, K. (2004). The efficiency of the forward bunker market. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 7 (3), 281- 296.
28. Hansen, B. (2007). *Maersk Presentation at WMU 2007*. Unpublished lecture handout, World Maritime University, Malmö, Sweden.
29. Lloyd's Shipping Economist. (1997). Hedging against the downturn: mitigating the risks in an uncertain freight environment. In *proceedings of the 9th International LSE [Lloyd's Shipping Economist] Shipping Finance Conference*, London, 21-22 November 1996. London: LLP.
30. Jorion, P. & Jin, Y. (2006). Firm value and hedging: evidence from U.S. oil and gas producers. *The Journal of Finance*, 61 (2), 893-919.
31. Matthew, T. & Michael, S. (2000). Hedging multiple price uncertainty in international grain trade. *American Journal of Agricultural Economics*, 8 (4), 881-896.
32. De Angelis D, Ravid S. Input Hedging, Output Hedging, and Market Power. *Journal of Economics & Management Strategy*. 2016;26(1):123-151.



33. Trevor Harrison. (2010). *Legal issues in bunkering*. Petrosport Limited. Bunkering and Fuel Consumption. *Safety of Sea Transportation*. [Online] 2017;: 68–68. Available from: doi:10.1201/9781315099088-11
34. Draffin, N. and Segar, M. (2012). *An introduction to bunkering*. Adderbury: Petrosport Ltd.
35. Code of practice for bunkering. (2008). Singapore: SPRING Singapore.
36. Limitation of liability for maritime claims. (2016). London: IMO.
37. Karim, M. (2016). *Prevention of pollution of the marine environment from vessels*. [S.l.]: Springer International Pu.
38. Tsimplis, M.N., Dr. (2005). *The Bunker Pollution Convention 2001: completing and harmonizing the liability regime for oil pollution from ships?* In Lloyd's Maritime and Commercial Law Quarterly , pp. 83-100.
39. Tsimplis, M.N., Dr. (2008). *Marine Pollution from Shipping Activities*. In *The Journal of International Maritime Law*. 14(2). Oxford: Lawtext Publishing. pp. 101-152.
40. Zhu, L. (2007). *Compulsory Insurance and Compensation for Bunker Oil Pollution Damage*. New York: Springer
41. Mensah, T.A. (2007). *Prevention of Marine Pollution: The Contribution of IMO*. In Basedow, J. & Magnus, Ul., eds. *Pollution of the Sea – Prevention and Compensation*. New York: Springer. pp. 41-61.
42. Acciaro M., Chryssakis, C., Eide, M.S., Endresen, Ø. (2012). *Potential CO2 Reduction from Energy Mix Changes in the World Fleet* . 2012 International Association of Maritime Economists (IAME) Conference. Taipei: Taiwan.
43. Agrawal H. *Analyses and impacts of emissions from marine engines*. 2009.
44. Gandomi A, Zolfaghari S. *To tier or not to tier: An analysis of multitier loyalty programs' optimality conditions*. Omega. 2017;.
45. Sterling J. (2012). *The role of biofuels in the shipping industry*. World Biofuels Markets 2012, Rotterdam: Netherlands
46. Wilson T. (2012) *Considering Biofuels for the Marine Market*. World Biofuels Markets 2012. Rotterdam: Netherlands
47. Szybist J, Kirby S, Boehman A. *NOx Emissions of Alternative Diesel Fuels: A Comparative Analysis of Biodiesel and FT Diesel*. *Energy & Fuels*. 2005;19(4):1484-1492.
48. Yun S. *Thermal analysis of LNG storage tank for LNG bunkering system*. *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*. 2015;39(9):876-880.
49. Vartdal, B.-J. (2013). *Hybrid Ships*. DNV Research & Innovation Position Paper 15

50. Biodiesel. [Washington, D.C.]: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Transportation and Air Quality; 2010.
51. Roy M, Wang W, Alawi M. Performance and emissions of a diesel engine fueled by biodiesel–diesel, biodiesel–diesel-additive and kerosene–biodiesel blends. *Energy Conversion and Management*. 2014;84:164-173.
52. Eide, M., Chryssakis, C., Sverre, A., Endresen, Ø.. (2012). *Pathways to Low Carbon Shipping - Abatement Potential Towards 2050*. DNV Research & Innovation, pp. 14-16.
53. Chryssakis, C., Stahl, S. (2013) "*Well-To-Propeller Analysis of Alternative Fuels for Maritime Applications*". CIMAC 2013. Shanghai: China,
54. Bengtsson, S. et al. (2011) *A comparative life cycle assessment of marine fuels liquefied natural gas and three other fossil fuels*. Department of Shipping and Marine Technology, Chalmers University of Technology. Gothenburg: Sweden
55. Verbeek, R. et al. (2011). *Environmental and economic aspects of using LNG as a fuel for shipping in the Netherlands*.

### **Ελληνική Βιβλιογραφία**

56. Γ.Π. Βλάχος (2016), *Διεθνής Ναυτιλιακή Πολιτική*, Εκδόσεις Σταμούλη
57. Γ.Π. Βλάχος (2011), *Ναυτιλιακή Οικονομία*, Εκδόσεις Σταμούλη
58. Γ.Π. Βλάχος, Ξ.Ε. Ψύχου (2012), *Ναυλώσεις*, Εκδόσεις Σταμούλη
59. Α.Μ. Γουλιέλμος (2001), *Η Διοίκηση της διαχείρισης και της παραγωγής στις ναυτιλιακές επιχειρήσεις*, Εκδόσεις Σταμούλης
60. Μ. Μαλέρμπας (2007), *Διεθνής Σύμβαση Marpol 73/78*, Εκδόσεις Νομικής Βιβλιοθήκης
61. Μ. Μαλέρμπας (2003), *Δίκαιο Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος*, Εκδόσεις Σταμούλης
62. Κ. Γκιζιάκης, Α.Ι. Παπαδόπουλος, Ε.Η. Πλωμαρίτου (2002), *Εισαγωγή στις Ναυλώσεις*, Εκδόσεις Σταμούλης
63. Τ. Χαρλαύτη (2002), *Ιστορία και Ναυτιλία*, Εκδόσεις Στάχυ

## Ηλεκτρονικές Διευθύνσεις

- <http://www.europa.eu>
- <http://www.bimco.com>
- <http://www.greekshippingnews.gr>
- <http://www.ibia.net>
- <http://www.marinefuels.tota.com>
- <http://www.platts.com>
- <http://www.shell.com>
- <http://www.tc.gc.ca>