



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**ΑΙΓΑΙΟΥ**

Τμήμα Ναυτιλίας και  
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών

**&**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής  
Σχεδίασης και Παραγωγής



*ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ*

*ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ*

*«ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ»*

**ΤΙΤΛΟΣ**

***Η ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ  
ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ  
(ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ & ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΥΣΙΜΑ)***

**ΤΙΤΛΟΣ ΑΓΓΛΙΚΑ**

***THE INVESTMENT SUSTAINABILITY OF ALTERNATIVE  
FUELS IN SHIPPING  
(Biofuels & Electrofuels)***

**Όνοματεπώνυμο Σπουδαστή:**

**ΜΑΡΙΑ ΠΟΛΙΤΗ-ΚΑΤΣΑΔΩΡΟΥ**

**Όνοματεπώνυμο Υπεύθυνου Καθηγητή:**

**ΣΥΡΙΟΠΟΥΛΟΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ**

**ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**Φεβρουάριος 2021**

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής

**Συριόπουλος Θεόδωρος**

**Παπουτσιδάκης Μιχαήλ**

**Νικητάκος Νικήτας**

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Πολίτη - Κατσαδώρου Μαρία του Στυλιανού, με αριθμό μητρώου 8056130 φοιτήτρια του Διιδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής της Σχολής Μηχανικών Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Η δηλούσα

Πολίτη- Κατσαδώρου Μαρία

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη .....	7
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>10</b>
1.1. Σκοπός της έρευνας.....	11
1.2. Στόχοι της έρευνας.....	11
1.3. Ορισμός του προβλήματος.....	11
1.4. Σημασία της έρευνας.....	12
1.5. Ερευνητικά Ερωτήματα & Υποθέσεις.....	12
1.6. Περιορισμοί της έρευνας.....	13
1.7. Μεθοδολογία.....	13
1.8. Δομή Εργασίας.....	18
<b>ΜΕΡΟΣ Α΄ - ΠΡΑΣΙΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ &amp; ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ.....</b>	<b>15</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο : Ο ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΠΡΑΣΙΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ..</b>	<b>16</b>
2.1. Γενική Επισκόπηση του Ναυτιλιακού Κλάδου.....	17
2.2. Οι προκλήσεις της Ναυτιλιακής Βιομηχανίας.....	21
2.3. Πράσινη Ναυτιλία.....	22
2.4. Πράσινα κίνητρα και βιώσιμες επιχειρηματικές κινήσεις.....	24
2.5. Βασικοί τρόποι εφαρμογής της ανανεώσιμης ενέργειας στη ναυτιλία.....	24
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο : ΤΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ – (Βιοκαύσιμα &amp; Συνθετικά Καύσιμα).....</b>	<b>26</b>
3.1. Γενική Επισκόπηση των Εναλλακτικών Ναυτιλιακών Καυσίμων.....	29
3.2. Βιοκαύσιμα.....	32
3.2.1. Οι 3 βασικές γενιές παράγωγων βιοκαυσίμων.....	35
3.2.2. Κατηγοριοποίηση των παραγόμενων κύριων Βιοκαυσίμων.....	39
3.2.3. Drop-in Καύσιμα.....	47
3.3. Ηλεκτροκαύσιμα (ή συνθετικά καύσιμα).....	48
3.3.1. Η χρήση ηλεκτροκαυσίμων και ο μηδενικός άνθρακας.....	50
3.3.2. Διαδρομές & παραγόμενα προϊόντα συνθετικών καυσίμων.....	51
<b>ΜΕΡΟΣ Β΄ - ΟΙ 4 ΒΑΣΙΚΟΙ ΠΥΛΩΝΕΣ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ.....</b>	<b>57</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο : ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....</b>	<b>60</b>
4.1. Οι Αέριοι Ρύποι στη Ναυτιλία.....	65
4.2. Λοιπές Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις.....	74

4.2.1. Χρήση Γης (Land Use).....	75
4.2.2. Διαχείριση Νερού (Water Management).....	77
4.3. Περιβαλλοντικοί Φόροι.....	79
4.4. Επιπτώσεις στον Κύκλο Ζωής των Ε.Κ. – (Life Cycle Assessment).....	82
4.5. Συνοπτικός/Συμπληρωματικός Πίνακας Περιβαλλοντικού Πλαισίου.....	84
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο : ΤΕΧΝΙΚΟ-ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....</b>	<b>88</b>
5.1. Τεχνολογική Έρευνα & Ανάπτυξη.....	89
5.1.1. Τεχνολογική Ωριμότητα Καυσίμου.....	89
5.1.2. Δυνατότητα Επέκτασης.....	90
5.1.3. Αξιοπιστία.....	93
5.1.4. Διαθέσιμη Υποδομή.....	93
5.2. Τεχνικά Χαρακτηριστικά Καυσίμου.....	94
5.2.1. Ιδιότητες & Ασφάλεια Καυσίμου.....	95
5.2.2. Διαθεσιμότητα & Επάρκεια Ενέργειας.....	100
5.2.3. Συμβατότητα Καυσίμων με υπάρχουσες Τεχνολογίες.....	102
5.3. Συνοπτικός/Συμπληρωματικός Πίνακας Τεχνικού/Τεχνολογικού Πλαισίου.....	110
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο : ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΠΟΛΙΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....</b>	<b>112</b>
6.1. Κοινωνικό Πλαίσιο.....	112
6.1.1. Στόχοι αειφόρου ανάπτυξης SDG’S.....	116
6.1.2. Παραγωγή Τροφής.....	117
6.1.3. Ανθρώπινα Δικαιώματα.....	118
6.1.4. Υγεία, Ασφάλεια Προστασία.....	120
6.1.5. Κοινωνική Αποδοχή.....	121
6.2. Πολιτικό/Θεσμικό Πλαίσιο.....	122
6.2.1. IMO.....	122
6.2.2. RED I & II.....	124
6.2.3. Διασφάλιση καυσίμων & Πρότυπα ISO.....	126
6.2.4. Παρακολούθηση των Επιβλαβών Αέριων Ρύπων.....	128
6.3. Συνοπτικός/Συμπληρωματικός Πίνακας Κοινωνικο-Πολιτικού Πλαισίου.....	133
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο : ΧΡΗΜΑΤΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....</b>	<b>133</b>
7.1. Οικονομικά Κριτήρια.....	136

7.1.1.Κόστος.....	136
7.1.1.1. Κόστος Επένδυσης/ Κεφαλαίου (CAPEX).....	136
7.1.1.2. Λειτουργικό Κόστος (OPEX).....	140
7.2. Αγορά Εναλλακτικών Καυσίμων .....	141
7.2.1. Τιμές Καυσίμων και παράγοντες.....	143
7.3. Χρηματοδότηση.....	151
7.3.1. Επενδυτικό κλίμα & Προϋποθέσεις Χρηματοδότησης.....	153
7.3.2. Γνώση και καινοτομία.....	155
7.3.3. Περί τύπων και πηγών κεφαλαίου.....	156
7.3.4. Προσεγγίζοντας πιθανές λύσεις και συναντώντας πιθανά εμπόδια.....	159
7.3.5. Οι ιδιότητες των χορηγών, των developers και της στοχευμένης πηγής χρηματοδότησης για προηγμένες επενδύσεις σε βιοκαύσιμα.....	164
7.3.7. Παρασκηνιακές εξελίξεις.....	166
7.4. Συνοπτικός/Συμπληρωματικός Πίνακας Χρηματο-Οικονομικού Πλαισίου.....	168
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο : Σύμπραξη των βασικών πυλώνων για την επενδυτική βιωσιμότητα των Ε.Κ. (SWOT ANALYSIS).....</b>	<b>169</b>
8.1. Τα Εμπλεκόμενα Μέρη.....	169
8.2. Προεπισκόπηση της παρούσας κατάστασης.....	171
8.3. SWOT Analysis.....	172
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....</b>	<b>192</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>196</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....</b>	<b>207</b>

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στον καμβά μιας εποχής παγκοσμιοποίησης, «ανατροπής» κοινωνικών-οικονομικών-πολιτικών δομών και τεχνολογικών εξελίξεων με αποκορύφωμα αυτών, το παγκοσμίου κλίμακας επιδημικό φαινόμενο του Covid-19 που βιώνει η ανθρωπότητα στο σήμερα<sup>1</sup>, επιβεβαιώθηκε για μια ακόμα φορά το έκρυθμο περιβάλλον του εμπορίου, όντας ένας αστάθμητος παράγοντας μείζονος σημασίας. Η ιστορία φροντίζει να αποδείξει ότι η πρόκληση του απρόοπτου φέρνει την ανατροπή μέσω νέων δεδομένων αναπροσαρμογής και τα τεχνολογικά επιτεύγματα θα βρουν την ευκαιρία να δώσουν την απαραίτητη ώθηση στις ήδη υπάρχουσες έρευνες.

Καθότι η ζήτηση μεταφερόμενων φορτίων ολοένα και αυξάνεται, εξισώνεται με την αντίστοιχη κατανάλωση καυσίμων που συνεπάγονται την εκπομπή βλαβερών ρυπογόνων αερίων. Η εποχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας προσεγγίζει τα νέα δεδομένα κλιματολογικών αλλαγών, υπό το πρίσμα νέων εναλλακτικών τεχνολογιών και καυσίμων. Συνεπώς, η ναυτιλιακή βιομηχανία πλέον βρίσκεται στο μεταβατικό στάδιο απόκλισης από τα ορυκτά καύσιμα, με στόχο να καταστούν μακροπρόθεσμα μηδενικές οι εκπομπές αερίων ρύπων στη ναυτιλία. Οι ενεργειακές πηγές αλλάζουν συνεχώς δυναμικές και σε αυτό συντελεί ο στενός κλοιός των ρυθμιστικών πλαισίων που θέτουν οι εμπλεκόμενοι Διεθνείς Οργανισμοί αφουγκραζόμενοι τους αλληλεπιδρώμενους κοινωνικό-πολιτικούς, τεχνολογικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες

Η παρούσα μελέτη στρέφει το βλέμμα της, στα εναλλακτικά ναυτιλιακά καύσιμα και συγκεκριμένα στα βιοκαύσιμα και συνθετικά καύσιμα. Αποδομεί και αναλύει τις αλληλεπικαλυπτόμενες θεσμικές, πολιτικές, επιστημονικές, οικονομικές και

---

<sup>1</sup> Ο Ιάπωνας Υπ. Οικονομικών Taro Aso δήλωσε στις 24.02.2020: «Η εξάπλωση του νέου κοροναϊού είναι μια κρίση δημόσιας υγείας που θα μπορούσε να δημιουργήσει σοβαρό κίνδυνο για τη μακροοικονομία μέσω της διακοπής των παραγωγικών δραστηριοτήτων, διακοπής της κυκλοφορίας των ανθρώπων και διακοπής των αλυσίδων εφοδιασμού» Εκτός από τις ανησυχητικές επιπτώσεις της στην ανθρώπινη ζωή, ο (COVID-19) έχει τη δυνατότητα να επιβραδύνει σημαντικά όχι μόνο την κινεζική οικονομία αλλά και την παγκόσμια οικονομία, όντας ο κεντρικός κόμβος παραγωγής πολλών παγκόσμιων επιχειρηματικών δραστηριοτήτων. Συνεπώς οποιαδήποτε διαταραχή της παραγωγής της Κίνας αναμένεται να έχει επιπτώσεις και αλλού μέσω των περιφερειακών και παγκόσμιων αλυσίδων αξίας (UNCTAD, 04.03.20).

περιβαλλοντολογικές εξελίξεις που προϋπήρξαν και πυροδότησαν τις μέχρι τώρα υπάρχουσες επενδύσεις τους, αυτές που αναπτύσσονται ραγδαία και αναπροσαρμόζονται σε παρόντα χρόνο, αλλά και όσες προβλέπεται να επηρεάσουν ριζικά το ναυτιλιακό κλάδο, σύμφωνα με τις υπάρχουσες επιστημονικές έρευνες.

Λαμβάνουν θέση πλέον η έρευνα και η ανάπτυξη, ώστε να αφουγκραστούν σε πρώτο επίπεδο την βιωσιμότητα αυτών των δύο εναλλακτικών καυσίμων, τα εξωγενή κίνητρα και το επενδυτικό πλαίσιο που θα μπορούσαν να κινηθούν.

**Λέξεις-κλειδιά:** Βιοκαύσιμα, Ηλεκτροκαύσιμα, Παράγοντες βιωσιμότητας, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), Πράσινη Ναυτιλία, GHG



## **ABSTRACT**

On the canvas of an era of globalization, "overthrow" of socio-economic-political structures and technological developments culminating in them, the global epidemic phenomenon of Covid-19 that humanity is experiencing today, once again confirmed the declining environment of trade, being an unbalanced factor of major importance. History has shown us that the challenge of the unexpected brings about a reversal through new data of adjustment, and technological advances will find the opportunity to give the necessary boost to existing research.

As the demand for sea transporting of goods increases, it equates to the respective consumption of the marine fuels associated with GHA affections. The era of renewable energy sources approaches new climate changes in the light of alternative technologies and fuels. As a consequence, the marine shipping industry is now in the process of transitioning from fossil fuels, with the aim of shipping zero emissions in the long run. Energy sources are constantly changing dynamically and this is due to the narrow circle of regulatory frameworks set by the International Organizations involved, listening to the interacting socio-political, technological, economic and environmental factors.

The present study focuses on alternative marine fuels, specifically biofuels and synthetic fuels. Decomposes and analyzes the overlapping institutional, political, scientific, economic and environmental developments that preceded and triggered their existing investments, those that are rapidly growing and adjusting at the present time, but also those that are expected to have an impact, according to existing scientific research.

Research and development are now taking place in order to hark in the first place to the viability of these two alternative fuels, the external incentives and the investment framework that could move.

**Keywords:** Biofuels, Electrofuels, Sustainability factors, Renewable Energy Sources (RES), Green Shipping, GHG

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ειδομένη υπό μια περισσότερο δημοσιογραφική σκοπιά, στην εισαγωγή, παρατίθενται δειγματοληπτικά διατυπώσεις που αφογκράστηκαν μέχρι και σήμερα τους παλμούς της ναυτιλιακής βιομηχανίας και των αντίστοιχων αγορών που αυτή κινείται, φτάνοντας έως την υπάρχουσα σημερινή παγκόσμια ανατροπή και αισιοδοξώντας για το μέλλον.

- Σύμφωνα με τον IEA (2018)<sup>2</sup>, *«τα αυξανόμενα ατομικά εισοδήματα και οι επιπλέον 1,7 δισεκατομμύριο άνθρωποι οι οποίοι προστίθενται, κυρίως στις αστικές περιοχές των αναπτυσσόμενων οικονομιών, θα αυξήσουν την παγκόσμια ζήτηση ενέργειας, κατά περισσότερο από το ένα τέταρτο, έως το 2040»* (Μεζαρτάσογλου κ.συν., 2019).
- Εν έτη 2020 και εν μέσω του καθολικά ανατρεπτικού επιδημικού ιού Covid-19, στο IEA Review (2020) θα προβλεφθεί ότι για το 2020, *οι βραχυπρόθεσμες προοπτικές για την ευρωπαϊκή οικονομία θα επισκιάζόταν από την κρίση Covid-19 με κατάρρευση στις εξαγωγικές αγορές και τις παγκόσμιες εμπορικές εντάσεις* (IEA, 2020) όπως και επιβεβαιώθηκε.

Συνεπώς σε παροντικό χρόνο, κρίνεται ανέφικτο να παραβλεφθεί η παρούσα κατάσταση που βιώνει η κοινωνία μας εν όψη του Covid-19, καθότι, έρευνες και προβλέψεις είτε ανεστάλησαν, είτε ανετράπησαν και αναδύθηκαν νέες προοπτικές ανάπτυξης σε καινούριες βάσεις δεδομένων οι οποίες και θα αναλυθούν ως ένα κράμα με σχετικά παλαιότερες στα επόμενα κεφάλαια.

Παράλληλα εμβαθύνοντας όλο και περισσότερο στην βιβιογραφική έρευνα και διεισδύοντας στους αναλυόμενους βασικούς πυλώνες της επενδυτικής βιωσιμότητας των εναλλακτικών καυσίμων που πρόκειται να μελετηθούν, θα διαπιστωθεί η ρευστότητα της ναυτιλιακής αγοράς και των αντίστοιχων καυσίμων, του επενδυτικού κύματος, και φυσικά οι παράγοντες που την απαρτίζουν και αλληλεπιδρούν. Το παρελθόν θα έρθει να επιβεβαιώσει την εξελικτική πορεία των αναγκών της τρέχουσας εποχής, να αξιοποιήσει τα νέα δεδομένα και να επαναπροσδιορίσει την επίτευξη των ζητούμενων στόχων για την 30ετή ανάπτυξη και αειφορία που έπεται.

---

<sup>2</sup> IEA (2018), «World Energy Outlook 2018». New Policies Scenario. Available at: <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2018> (20.01.2021)

Πλέον είναι σημαντικό να προσδιοριστούν τα βασικά κίνητρα και οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την απόφαση των ναυτιλιακών εταιρειών να συμμετάσχουν σε πρακτικές πράσινης ναυτιλίας και να εξετάσουν τις επιπτώσεις τους στις περιβαλλοντικές και οικονομικές επιδόσεις (Chang & Danao, 2017) καθώς επίσης κοινωνικό-πολιτικές και τεχνολογικής φύσεως ανακατατάξεις-εξελίξεις, ώστε να υπάρξει και η επενδυτική βιωσιμότητα που προβλέπεται για τα βιοκαύσιμα και ηλεκτροκαύσιμα αντίστοιχα.

### **1.1. Σκοπός της έρευνας**

Ως επί το πλείστον η μελέτη αυτή αποσκοπεί στο να συλλέξει πληροφορίες για δύο από τα υποσχόμενα εναλλακτικά καύσιμα (βιοκαύσιμα και συνθετικά καύσιμα) συσχετίζοντας τα αποτελέσματα αυτά με την επενδυτική τους βιωσιμότητα και των συνιστώσεων αυτής. Συνεπώς αναμένεται να αναδυθούν τα σχετικά κίνητρα, οι προβληματισμοί, οι τάσεις και οι πιθανές επιρροές από τα συνεπαγόμενα δεδομένα της παγκοσμίου κλίμακας ροπής προς μία πράσινη και βιώσιμη ναυτιλία.

### **1.2. Στόχοι της έρευνας**

1. Να εντοπίσει τους παράγοντες που συντελούν στις επενδυτικές αποφάσεις και να τα κατηγοριοποιήσει βάση των πιθανών τους κινήτρων.
2. Να διερευνήσει τους παράγοντες που μπορεί να προβληματίζουν ή και να ωθήσουν/αποτελέσουν εμπόδιο, στην λήψη τέτοιων αποφάσεων.
3. Να προσεγγίσει δυνατά και αδύνατα σημεία, ευκαιρίες και απειλές για το εκάστοτε εναλλακτικό καύσιμο.

### **1.3. Ορισμός του προβλήματος**

Αν θέλαμε να ορίσουμε το πρόβλημα μέσα σε μια φράση θα το θέταμε ως μια ρητορική ερώτηση: *«τι θα μπορούσε και τι προβλέπεται να γίνει για το μέλλον των επενδύσεων σε πιο πράσινα ναυτιλιακά καύσιμα και eco-friendly ναυτιλία, πάντα υπό το πρίσμα όλων των παραγόντων που την πλαισιώνουν».*

Είναι πλέον διαπιστωμένο μέσα από εκτενείς μελέτες και κανονιστικές αποφάσεις ότι ολοένα και στενεύουν τα περιθώρια προσαρμογής σε πιο πράσινες βιομηχανίες και εμπορευματικές ενέργειες, γνωρίζοντας το αντίστοιχο μερίδιο ευθύνης για την άνοδο των CO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, GHG και λοιπών επιβλαβών ουσιών στο περιβάλλον. Τίθεται λοιπόν ο προβληματισμός, εάν αυτό θα επιτευχθεί εγκαίρως και κατά πόσο

θα υπάρξει η άμεση και ριζική λήψη αποφάσεων εστιάζοντας εν προκειμένω, στον τομέα της ναυτιλιακής διαχείρισης και συγκεκριμένα στο ζητούμενο θέμα των βιώσιμων επενδύσεων σε αυτά.

#### **1.4. Σημασία της έρευνας**

Η έρευνα αυτή προσυπογράφει τα όσα έχουν ειπωθεί συγκεντρωτικά μέσα από ένα ευρύ φάσμα ερευνητικών πηγών, προσδοκώντας τοιουτοτρόπως να συμβάλλει στην αφύπνιση της πράσινης ναυτιλίας που θα διαμορφώσει το μέλλον. Αφουγκραζόμενοι τις προκύπτουσες συνεχείς αλλαγές του θεσμικού πλαισίου, τις τεχνολογικές και οικονομικές ανακατατάξεις, ο εντοπισμός των προσδοκιών και προβληματισμών των εμπλεκομένων μερών σκιαγραφείται και υπογραμμίζει την επιτακτική ανάγκη προσαρμογής των προκρούστειων μέτρων συμμόρφωσης και προσανατολισμού σε αντίστοιχα βιώσιμες επενδύσεις.

#### **1.5. Ερευνητικά Ερωτήματα & Υποθέσεις**

Τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας είναι:

- Ποιοί οι παράγοντες που θα ωθήσουν σε βιώσιμες επενδυτικές αποφάσεις σχετικά με τα ναυτιλιακά εναλλακτικά καύσιμα;
- Ποια τα κίνητρα και τα εμπόδια που εντοπίζονται και σε ποιές κατηγορίες πυλώνων;
- Ποιές κρίνονται ως ασφαλής επιλογές κι έχουν ήδη κάνει το ντεμπούτο τους στην ναυτιλιακή βιομηχανία;
- Ποιοί παράγοντες θα πρέπει να ληφθούν υπόψη πριν από μια ανάλογη επένδυση;
- Τι θα μπορούσε να προκαλεί την ανασφάλεια μιας τέτοιας επένδυσης;
- Τι θα ωθήσει στην επίτευξη των χρονικά προκαθορισμένων στόχων που έχουν τεθεί;

Οι ερευνητικές υποθέσεις που τίθενται είναι οι εξής:

- Η εξισορρόπηση του κλίματος σε συνάρτηση με την βιωσιμότητα των επενδύσεων στα εν λόγω εναλλακτικά ναυτιλιακά καύσιμα που εξισώνονται με επενδυτικά κίνητρα.
- Οι περιβαλλοντικές συνέπειες, το ρυθμιστικό πλαίσιο, οι χρηματοοικονομικοί παράγοντες, όπως τα κεφάλαια, οι τάσεις της αγοράς

και οι τιμές των καυσίμων, τα τεχνολογικά επιτεύγματα και οι υποσχόμενες εξελίξεις αυτών κ.ο.κ. αποτελούν κάποια από τα κριτήρια επιλογής μιας αντίστοιχης επένδυσης.

- Η καθυστέρηση ορισμένων αποφάσεων που κρίνονται ως μελλοντικές έρχονται σε αντίθεση με την επιταχυνόμενη τάση συμμόρφωσης και διαμόρφωσης του περιρρέοντος περιβάλλοντος της εφοδιαστικής αλυσίδας των ναυτιλιακών καυσίμων.

### **1.6. Περιορισμοί της έρευνας**

Το πεδίο διερεύνησης περιορίστηκε στα κάτωθι:

- Γνωρίζοντας ότι τα πλοία επιβαρύνουν το περιβάλλον τόσο από ξηράς όσο και δια θαλάσσης, ωστόσο θα γίνει εστίαση αποκλειστικά στους αέριους εκπεμπόμενους ρύπους εν πλω.
- Η ανάλυση των εναλλακτικών ορυκτών καυσίμων είναι ένα μακροσκελές θέμα το οποίο η παρούσα μελέτη θα αγγίξει σε επίπεδο αναφορικό και σύγκρισης κατά περίπτωση με βάση το αναλυόμενο πεδίο των εναλλακτικών καυσίμων.
- Καθότι οι βασικοί αναλυόμενοι πυλώνες που συντελούν στην βιωσιμότητα των υπό μελέτη εναλλακτικών καυσίμων, υποδιαιρούνται σε άπειρους συντελεστές και υποκατηγορίες αυτών, στην παρούσα μελέτη, αναλύονται κατά περίπτωση, άλλοτε επιδερμικά κι ενίοτε βαθύτερα, προκειμένου για την συμπύκνωση του κειμένου.

### **1.7. Μεθοδολογία**

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση της έρευνας συλλέγει και επεξεργάζεται τα δεδομένα άμεσα σχετιζόμενων μελετών υπό το πρίσμα: του ρυθμιστικού πλαισίου, τους φορείς Έρευνας και Ανάπτυξης (ιδιωτικούς και κρατικούς), τις ιδιωτικές επιχειρήσεις προώθησης των νέων τεχνολογιών, τους νηογνώμονες, τις επιστημονικές ομάδες που περιβάλλουν το ναυτιλιακό επιχειρείν, τα ναυπηγεία, projects & case studies από ήδη εφαρμοσμένες εναλλακτικές τεχνολογίες καυσίμων στα πλοία κ.ο.κ., συνθέτοντας έτσι έναν βασικό κορμό έρευνας και εστιάζοντας σε πιθανά κίνητρα και επενδυτικές λύσεις της αλυσίδας των εναλλακτικών καυσίμων.

Από τα δεδομένα που θα συγκεντρωθούν, θα συσπειρωθούν σε πίνακες τεσσάρων πλαισίων: Περιβαλλοντικός, Τεχνικός-τεχνολογικός, Κοινωνικό-πολιτικός και Χρηματο-οικονομικός. Κατόπιν θα εφαρμοστεί ένα SWOT analysis για τις δύο

βασικότερες εναλλακτικές πηγές καυσίμων ώστε να διαπιστωθούν τόσο τα δυνατά και αδύνατα σημεία, όσο και οι ευκαιρίες και απειλές εξωτερικών παραγόντων.

## **1.8. Δομή Εργασίας**

**Κεφάλαιο 1:** Εισαγωγικό κεφάλαιο όπου περιλαμβάνει τους, σκοπούς και στόχους της έρευνας, ορίζει το πρόβλημα και την σημασία αυτής και θέτει τα ερευνητικά ερωτήματα και τις υποθέσεις που διερευνά η παρούσα μελέτη. Τέλος παρουσιάζει τους περιορισμούς της έρευνας και την μεθοδολογία αυτής.

### **ΜΕΡΟΣ Α΄ - ΠΡΑΣΙΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ & ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ**

**Κεφάλαιο 2:** Ο προσανατολισμός στην πράσινη ναυτιλία, όντας απαραίτητος για να αρχίζει να πλαισιώνεται το αιτούμενο θέμα απασχόλησης, παρουσιάζονται στο παρόν κεφάλαιο κάποια πρωταρχικά γενικά στοιχεία βιώσιμης ναυτιλίας.

**Κεφάλαιο 3:** Τα εναλλακτικά καύσιμα – (Βιοκαύσιμα & Συνθετικά Καύσιμα). Εδώ γίνεται λόγος για τα υπό μελέτη καύσιμα, τα παράγωγα προϊόντα τους, τις διαδρομές τους και γενικότερα χαρακτηριστικά αυτών, που τους προσδίνουν ένα αμφιταλαντευόμενο παρόν, παράλληλα με ένα πολλά υποσχόμενο μέλλον υπό όρους.

### **ΜΕΡΟΣ Β΄ - ΟΙ 4 ΒΑΣΙΚΟΙ ΠΥΛΩΝΕΣ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ**

**Κεφάλαιο 4:** Περιβαλλοντικό Πλαίσιο. Το κεφάλαιο αυτό προσεγγίζει τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά που προϋποθέτει η βιώσιμη επένδυση με αμφότερο όφελος σε περιβάλλον και οικονομία.

**Κεφάλαιο 5:** Τεχνικό-Τεχνολογικό Πλαίσιο. Παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά που έχουν ή θα πρέπει να πληρούν τα εν λόγω καύσιμα. Επίσης προστίθενται οι τεχνολογικές προϋποθέσεις και παρούσες εξελίξεις της E&A.

**Κεφάλαιο 6:** Κοινωνικό-Πολιτικό Πλαίσιο. Το κεφάλαιο αυτό εκθέτει υφιστάμενα και προβλεπόμενα δεδομένα και αναφέρεται σε προσεγγίσεις εξισορρόπησης μεταξύ μιας ανερχόμενης αγοράς εναλλακτικών καυσίμων και των κοινωνικών επιπτώσεων/οφελών καθώς επίσης και των άμεσα αλληλεπιδρώντων πολιτικών/θεσμικών παραγόντων.

**Κεφάλαιο 7:** Χρηματο-Οικονομικό Πλαίσιο. Παρουσιάζονται πιο επιδερμικά, οι συνιστώσες της οικονομικής οπτικής που εμπεριέχουν οι ανάλογες επενδυτικές κινήσεις, καθότι υπάρχουν πολλές υποδιαίρεσεις και συνδυασμοί αυτών που χρίζουν αποκλειστικής μελέτης.

**Κεφάλαιο 8:** Σύμπραξη των βασικών πυλώνων για την επενδυτική βιωσιμότητα των Ε.Κ. (SWOT Analysis) – αυτό το κεφάλαιο θα προσεγγίσει με ευρυγώνιο φακό τα δύο υπό μελέτη καύσιμα, κατηγοριοποιώντας τα αδύνατα και δυνατά σημεία τους καθώς επίσης και ευκαιρίες και απειλές τους, στο SWOT Analysis.

**Κεφάλαιο 9:** Συμπεράσματα και Προτάσεις. Εδώ συνοψίζονται οι απαντήσεις των αρχικών ερευνητικών ερωτημάτων που τέθηκαν υπό εξέταση καθώς επίσης παρατίθενται προτάσεις προς περαιτέρω διερεύνηση.

## **ΜΕΡΟΣ Α΄ - ΠΡΑΣΙΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ & ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ**



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2° : Ο ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΠΡΑΣΙΝΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

Τον Απρίλιο του 1989 ο Davison A. θα δημοσιεύσει μια μελέτη για το Oxford Institute for Energy Studies γράφοντας τα εξής: *«...Τόσο το φυσικό αέριο όσο και ο άνθρακας είναι πιθανό να συνεχίσουν να αναπτύσσονται γρήγορα αλλά ο ανταγωνισμός του φθηνού πετρελαίου και των αυξημένων περιβαλλοντικών ανησυχιών για τη χρήση του άνθρακα θα μειώσουν το ποσοστό της αύξησης...»* (Davison A., 1989).



## 2.1. Γενική Επισκόπηση του Ναυτιλιακού Κλάδου

**Πίνακας 2-1.** Ανάπτυξη του Διεθνούς θαλάσσιου εμπορίου, επιλεγμένα έτη (Πηγή: UNCTAD, 2019)

Year	Tanker trade <sup>a</sup>	Main bulks <sup>b</sup>	Other dry cargo <sup>a</sup>	Total (all cargoes)
1970	1 440	448	717	2 605
1980	1 871	608	1 225	3 704
1990	1 755	988	1 265	4 008
2000	2 163	1 186	2 635	5 984
2005	2 422	1 579	3 108	7 109
2006	2 698	1 676	3 328	7 702
2007	2 747	1 811	3 478	8 036
2008	2 742	1 911	3 578	8 231
2009	2 641	1 998	3 218	7 857
2010	2 752	2 232	3 423	8 408
2011	2 785	2 364	3 626	8 775
2012	2 840	2 564	3 791	9 195
2013	2 828	2 734	3 951	9 513
2014	2 825	2 964	4 054	9 842
2015	2 932	2 930	4 161	10 023
2016	3 058	3 009	4 228	10 295
2017	3 146	3 151	4 419	10 716
2018	3 194	3 210	4 601	11 005

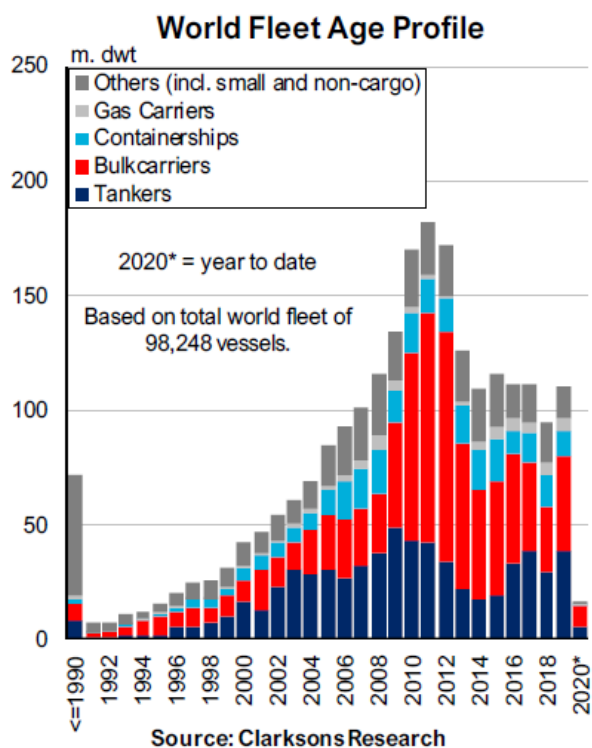
Με περισσότερο από το 70% της επιφάνειας του πλανήτη να καλύπτεται από νερό, η ναυτιλιακή βιομηχανία αποτελεί τη ραχοκοκαλιά του παγκόσμιου εμπορίου μεταφέροντας περίπου το 90% της χωρητικότητας όλων των εμπορευμάτων (ICS, 2014). Η εμπορική ναυτιλία ούσα κυρίαρχη στον τομέα των μεταφορών, τα πετρελαιοφόρα και τα πλοία χύδην φορτίου ξεπερνούν τα άλλα πλοία του εμπορικού στόλου, μεταφέροντας το μεγαλύτερο μέρος των εμπορευμάτων όσον αφορά τη μεταφορική ικανότητα σε χωρητικότητα νεκρού βάρους (dwt) (Hsieh & Felby 2017).

Σύμφωνα με την UNCTAD, η συνολική μεταφερόμενη χωρητικότητα της ναυτιλίας αυξήθηκε στο 2,7% (2019), ωστόσο παραμένει κάτω από το ιστορικό μέσο όρο 3,0% από το 1970-2017 και 4,1% το 2017. (Βλέπε Πίνακα 2-1)<sup>3</sup> (UNCTAD, 2019). Η εμπορική ναυτιλία έχει μεταφορική ικανότητα περίπου 1200 εκ. τόνων φορτίου αξίας περίπου 7 τρις δολαρίων. Ως υπηρεσία μεταφορών, ο τομέας της εμπορικής ναυτιλίας καταναλώνει περισσότερους από 330 εκατομμύρια τόνους προϊόντων πετρελαίου κάθε χρόνο (Hsieh & Felby, 2017).

Στις αρχές του 2019 ο παγκόσμιος στόλος μετρούσε 95.402 πλοία, αντιπροσωπεύοντας το 1,97 δις τόνους χωρητικότητας (DWT). Οι χύδην μεταφορείς

<sup>3</sup> Πηγές: Συγκεντρώθηκαν από τη γραμματεία της UNCTAD με βάση τα δεδομένα που παρέχονται από τις χώρες αναφοράς, όπως δημοσιεύτηκε σε ιστότοπους της κυβέρνησης και της λιμενικής βιομηχανίας, καθώς και δεδομένα που παρέχονται από εξειδικευμένες πηγές.

και τα πετρελαιοφόρα πλοία διατήρησαν τα μεγαλύτερα μερίδια αγοράς στον κόσμο (dwt), με 42,6% και 28,7% αντίστοιχα. Η ικανότητα μεταφοράς αυξήθηκε κατά 2,6%, σε σύγκριση με τις αρχές του 2018 (UNCTAD, 2019). Με βάση τα δεδομένα του Clarksons Research για τον Παγκόσμιο Στόλο Εμπορικών Πλοίων τον Μάρτιο, 2020, ο συνολικός αριθμός ανήλθε στα 98.248 πλοία (βλέπε [Παράρτημα 1](#)) (Clarksons Research, 2020).



**Γράφημα 2-1.** Παγκόσμια Ηλικία του στόλου (Πηγή: Clarksons Research, 2020)

Όσον αφορά την ηλικία του παγκόσμιου στόλου παρατηρήθηκε ότι αποτελεί σημαντικό παράγοντα καθώς τα νεότερα πλοία τείνουν να είναι πιο αποτελεσματικά και λιγότερο ρυπογόνα (βλέπε Γράφημα 2-1). Σχετικά δε με το μέσο μέγεθος των πλοίων έχει επίσης αυξηθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες. Τα μεγαλύτερα πλοία μειώνουν τα έξοδα αποστολής ανά μονάδα φόρτωσης, καθώς επίσης τα λειτουργικά έξοδα και τη συντήρηση για το πλήρωμα. Είναι επίσης σε θέση να ταξιδεύουν σε μεγάλες αποστάσεις και να μεταφέρουν μεγαλύτερους όγκους φορτίου και καυσίμων. Επιπλέον μεγάλα πλοία έχουν γίνει πιο εξειδικευμένα, κατασκευασμένα ή προσαρμοσμένα για διαφορετικούς τύπους φορτίων (Hsieh & Felby 2017).

Τα βασικά κίνητρα για την κατασκευή μεγαλύτερων πλοίων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την κατασκευαστική ταυτότητα του πλοίου. Δεδομένου ότι τα μεγαλύτερα πλοία χρειάζονται λιγότερη ενέργεια για να μετακινήσουν ένα συγκεκριμένο φορτίο σε μια δεδομένη απόσταση, το μέγεθος του πλοίου μπορεί να αντικατοπτρίζει το στόχο των ναυτιλιακών κατασκευαστών και ιδιοκτητών να μεγιστοποιήσουν τα κέρδη καθιστώντας τα πιο αποτελεσματικά (κυρίως τα χύδη φορτίου, τα πλοία κοντέινερ και τα τάνκερ πετρελαίου και χημικών) (IRENA, 2019a).

Μεταβαίνοντας στη βιώσιμη λειτουργική διαχείριση των πλοίων και αναβάθμιση ή ανανέωση/διάλυση του στόλου, επηρεάζεται η προσφορά άρα και τα ναύλα. Με την έναρξη ισχύος πολλών παγκόσμιων περιβαλλοντικών μέσων προστασίας και υιοθέτηση προαιρετικών προτύπων στον τομέα αυτό θα έχει αντίκτυπο στον κλάδο των θαλάσσιων μεταφορών, ιδίως στον τομέα της ναυπηγικής βιομηχανίας, ο οποίος θα είναι υπεύθυνος για την ενσωμάτωση αυτών των νέων προτύπων στο σχεδιασμό και την κατασκευή πλοίων.

Κατά συνέπεια, σημαντικές επενδύσεις προορίζονται για έρευνα και ανάπτυξη για καλύτερη υδροδυναμική, κινητήρες με περισσότερη ενεργειακή απόδοση και καύσιμα χαμηλότερου ή άνευ CO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> για τα πλοία (Wijnolst & Wergeland, 2009).

Κατά μέσο όρο, ο ναυτιλιακός τομέας ευθύνεται για το 3% περίπου των ετήσιων παγκόσμιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (IMO, 2018). Παγκοσμίως, από το 2007 έως το 2012, η διεθνής ναυτιλία αντιπροσώπευε το 15% των ετήσιων εκπομπών NO<sub>x</sub> από ανθρωπογενείς πηγές, το 13% του SO<sub>x</sub> και το 3% του CO<sub>2</sub> (Lee & Nam, 2017).

Παίρνοντας τις δύο ακραίες περιπτώσεις ως προς τους ρύπους του CO<sub>2</sub>, διαπιστώνεται ότι το 30% των συνολικών εκπομπών του, ανήκει στα container ships (με μέση ταχύτητα 14 knots), ενώ το 13% στα Bulkers (10.5 knots) (EC, 2019).

Ελλείψει κατάλληλων πολιτικών μείωσης, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) εκτιμά ότι οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που σχετίζονται με τον ναυτιλιακό τομέα θα μπορούσαν να αυξηθούν μεταξύ 50% και 250% έως το 2050. Εν όψη των παροντικών στατιστικών και μελλοντικών προβλέψεων, ο IMO δηλώνει ότι πρέπει να μειωθούν οι εκπομπές CO<sub>2</sub> από τη ναυτιλία τουλάχιστον κατά 50% έως το 2050, σε σύγκριση με το 2008 (IMO, 2018).

Παρά τα κέρδη απόδοσης και την ανάπτυξη ορισμένων λύσεων, όπως η μετάβαση σε υγροποιημένο φυσικό αέριο με βάση τα ορυκτά (LNG), οι εκπομπές συνέχισαν να αυξάνονται καθώς αυξάνονται οι όγκοι του εμπορίου. Επομένως, για τη μείωση των εκπομπών, ο ναυτιλιακός τομέας θα πρέπει τελικά να στραφεί σε ανανεώσιμα καύσιμα ή εναλλακτικές τεχνολογίες (IRENA, 2020).

Με την άνοδο των διηπειρωτικών αεροπορικών ταξιδιών, τη μεταφορά προσώπων δια θαλάσσης άρχισε να περιορίζεται πλέον σε ακτοπλοϊκά και σε κρουαζιέρες αναψυχής.

Αν και η ναυτιλιακή βιομηχανία αντιμετωπίζει ανταγωνισμό από τις αερομεταφορές και οδικές επίσης ωστόσο, για όσο οι παγκόσμιες αναδυόμενες οικονομίες θα συνεχίσουν να αυξάνουν τις απαιτήσεις τους για ακατέργαστα, ενδιάμεσα και τελικά προϊόντα κατά συνέπεια και του βιοτικού τους επιπέδου, αυτά τα αγαθά θα συνεχίσουν να μεταφέρονται δια θαλάσσης. Ως επί τον πλείστον, η εμπορευματική ναυτιλία, βρίσκεται πρώτη στις προτιμήσεις χάρη στις οικονομίες κλίμακας που προσφέρει καθώς επίσης και ως ενεργειακά αποδοτική και φιλική προς το περιβάλλον σε σύγκριση με τις προαναφερθείσες μεταφορές.

Εκτός από τη ζήτηση και την προσφορά της παγκόσμιας αγοράς για εμπορευματικές μεταφορές, η μελλοντική ανάπτυξη της αγοράς καυσίμων πλοίων θα εξαρτηθεί επίσης από: περιβαλλοντικές και κανονιστικές πτυχές, τη διαθεσιμότητα συγκεκριμένων καυσίμων για τη θαλάσσια πρόωση και το κόστος που συνδέεται με την παραγωγή αυτών των καυσίμων. Η ισχύουσα και η μελλοντική νομοθεσία θα επηρεάσει τους τύπους καυσίμων που διατίθενται στην αγορά και τα συστήματα πρόωσης που έχουν αναπτυχθεί για την προσαρμογή αυτών των καυσίμων (Hsieh & Felby, 2017).

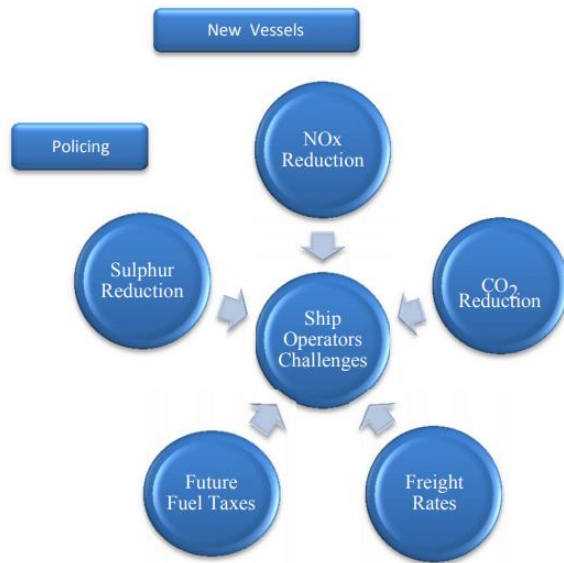
Όσον αφορά τις απαιτήσεις καυσίμων, υπήρξε μια αργή, αλλά συνεχής, τάση να εξελίσσονται με την πάροδο των ετών. Η δεκαετία του 1920 γνώρισε τη μετάβαση από τον άνθρακα στο ντίζελ, και τη δεκαετία του 1950 σημειώθηκε η μετάβαση από το ντίζελ στο HFO. Την τελευταία δεκαετία, υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη μετάβαση προς καθαρότερα ορυκτά καύσιμα, ειδικά το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG). Αυτό οφείλεται στην ανάγκη συμμόρφωσης με ολοένα και πιο αυστηρούς κανονισμούς και στόχους μείωσης των εκπομπών που σχετίζονται με τους ατμοσφαιρικούς ρύπους και τα GHG.

Για παράδειγμα, για την μετάβαση από HFO σε LNG κύριο εμπόδιο είναι το αρχικό κόστος που συνδέεται με τους απαιτούμενους εξοπλισμούς, οπότε με αφορμή την συμμόρφωση με τους κανονισμούς μείωσης SOx - υπάρχει προς το παρόν μια τάση να αλλάζουν από HFO σε απόσταγμα καυσίμων, όπως το MGO και το MDO.

Χάριν της συμμορφώσεως με πιο πράσινες λύσεις στο ναυτιλιακό τομέα, η προσοχή στρέφεται σε καθαρότερα καύσιμα και μέσα πρόωσης (π.χ. βιοκαύσιμα, μεθανόλη, υδρογόνο, ηλεκτρική πρόωση και πυρηνική). Ωστόσο, επειδή η δυνατότητα μείωσης του αποτυπώματος άνθρακα ποικίλλει από καύσιμο σε καύσιμο, θα πρέπει να αναλυθεί βάσει κύκλου ζωής και οικονομικών δεδομένων που σχετίζονται με κάθε μέσο καυσίμου και πρόωσης (IRENA, 2019b).

## 2.2. Οι προκλήσεις της Ναυτιλιακής Βιομηχανίας

Στην μελέτη McGill et al., (2013) παρουσιάζονται σχηματικά κάποιες από τις βασικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει ο ναυτιλιακός κλάδος. (βλέπε Σχήμα 2-1).



Σχήμα 2-1. Οι προκλήσεις της Λειτουργικής Διαχείρισης των Πλοίων

- Μείωση του NOx
- Μείωση του θείου
- Μείωση του CO2
- Πτώση των ναύλων
- Μελλοντικοί δασμοί καυσίμων

Τα στοιχεία του Σχήματος 2-1 ανταγωνίζονται μερικές φορές το ένα

το άλλο, ειδικά λαμβάνοντας υπόψη τη μείωση των NOx, SOx και CO2. Για παράδειγμα, η επίτευξη μείωσης του θείου με τη χρήση scrubber σημαίνει αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας για την άντληση νερού, η οποία, στο τέλος, θα οδηγήσει σε αύξηση των εκπομπών CO2, καθώς και άλλων ρύπων που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας. Ομοίως, αν και το NOx θα μπορούσε να μειωθεί χαμηλώνοντας τη θερμοκρασία καύσης. Όμως αυτή η ρύθμιση ωστόσο θα μείωνε την απόδοση του κύριου κινητήρα και ως εκ τούτου θα αύξανε τις εκπομπές CO2 και θείου.

Οι δυνατότητες μείωσης των εκπομπών επηρεάζονται από τους ναύλους που μπορούν να αποκτήσουν οι πλοιοκτήτες και από τις τιμές καυσίμων και τους φόρους της αγοράς, με τη μορφή μέτρων που βασίζονται στην αγορά (MBM) για την προώθηση της μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Το δίλημμα λοιπόν έγκειται στην επιλογή ενός κινήτρου για αύξηση της αποδοτικότητας και, κατά συνέπεια, μείωση της κατανάλωσης καυσίμου των πλοίων.

Όσον αφορά τους ναύλους, ενέχει κι ο κίνδυνος οι πολύ θετικά προσκείμενοι σε περιβαλλοντικές προϋποθέσεις, φορείς εκμετάλλευσης, να χάσουν ευκαιρίες ναύλωσης από τυχόν ισχυρότερους ανταγωνιστές (McGill et al., 2013).

Πλέον η επιστροφή σε πιο πράσινες λύσεις, προβλέπεται ανατρεπτική κι ενίοτε κοστοβόρα, ωστόσο οι κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνέπειες παραμένουν, για

αυτό το λόγο και τα μέτρα μείωσης και πρόληψης των επιπτώσεων ενσωματώθηκαν σταδιακά στο ναυτιλιακό περιβάλλον με τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό να υιοθετεί την MARPOL προσθέτοντας και να αναθεωρώντας ολοένα και νέους κανονισμούς (IRENA, 2015).

Η εκβιομηχάνιση και η παγκοσμιοποίηση έχουν ενισχύσει το διεθνές εμπόριο στο οποίο ο συνολικός όγκος του θαλάσσιου εμπορίου έχει τριπλασιαστεί από το 1990. Η χρήση φυσικών πόρων τείνει ως η ιδανική λύση αν συγκρίνουμε τους αέριους ρύπους με άλλους τρόπους μεταφοράς εμπορευμάτων (π.χ. κατανάλωση καυσίμου), εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και απόρριψη αποβλήτων από εργασίες πλοίων (π.χ. έρμα και πετρέλαιο). Στο πλαίσιο της αυξανόμενης έμφασης στην προστασία του περιβάλλοντος χάριν της εταιρικής κοινωνικής ευθύνης, οι ναυτιλιακές εταιρείες έχουν αρχίσει να αναγνωρίζουν τη σημασία της «πράσινης ναυτιλίας» για τις δραστηριότητες τους στην εξυπηρέτηση της παγκόσμιας ζήτησης στο διεθνές εμπόριο (Lun et al., 2016). Παρακάτω θα αναφερθούν εκτενώς και τα GSP που εφαρμόζονται.

Οι διεθνείς πρωτοβουλίες διακυβέρνησης της «πράσινης ναυτιλίας» του ιδιωτικού τομέα και αναδυόμενοι περιβαλλοντικοί κανονισμοί συμβαδίζουν παράλληλα με τις αυξανόμενες ανησυχίες των καταναλωτών για το περιβάλλον και την αύξηση των απαιτήσεων για πιο βιώσιμες μεταφορές (δηλαδή καθαρότερα αποδοτικότερα καύσιμα, χαμηλότερες εκπομπές, λιγότερα απόβλητα, χωρίς διαρροές ή απορρίψεις). (Lister, 2014).

Πολλάκις υπήρξαν μελέτες που προσπάθησαν να προσεγγίσουν το σκεπτικό των ναυτιλιακών εταιρειών ως προς σημαντικούς παράγοντες που τις παρακινούν να υιοθετήσουν το GSP. Ενίοτε η ζυγαριά των απαντήσεων θα έγερνε στον οικολογικό σχεδιασμό ως τρόπο αύξησης της εξοικονόμησης κόστους χάρη στη μείωση του κόστους κατανάλωσης ενέργειας, της επεξεργασίας αποβλήτων και των τελών απορρίψεων (Chang & Danao, 2017).

### **2.3. Η Πράσινη Ναυτιλία**

Ένα πλοίο χαρακτηρίζεται ως «πράσινο πλοίο» εάν έχει χαμηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, και φέρει αποδοτικές τεχνολογίες σχετιζόμενες με την εξοικείωση καυσίμων και τα εναλλακτικά καύσιμα, μειώνοντας τοιούτοτρόπως τους εκπεμπόμενους ρύπους (Lee & Nam, 2017) SO<sub>x</sub> και NO<sub>x</sub> κατά 90% ή περισσότερο καθώς επίσης και των εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά περίπου 30%. Συνήθως, αυτά τα πλοία

χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κυρίως όταν βρίσκονται σε λιμένες με κατάλληλες υποδομές (Narula, 2016).

Από επιχειρησιακή άποψη, η πράσινη ναυτιλία πρέπει να συμμορφώνεται με τις περιβαλλοντικές συνθήκες λειτουργίας που ρυθμίζονται από τον IMO μέσω των συμβάσεων όπως η MARPOL 73/78, η Σύμβαση για την Ετοιμότητα Ρύπανσης από Πετρέλαιο, την συνεργασία σχετικά με Επικίνδυνες και Επιβλαβείς Ουσίες (OPRC-HNS), τη Σύμβαση Αντιρρυπαντικών Συστημάτων (AFS), τη Διαχείριση του Έρματος (BWM) και η Σύμβαση για την Ανακύκλωση Πλοίων. Ο βασικός σκοπός είναι η διαχείριση και παρακολούθηση όλων των επιβλαβών ουσιών (θαλάσσιοι και ατμοσφαιρικοί ρύποι) που εκπέμπονται από τα πλοία (Lee & Nam, 2017).

#### ➤ **Πλοία Μηδενικών Εκπομπών (ZEV)**

Για την μετάβαση σε Πηγές Ενέργειας Μηδενικού Άνθρακα» συνυπολογίζονται και καύσιμα που προέρχονται από ηλεκτρική ενέργεια μηδενικού άνθρακα, βιομάζα και τη χρήση CCS, αλλά όχι από πηγές ενέργειας που προέρχονται από CCU με βάση την καύση ορυκτών καυσίμων. Αυτές οι «πηγές ενέργειας μηδενικού άνθρακα» είναι που έχουν συλλογικά τη δυνατότητα να ανταποκριθούν για την προσφορά όλης της ενεργειακής ζήτησης της ναυτιλίας το 2050, λαμβάνοντας υπόψη τους προβλεπόμενους περιορισμούς των διαθέσιμων όγκων στη Ναυτιλία αναγνωρίζοντας της πιθανή ζήτηση από άλλους τομείς (Delasalle et al., 2020).

#### ➤ **Τα eco-friendly πλοία σε μεγάλες ναυτιλιακές εταιρείες**

Οι εταιρείες που αναπτύσσουν eco-friendly πλοία σε όλο τον κόσμο είναι και οι χρήστες αυτών. Στις εταιρείες αυτές περιλαμβάνονται οι MAERSK, Nippon Yusen Kabushiki Kaisha (NYK) και Mitsui O.S.K. Lines (MOL). Αυτές οι μεγάλης κλίμακας ναυτιλιακές εταιρείες όπως η MAERSK (των οποίων τα πλοία είναι εξοπλισμένα με φιλικά προς το περιβάλλον καύσιμα και τεχνολογίες), η NYK (που έχει σχεδιάσει το πρωτότυπο πλοίο Super Eco Ship 2030) και η MOL (η οποία κυκλοφόρησε το ISHIN Smart To Ship Project) που αναπτύσσει φιλικά προς το περιβάλλον πλοία παράλληλα με κοινοπραξίες που περιλαμβάνουν κυβερνήσεις, ναυπηγεία και ινστιτούτα, με τους δικούς τους οργανισμούς E & A στο επίκεντρο. Στην Ευρώπη, οι ναυτιλιακές εταιρείες συμμετέχουν στην ανάπτυξη και εμπορευματοποίηση των fuel cells με πρότζεκτ όπως Zero Emissions Ships (Zemships), Fellowship, the Validation of Renewable Methanol-Auxiliary Power Systems for Commercial Vessels (METHAPU) και e4ships (Lee & Nam, 2017).

#### **2.4. Πράσινα κίνητρα και βιώσιμες επιχειρηματικές κινήσεις**

Στα κατ' εξακολούθηση αναφερθέντα στοιχεία περί περιβαλλοντικής ανησυχίας, ραγδαίας παγκοσμιοποίησης, εξάντλησης πόρων της ναυτιλιακής δραστηριότητας, το Green Shipping Practices (GPS) αγκαλιάζει τις πρακτικές για πράσινη και βιώσιμη ναυτιλία. Στα πλαίσια αυτού περιλαμβάνεται και ο υπολογισμός αποτυπώματος του άνθρακα των εμπορικών ναυτιλιακών διαδρομών με στόχο τη μείωση των περιβαλλοντικών ζημιών κατά τη μεταφορά φορτίων. Η δε εφαρμογή τους αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο από τις ναυτιλιακές εταιρείες. Ήδη πολλές ναυτιλιακές εταιρείες έχουν αρχίσει να ανταποκρίνονται στις περιβαλλοντικές ανησυχίες αγκαλιάζοντας τις πρακτικές της πράσινης ναυτιλίας (GSP) και πράσινες τις λειτουργίες τους (Lun et al., 2016).

- Καθώς ο τομέας προχωρά ολοένα και περισσότερο προς την απαλλαγή από τον άνθρακα, αναδύονται εθελοντικά προγράμματα περιβαλλοντικής αξιολόγησης πλοίων όπως οι δείκτες Clean Shipping Index, Clean Cargo Working Group, Environmental Ship Index, Green Award και Ship Energy Efficiency Management Plan.
- Η υλοποίηση δραστηριοτήτων που μπορούν να στηρίξουν τη μετάβαση της ναυτιλιακής βιομηχανίας σε μελλοντικά χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα συνεπάγεται επιπτώσεις στο κόστος, προϋποθέτει ανάπτυξη ανθρώπινων και τεχνολογικών ικανοτήτων και υιοθέτηση και εφαρμογή τεχνολογίας, ιδίως σε αναπτυσσόμενες χώρες (UNCTAD, 2019).

#### **2.5. Βασικοί τρόποι εφαρμογής της ανανεώσιμης ενέργειας στη ναυτιλία**

Για την άμεση ανταπόκριση του ναυτιλιακού επιχειρηματικού κόσμου διαχωρίστηκαν κάποια μέτρα μείωσης των εκπομπών καυσαερίων στη θάλασσα, σε τεχνικά και επιχειρησιακά. Τα τεχνικά μέτρα περιλαμβάνουν πιο αποδοτικά κύτη πλοίων, κινητήρες εξοικονόμησης ενέργειας, αποτελεσματικότερη πρόωση, χρήση εναλλακτικών τεχνολογιών και καυσίμων, όπως κυψέλες καυσίμου, βιοκαύσιμα, ηλιακή ή αιολική ενέργεια, μπαταρίες και εγκατάσταση εξοπλισμού επεξεργασίας καυσαερίων («scrubber»). Οι πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε παγκόσμια βάση είναι πυρηνικά (17,7%), φυσικό αέριο (14,8%), άνθρακας (38,4%), πετρέλαιο (9,3%), υδροηλεκτρική (18,4%), και ξύλο + απορρίμματα + ανανεώσιμα (1,4%) (Hakeem et al., 2014).



Τα περισσότερα από τα τεχνικά μέτρα (π.χ. βελτιωμένη σχεδίαση γάστρας ή πρόωσης) μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε νέα ή μετασκευασμένα πλοία. Τα επιχειρησιακά μέτρα είναι εφαρμόσιμα σε όλα τα πλοία και περιλαμβάνουν βελτιστοποίηση ταχύτητας, δρομολόγησης και οργάνωσης στόλου (Yliskylä-  
Peuralahti, 2016).

Τα τεχνικά μέτρα εφαρμόζουν ως:

- i. Μετασκευές για τον υπάρχοντα στόλο ή
- ii. Ενσωματώνοντάς τα σε νέα κατασκευαστικά σχέδια (επόμενες παραγγελίες).

Πολλές νέες σχεδιαστικές ιδέες για πλοία όλων των κλιμάκων περιλαμβάνουν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για βοηθητική και δευτερεύουσα χρήση ενέργειας, ενώ ένα μικρότερο ποσοστό στοχεύει σε 100% ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή τεχνολογίες μηδενικών εκπομπών για πρωτογενή πρόωση (π.χ. B9, Ecoliner, Greenheart, Orcelle). Οι περισσότερες εφαρμογές προβλέπουν ανανεώσιμη ενέργεια ως μέρος ενός ολοκληρωμένου πακέτου μέτρων απόδοσης. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν και παράκτιες υποδομές, κυρίως για εναλλακτική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (IRENA, 2015). (βλέπε [Παράρτημα 2](#)).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : ΤΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ – (Βιοκαύσιμα & Συνθετικά Καύσιμα)**

Σύμφωνα με τους Twidell and Weir (2006) οι πηγές ενέργειας κατηγοριοποιούνται στις 5 παρακάτω πρωτογενείς πηγές ενέργειας:

1. Ο Ήλιος
2. Η κίνηση και το βαρυτικό δυναμικό του Ήλιου, της Σελήνης και της Γης.
3. Γεωθερμική ενέργεια
4. Πυρηνική Ενέργεια
5. Ορυκτές πηγές

Επεξηγηματικά, η ανανεώσιμη ενέργεια προέρχεται κατά κύριο λόγο από τις πηγές 1, 2 και 3 (υδροφορείς). Η ορυκτή ενέργεια προέρχεται από πηγές 1 (ορυκτά καύσιμα), 3 (θερμές πέτρες), 4 και 5. Οι πηγές με τη μεγαλύτερη σημασία για τον παγκόσμιο ενεργειακό εφοδιασμό είναι 1 και 4. Η δε πέμπτη κατηγορία αν και μικρή, αλλά χρήσιμη για πρωτογενείς μπαταρίες (Twidell & Weir, 2006).

Από τα ορυκτά καύσιμα, το πετρέλαιο<sup>4</sup> αποτελεί την κύρια πηγή ενέργειας για την κάλυψη των μεταφορικών απαιτήσεων παγκοσμίως, καθώς είναι εύκολα διαχειρίσιμο και αποθηκεύσιμο, ωστόσο υφίσταται μια ανησυχητική έλλειψη στην παραγωγή αργού πετρελαίου και συνεπώς και της συνεχώς απαιτούμενης παγκόσμιας ενέργειας. Επιπροσθέτως η ρυπογόνα φύση του, αποτελεί μια χρόνια έμμεση απειλή για την ανθρωπινή φύση και το περιβάλλον.

Πλέον οι κύριες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που έχουν έρθει στο προσκήνιο είναι: η ηλιακή, η αιολική, η βιομάζα, η ενέργεια των αποβλήτων, η γεωθερμική, υδροηλεκτρική, κυματική / παλιρροιακή, και ωκεάνια θερμική. Ο ετήσιος κύκλος εργασιών έφτασε τα 30 δις ευρώ ή περίπου το 50% της παγκόσμιας αγοράς και η

---

<sup>4</sup> Τα παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου βρίσκονταν το 2014 σε περίπου 1,033,2 δις βαρέλια, το φυσικό αέριο περίπου στα 5.141,6 τρις κυβικά πόδια και ο άνθρακας περίπου στα 1,087,2 δις τόνους (Hakeem et al., 2014)

ανακύκλωση, η ενεργητική αξιοποίηση, η πρόληψη και η οργανική αξιοποίηση προσελκύουν πλέον τη μεγάλη προσοχή παγκοσμίως (Hakeem et al., 2014).

Τα επικρατέστερα εναλλακτικά καύσιμα, με πολλά υποσχόμενα κίνητρα είναι: βιοκαύσιμα, αμμωνία, υδρογόνο και η μεθανόλη (Wijnolst & Wergeland, 2009), έχοντας διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα (IRENA, 2020). Οι κατασκευαστές κινητήρων πλοίων έχουν ξεκινήσει πλέον να παράγουν κινητήρες αερίου διπλού καυσίμου που επιτρέπουν τη χρήση τόσο φυσικού αερίου όσο και συμβατικών καυσίμων (Wijnolst & Wergeland, 2009).

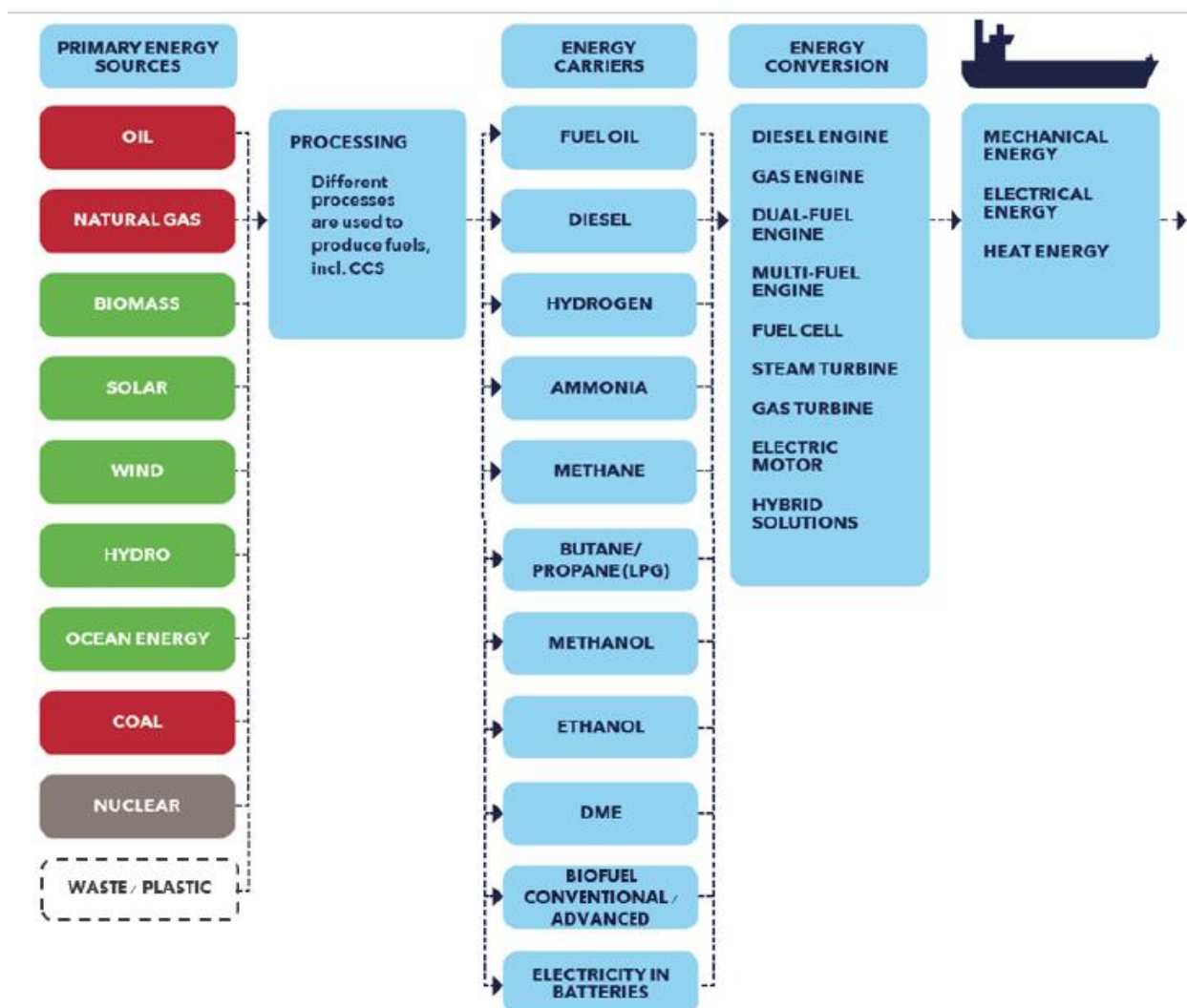
Υπάρχουν πολλές εφαρμοζόμενες τεχνολογίες, κυρίως μηχανικής φύσης, που ήδη βελτιώνουν την αποτελεσματικότητα των πλοίων και μειώνουν έμμεσα τις εκπομπές τους. Τέτοιες τεχνολογίες, όταν συνδυάζονται με την ψηφιοποίηση και τον αυτοματισμό, θα μπορούν να μειώσουν περαιτέρω τα ZEVs μέσω ολοκληρωμένων συστημάτων. Αν και έχουν γίνει πολλές ερευνητικές μελέτες, και πιλοτικά πρότζεκτ, δεν είναι ακόμη προβλέψιμο ποιες από αυτές τις τεχνολογίες θα κυριαρχήσουν στο μέλλον. Μερικά από αυτά έχουν ήδη κάνει την εμφάνισή τους, ωστόσο λόγω ελλιπών δεδομένων δεν υπάρχει ένα ολοκληρωμένο προφίλ για μια τέτοια επένδυση. Στην εξελισσόμενη αυτή πορεία, έχουν έρθει πλέον στο προσκήνιο οι μπαταρίες, οι κυψέλες καυσίμου καθώς και βοηθητικά συστήματα από τον άνεμο και τον ήλιο. Τα ηλεκτρικά πλοία, τα έχοντα μπαταρία ή υβριδική πρόωση, θα διαδραματίσουν εξίσου σημαντικό ρόλο στις μελλοντικές εμπορευματικές μεταφορές, αλλά η τεχνολογία μπαταρίας που διατίθεται σήμερα εξακολουθεί να επιτρέπει μόνο πλόες μικρών αποστάσεων εφόσον λειτουργεί αποκλειστικά με ηλεκτρικό ρεύμα (Wijnolst & Wergeland, 2009).

Στην παρούσα μελέτη θα εστιάσουμε σε 2 πηγές ανανεώσιμης ενέργειας για τα προκύπτοντα εναλλακτικά ναυτιλιακά καύσιμα. Στην πρώτη περίπτωση προέρχεται από την φυσική ενέργεια του Ήλιου μέσω της φωτοσύνθεσης και πρόκειται για την βιοενέργεια, ενώ στην δεύτερη περίπτωση η σύνθεση καυσίμων προκύπτει από μια σειρά διεργασιών χρήζουσες ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (αμφότερες θα αναλυθούν παρακάτω εκτενώς).

Για να προσεγγίσει ωστόσο η μελέτη αυτή τα εναλλακτικά καύσιμα, θα πρέπει εν πρώτοις να οριστούν. Επικαλούμενη την περιγραφή της Dr. Brynolf ορίζονται ως *«τα υλικά που μπορούν να μετατραπούν σε διάφορες χρήσιμες μορφές ενέργειας, όπως θερμική, μηχανική ή ηλεκτρική ενέργεια...Ένα καύσιμο θεωρείται ότι σχετίζεται με μια συγκεκριμένη πηγή πρωτογενούς ενέργειας και επιλογές επεξεργασίας, ενώ ένας*

φορέας ενέργειας αντιπροσωπεύει μόνο την ένωση ή το φαινόμενο που μεταφέρει την ενέργεια». Αυτό σημαίνει ότι πολλά διαφορετικά καύσιμα μπορεί να έχουν ιδίου τύπου φορέα ενέργειας (Andersson et al., 2020).

**Σχήμα 3-1:** Απλοποιημένη απεικόνιση της αλυσίδας από τις πηγές ενέργειας έως τη μηχανική ενέργεια για θαλάσσια πρόωση (DNV GL, 2019a).



### 3.1. Γενική Επισκόπηση των Εναλλακτικών Ναυτιλιακών Καυσίμων

Οι μεταφορείς θα πρέπει επί του παρόντος να εξετάσουν εάν πρέπει να γίνει επένδυση Capex για την εγκατάσταση τεχνικών λύσεων ή αν θα υιοθετηθεί η χρήση καυσίμου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο / ανάμεικτο καύσιμο. Συνεπώς υπάρχουν 3 λύσεις συμμόρφωσης με βάση τον IMO 2020:

1. η μετάβαση σε LNG ως καύσιμο,
2. να εγκατασταθεί συσκευή καθαρισμού καυσαερίων ώστε να συνεχίσει να έχει τη δυνατότητα χρήσης πετρελαίου με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο,
3. να προσεγγίσουν μια λύση εναλλακτικού καυσίμου (αν και πιο ακριβό) καύσιμο με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο / αναμειγμένο καύσιμο (Liu et al., 2018).

Ωστόσο, αρχικά οι ναυτιλιακές εταιρείες επικεντρώθηκαν στο επικείμενο sulfur cap, αλλά η εναλλαγή καυσίμων δεν ήταν τόσο απλή απόφαση όσο η επιλογή υψηλότερης ποιότητας βενζίνης. Οι εναλλακτικές λύσεις χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο είναι γενικά πιο ακριβές και λιγότερο ευρέως διαθέσιμες από τα καύσιμα με χαμηλό κόστος.

Πολλές εταιρείες προσπαθώντας να συμμορφωθούν με αυτό, εγκατέστησαν συστήματα καθαρισμού καυσαερίων (scrubbers), εφαρμόζοντας υβριδικές λύσεις ή ακόμη και μεταβαίνοντας σε πρόωση LNG (Koumentakos, 2019).

Λαμβάνοντας υπόψη τη διεθνή φύση της ποντοπόρου ναυτιλίας, είναι απίθανο να χρησιμοποιηθεί μακροπρόθεσμα μεγάλος αριθμός διαφορετικών καυσίμων με διαφορετικές απαιτήσεις υποδομής. Στις θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων και σε σταθερές διαδρομές, η κατάσταση είναι διαφορετική επειδή μια ειδική υποδομή μπορεί να είναι εμπορικά εφικτή (π.χ. για υγρό υδρογόνο ή μπαταρίες) (DNV GL, 2019b).

Εστιάζοντας στην λύση των εναλλακτικών καυσίμων εξετάζονται οι κάτωθι περιπτώσεις:

1. Τα κοινά συνθετικά καύσιμα που εξετάζονται περιλαμβάνουν μεθανόλη και αμμωνία. Αυτά τα καύσιμα μπορούν να μειώσουν αποτελεσματικά και ακόμη και να εξαλείψουν τις εκπομπές εάν παράγονται από πράσινο υδρογόνο που δημιουργείται μέσω ηλεκτρόλυσης χρησιμοποιώντας ανανεώσιμη ισχύ. Τα περισσότερα εργοστάσια που παράγουν ηλεκτροκαύσιμα είναι σε πιλοτική κλίμακα. Προς το παρόν υπάρχουν 2 εργοστάσια που παράγουν ποσότητες

εμπορικού μεγέθους, στην Ισλανδία με 5εκ. λίτρα ετησίως και ένα άλλο στη Νορβηγία που επρόκειτο να τεθεί σε λειτουργία το 2020.

2. Τα καύσιμα με βάση τα απόβλητα (βιοκαύσιμα 2G) θα μπορούσαν επίσης να παίξουν σημαντικό ρόλο. Αξιοπρόσεκτο είναι το γεγονός ότι τα καύσιμα μπορούν να παραχθούν χρησιμοποιώντας αέρια από διεργασίες επεξεργασίας αποβλήτων ή καυσαέρια από μη ανανεώσιμες πηγές, όπως καυσαέρια χαλυβουργείου. ή μπορούν να κατασκευαστούν από απορρίμματα πλαστικών ή / και καουτσούκ. Αυτοί οι τύποι καυσίμων θεωρούνται ανακυκλωμένα καύσιμα άνθρακα. Αν και δεν θεωρούνται ανανεώσιμα, το ισχυριζόμενο όφελος είναι ότι επειδή ανακυκλώνουν αέρια που διαφορετικά θα είχαν εκπέμψει, η χρήση τους για δευτερεύοντα σκοπό δεν θα είχε ως αποτέλεσμα πρόσθετες εκπομπές.
3. Ένα τρίτο μονοπάτι είναι η παραγωγή καυσίμων από εργοστάσια πλαστικών σε καύσιμα. Υπολογίζεται ότι 70 εκατομμύρια λίτρα ετησίως παράγονται με τη μέθοδο αυτή.
4. Τέλος, η αιολική και η ηλιακή ενέργεια έχουν διαδραματίσει ιστορικά σημαντικούς ρόλους στον τομέα της ναυτιλίας. Δεδομένου του μεγέθους και του βάρους των σημερινών εμπορικών πλοίων, δεν είναι επαρκή στο να μπορούν να παράσχουν την απαραίτητη ισχύ για την κίνηση μεγάλων φορτηγών πλοίων. Ωστόσο, δύνανται να βελτιώσουν τη συνολική απόδοση μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμου, παρά τα εμπόδια διαθεσιμότητας επιφανείας και των περιορισμών χώρου φορτίου για την αιολική ενέργεια, ενώ για τις ηλιακές φωτοβολταϊκές τεχνολογίες, η αλατότητα του περιβάλλοντος (IRENA, 2020).

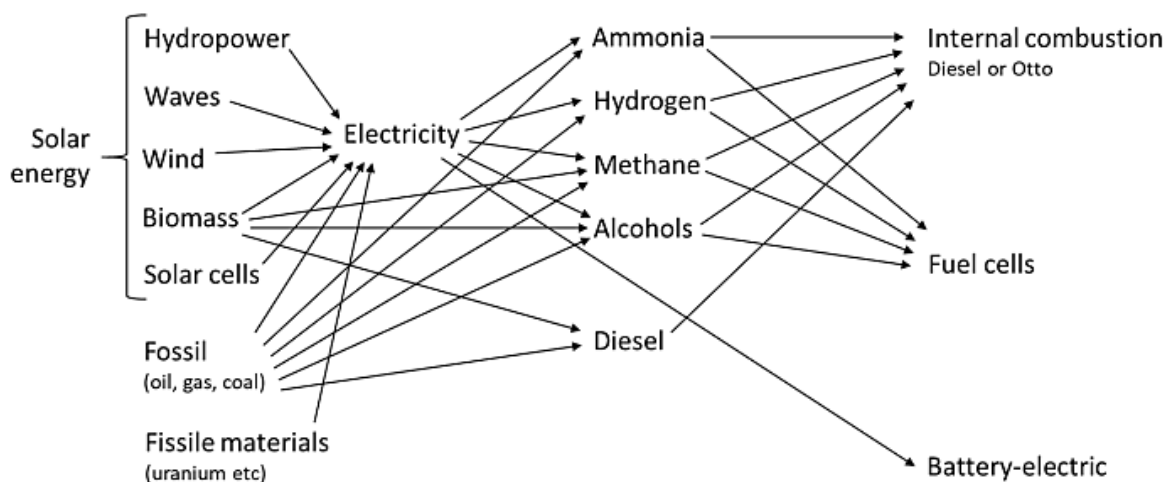
#### ➤ «Well-To-Wake» έναντι «Tank-To-Wake»

Η «Tank-To-Wake» λαμβάνει υπόψη μόνο τις εκπομπές από την καύση ή τη χρήση μιας πηγής ενέργειας, όχι τη διαδικασία προμήθειας καυσίμου ή μεταφοράς του στο πλοίο.

Για τη μέτρηση του καθαρού αντίκτυπου άνθρακα, οι εκπομπές «Well-To-Wake» πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για εναλλακτικά καύσιμα, επειδή η διαδικασία αυτή εξετάζει τον κύκλο ζωής ενός καυσίμου, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής, της μεταφοράς και της χρήσης.

Μείγματα ορυκτής και μη ορυκτής πρωτογενούς ενέργειας δεν εντοπίζονται μόνο κατά τη χρήση μεθανίου (όπως στο LNG και LBG), αλλά μπορούν επίσης να βρεθούν κατά τη χρήση μεθανόλης και "ηλεκτροκαυσίμων" που μπορεί να είναι

ανανεώσιμο εάν η μεθανόλη παράγεται από βιομάζα, ή στην περίπτωση ηλεκτροκαυσίμων, εάν η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται είναι ανανεώσιμη. Στο Σχήμα 3-2, απεικονίζονται μερικές πιθανές οδοί παραγωγής για καύσιμα.



**Σχήμα 3-2.** Παραδείγματα διαδρομών παραγωγής καυσίμων και τεχνολογίες ενεργειακής μετατροπής για τα ναυτιλιακά καύσιμα (Πηγή: Andersson et al., 2020).

Οι εκτιμήσεις βιωσιμότητας των καυσίμων πλοίων περνάνε εξίσου μέσα από το φιλτράρισμα των 17 Στόχων Αειφόρου Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών δείχνοντας πόσα διαφορετικά κριτήρια πρέπει να ληφθούν υπόψη στο δρόμο προς την επίτευξη της αειφορίας. Συνεπώς, αποτελεί πρόκληση η αξιολόγηση μελλοντικών καυσίμων που λαμβάνουν υπόψη όλες τις πτυχές.

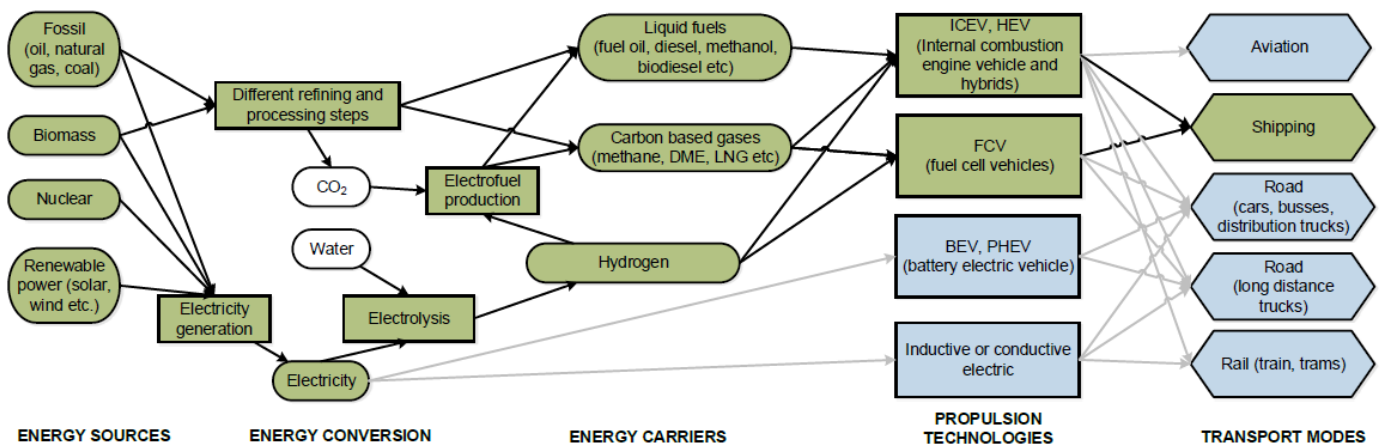
Οι καλά αποδεδειγμένες λύσεις και τεχνολογίες που επιτρέπουν τη χρήση διαφορετικών καυσίμων με μικρές μόνο τροποποιήσεις είναι πιθανό να αποδώσουν μακροπρόθεσμα ένα πιο προβλέψιμο και πιθανώς χαμηλότερο κόστος. Υπάρχει ανάγκη για πρωτοπόρους που εισάγουν και δοκιμάζουν νέες λύσεις, αλλά αυτό κοστίζει, εκτός κι αν χρηματοδοτηθούν χάριν της πιλοτικής εφαρμογής από τις αντίστοιχες εταιρείες.

Έχοντας στο στόχαστρο το περιβάλλον, και τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, υπάρχει ανάγκη να καταστεί η εκπομπή ορυκτού άνθρακα υπό την προοπτική του κύκλου ζωής, ως πρώτη προτεραιότητα και να αξιολογηθούν τα καύσιμα που πληρούν αυτό το κριτήριο. Κατόπιν φυσικά θα πρέπει να ρυθμιστούν με σαφείς κανονισμούς, προϋποθέσεις και οδηγίες εφαρμογής τους.

Μεγάλο μέρος της βαρύτητας, από τα ενδιαφερόμενα μέρη, δίνεται εξίσου στον οικονομικό παράγοντα προκειμένου για την βιωσιμότητας της επένδυσης στα εναλλακτικά καύσιμα. Κατά συνέπεια συνυπολογίζονται πολλοί οικονομικοί

παράγοντες, ξεκινώντας από τις κύριες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται καθώς και την πορεία παραγωγής (Andersson et al., 2020).

Τα πιθανά καύσιμα πλοίων αντιπροσωπεύονται από τις διαδρομές συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής ηλεκτροκαυσίμων στο Σχήμα 3-3.



**Σχήμα 3-3:** Απλοποιημένα σχήματα πρωτογενών πηγών ενέργειας, τεχνολογίες μετατροπής ενέργειας και φορείς ενέργειας για διαφορετικούς τρόπους μεταφοράς με έμφαση σε πιθανές διαδρομές για τη ναυτιλία (υποδεικνύονται με πράσινα κουτιά και μαύρες γραμμές)<sup>5</sup> (Taljegård et al., 2015).

Παρακάτω παρουσιάζονται τα 2 υπό εξέταση εναλλακτικά ναυτιλιακά καύσιμα εστιάζοντας στον κεντρικό κορμό τους, καθότι στα κεφάλαια που ακολουθούν αναλύονται με περισσότερη λεπτομέρεια, βάση των παραμέτρων: περιβάλλον, κοινωνικό-πολιτικό, τεχνικό-τεχνολογικό και χρηματοοικονομικό πλαίσιο.

### 3.2. ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

#### Εισαγωγή

Το 1925 ο Χένρι Φορντ θα προβλέψει πως: «Το καύσιμο του μέλλοντος θα προέρχεται από φρούτα όπως αυτό το σουμάκ<sup>6</sup> έξω από το δρόμο, ή από μήλα, αγριόχορτα, πριονίδι - σχεδόν οτιδήποτε. Υπάρχει καύσιμο σε κάθε κομμάτι φυτικής ύλης που μπορεί να υποστεί ζύμωση». (Agarwal et al., 2017).

<sup>5</sup> Τα ακρωνύμια που χρησιμοποιούνται είναι: DME = διμεθλαιθέρας, LNG = Υγροποιημένο φυσικό αέριο, ICEV = κινητήρες εσωτερικής καύσης, HEV = υβριδική ηλεκτρική πρόωση, FCV = κωφέλες καυσίμου, BEV = ηλεκτρική πρόωση μπαταρίας, PHEV = υβριδικό ηλεκτρικό προωθητικό (Taljegård et al., 2015).

<sup>6</sup> Είδος φυτού. Λέγεται επίσης βιρσιά η ρους



Στις αρχές του 21ου αιώνα, η χρήση βιομάζας για παραγωγή ήταν πολύ διαφορετική μεταξύ πολλών χωρών του OECD - μικρότερη από 3%, έναντι πολλών αναπτυσσόμενων οι οποίες αντλούσαν περισσότερο από το 30% για τις ενεργειακές τους ανάγκες από δασοκομικά ή γεωργικά προϊόντα. Για παράδειγμα, η Κούβα παράγει περισσότερο από το 35% της ηλεκτρικής της ενέργειας από ζαχαροκάλαμο, ενώ η Βραζιλία χρησιμοποιεί ζαχαροκάλαμο και καλαμπόκι για την παραγωγή βιοκαυσίμων και ηλεκτρικής ενέργειας ικανοποιώντας περισσότερο από το 25% των συνολικών ενεργειακών αναγκών της.

Στα έθνη του OECD οι πιο σημαντικές μορφές βιομάζας που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας είναι:

- i. ξύλο για οικιακή θέρμανση και μαγείρεμα
- ii. αλκοόλ, το οποίο αναμιγνύεται με βενζίνη ως καύσιμο μεταφοράς
- iii. καύσιμο ντίζελ που προέρχεται από υπολείμματα υγρών καυσίμων, λιπαντικά και μαγειρικό λάδι
- iv. μεθάνιο και αέρια καύσιμα που προέρχονται από την αναερόβια αποσύνθεση αστικών και ζωικών αποβλήτων
- v. υποπροϊόντα της δασοκομίας και της βιομηχανίας ξυλείας για την διεργασία παραγωγής θερμότητας (Michaelides, 2012).

Η διαφορά μεταξύ των ορυκτών καυσίμων και των βιοκαυσίμων είναι ότι τα ορυκτά καύσιμα παρήχθησαν εκατομμύρια χρόνια πριν, όταν τα φυτά και άλλοι οργανισμοί πέθαναν, θάφτηκαν και υπέστησαν υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις που σχημάτισαν άνθρακα, πετρέλαιο ή φυσικό αέριο. Τα βιοκαύσιμα, από την άλλη, παράγονται από βιολογικό υλικό που έζησε ή ζει ακόμα σε πρόσφατο χρόνο (SSI, 2019).

Το ξύλο, οι γεωργικές καλλιέργειες, τα γεωργικά υπολείμματα, τα ποώδη χόρτα, τα φύκια, τα θαλάσσια φυτά, τα αστικά στερεά απόβλητα, τα λύματα και τα ζωικά απόβλητα είναι όλες οι μορφές βιομάζας που χρησιμοποιούνται για την ικανοποίηση της ενεργειακής ζήτησης της σύγχρονης κοινωνίας. Η βιομάζα εξακολουθεί να είναι το κύριο καύσιμο που χρησιμοποιείται για το μαγείρεμα και την οικιακή θέρμανση στις περισσότερες αγροτικές κοινωνίες και σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ στις βιομηχανικές χώρες χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή των βιοκαυσίμων ή μέσω καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Hsieh & Felby, 2017).

Τα βιοκαύσιμα εν έτη 2020-2021 θεωρούνται ήδη μια «πολύ-συζητημένη» περίπτωση πράσινης βιώσιμης λύσης, στα τραπέζια των αποφάσεων εν όψη αναβαθμίσεως και συμμόρφωσης των ναυτιλιακών επιχειρήσεων. Κι αυτό γιατί μπορούν να θεωρηθούν ως τα πιο «τεχνολογικά έτοιμα» από τις διάφορες εναλλακτικές λύσεις που προτείνονται για μεταφορές μεγάλων αποστάσεων όντας ήδη διαθέσιμα και εφαρμοσμένα κατά περίπτωση. Ωστόσο, στα βιοκαύσιμα τίθενται εξαιρετικά αμφιλεγόμενα ερωτήματα όχι μόνο σχετικά με την βιωσιμότητα που προκύπτει από τη χρήση τους (χρήση γης, επάρκεια νερού κ.λ.π)η οποία και θα εξεταστεί σε παρακάτω κεφάλαια, αλλά και την μελλοντικά επαρκή τους διαθεσιμότητα για την κάλυψη παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών σε διαφορετικούς τομείς και σε ευρύτερο περιβαλλοντικό, κοινωνικό, τεχνολογικό και οικονομικό πεδίο (SSI, 2019)

Από τεχνολογική άποψη, τα υγρά βιοκαύσιμα είναι αρκετά ώριμα, απαιτούν λίγες προσαρμογές στους υπάρχοντες κινητήρες πλοίων και λιμενικές υποδομές και μπορούν να έχουν σημαντικά οφέλη μείωσης των εκπομπών, ακόμη και ως μείγματα. Ωστόσο, τρία κύρια εμπόδια περιορίζουν το δυναμικό βιοκαυσίμων στον τομέα της ναυτιλίας: οικονομικά, διαθεσιμότητας και θέματα βιωσιμότητας. Αυτά και χρίζουν ανάλογης επιμέλειας και βαρύτητας (IRENA, 2020).

Για να γίνει αυτή η μετάβαση σε βιώσιμα βιοκαύσιμα θα πρέπει να μελετηθούν και να συνυπολογιστούν κάποιοι βασικοί συντελεστές όπως:

- Γεωργικοί: αγροτικό εισόδημα και οικονομική ανάπτυξη
  - Απόδοση: Η διαθέσιμη καλλιεργήσιμη γη σε εκτάρια
  - Ποιότητα: εδάφους και τελικών προϊόντων
  - Επάρκεια: Επαρκής παραγόμενη ποσότητα
- Πολιτικοί: ενεργειακή ασφάλεια
  - Το κατά πόσο είναι κοινωνικά αποδεκτή και μη ανταγωνιστική ως προς τα τρόφιμα
  - Τρόφιμα: πρόσθετη βιώσιμη αξία στην τροφική αλυσίδα
- Δημογραφικοί: αυξανόμενος πληθυσμός και πλούτος
- Τεχνολογικοί: Ανάπτυξη των δεδομένων της E&A στα προϊόντα 2ης και 3ης γενιάς των βιοκαυσίμων
  - Η συμβατότητα των άλλων ΑΠΕ ως υποβοηθητικές (π.χ. αιολική, ηλιακή)
- Οικονομικοί: Η τιμή του πετρελαίου

- Περιβαλλοντικοί: μείωση των καθαρών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου
- Οι παγκόσμιοι ηγέτες στην ανάπτυξη και χρήση των βιοκαυσίμων είναι: η Βραζιλία, οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Γερμανία, Γαλλία και Σουηδία. Ωστόσο ολοένα και εντάσσονται περισσότερες χώρες (Soccol et al., 2016; Arends & Osseweijer, 2014).

### Βασικοί Ορισμοί <sup>7</sup>

**ΒΙΟΜΑΖΑ:** Η βιομάζα είναι οποιαδήποτε οργανική ύλη βιολογικής προέλευσης διαθέσιμη σε ανανεώσιμη ή σε επαναλαμβανόμενη βάση, η οποία αποθηκεύεται με τη μορφή χημικής ενέργειας. Τα φυτά χρησιμοποιούν την χλωροφύλλη στα φύλλα τους ως καταλύτες και μεγάλες ποσότητες της ηλιακής ενέργειας για τη μετατροπή του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα και του νερού σε σύνθετα μόρια γλυκόζης και φρουκτόζης (Hordeski, 2008). Εξαιρείται το υλικό που είναι ενσωματωμένο σε γεωλογικούς σχηματισμούς ή / και μετατρέπεται σε ορυκτά. Επίσης περιλαμβάνει ξυλώδη, ποώδη βιομάζα, βιομάζα φρούτων και υδρόβια [ISO 16599: 2014] (IEA, 2020).

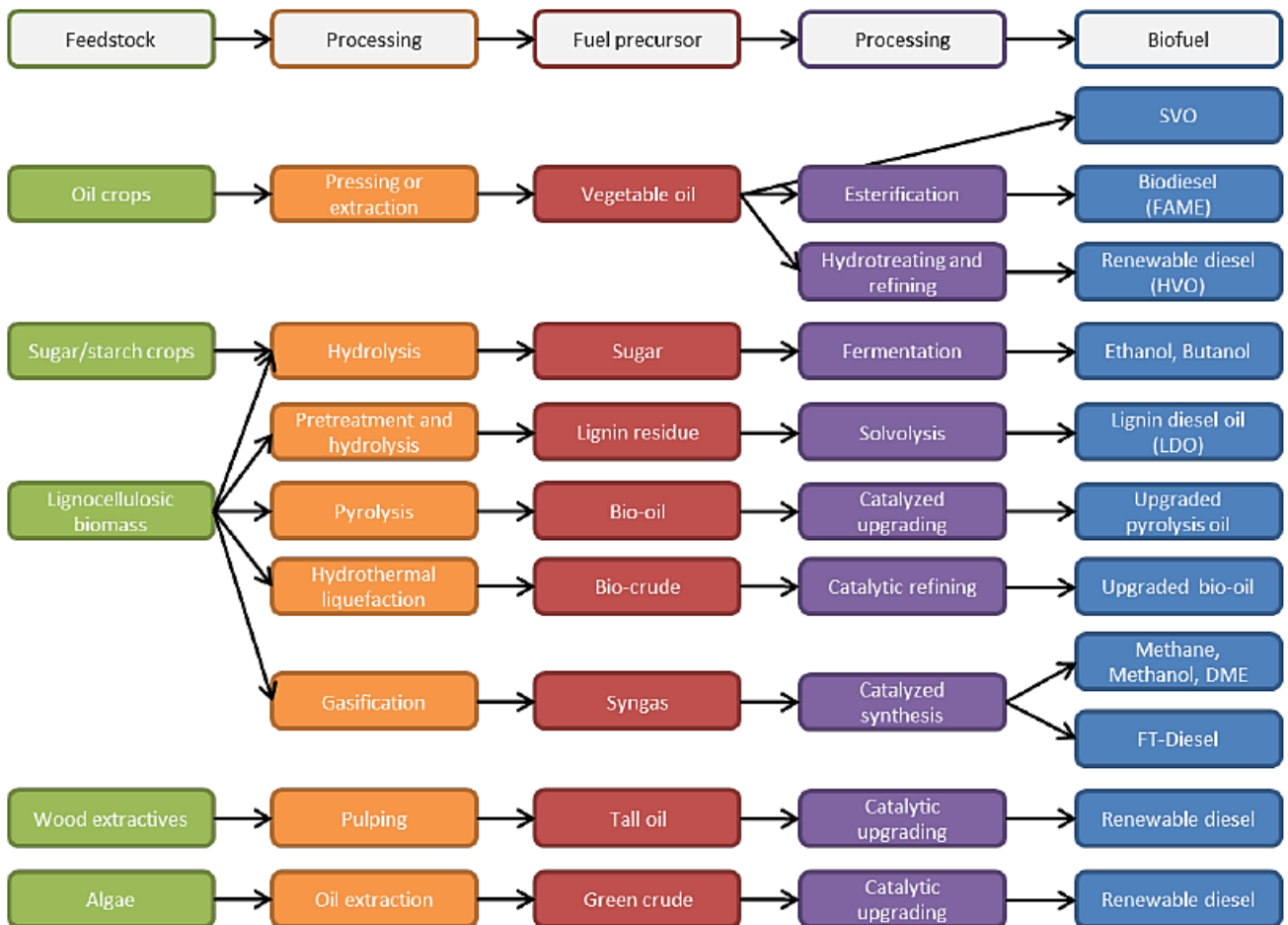
**ΒΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑ:** Ορίζεται ως η ενεργειακή περιεκτικότητα σε στερεά, υγρά και αέρια προϊόντα που προέρχονται από πρώτες ύλες βιομάζας και βιοαερίου (IEA, 2020). Η ισχύς παράγεται με κινητήρες, στροβίλους, κυψέλες καυσίμου ή άλλο εξοπλισμό (US, 2002).

#### 3.2.1. Οι 3 βασικές γενιές παράγωγων βιοκαυσίμων

Στο Σχήμα 3-4. παρουσιάζεται μια εικονική προσέγγιση της πρώτης ύλης και των διαδρομών παραγωγής που ακολουθούν τα διαφορετικής γενιάς παράγωγα βιοκαύσιμα.

---

<sup>7</sup> Η βιοενέργεια παράγει συνήθως λιγότερο από το 1% της ενέργειας που μπορεί να παράγει η ηλιακή ενέργεια ανά εκτάριο, καθιστώντας τις λύσεις που βασίζονται στην ηλεκτρική ενέργεια πιο αποτελεσματικές όπου είναι διαθέσιμες και τεχνικά εφικτές (ETC, 2018).



**Σχήμα 3-4.** Επισκόπηση των διαφορετικών διαδρομών μετατροπής πρώτων υλών σε θαλάσσια βιοκαύσιμα, συμπεριλαμβανομένων των συμβατικών και των προηγμένων βιοκαυσίμων. (Πηγή: Hsieh & Felby, 2017).

### **A. Συμβατικά Βιοκαύσιμα – Πρώτη Γενιά (1G)**

Είναι τα καύσιμα που παράγονται από πρώτες ύλες τροφίμων. Αποτελούν την πρώτη γενιά βιοκαυσίμων και περιλαμβάνουν την αιθανόλη από ζαχαροκάλαμο, αιθανόλη με βάση άμυλο, μεθυλαιθέρα λιπαρών οξέων (FAME) και καθαρό φυτικό έλαιο (SVO) (IRENA, 2020).

Τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς έχουν επιτύχει παραγωγή σε εμπορική κλίμακα και εκτεταμένη ανάπτυξη σε ολόκληρο τον κόσμο, ενώ παράλληλα στο τραπέζι των επενδυτικών κινήσεων έχουν μπει τα βιοκαύσιμα προηγμένης ή δεύτερης γενιάς (από απόβλητα, υπολείμματα και λιγνοκυτταρίνη βιομάζα), που είναι πιο δύσκολο και κοστοβόρο να μετατραπούν σε υγρά καύσιμα. Σε αντίθεση με τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς που τυπικά πρέπει να αναμιχθούν με ορυκτά καύσιμα για χρήση και να έχουν ανώτερο όριο ανάμιξης, ορισμένα καύσιμα δεύτερης γενιάς έχουν φυσικές και χημικές ιδιότητες παρόμοιες με αυτές των καυσίμων που αντικαθιστούν και έτσι

μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα drop in. Τα ποσοστά ανάμειξης ποικίλλουν ευρέως ανά περιοχή και εξαρτώνται από την υποστήριξη πολιτικής, τη διαθεσιμότητα καυσίμων και τους περιορισμούς συμβατότητας. Παράδειγμα οι ΗΠΑ που συνδυάζουν περίπου 10% αιθανόλη και 5% βιοντίζελ στην προμήθεια βενζίνης και ντίζελ, ενώ η Ευρωπαϊκή Ένωση θέτει ως ποσοστό ανάμειξης περίπου 7% με βιοντίζελ και η αυξανόμενη βιομηχανία ανανεώσιμων καυσίμων οδηγεί στη συνεχή αύξηση των υποκατάστατων ντίζελ.

Αν και η χρήση βιοκαυσίμων μετράει αρκετά χρόνια πίσω στον τομέα των μεταφορών, ωστόσο η ανάπτυξη θαλάσσιων βιοκαυσίμων βρίσκεται στα σπάργανα και τα τελευταία χρόνια ξεκίνησαν δειλά να πειραματίζονται με διαφορετικούς τύπους βιοκαυσίμων δοκιμάζοντας τη συμβατότητα του κινητήρα, εξετάζοντας τα χαρακτηριστικά καυσίμου και αναπτύσσοντας πιλοτικά έργα (Zhou et al., 2020).

Ενώ οι τεχνικές και θεσμικές προκλήσεις παραμένουν στην κλιμάκωση της ανάπτυξης προηγμένων βιοκαυσίμων, τα συμβατικά βιοκαύσιμα (για παράδειγμα, αιθανόλη ζαχαροκάλαμου) έχουν τεράστιες δυνατότητες αύξησης της παραγωγικής ικανότητας στην Αφρική (IRENA, 2019).

## **B. Προηγμένα Βιοκαύσιμα – Δεύτερη Γενιά (2G)**

Βιώσιμα καύσιμα που παράγονται από πρώτες ύλες εκτός των τροφίμων, τα οποία είναι ικανά να προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με τις εναλλακτικές λύσεις ορυκτών καυσίμων και τα οποία δεν ανταγωνίζονται άμεσα τις καλλιέργειες τροφίμων και ζωοτροφών για γεωργική γη ή προκαλούν δυσμενείς επιπτώσεις στη βιωσιμότητα. Αυτός ο ορισμός διαφέρει από τον ορισμό που χρησιμοποιείται για τα «προηγμένα βιοκαύσιμα» στη νομοθεσία των ΗΠΑ, η οποία βασίζεται σε μια ελάχιστη μείωση του κύκλου ζωής του GHG κατά 50% και η οποία, επομένως, περιλαμβάνει την αιθανόλη από ζαχαροκάλαμο (IEA, 2020).

Συμπεριλαμβάνουν τα απόβλητα υλικά (όπως φυτικά έλαια ή ζωικά λίπη) και ειδικές για την ενέργεια καλλιέργειες ικανές να καλλιεργούνται σε λιγότερο παραγωγικές και υποβαθμισμένες εκτάσεις. Επομένως, έχουν μικρότερο αντίκτυπο στους πόρους των τροφίμων και θα πρέπει να έχουν χαμηλότερη πιθανότητα πρόκλησης LUC και ILUC.

Παρά τα πλεονεκτήματα της μετάβασης στην παραγωγή και χρήση βιοκαυσίμων 2G, η εμφάνιση της προηγμένης βιομηχανίας βιοκαυσίμων ήταν αργή λόγω του πρώιμου σταδίου τεχνολογικής ανάπτυξης και εμποδίων που αντιμετωπίζει όπως το υψηλό

κόστος παραγωγής, οι ανώριμες αλυσίδες εφοδιασμού, η εξάρτηση από κυβερνητικά προγράμματα στήριξης που υπόκεινται στις πολιτικές επιρροές και στη συνακόλουθη αβεβαιότητα σχετικά με το μέγεθος της αγοράς (IRENA, 2019b).

Κατηγοριοποιούνται στις ακόλουθες τέσσερις ομάδες διαδρομών:

1. Μικροβιακή μετατροπή βιομάζας λιγνοκυτταρίνης (π.χ. μίσχοι, καλαμπόκι) σε βιοαιθανόλη ή βιο-βουτανόλη.
2. Μετεστεροποίηση του FAME με βιώσιμη προέλευση (δηλαδή, βιοντίζελ).
3. Υδροεπεξεργασία φυτικών ελαίων βιώσιμης προέλευσης ή ζωικών λιπών ακολουθούμενη από ισομερισμό αλκανίου και πυρόλυση για την παραγωγή drop in καυσίμων (HVO<sup>8</sup> / HEFA<sup>9</sup>).
4. Θερμοχημικές οδοί που ξεκινούν με πυρόλυση για να παράγουν βιοκαύσιμο ή αεριοποίηση βιομάζας για συνέργεια.

Εκτός από τα παραπάνω (αιθανόλη, ντίζελ FAME, ανανεώσιμο ντίζελ (HEFA / HVO) και διάφορα καύσιμα που εξευγενίζονται μέσω θερμοχημικών διεργασιών, ο τομέας των βιοκαυσίμων παράγει αρκετά ενδιαμέσα, παράλληλα και τελικά προϊόντα με διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε σύγκριση με τα συμβατικά και τα ορυκτά καύσιμα (IRENA, 2019b).

### **C. Βιοκαύσιμα Φυκών – Τρίτη Γενιά (3G)**

Πολλές επιστημονικές μελέτες κατά καιρούς δηλώνουν ότι τα φύκια θα μπορούσαν να είναι 10 έως 100 φορές πιο παραγωγικά από τα παραδοσιακά υλικά τροφοδοσίας. Τα φύκια έχουν το προβάδισμα στο ότι μπορούν να καλλιεργηθούν σε πολύ διαφορετικά περιβάλλοντα. Δεκάδες χιλιάδες μικροοργανισμοί υπάρχουν κάτω από τον ανεπίσημο ορισμό των «φυκών» που μπορούν να συσσωρεύσουν λιπίδια κατάλληλα για παραγωγή βιοκαυσίμων, πολλά εκ των οποίων είναι ανθεκτικά στο αλάτι και μπορούν να καλλιεργηθούν σε θαλασσινό νερό, μη συνυπολογίζοντας πλέον τον ανταγωνισμό για τη χρήση γης. Ορισμένα μπορούν να καλλιεργηθούν υπό τις σκληρές συνθήκες μη αρόσιμης γης, ενώ άλλα μπορούν να τροφοδοτηθούν από βιομηχανικά ή δημόσια λύματα. Επιπλέον, η φωτοσύνθεση φυκών μπορεί να

---

<sup>8</sup> Η ποιότητα αυτών των καυσίμων, συνήθως ανανεώσιμων ντίζελ, ισούται ή υπερβαίνει τις προδιαγραφές για ισοδύναμα καύσιμα πετρελαίου (IRENA, 2019b).

<sup>9</sup> Ο όρος «υδροκατεργασμένοι εστέρες και λιπαρά οξέα» (HEFA) χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο επειδή περιλαμβάνει τα κλάσματα πρώτων υλών εκτός από τα φυτικά έλαια (IRENA, 2019b).

ενσωματωθεί στη χρήση δευτερευόντων πηγών CO<sub>2</sub>, όπως καυσαέρια από βιομηχανικούς λέβητες ή λέβητες ισχύος.

Η καλλιέργεια φυκών σε ανοιχτές λίμνες είναι η απλούστερη και φθηνότερη μέθοδος. Ωστόσο, τέτοιες λίμνες εκθέτουν τα φύκια σε διάφορα περιβάλλοντα, όπως μη αποστειρωμένο νερό καθώς και οργανισμούς, που μπορεί να μολύνουν ή να καταστρέψουν την καλλιέργεια. Τα καλύμματα θερμοκηπίου ή οι κλειστοί φωτοβιοαντιδραστήρες συμβάλλουν στην επίλυση του προβλήματος μόλυνσης αλλά αυξάνουν το συνολικό κόστος της διαδικασίας. Όσον αφορά την απόδοση, οι τεχνητοί φωτοβιοαντιδραστήρες είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος καλλιέργειας.

Η μαζική καλλιέργεια αντιπροσωπεύει πάνω από το 40% του συνολικού κόστους και θεωρείται το βασικό εμπόδιο για την εμπορική υλοποίηση των μικροφυκών. Ανάλογα με τη μέθοδο καλλιέργειας, υπάρχουν επίσης ανησυχίες σχετικά με τη χρήση των πόρων και τα ίχνη άνθρακα της καλλιέργειας φυκών, όσον αφορά τη χρήση νερού, λιπασμάτων (αζώτου και φωσφόρου) και χώρου (IRENA, 2019b).

### **3.2.2. Κατηγοριοποίηση των παραγόμενων κύριων Βιοκαυσίμων**

Τα παραγόμενα προϊόντα των βιοκαυσίμων είναι 3 κατηγοριών: υγρά, αέρια και στερεά καύσιμα που παράγονται κυρίως από βιομάζα και περιλαμβάνουν: βιομεθανόλη, βιοαιθανόλη, βιοϋδρογόνο, βιοντίζελ και ανανεώσιμο ντίζελ, φυτικά έλαια, βιοαέριο, βιολογικός άνθρακας (βλ. παραπάνω, Σχήμα. 3) (Socol et al., 2016).

Τα βιοκαύσιμα έχουν πολύ χαμηλά επίπεδα θείου και χαμηλές εκπομπές CO<sub>2</sub>, γι' αυτό και αποτελούν μια τεχνικά βιώσιμη λύση για καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο που πληρούν τις απαιτήσεις VLSFO ή ULSFO (Hsieh & Felby, 2017). Σύμφωνα με τον DNV GL, 2019a τα περισσότερο υποσχόμενα βιοκαύσιμα για πλοία είναι το υδρογονοκατεργασμένο φυτικό έλαιο (HVO), ο μεθυλεστέρας λιπαρών οξέων (FAME) και το υγροποιημένο βιοαέριο (LBG), αν και υπάρχουν και άλλες επιλογές εν εξελίξει (DNV GL, 2019a).

Παρακάτω θα αναφερθούν τα επικρατέστερα συγκλίνοντα ναυτικά καύσιμα βάση των DNV GL (2019a), Florentinus et al. (2012), Zhou et al. (2020), Bauen et al. (2017), Socol et al. (2016), Hakeem et al.(2014)

## **1. Biodiesel FAME**

- Το βιοντίζελ είναι γνωστό ως υποκατάστατο καύσιμο για κινητήρα ντίζελ και πιστεύεται ότι είναι φιλικό προς το περιβάλλον, βιοδιασπώμενο, χαμηλό κόστους, ανανεώσιμο και μη τοξική, αλλά καθαρή εναλλακτική λύση.
- Μειώνει τους επιβλαβείς ρύπους αέρα όπως χημικά, σωματίδια, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> και τοξικοί ατμοσφαιρικοί ρύποι (Soccol et al., 2016; Hakeem et al., 2014).
- Το βιοντίζελ (FAME) θα μπορούσε να αναμιχθεί σήμερα με συμβατικά καύσιμα πλοίων. Συγκεκριμένα οι μέχρι τώρα δοκιμές έχουν αγγίξει έως και το 30%.
- Τα καύσιμα που περιέχουν 5% έως 7% FAME δεν χρειάζεται να επισημανθούν ως βιοκαύσιμα στις Ηνωμένες Πολιτείες ή στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Zhou et al., 2020).
- Προσελκύει όλο και περισσότερο το παγκόσμιο ενδιαφέρον ως μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση έναντι του πετρελαίου καθότι παράγεται από ανανεώσιμες πηγές όπως τα φυτικά έλαια και λίπη ζώων (Soccol et al., 2016).
- Μίγματα έως και 20% δεν αναμένεται να απαιτήσουν τροποποίηση κινητήρα αντ' αυτού θα βελτιώσουν τη λιπαντικότητα των ναυτιλιακών καυσίμων, με κάποιους συμβιβασμούς των ιδιοτήτων ψυχρής ροής.
- Το βιοντίζελ FAME θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί καθαρό, με την προϋπόθεση εκσυγχρονισμού του κινητήρα, τροποποιήσεις συστήματος καυσίμου και συντήρηση προσαρμογών, συμπεριλαμβανομένων συχνών ελέγχων φίλτρων
- Οι προκλήσεις στη χρήση αυτού του καυσίμου περιλαμβάνουν ότι υποβαθμίζεται σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα.
- Το βιοντίζελ FAME τείνει να μαλακώσει και να υποβαθμίσει τα λαστιχένια και ελαστομερή εξαρτήματα παλαιότερων κινητήρων.
- Επειδή το FAME είναι ισχυρότερος διαλύτης από τα συμβατικά καύσιμα πλοίων, η αποθήκευσή του επί του πλοίου μπορεί να αποσπάσει εναποθέσεις σε δεξαμενές καυσίμου και γραμμές καυσίμου, οδηγώντας σε μεταφορά ιζημάτων, μπλοκαρισμένα φίλτρα και ζημιά στην αντλία καυσίμου (Zhou et al., 2020).
- Το **FAME** δεν είναι καύσιμο (DNV GL, 2019b). Συχνά αναφέρεται ως βιοντίζελ, όντας ένας τρόπος σχετικά εύκολης και φθηνής αύξησης του



ανανεώσιμου περιεχομένου ενός ντίζελ. Είναι τύπος εστέρα που προέρχεται από διεστεροποίηση λιπών με μεθανόλη (Bauen et al., 2017). Αναμειγνύοντάς το με συμβατικό καύσιμο σε συγκεντρώσεις έως 7% είναι επιτρεπτό όπως καθορίζεται από το ISO 8217: 2017 για βαθμούς DF (Distillate FAME) DFA, DFZ και DFB (DNV GL, 2019b). Μπορεί να αναμειχθεί σε υψηλά επίπεδα με ντίζελ για χρήση σε κινητήρες καύσης CI.

- Μπορεί να έχει χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, εφόσον προέρχεται από βιώσιμη πηγή (Bauen et al., 2017).
- Το FAME διαφέρει από το MGO /MDO όσον αφορά τη σταθερότητα καυσίμου, τις ιδιότητες ψυχρής ροής, τη συμβατότητα με υλικά (π.χ. σε συσκευασίες), ανθεκτικότητα και λιπαντικές ιδιότητες.
- Έχει χαμηλή απόδοση σε κρύες θερμοκρασίες και είναι λιγότερο σταθερό όταν αναμειγνύεται και έχει μικρή διάρκεια ζωής.
- Ορισμένες δοκιμές παρουσίασαν αυξημένη διάβρωση και ευαισθησία σε μικροβιακή ανάπτυξη.
- Η γνώση σχετικά με άλλες πιθανές επιπτώσεις του FAME είναι περιορισμένη, και σύμφωνα με τις μέχρι σήμερα μελέτες που πραγματοποιήθηκαν η χρήση του FAME είναι μόνο για μικρότερες χρονικές περιόδους (DNV GL, 2019b).

## **2. Straight Vegetable Oil (SVO) ή Pure Plant Oil (PPO)**

- Το φυτικό λάδι που χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοντίζελ μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί απευθείας σε κινητήρες. Με μικρές τροποποιήσεις, οι περισσότεροι κινητήρες ντίζελ είναι κατάλληλοι για τη χρήση του SVO.
- Το ιξώδες του SVO πρέπει να μειωθεί προθερμαίνοντάς το. Αυτό γίνεται συχνά μέσω ενός συστήματος διπλού καυσίμου, στο οποίο το αυτοκίνητο ξεκινά με κανονικό ντίζελ και μετά από λίγο αλλάζει στη χρήση του SVO.
- Με ανεβασμένες θερμοκρασίες περιβάλλοντος το ιξώδες είναι αυτόματα χαμηλότερο. Σε ορισμένες τροπικές χώρες, το SVO χρησιμοποιείται χωρίς καμία τροποποίηση του κινητήρα.
- Άλλα βιολογικά έλαια, όπως ζωικό λίπος και χρησιμοποιημένο μαγειρικό λάδι μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε κινητήρες βαρέως τύπου, υπό τον όρο ότι έχει καθαριστεί (Florentinus et al., 2012).

### 3. Hydro-treated Vegetable Oil (HVO)

(Υδρογονοκατεργασμένο φυτικό έλαιο). Οι νέες εξελίξεις επιδιώκουν την παραγωγή ντίζελ από φυτικά έλαια που είναι πλήρως ευέλικτα με ορυκτό ντίζελ. Αυτά τα καύσιμα χαρακτηρίζονται ως «drop-in» καύσιμα, που σημαίνει ότι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε οποιοδήποτε μείγμα με ορυκτά καύσιμα (Florentinus et al., 2012).

- Η υδρογονοκατεργασία είναι μια εναλλακτική διαδικασία στην εστεροποίηση για την παραγωγή ντίζελ από βιομάζα. Τα HVO αναφέρονται συνήθως ως ανανεώσιμο ντίζελ (Bauen et al., 2017). Είναι ένα καύσιμο υψηλής ποιότητας από το οποίο το οξυγόνο έχει αφαιρεθεί χρησιμοποιώντας υδρογόνο, με αποτέλεσμα τη μακροπρόθεσμη σταθερότητα (DNV GL, 2019b).
- Τα χαρακτηριστικά του τοποθετούν στα άξια υποκατάστατα των ορυκτών καυσίμων, καθότι είναι συμβατό με την υπάρχουσα υποδομή και συστήματα κινητήρων, (με την επιφύλαξη έγκρισης από τον κατασκευαστή, διότι σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να χρειαστούν κάποιες τροποποιήσεις) [Florentinus et al. (2012); Zhou et al., 2020)].
- Αρκετές εταιρείες αναπτύσσουν την παραγωγή υδρογονοκατεργασμένου φυτικού ελαίου, στο οποίο το φυτικό έλαιο υποβάλλεται σε επεξεργασία με υδρογόνο σε ειδικό καταλύτη. Η φινλανδική εταιρεία Neste Oil πραγματοποίησε σημαντική παραγωγή HVO με το όνομα "NexBTL" (2 x 190 ktonne / έτος στη Φινλανδία, 800 ktonne / έτος στη Σιγκαπούρη) (Florentinus et al., 2012).
- Δυστυχώς δεν έχει διευρυνθεί η λειτουργική του εμπειρία επί του πλοίου, με εξαίρεση τριών πλοίων πλοία που λειτουργούν στη Νορβηγία, και μέχρι σήμερα δεν έχουν αναφερθεί αρνητικές επιπτώσεις [(DNV GL, 2019b; Zhou et al. (2020)].
- Η ανάμειξη με απόσταγμα έχει δείξει βελτιωμένες ιδιότητες ψυχρής ροής αλλά χαμηλότερη λιπαντικότητα από ό, τι χωρίς ανάμειξη (Zhou et al., 2020).

### 4. Pyrolysis bio-oil

- Το έλαιο πυρόλυσης είναι ένα συνθετικό αργό πετρέλαιο, αλλά όχι «λάδι», όπως ένα φυτικό έλαιο ή πετρέλαιο. Μπορεί να αποθηκευτεί, να αντληθεί

και να μεταφερθεί σαν προϊόν πετρελαίου και να καεί απευθείας σε λέβητες, αεριοστρόβιλους αργούς έως μεσαίου στροφών πετρελαιοκινητήρες.

- Η διαδικασία πυρόλυσης περιλαμβάνει θέρμανση απουσία οξυγόνου.
- Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές στη διαδικασία πυρόλυσης, αποδίδοντας διαφορετικούς συνδυασμούς αερίων, βίο-ελαίου (συνήθως 60-70%) και άνθρακα (συνήθως 10-20%).
- Ορισμένα συστατικά του βιοαερίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιοχημικά. Υπάρχει ένα ενδιαφέρον για την δυνατότητα χρήσης του άνθρακα για τη βελτίωση του εδάφους και της συσσώρευσης αποθεμάτων άνθρακα.
- Έχει δηλωθεί ότι το λάδι πυρόλυσης θα μπορούσε να αντικαταστήσει το βαρύ μαζούτ (HFO), το ελαφρύ μαζούτ (LFO) ή το φυσικό αέριο σε πολλές εφαρμογές. Αυτό υποδηλώνει ότι είναι δυνατή η χρήση λαδιού πυρόλυσης στη ναυτιλία.
- Έχει ορισμένες ιδιότητες που οδηγούν σε επιπλέον κόστος. Είναι όξινο και διαβρωτικό που σημαίνει ότι πρέπει να χρησιμοποιούνται πιο ακριβά υλικά στα ακροφύσια καυστήρα και σε ολόκληρο το σύστημα καυσίμου.
- Η θερμιδική αξία του βίο-λαδιού (συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 17 και 23 GJ / τόνο) είναι χαμηλότερη από το μαζούτ (περίπου 40 GJ / τόνο) που οδηγεί σε αυξημένο κόστος μεταφοράς και αποθήκευσης.
- Αρχικά, περιέχει περίπου 25% νερό. Το ιξώδες του λαδιού αυξάνεται κατά την αποθήκευση, επομένως ο κύκλος εργασιών στην αποθήκευση θα πρέπει να είναι μικρότερος.
- Η παραγωγή λαδιού πυρόλυσης βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης και δεν είναι γνωστές οι εγκαταστάσεις εμπορικής κλίμακας παγκοσμίως.
- Το τελικό προϊόν θα είχε τότε χαρακτηριστικά πολύ συγκρίσιμα με τα ορυκτά καύσιμα. Ωστόσο, η αναβάθμιση του ελαίου πυρόλυσης μπορεί να είναι περίπλοκη και δαπανηρή. Το παρόν στάδιο ανάπτυξής της, χαρακτηρίζεται πολύ ανώριμο και αβέβαιο (Florentinus et al., 2012).

## 5. Bio-ethanol

- Η βιοαιθανόλη είναι σήμερα το περισσότερο ευρέως διαδεδομένο βιοκαύσιμο και δη στον τομέα των οδικών μεταφορών.

- Η τρέχουσα εμπορική παραγωγή βιοαιθανόλης βασίζεται στη ζύμωση ζάχαρης ή αμύλου. Στην Ευρώπη, το σιτάρι και τα ζαχαρότευτλα αποτελούν την κύρια πρώτη ύλη, ενώ ο αραβόσιτος είναι πιο δημοφιλής στις ΗΠΑ. Η δε παραγωγή βιοαιθανόλης σε τροπικές χώρες βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη ζάχαρη από ζαχαροκάλαμο. Το γλυκό σόργο και η μανιόκα είναι δημοφιλείς πρώτες ύλες βιοαιθανόλης σε ορισμένες χώρες.
- Η αιθανόλη μπορεί επίσης να παραχθεί από λιγνοκυτταρική βιομάζα, όπως ξύλο και γρασίδι. Αυτό θα μπορούσε να έχει κάποια πλεονεκτήματα για το κόστος (φθηνότερη πρώτη ύλη) και την απόδοση ανά εκτάριο, με επιπτώσεις στα περιβαλλοντικά θέματα, όπως το συνολικό ισοζύγιο αερίων του θερμοκηπίου και η βιοποικιλότητα. Μέχρι στιγμής, η παγκόσμια παραγωγή λιγνοκυτταρινικής αιθανόλης είναι ακόμα χαμηλή, αλλά ο αριθμός των ερευνητικών και αναπτυξιακών πρωτοβουλιών είναι τεράστιος.
- Για κάθε κιλό βιοαιθανόλης παράγεται περίπου 1 κιλό CO<sub>2</sub> (είναι βιογενές), δηλαδή προέρχεται από τη βιομάζα και δεν αυξάνει την ποσότητα CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα.
- Το IEA Bioenergy Task 39 απαριθμεί συνολικά 87 πιλοτικά και εργοστασιακά πρότζεκτ που βασίζονται σε λιγνοκυτταρική βιομάζα από τον Ιανουάριο του 2012. Αναμένεται ότι σημαντικοί όγκοι αιθανόλης λιγνοκυτταρίνης θα έχουν ήδη παραχθεί τα επόμενα χρόνια.
- Η αιθανόλη έχει μερικά τεχνικά και υλικοτεχνικά μειονεκτήματα όπως δηλαδή: αυξάνει την πίεση ατμών, που σημαίνει ότι η βενζίνη στην οποία αναμιγνύεται, πρέπει να προσαρμοστεί πριν από το χέρι. Επιπλέον, προσελκύει νερό που σημαίνει ότι πρέπει να ληφθούν επιπλέον μέτρα κατά τη μεταφορά και την αποθήκευση (Florentinus et al., 2012).

## 6. Bio-Methanol

- Η μεθανόλη είναι μια χημική ουσία, που παράγεται από βιομάζα ή φυσικό αέριο (Zhou et al., 2020) όντας προϊόν μεταφοράς χύδην φορτηγών. Χρησιμοποιείται για πολλές διαδικασίες, καθώς και ως καύσιμο (Florentinus et al., 2012) με την προϋπόθεση οι θαλάσσιοι κινητήρες να έχουν σχεδιαστεί ή μετατραπεί ειδικά για να λειτουργούν με μεθανόλη. Χρίζει επίσης περαιτέρω τροποποιήσεων για αποθήκευση καυσίμου, χειρισμός, μεταφορά, μηχανοστάσιο και άλλα για εφαρμογές μετασκευής (Zhou et al., 2020).

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο οξυγόνου στη βενζίνη, είτε απευθείας είτε μέσω του παραγώγου MTBE (ανάλογο με το ETBE παραπάνω), σε υψηλότερα κλάσματα σε προσαρμοσμένους κινητήρες όπως σε οχήματα flexi-καυσίμων και ως καθαρό καύσιμο σε κυψέλες καυσίμου.
- Η βιο-μεθανόλη θα μπορούσε να παραχθεί από βιομάζα μέσω αεριοποίησης, ανάλογη με τη διαδικασία Fischer-Tropsch.
- Η παγκόσμια εμπορική παραγωγή βιομεθανόλης περιορίζεται σε μία εγκατάσταση στις Κάτω Χώρες, η οποία χρησιμοποιεί ακατέργαστη γλυκερίνη (από παραγωγή βιοντίζελ) ως πρώτη ύλη. Και πάλι, η τεχνολογική ανάπτυξη και η εμπορική διαθεσιμότητα της αεριοποίησης βιομάζας είναι ο περιοριστικός παράγοντας (Florentinus et al., 2012).
- Υπάρχουν περίπου εννέα πλοία μεθανόλης σε λειτουργία σήμερα. Οι προκλήσεις στη χρήση αυτού του καυσίμου περιλαμβάνουν προκλήσεις κινδύνου και ασφάλειας που σχετίζονται με την υψηλή τοξικότητα και το χαμηλό σημείο ανάφλεξης της μεθανόλης (Zhou et al., 2020).

## 7. Di-methyl ether (DME)

- Ο διμεθυλαιθέρας ερευνάται επί του παρόντος ως εναλλακτικό καύσιμο έναντι του ντίζελ και του υγραερίου.
- Μπορεί να εφαρμοστεί απευθείας σε κινητήρες ντίζελ. Ειδικά η Volvo Engines στη Σουηδία ερευνά την εφαρμογή του bio-DME για πολλά χρόνια.
- Το κύριο πλεονέκτημα του DME είναι η πολύ καθαρή καύση και η σημαντική ενεργειακή πυκνότητα.
- Παράγεται από μεθανόλη, ή απευθείας από το syngas μετά την αεριοποίηση, και μέσω αυτής της σύνδεσης εξακολουθεί να βρίσκεται σε πρώιμα στάδια τεχνολογικής ανάπτυξης. Καμία παραγωγή εμπορικής κλίμακας δεν είναι γνωστή παγκοσμίως για κατανάλωση βιοκαυσίμων.
- Οι πρόσφατες μελέτες επικεντρώνονται στη χρήση του DME ως καυσίμου πλοίων, ισχυριζόμενες ότι έχει πολλά τεχνικά πλεονεκτήματα, ωστόσο μειονεκτεί ως προς την μικρή παραγωγική του ικανότητα και την ανεπαρκή υποδομή (Florentinus et al., 2012).
- Παρόλο που το DME έχει δοκιμαστεί για χρήση σε έναν θαλάσσιο κινητήρα σε συνδυασμό έως και 40% με τροποποιήσεις συστήματος για τον χειρισμό του χαμηλού σημείου ανάφλεξης, αναμένεται να χρησιμοποιηθεί κυρίως σε

κινητήρες σχεδιασμένους ή μετασκευασμένους για να λειτουργούν DME (Zhou et al., 2020).

## 8. Bio-methane

- Το μεθάνιο μπορεί να παραχθεί από βιομάζα μέσω ζύμωσης, αναερόβιας πέψης (επιχειρησιακά σε μικρή κλίμακα) ή μέσω αεριοποίησης (υπάρχουν προοπτικές εμπορευματοποίησης).
- Το βιοαέριο που παράγεται συνήθως περιέχει μεταξύ 45% και 75% μεθάνιο και πρέπει να καθαριστεί, να αναβαθμιστεί και να συμπιεστεί για να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά ως φορέας ενέργειας. Η διανομή βιοαερίου είναι εφικτή και μέσω δικτύων φυσικού αερίου, εάν αναβαθμιστεί σε ποιότητα και προδιαγραφές φυσικού αερίου.
- Υπό συνθήκες περιβάλλοντος, το βιοαέριο έχει χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα.
- Για να εφαρμοστεί για την πρόωση, θα πρέπει να αποθηκευτεί σε υγροποιημένη ή συμπιεσμένη μορφή.
- Το υψηλό ενδιαφέρον για το LNG ως καύσιμο μεταφοράς ανοίγει τους ορίζοντες για την χρήση βιοαερίου στον τομέα της ναυτιλίας (Florentinus et al., 2012), καθότι κάλλιστα μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντικαθιστώντας το LNG (με LBG), χωρίς να τίθεται θέμα αναξιοπιστίας ακόμα κι αν πρόκειται να αναμειχθούν (DNV GL, 2019b). Επιπροσθέτως το LNG ως ορυκτό καύσιμο δεν συμβάλλει πολύ στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, συνεπώς το βίο-μεθάνιο ή το βίο-LNG θα ήταν μια προσοδοφόρα εναλλακτική λύση (Florentinus et al., 2012).
- Με τη μετάβαση από LNG σε LBG, οι βιομηχανικοί φορείς μπορούν να επιτύχουν σημαντικές περικοπές στις εκπομπές κύκλου ζωής αερίων θερμοκηπίου (GHG).
- Στη Νορβηγία, το LBG διατίθεται επί του παρόντος σε περίπου τρεις φορές την τιμή του LNG.
- Η Hurtigruten ήταν η πρώτη εταιρεία που υπέγραψε μακροπρόθεσμη σύμβαση για μεγάλο όγκο προμήθειας LBG στα κρουαζιερόπλοιά τους (DNV GL, 2019b).

### 3.3.3. Drop-in Καύσιμα

Τα drop in βιοκαύσιμα ορίζονται ως υγροί βίο-υδρογονάνθρακες που είναι λειτουργικά ισοδύναμοι με τα καύσιμα που προέρχονται από πετρέλαιο και είναι πλήρως συμβατοί με την υπάρχουσα δομή πετρελαίου. Εξ ορισμού, πρέπει να πληρούν κάποιες απαιτήσεις: όπως συμβατότητα ανάμειξης με καύσιμα πετρελαίου, συμβατότητα με προδιαγραφές απόδοσης, καλή αποθήκευση, δυνατότητα μεταφοράς με υπάρχουσες δομές εφοδιαστικής και χρηστικότητα εντός των υπάρχοντων κινητήρων. Επιπλέον, να είναι επίσης συμβατά με συστήματα ψεκασμού καυσίμου που υπάρχουν ήδη.

Οι κατασκευαστές κινητήρων θεωρούν ότι είναι πολύ ακριβό να προσαρμόσουν έναν νέο κινητήρα θαλάσσης για ένα νέο καύσιμο και οι πλοιοκτήτες δεν θα στραφούν σε διαφορετικό καύσιμο εάν η παροχή καυσίμου δεν είναι εγγυημένη για τη διάρκεια ζωής του κινητήρα του πλοίου τους. Έτσι, εάν τα νέα καύσιμα θα μπορούσαν να καταστούν λειτουργικά ισοδύναμα με εκείνα που ισχύουν ήδη, θα ήταν πλήρως συμβατά με την υπάρχουσα υποδομή καυσίμων χωρίς την ανάγκη εκτεταμένων επενδύσεων σε τροποποιήσεις υποδομής (Hsieh & Felby, 2017). Τα βιοκαύσιμα επίσης αυξάνουν σχετικά εύκολα και φθηνά το ανανεώσιμο περιεχόμενο ενός καυσίμου ντίζελ (Bauen et al., 2017)

Το πιο συνηθισμένο βιοκαύσιμο, η βιοαιθανόλη, αναμιγνύεται συνήθως με βενζίνη για χρήση σε βενζινοκινητήρες αλλά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για κινητήρες ντίζελ πλοίων. Τα πιο κοινά βιοκαύσιμα - αιθανόλη και βιοντίζελ FAME - έχουν περιορισμούς ως προς τις αναλογίες στις οποίες μπορούν να αναμειχθούν με καύσιμα πετρελαίου (IRENA, 2019b). Το συμβατικό βιοντίζελ, που επίσης αναφέρεται ως FAME, θα λειτουργούσε ως καύσιμο drop in σε έναν κινητήρα ντίζελ πλοίων, αλλά δεν είναι πλήρως συμβατό ως καύσιμο για άλλους τύπους κινητήρων ντίζελ (Hsieh & Felby, 2017).

Για να αυξηθεί περαιτέρω ο όγκος παραγωγής σε κλίμακα κατάλληλη για θαλάσσια ναυτιλία, η βιομηχανία θα πρέπει να εισαγάγει λιγνοκυτταρινικά πρώτες ύλες στο μείγμα παραγωγής καυσίμων για να διατηρήσει τις πρώτες ύλες και το βιώσιμο κόστος παραγωγής.

Η ανάμειξη βιοκαυσίμων με συμβατικά καύσιμα πλοίων είναι απαραίτητο σημείο εκκίνησης για την τόνωση της ζήτησης τους, καθώς η παραγωγή τους δεν έχει ακόμη πλήρη εμπορική ικανότητα. Μπορούν να βοηθήσουν τους πλοιοκτήτες να συμμορφωθούν με τη χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο στα καύσιμα τους και να

μειώσουν τις συνολικές εκπομπές άνθρακα, αν και οι οδηγίες σχετικά με τα μέρη ανάμειξης δεν είναι ακόμη σαφείς (Hsieh & Felby, 2017). Τα υψηλής ποιότητας βιοκαύσιμα επί του παρόντος παράγονται από λιπίδια από φυτικά έλαια, λιπαρά απόβλητα, UCO, ψηλό λάδι και ζωικά λίπη μέσω μιας διαδρομής ελαιοχημικής επεξεργασίας (HVO / HEFA). Αυτό έχει ήδη γίνει μια ακμάζουσα νέα επιχείρηση, η οποία ανοίγει το δρόμο για τα drop in καύσιμα στο πλαίσιο της αποανθρακοποίησης του τομέα των μεταφορών (IRENA, 2019b).

Η συντριπτική πλειονότητα των σημερινών βιοκαυσίμων είναι βιοαιθανόλες που περιέχουν οξυγόνο και μεθυλεστέρας λιπαρών οξέων (FAME), τα οποία συνήθως δεν ορίζονται ως βιοκαύσιμα σταγόνας. Ωστόσο, το ανανεώσιμο ντίζελ (HVO), ο υδροκατεργασμένος εστέρας λιπαρού οξέος (HEFA) και το ανανεώσιμο ντίζελ που προέρχεται από υδρογόνωση (HDRD) μπορούν να θεωρηθούν και ως drop in βιοκαύσιμο με πιθανότητα χρήσης του από τομείς όπως η ναυτιλία και ο σιδηρόδρομος αποτελώντας και τη διαδρομή για την παραγωγή καυσίμων βιοαερίου (Van Dyk et al., 2019).

Η παραγωγή των βιοκαυσίμων είναι ακόμα δαπανηρή και οι αγορές βρίσκονται σε πρώιμα στάδια ωρίμανσης στα 2<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> γενιάς βιοκαύσιμα. Το κόστος παραγωγής βιοκαυσίμων κυριαρχείται από το κόστος πρώτων υλών καθώς και από το κόστος που σχετίζεται με το κεφάλαιο, με αποτέλεσμα, η έννοια της αποδοτικότητας και η διαθεσιμότητα των εγκαταστάσεων να έχουν μεγάλη σημασία. Οι αλλαγές στην αγορά ενέργειας και στην αγορά βιομάζας μπορούν να οδηγήσουν σε χαμηλότερη οικονομική αποδοτικότητα της μονάδας και σε πρόσθετους εμπορικούς κινδύνους για τον ιδιοκτήτη της εγκατάστασης, τον χειριστή και τον χρηματοδότη (Tsita et al., 2013).

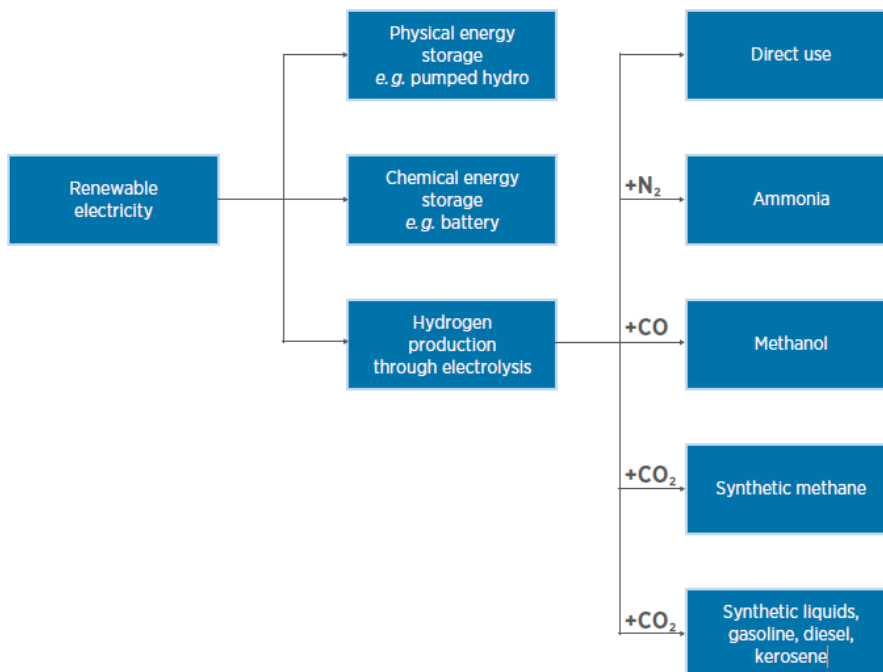
### **3.3. ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΥΣΙΜΑ (η συνθετικά καύσιμα)**

Μια πολλά υποσχόμενη επιλογή είναι τα συνθετικά καύσιμα (ηλεκτροκαύσιμα ή συνθετικά καύσιμα).

Τα ηλεκτροκαύσιμα είναι συνθετικά καύσιμα, που προκύπτουν από τον συνδυασμό «πράσινου ή e-hydrogen» που παράγεται με ηλεκτρόλυση νερού, με ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια ως κύρια εισροή ενέργειας και CO<sub>2</sub> που συλλαμβάνεται είτε από συμπυκνωμένη πηγή (π.χ. καυσαέρια από βιομηχανική τοποθεσία) είτε από τον αέρα (μέσω άμεσης δέσμευσης αέρα, DAC) (Yugo et al., 2019) είτε από επεξεργασία



βιομάζας <sup>10</sup>. Μπορούν να είναι μηδενικού άνθρακα εάν η είσοδος ηλεκτρικής ενέργειας είναι εξίσου μηδενικού άνθρακα και το CO<sub>2</sub> προέρχεται από την άμεση δέσμευση αέρα (ETC, 2018). Το υδρογόνο, εν συνέχεια συνδυάζεται με CO<sub>2</sub>, αλκοόλες ή υδρογονάνθρακες ή άζωτο για την παραγωγή αμμωνίας (IRENA, 2020). Στην βιβλιογραφία συναντώνται και ως ηλεκτρονικά καύσιμα και περιγράφονται ως, power-to-X (PtX), power-to-liquid (PtL), power-to-gas (PtG) <sup>11</sup> (Yugo & Soler, 2019).



**Σχήμα 3-5.** Σχηματική αναπαράσταση των διαδρομών power-to-X (Πηγή: IRENA, 2019a)

- Υποκαθιστούν το ντίζελ, τη βενζίνη και το καύσιμο αεριωθουμένων και μπορούν να παραχθούν από διάφορες πρώτες ύλες, μετατρέποντας τη βιομάζα, το φυσικό αέριο, τον άνθρακα ή τα πλαστικά απορρίμματα σε υγρά καύσιμα, μεθάνιο και διμεθυλαιθέρα (DME). Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε κινητήρες εσωτερικής καύσης.

<sup>10</sup> ETIP Bioenergy. (2020). Overview on electrofuels. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.etipbioenergy.eu/value-chains/conversion-technologies/electrofuels> (ανακτήθηκε στις 5.1.2021)

<sup>11</sup> ETIP Bioenergy. (2020). Ως άνωθεν

- Θα παραμείνουν πιο ακριβά από τα ορυκτά καύσιμα καθιστώντας τα μη εμπορικά βιώσιμα άνευ μιας ισχυρής και συνεχόμενης πολιτικής υποστήριξης (Ambel, 2017).

Η ισχύς σε υγρά ή ηλεκτροκαύσιμα παράγεται τροφοδοτώντας υδρογόνο και CO<sub>2</sub> σε έναν αντιδραστήρα σύνθεσης για να σχηματίσει διαφορετικούς τύπους φορέων ενέργειας, δείτε το σχήμα παρακάτω. Οι συνηθέστεροι τύποι φορέων ενέργειας που συζητούνται είναι το μεθάνιο (Power-to-gas) και η μεθανόλη. Τα μικρά μόρια, όπως η μεθανόλη και το μεθάνιο, φαίνονται προτιμότερα επειδή τα πιο σύνθετα μόρια, όπως η αιθανόλη, απαιτούν πρόσθετα στάδια διεργασίας, τα οποία οδηγούν σε απώλειες απόδοσης. Παράγεται επίσης οξυγόνο και θερμότητα υψηλής καθαρότητας κατά τη διάρκεια των σταδίων παραγωγής από ηλεκτρισμό έως καύσιμο. Η θερμότητα υψηλής θερμοκρασίας και χαμηλής θερμοκρασίας παράγεται στην ηλεκτρόλυση και στον αντιδραστήρα σύνθεσης καυσίμου, αντίστοιχα. Η θερμότητα μπορεί, για παράδειγμα, να τροφοδοτηθεί σε ένα σύστημα τηλεθέρμανσης και το οξυγόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε άλλες βιομηχανικές διεργασίες.

### 3.3.1. Η χρήση ηλεκτροκαυσίμων και ο μηδενικός άνθρακας

Τα ηλεκτρονικά καύσιμα (e-liquid και e-gas) αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση, αλλά οι εκπομπές CO<sub>2</sub> του κύκλου ζωής τους θα εξαρτηθούν από την πηγή του CO<sub>2</sub> που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τους (EC, 2018). Τρεις τύποι πηγών διοξειδίου του άνθρακα μπορούν δυνητικά να χρησιμοποιηθούν ως είσοδο στη διαδικασία: CO<sub>2</sub> από ορυκτό άνθρακα προέλευσης, CO<sub>2</sub> από βιογενή προέλευση ή CO<sub>2</sub> από την ατμόσφαιρα (Ambel, 2017).

- Όταν χρησιμοποιείται το CO<sub>2</sub> βιομηχανικής προέλευσης<sup>12</sup>, τότε δεν εξαλείφεται, απλώς χρησιμοποιείται από έναν άλλο τομέα. Επομένως, για αυτούς τους δύο λόγους, δεν είναι μια περιβαλλοντικά ισχυρή λύση, επειδή το CO<sub>2</sub> καταλήγει στην ατμόσφαιρα ούτως ή άλλως.

---

<sup>12</sup> π.χ. εγκαταστάσεις παραγωγής βιοκαυσίμων, επεξεργασία φυσικού αερίου, καυσάερια από μονάδες καύσης ορυκτών και βιομάζας, χαλυβουργεία, διυλιστήρια πετρελαίου και άλλες χημικές εγκαταστάσεις, γεωθερμική δραστηριότητα, αέρας και θαλασσινό νερό. Στην παραγωγή βιοκαυσίμων, π.χ. με ζύμωση ζάχαρης σε αιθανόλη, αναερόβια χώνευση οικιακών απορριμμάτων σε βιοαέριο ή αεριοποίηση βιομάζας σε μεθάνιο, παράγονται σημαντικές ποσότητες CO<sub>2</sub> παράγονται ως υποπροϊόν (Taljegård et al., 2015).

- b) Ενώ όταν η λήψη CO<sub>2</sub> γίνεται απευθείας από την ατμόσφαιρα απαιτεί περισσότερη ενέργεια, οπότε θα χρειαζόταν ακόμη περισσότερη ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια, γι' αυτό η χρήση ορυκτής ή βιογενετικής πηγής CO<sub>2</sub> εξετάζεται τόσο σε θεωρητικό όσο και πιλοτικό επίπεδο (EC, 2018).
- c) Όσο για το σενάριο χρήσης της βιομάζας ενέχει τον κίνδυνο των αρνητικών κλιματικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με τη χρήση βιομάζας, ιδίως χερσαίας, για ενεργειακούς σκοπούς (Ambel, 2017). Η παραγωγή μεθανίου από την πέψη ή την αεριοποίηση της βιομάζας μπορεί να αυξηθεί με 44-136% εάν εφαρμόσει έναν αντιδραστήρα σύνθεσης, έτσι ώστε το CO<sub>2</sub> που απελευθερώνεται στη διαδικασία να επιτρέπεται να αντιδράσει με προστιθέμενο υδρογόνο (Taljegård et al., 2015). Συνεπώς σύμφωνα με τα άνωθεν δεδομένα θα πρέπει να τεθούν στο μακροσκόπιο όλοι οι εμπλεκόμενοι και αλληλεπιδρώντες παράγοντες προς επίτευξη της επεκτασιμότητάς των.

Με τα ηλεκτρονικά καύσιμα που απαιτούν σημαντικές ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας για την παραγωγή τους και την αβεβαιότητα σχετικά με τον ρυθμό μείωσης του κόστους τους, πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά οι τρόποι μεταφοράς όπου θα αναπτυχθούν.

Στις διεθνείς θαλάσσιες και αεροπορικές μεταφορές, η ενεργειακή απόδοση θα είναι ένα από τα πιθανά στοιχεία περιορισμού της ζήτησης καυσίμων χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Ο σχετικά μεγάλος χρόνος αντικατάστασης του στόλου πλοίων / αεροσκαφών σε αυτούς τους τομείς συνεπάγεται υψηλό κίνδυνο σε περίπτωση καθυστέρησης της κανονιστικής δράσης (EC, 2018).

### **3.3.2. Διαδρομές και παραγόμενα προϊόντα συνθετικών καυσίμων**

Οι οδοί παραγωγής ηλεκτρονικών καυσίμων αποτελούνται από αντίδραση e-υδρογόνου με δεσμευμένο CO<sub>2</sub>, ακολουθούμενες από διαφορετικές διαδρομές μετατροπής σύμφωνα με το τελικό συνθετικό καύσιμο (βλέπε Σχήμα 3-6) (Yugo et al., 2019).

Οι όροι για τις διαδικασίες μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας και μεταβλητών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. ηλιακή ή αιολική ενέργεια), για την παραγωγή

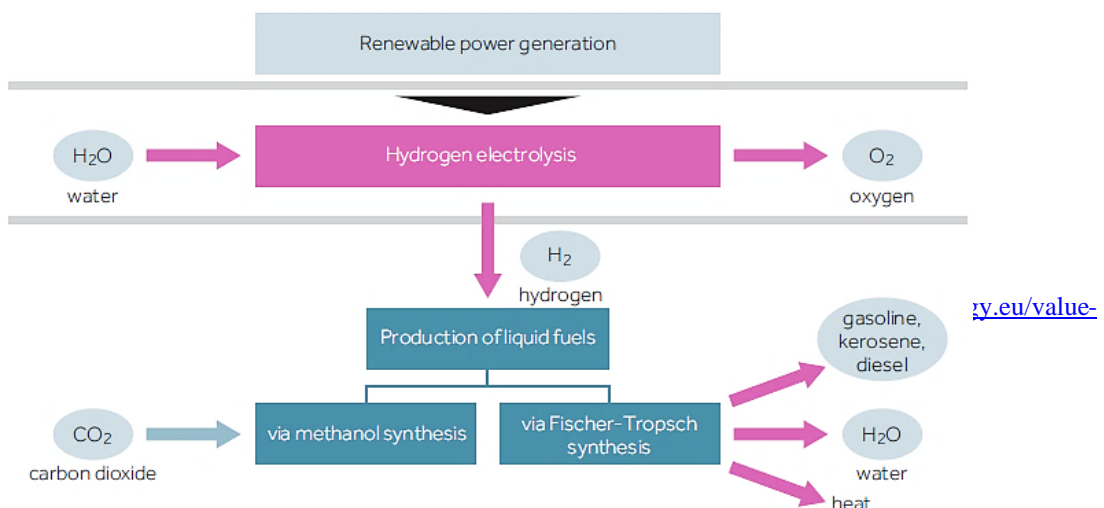
ηλεκτροκαυσίμων, είναι: Power-to-X (PtX), Power-to-Gas (PtG) και Power-to-Liquid (PtL).<sup>13</sup>

Electrofuels/E-fuels	Power-to-X (PtX)	Power-to-Gas (PtG)	Power-to-Liquid (PtL)
Hydrogen (H <sub>2</sub> )	X	X	
Methane (CH <sub>4</sub> )	X	X	
Ammonia (NH <sub>3</sub> )	X	X	
DME (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O)	X	X	
Methanol (CH <sub>3</sub> OH)	X		X
FT-liquids	X		X
Gasoline components	X		X
Diesel components	X		X
Jet components	X		X

**Πίνακας 3-1.** Διαδικασίες μετατροπής ηλεκτρικής ενέργειας και μεταβλητών ηλεκτροκαυσίμων (Πηγή: ETIP Bioenergy)<sup>14</sup>

Για την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων υδρογόνου, απαιτείται σημαντική ποσότητα ενέργειας, η οποία κατά προτίμηση προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την παραγωγή ανανεώσιμων καυσίμων.

Source: Frontier Economics (2018)



**Σχήμα 3-6.** Οι διαδρομές παραγωγής των ηλεκτροκαυσίμων (Πηγή: Yugo et al., 2019).

Τα ηλεκτρονικά καύσιμα έχουν το πλεονέκτημα ότι, μόλις παραχθούν, αυτά που ομοιάζουν με το φυσικό αέριο ή το πετρέλαιο, μπορούν να διανεμηθούν μέσω υπάρχοντος συστήματος μεταφοράς / διανομής και να χρησιμοποιηθούν από υπάρχουσες εγκαταστάσεις / εφαρμογές (Malins, 2017).

### **Το υδρογόνο, η αμμωνία και η μεθανόλη ως ναυτιλιακά ηλεκτροκαύσιμα**

#### **Υδρογόνο**

- Το υδρογόνο είναι πρόδρομος όλων των ηλεκτροκαυσίμων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο από μόνο του.
- Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιεί εμπορικά ώριμες τεχνολογίες που έχουν αποδειχθεί σε κλίμακα, ωστόσο, το υδρογόνο έχει μερικά μειονεκτήματα επειδή είναι πολύ εύφλεκτο και απαιτεί μεγαλύτερο όγκο αποθήκευσης από τα άλλα ηλεκτροκαύσιμα. Για να αποθηκευτεί σε μεγάλους όγκους και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για τον θαλάσσιο τομέα, πρέπει να μετατραπεί σε υγρό, το οποίο απαιτεί κρυογονική ψύξη σε μείον 253 ° C. Η διαδικασία μετατροπής υδρογόνου σε υγρό για αποθήκευση καταναλώνει επίσης ενέργεια, η οποία μειώνει τη συνολική αποτελεσματικότητα της διαδικασίας .
- Το υδρογόνο απαιτεί περίπου 1,9 φορές περισσότερο αποθηκευτικό χώρο από την αμμωνία και 3,3 φορές περισσότερο από τη μεθανόλη και είναι ευρέως γνωστό πως ο καταλαμβανόμενος όγκος αποθήκευσης καυσίμων αποτελεί βασικό παράγοντα για τα πλοία, επειδή μειώνει τον διαθέσιμο χώρο για φορτίο ή επιβάτες. Επίσης εάν το υδρογόνο χρησιμοποιείται ως καύσιμο πλοίων, θα χρειαστούν μεγάλες ποσότητες υδρογόνου προς αποθήκευση στο

πλοίο.<sup>15</sup> Οι δύο πιο ελπιδοφόρες τεχνικές προς το παρόν είναι το συμπιεσμένο υδρογόνο σε δοχείο πίεσης ή υγρό υδρογόνο.<sup>16</sup> Ως εκ τούτου, ο τομέας της ναυτιλίας θα πρέπει να καθορίσει την καλύτερη στρατηγική για καύσιμα για κάθε ηλεκτροκαύσιμο (όγκος αποθήκευσης επί του σκάφους και συχνότητα στάσεων καυσίμων) που ταιριάζει σε κάθε εφαρμογή (Ash et al., 2019).

- Οι τιμές εκπεμπόμενων CO<sub>2</sub> για το υδρογόνο και την αμμωνία, ωστόσο, είναι περισσότερο από 90% χαμηλότερες από το ντίζελ (Ash et al., 2019).

### **Αμμωνία**

- Η διαδικασία συνδυάζει εμπορικά ώριμες τεχνολογίες όπως και το υδρογόνο. Υπάρχει επίσης κάποια δυνατότητα βελτιστοποίησης της διαδικασίας παραγωγής Haber-Bosch, σε συνδυασμό με τις διακυμάνσεις της ζήτησης από άλλους καταναλωτές κατά τη διάρκεια της ημέρας και καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.
- Η κύρια πρόκληση για την αμμωνία είναι πως χαρακτηρίζεται για την τοξικότητά της για τον άνθρωπο και την υδρόβια ζωή. Δεδομένου ότι έχει μια παγκόσμια εμπορική κλίμακα, υπάρχουν ήδη κάποια ανεπίσημα, διαθέσιμα μέτρα μείωσης του κινδύνου, τα οποία θα πρέπει να ενσωματωθούν στους κανονισμούς της βιομηχανίας και να πραγματοποιηθεί περισσότερη έρευνα σχετικά με τα πρωτόκολλα για χρήση ως καύσιμο πριν από την ευρεία υιοθέτηση της αμμωνίας.
- Η καύση της αμμωνίας παράγει επίσης οξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O), το οποίο είναι αέριο θερμοκηπίου. Ωστόσο, οι εκπομπές N<sub>2</sub>O δεν αναμένεται να είναι υψηλότερες από εκείνες που παράγονται σήμερα από την καύση συμβατικών καυσίμων πλοίων

---

<sup>15</sup> Το συμπιεσμένο υδρογόνο είναι μια μορφή αποθήκευσης όπου το αέριο υδρογόνο διατηρείται υπό πίεση για να αυξήσει την πυκνότητα αποθήκευσης. Το συμπιεσμένο υδρογόνο αποθηκεύεται σε δεξαμενές στα 350 bar και 700 bar. Το υδρογόνο υγροποιείται μειώνοντας τη θερμοκρασία του στους -253 ° C, παρόμοια με το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) που αποθηκεύεται στους -162 ° C. Υπάρχει απώλεια απόδοσης 12,79% λόγω της ψύξης του υδρογόνου (Πηγή: Marine Industry Decarbonisation Council (MIDC). Alternative Marine Fuels. Available at: <https://midc.be/alternative-marine-fuels/> (10.10.2020)

<sup>16</sup> Marine Industry Decarbonisation Council (MIDC). Alternative Marine Fuels. Available at: <https://midc.be/alternative-marine-fuels/> (10.10.2020)

- Η χρήση αμμωνίας οδηγεί στο σχηματισμό οξειδίων του αζώτου, τα οποία θα πρέπει να αντιμετωπίζονται από επιλεκτικούς καταλυτικούς μετατροπείς (με καταλύτη ολίσθησης αμμωνίας).

### **Μεθανόλη**

- Η μεθανόλη (ή μεθυλική αλκοόλη) παράγεται συνδυάζοντας υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα.
- Τα κύρια πλεονεκτήματα της μεθανόλης είναι η υγρή μορφή της σε συνθήκες περιβάλλοντος και είναι συμβατό με την υπάρχουσα υποδομή καυσίμων.
- Υπάρχουν πολλές επιλογές για τη σύνθεση μεθανόλης με διαφορετικά επίπεδα εμπορικής ωριμότητας και απαιτήσεων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Τα μειονεκτήματα της μεθανόλης (και όλων των ηλεκτροκαυσίμων με βάση τον άνθρακα) προέρχονται από την παρουσία άνθρακα στη σύνθεσή της. Δεδομένου ότι παράγει αναπόφευκτα διοξείδιο του άνθρακα όταν χρησιμοποιείται, οι εκπομπές άνθρακα του κύκλου ζωής εξαρτώνται από την πηγή του διοξειδίου του άνθρακα που χρησιμοποιείται κατά την παραγωγή του.
- Για τη μεθανόλη, οι προκύπτουσες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα είναι περίπου 18% χαμηλότερες από ό, τι για το ντίζελ.
- Για την παραγωγή μεθανόλης με καθαρές μηδενικές εκπομπές άνθρακα κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής, το διοξείδιο του άνθρακα πρέπει να απομακρύνεται απευθείας από τον αέρα ή το θαλασσινό νερό (με την προϋπόθεση ότι η ενέργεια που χρησιμοποιείται δεν έχει σχετικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου) (Ash et al., 2019).

Στους κινητήρες ανάφλεξης με συμπίεση, και τα τρία καύσιμα πρέπει να αναμιχθούν με μια μικρή ποσότητα ορυκτού καυσίμου για να διατηρηθεί σταθερή καύση, η οποία έχει ως αποτέλεσμα μια μικρή ποσότητα πρόσθετων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Και τα τρία αυτά καύσιμα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδοσία κατάλληλων συστημάτων προώθησης κυψελών καυσίμου χωρίς την ανάγκη ανάμιξης με ορυκτό καύσιμο. Εν προκειμένω, η τεχνολογία κυψελών καυσίμου εξακολουθεί να αναπτύσσεται για μεγάλες θαλάσσιες εφαρμογές.

Τόσο η μεθανόλη όσο και το υδρογόνο μπορούν να καούν μόνα τους σε κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα με κάποια περαιτέρω ανάπτυξη που απαιτείται για τους θαλάσσιους κινητήρες, ενώ η αμμωνία χρειάζεται καύσιμο υποστήριξης. Είναι

δυνατή η ανάμειξη αμμωνίας με υδρογόνο σε έναν κινητήρα ανάφλεξης με σπινθήρα, με αποτέλεσμα μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Σε αυτήν την περίπτωση, το υδρογόνο μπορεί να διαχωριστεί από την τροφοδοσία καυσίμου αμμωνίας χρησιμοποιώντας ένα κράκερ επί του σκάφους, οπότε δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει ξεχωριστή δεξαμενή αποθήκευσης υδρογόνου (Ash et al., 2019).

## **ΜΕΡΟΣ Β΄ - ΒΑΣΙΚΟΙ ΠΥΛΩΝΕΣ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ**





## **Εισαγωγή**

Λαμβάνοντας υπόψη τα σχεδόν συγκλίνοντα αποτελέσματα διαφορετικών μελετών με ποσοτικοποιημένα και μη δεδομένα, κρίθηκε απαραίτητο να διατυπωθούν εφ' όλης της ύλης κάποια προϋπάρχοντα κριτήρια, βάση των οποίων θα διαπιστωθεί εν συνεχεία της παρούσας μελέτης το αιτούμενο αποτέλεσμα περί επενδυτικής βιωσιμότητας.

Η ανάλυση που θα ακολουθήσει εμπεριέχει 4 βασικά κριτήρια στα οποία και καταλήγει: Περιβαλλοντικά, Τεχνικά-Τεχνολογικά, Χρηματο-Οικονομικά, Κοινωνικό-Πολιτικά. Ξεδιπλώνοντας τις υποκατηγορίες αυτών και ανακαλώντας τις μελέτες που προηγήθηκαν της παρούσης, θα γίνει αναφορά και στις 2 περιπτώσεις εναλλακτικών καυσίμων για τα οποία και είναι αφιερωμένη η βιβλιογραφική έρευνα, τουτέστιν τα βιοκαύσιμα και συνθετικά καύσιμα. Ωστόσο θα εστιάσει περισσότερο σε επί μέρους υποκατηγορίες των εν λόγω καυσίμων, βιώσιμων στο ναυτιλιακό κλάδο και συμβατών με τις γνώσεις και τις υπάρχουσες εφαρμογές σε παρόντικό χρόνο.

**Εικόνα 4-α.** Βασικοί συντελεστές βιωσιμότητας των εναλλακτικών καυσίμων (της εισηγήτριας).



Η άνωθεν εικόνα παρουσιάζει τη συσχέτιση των συντελεστών επίτευξης μιας βιώσιμα αναπτυσσόμενης εναλλακτικής τεχνολογίας ή και ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Έκαστος παράγοντας διακλαδώνεται στις υποκατηγορίες που το απαρτίζουν και πολλάκις θα διαπιστωθεί ότι τέμνονται, αλληλοεξαρτώνται ή και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Εν προκειμένω στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούν κατά προσέγγιση οι σημαντικότερες διακλαδώσεις αυτών και τα σημεία αλληλεπίδρασης. Με την ολοκλήρωση του παρόντος κεφαλαίου, τα δεδομένα που

έχουν συλλεχθεί στο σύνολο της μελέτης, επρόκειτο να συνοψιστούν σε ένα SWOT Analysis για το εκάστοτε εναλλακτικό καύσιμο.

### **Κάποιες βασικές μελέτες και εργαλεία πάνω στις οποίες βασίστηκε η διάκριση και ανάλυση των βασικών παραγόντων και οι υποδιαίρεσεις αυτών**

1. (Tsita et al., 2013) – Χρησιμοποιείται η Αναλυτική Διαδικασία Ιεραρχίας (AHP) για τη βελτιστοποίηση των κριτηρίων των οκτώ εναλλακτικών καυσίμων επόμενης γενιάς που προέρχονται από βιομάζα
2. (Hansson et al., 2019) – Χρησιμοποιείται την Αναλυτική Διαδικασία Ιεραρχίας (AHP) για το πρόβλημα απόφασης κατά την επιλογή του εναλλακτικού καυσίμου πλοίων με την υψηλότερη συνολική απόδοση για τα συμπεριλαμβανόμενα κριτήρια και υποκριτήρια.
3. (Ren, & Lützen, 2017) – Για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας εναλλακτικών πηγών ενέργειας για τη ναυτιλία, ορίζονται 15 κριτήρια στις τέσσερις πτυχές.
4. (Andersson et al., 2020) – Ορίζει τέσσερις βασικές παραμέτρους αξιολόγησης πολλαπλών κριτηρίων, 15 συνολικά για την βιωσιμότητα των ναυτιλιακών καυσίμων
5. (DNV GL, 2019a) - Συνολικά, έχουν οριστεί 11 παράμετροι για την συγκριτική αξιολόγηση των εναλλακτικών καυσίμων πλοίων. Αυτές οι παράμετροι χωρίζονται στις κύριες κατηγορίες εφαρμοσιμότητας, οικονομικά, περιβάλλον και επεκτασιμότητα.
6. (IRENA, 2016) - Το εργαλείο E3ME χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των μακροοικονομικών επιπτώσεων των εξωγενών ενεργειακών ισοζυγίων που είναι ανεξάρτητα από το κόστος της τεχνολογίας και τις τιμές της ενέργειας.
7. (McGill et al., 2013) – Γίνεται αξιολόγηση εναλλακτικών καυσίμων για θαλάσσια χρήση. Αξιολόγηση διάφορων παραμέτρων που σχετίζονται με τις τεχνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης κάθε καυσίμου, ομαδοποιημένες σε πέντε κύρια κριτήρια με υποκριτήρια.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4º: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ



**Σχήμα 4-1.** Περιβαλλοντικό πλαίσιο και υποδιαίρεσεις (Πηγές: της εισηγήτριας με βάση τις μελέτες της εισαγωγής του Β΄ Μέρους).

Για την προσέγγιση του πρώτου βασικού πυλώνα, το Περιβαλλοντικό Πλαίσιο της βιωσιμότητας των εναλλακτικών καυσίμων, τέθηκαν στο μακροσκόπιο μελέτες σχετικές με τις προαναφερθείσες λέξεις-κλειδιά συγκλίνοντας στην άνωθεν σχηματική απεικόνιση (Σχήμα 4-1), βάση της οποίας θα κινηθεί και η παρούσα διερευνητική προσέγγιση.

Με αφορμή την κλιματική αλλαγή και την ενεργοποίηση των διεθνών και κρατικών μηχανισμών μεταξύ άλλων υπάρχουν επιβεβαιωμένες επιστημονικές διατυπώσεις που ολοκληρώνουν την εικόνα διευρύνοντας την οπτική. Στην παγκοσμίου αναγνωρισιμότητας μελέτη του Σέρβου επιστήμονα Milutin Milankovitch (1879-1958)<sup>17</sup>, περί των κύκλων της Γης ή “*Κύκλοι του Milankovitch*” αναφέρονται τρία (3) φυσικά φαινόμενα, τα οποία είναι:

1. Μεταβολές στην **εκκεντρότητα** της γήινης τροχιάς (μορφή της τροχιάς γύρω από τον ήλιο).
2. Αλλαγές στη γωνία που σχηματίζει ο άξονας της Γης με το επίπεδο της τροχιάς της, όπου και ορίζεται ως **λόξωση**.
3. **Μετάπτωση** των ισημεριών, που σημαίνει μεταβολή της κατεύθυνσης του άξονα περιστροφής της Γης.

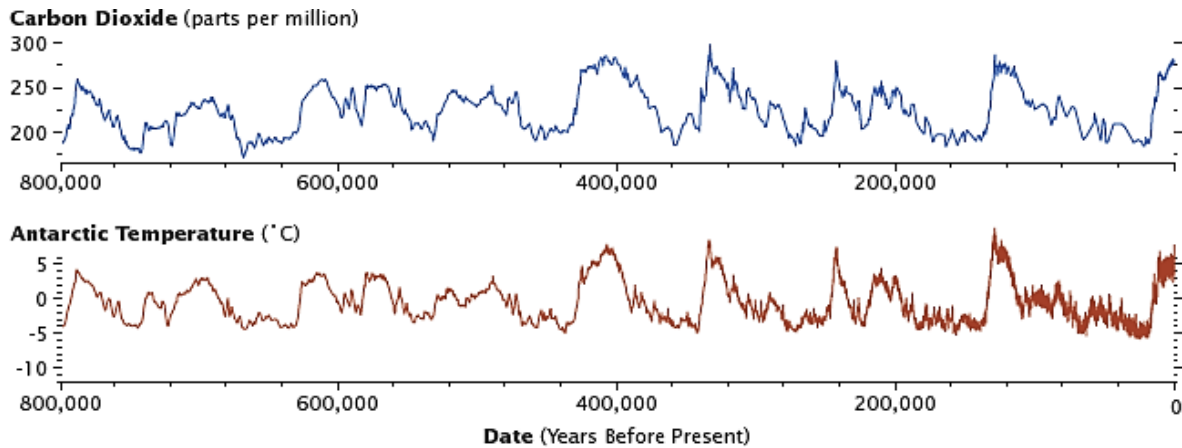
Ως ευρέως αποδεκτά, συλλογικά αποτελέσματα επί της μελέτης των αλλαγών θέσεων της Γης σε σχέση με τον Ήλιο, κρίνονται ως ένα ισχυρό τεκμήριο του μακροπρόθεσμου κλίματος της Γης και είναι υπεύθυνα για την ενεργοποίηση της έναρξης και του τέλους των Παγετώνων που βίωσε ο πλανήτης περιοδικά στο παρελθόν ή εικάζεται να βιώσει μελλοντικά.

Η παραπάνω αναφορά προέκυψε από την σχετική μελέτη για το περιβάλλον, τα αίτια και τις συνέπειες καθώς και τους παράγοντες που συνέβαλλαν στην κλιματική αλλαγή και υπερθέρμανση του πλανήτη πυροδοτώντας εδώ και κάποιες δεκαετίες την επιστημονική έρευνα. Παράλληλα με αυτή τη γνώση, βάση των γραφημάτων που παρουσιάζονται στις μελέτες της NASA, επιβεβαιώνονται και τα δεδομένα της κυκλικότητας του CO<sub>2</sub>, παρατηρώντας δε, ότι από το 1950 η άνοδος αυτή παίρνει απειλητικές διαστάσεις τόσο για την ανθρώπινη υγεία, όσο και για το περιβάλλον.

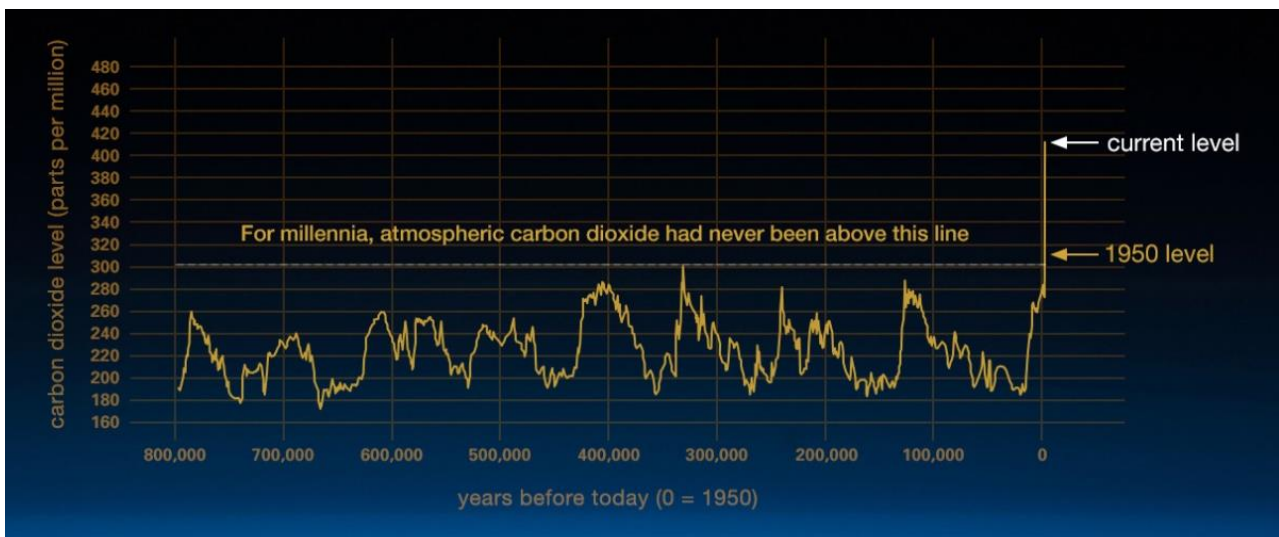
---

<sup>17</sup> NASA. (2020). Global Climate Change, Milankovitch (Orbital) Cycles and Their Role in Earth's Climate. <https://climate.nasa.gov/news/2948/milankovitch-orbital-cycles-and-their-role-in-earths-climate/> ανακτήθηκε στις 22.12.2020

(βλέπε το Γράφημα 4-1 και 4-2).<sup>18</sup> Παραδόξως θα μπορούσαν οι “Κύκλοι του Milankovitch” να αποτελέσουν και μια παρήγορη εν μέρη, αιτιολόγηση της ανόδου θερμοκρασίας και του CO<sub>2</sub> χάριν κυκλικότητας, ανεξαρτήτως συμβολής της ανθρώπινης δραστηριότητας, αλλά αυτό το σενάριο αποκλείστηκε προ πολλού.



**Γράφημα 4-1.** Τα επίπεδα του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα και η θερμοκρασία του Πλανήτη τα τελευταία 800,000 χρόνια.<sup>19</sup>(Graphs by Robert Simmon, using data from Lüthi et al., 2008, and Jouzel et al., 2007.) (Πηγή: NASA, 2011).<sup>20</sup>

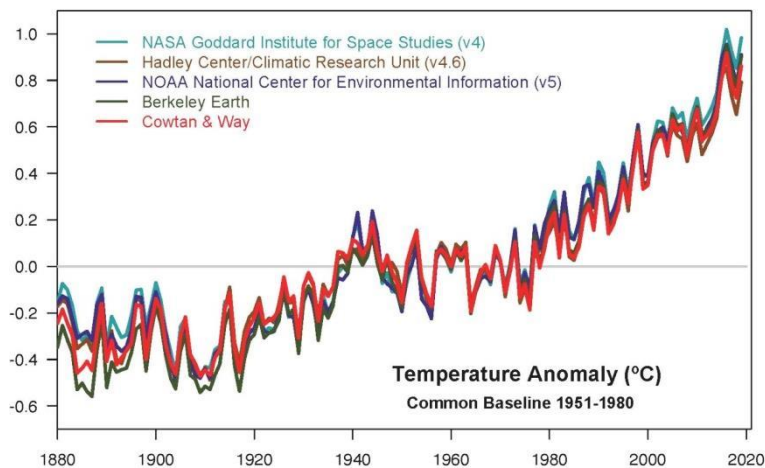


<sup>18</sup>NASA. (2011). Earth Observatory, Changes in the Carbon Cycle. <https://earthobservatory.nasa.gov/features/CarbonCycle/page4.php> Ανακτήθηκε στις 22.11.2020

<sup>19</sup> Παρόλο που οι αλλαγές της θερμοκρασίας επηρεάστηκαν από διακυμάνσεις στην τροχιά της Γης, οι αυξημένες παγκόσμιες θερμοκρασίες απελευθέρωσαν CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, η οποία με τη σειρά της θέρμαναν τη Γη. (Πηγή: NASA, 2011).

<sup>20</sup> NASA. (2011). Ως άνωθεν.

**Γράφημα 4-2.** Τα επίπεδα του CO<sub>2</sub> – δεδομένα από πυρήνες πάγου (Credit: Luthi, D., et al., 2008; Etheridge, D.M., et al. 2010; Vostok ice core data/J.R. Petit et al.; NOAA Mauna Loa CO<sub>2</sub> record.)<sup>21,22</sup>



**Γράφημα 4-3.** Η αύξηση της θερμοκρασίας ανά τα έτη (Πηγή: NASA / NOAA, 2020).<sup>23</sup>

Από δεδομένα των προϊστορικών χρόνων (που ανασύρονται από τα δαχτυλίδια κορμών των δέντρων, ιζήματα ωκεανών, κοραλλιογενείς υφάλους και στρώματα ιζηματογενών πετρωμάτων), αποκαλύπτεται ότι η τρέχουσα θερμοκρασία αυξάνεται περίπου δέκα φορές γρηγορότερα από το μέσο ρυθμό της θερμοκρασίας ανάκαμψης

<sup>21</sup>Στα πλαίσια των ερευνών για τις κλιματικές αλλαγές υπάγονται και οι προσλαμβάνουσες πληροφορίες από πυρήνες πάγου που προέρχονται από τη Γροιλανδία, την Ανταρκτική και τους τροπικούς παγετώνες των βουνών δείχνοντας ότι το κλίμα της Γης ανταποκρίνεται στις αλλαγές ως προς τα επίπεδα αερίων του θερμοκηπίου (βλέπε Γράφημα 3).

Το κλίμα της Γης έχει αλλάξει κατά την διάρκεια της ιστορίας. Οι περισσότερες από αυτές τις κλιματικές αλλαγές οφείλονται σε πολύ μικρές παραλλαγές στην τροχιά της Γης που αλλάζουν την ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που λαμβάνει ο πλανήτης μας. (Πηγή: <https://climate.nasa.gov/evidence/> ανακτήθηκε στις 3.11.2020)

<sup>22</sup> Στη σελίδα του CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center) που υποστηρίζεται από το US Department of Energy (DOE) παρέχονται συνδέσμοι με αρχεία συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα τα τελευταία 2000 χρόνια, δίνοντας έμφαση σε μεγάλες βάσεις δεδομένων που αντιπροσωπεύονται ξεχωριστά από πολλούς ενεργούς σταθμούς. Εδώ [https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/co2/modern\\_co2.html](https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/co2/modern_co2.html) είναι διαθέσιμες μακροχρόνιες σειρές από πυρήνες της Ανταρκτικής, που χρονολογούνται από 800.000 χρόνια πριν.

<sup>23</sup> Τα δεδομένα θερμοκρασίας δείχνουν ταχεία αύξηση της θερμοκρασίας τις τελευταίες δεκαετίες, με τα τελευταία δεδομένα να φτάνουν έως το 2019. Σύμφωνα με τα στοιχεία της NASA, το 2016 ήταν το θερμότερο έτος από το 1880, συνεχίζοντας μια μακροπρόθεσμη τάση αύξησης των παγκόσμιων θερμοκρασιών. Τα 10 θερμότερα χρόνια στο ρεκόρ των 140 ετών έχουν παρουσιαστεί από το 2005, με τα έξι θερμότερα χρόνια να είναι και τα έξι πιο πρόσφατα (Πηγή: NASA / NOAA, 2020, <https://climate.nasa.gov/scientific-consensus/> , ανακτήθηκε στις 3.11.2020).

από την εποχή των παγετώνων (βλέπε Γράφημα 4-3). Ως απόρροια των άνωθεν δεδομένων συμπεραίνεται ότι, το CO<sub>2</sub> χάρη στην ανθρώπινη δραστηριότητα αυξάνεται περισσότερο από 250 φορές πιο γρήγορα από ό, τι από φυσικές πηγές (NASA, 2020).

Με τον όρο υπερθέρμανση λοιπόν του πλανήτη ορίζουμε όλα τα αποτελέσματα της αναμενόμενης αύξησης της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη, τα οποία οφείλονται στην αύξηση της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> και άλλων παρόμοιων αερίων (Michaelides, 2012). Η ικανότητά τους να επηρεάζουν τη μεταφορά της υπέρυθρης ενέργειας μέσω της ατμόσφαιρας είναι η επιστημονική βάση πολλών ενεργειών που πραγματοποιεί η NASA προς μελέτη και βελτίωση (NASA/ NOAA, 2020).

Η κλιματική αλλαγή βάση των προβλεπόμενων διαστάσεων που πρόκειται να πάρει, αναμένεται να επηρεάσει το εμπόριο με στρέβλωση τιμών, διαταράσσοντας τις δυναμικές των αλυσίδων εφοδιασμού. Για παράδειγμα, με τον αρктиκό θαλάσσιο πάγο να λιώνει σε ρυθμούς ρεκόρ, θα καταστήσει τα αδιάβατα νερά ως «μια πιθανή παγκόσμια ναυτιλιακή αρτηρία». Οι αλλαγές στην εποχιακή θερμοκρασία και τη βροχόπτωση συνδέονται άρρητα με τις οικονομίες που σχετίζονται με τη γεωργική παραγωγή και κατ' επέκταση και την διατροφική αλυσίδα, τα εναλλακτικά βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς κ.α. δημιουργώντας νέους νικητές και ηττημένους στην εμπορική σφαίρα (WEF, 2020).

Άξιο αναφοράς είναι ότι η μείωση της ζήτησης ενέργειας εν όψη της κρίσης του COVID-19, οδήγησε επίσης σε σημαντική μείωση της τοπικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ειδικά στις πόλεις. Οι παγκόσμιες εκπομπές CO<sub>2</sub> το 2020 αναμένονταν να μειωθούν περίπου 2,5 gigaton (Gt), περίπου 8% χαμηλότερο από το 2019. Αυτό θα ήταν το χαμηλότερο επίπεδο ακόμα κι από το 2010. Αναμενόμενο είναι όλη αυτή η μείωση να οφείλεται στην ελάττωση της οικονομικής δραστηριότητας αντί για τις διαρθρωτικές αλλαγές στον τρόπο παραγωγής και κατανάλωσης της παγκόσμιας ενέργειας. Εάν ωστόσο υπάρξει άμεση αντίδραση μέσω διαρθρωτικών αλλαγών, οι τιμές των εκπομπών είναι πολύ πιθανό να ανακάμψουν καθώς και οι οικονομίες (IEA, 2020a).

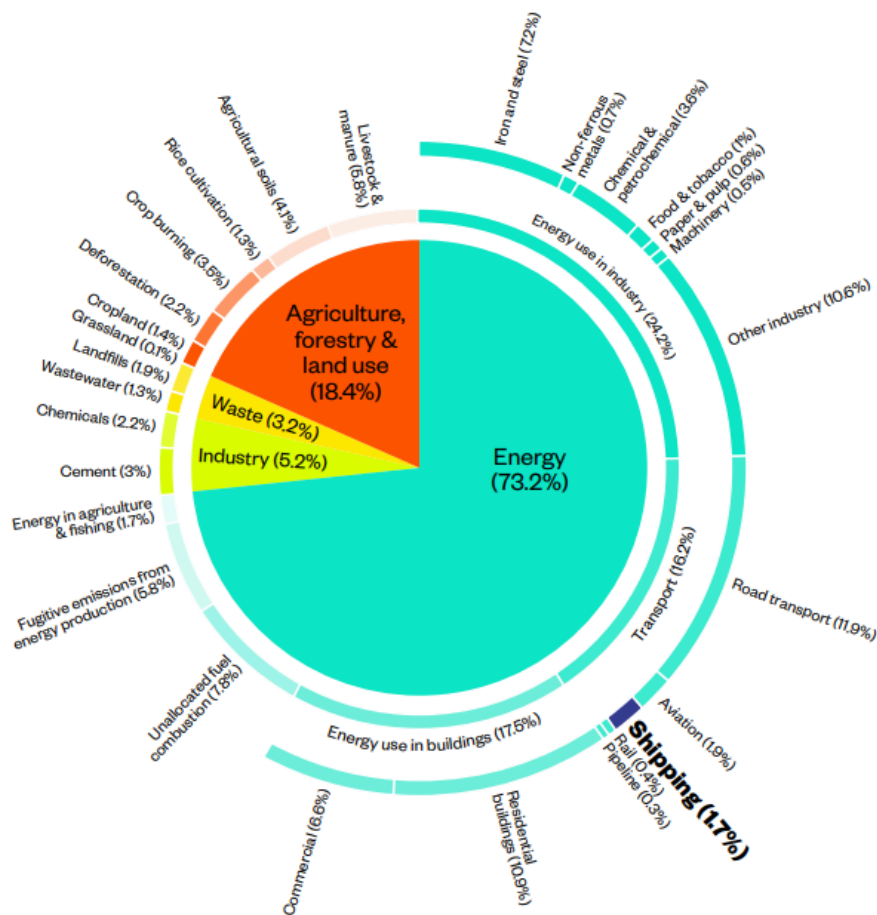
Η απειλή της υπερθέρμανσης του πλανήτη απαιτεί άμεση δράση για τη μείωση των GHG και τη σταθεροποίηση του κλίματος της Γης (UNCTAD, 2019). Ως αποτέλεσμα της ανάγκης εξάλειψης των εκπομπών αυτών, η ναυτιλιακή βιομηχανία βρίσκεται τώρα στα πρόθυρα μιας *Τέταρτης Επανάστασης στην Πρόωση* (ICS, 2019).



Πρόσφατες μελέτες από τη IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) και το Παγκόσμιο Ερευνητικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Πολιτειών για την Αλλαγή, μεταξύ άλλων, κατέστησε σαφές ότι η πιθανή αποτυχία στην αλλαγή αυτή θα επιφέρει καταστροφικές απώλειες λόγω κλίματος (UNCTAD, 2019).

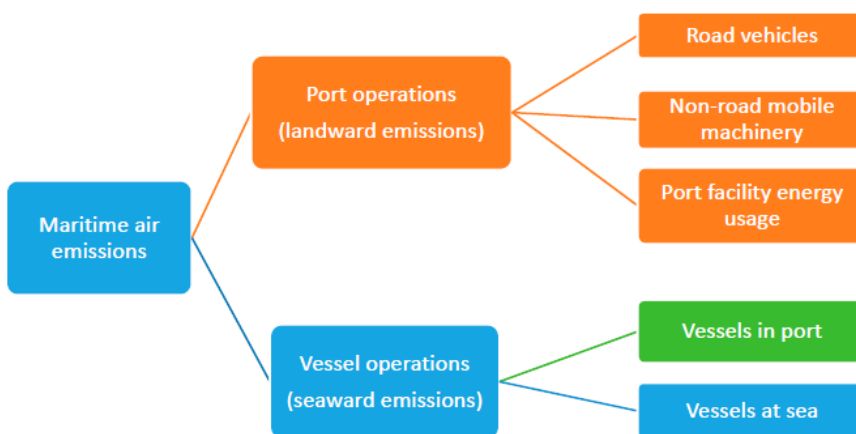
#### **4.1. Οι Αέριοι Ρύποι στη Ναυτιλία**

Με τον αυξανόμενο όγκο του διεθνούς εμπορίου, την επιδείνωση των ζητημάτων υπερθέρμανσης του πλανήτη και την κλιματική αλλαγή, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και άλλων ατμοσφαιρικών ρύπων έχει γίνει κρίσιμο ζήτημα στη διεθνή ναυτιλιακή κοινότητα. Η αύξηση αυτή συνεπάγεται άμεσα την κατανάλωση καυσίμων σε διεθνές επίπεδο. Υπολογίζεται ότι οι θαλάσσιες μεταφορές καταναλώνουν περίπου το 10% της παγκόσμιας ενέργειας που χρησιμοποιείται στις μεταφορές και είναι υπεύθυνες για περίπου 2-3% των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> (REN21, 2019) περίπου 800 εκ. τόνους CO<sub>2</sub> ετησίως, καθιστώντας τον ναυτιλιακό τομέα συνυπεύθυνο στην κλιματική αλλαγή (European Union, 2020). Σε σύγκριση με άλλους τρόπους μεταφοράς προϊόντων, η ναυτιλία παράγει τις χαμηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) t/km (IRENA, 2015). Πάραυτα, υπάρχει μια αυξημένη πίεση συμμόρφωσης της ναυτιλιακής κοινότητας, υπό αυστηρούς περιβαλλοντικούς κανονισμούς προς επίτευξη καθαρότερων και πιο πράσινων δραστηριοτήτων. Επομένως, η υιοθέτηση πρακτικών πράσινης ναυτιλίας (GSP) διαδίδεται ολοένα και περισσότερο από τις ναυτιλιακές εταιρείες.



**Εικόνα 4-1.** Παγκόσμιες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά τομέα. (Πηγή: ICS, 2020).

Μιλώντας εν προκειμένω για τους εκπεμπόμενους αέριους ρύπους στη ναυτιλία, στο Σχήμα 4-2, φαίνεται η διακλάδωση αυτών και η εστίαση σε αυτούς τους οποίους εστιάζει η παρούσα μελέτη.



**Σχήμα 4-2.** Πηγές ρύπανσης από την θαλάσσια δραστηριότητα (Πηγή: Koumentakos A., 2019)

Η επιλογή καυσίμου πλοίου έχει σημαντικό αντίκτυπο στις εκπομπές αερίων. Όταν ορυκτά καύσιμα, συμπεριλαμβανομένου του βαρέως μαζούτ (HFO), LFO, MDO ή MGO χρησιμοποιούνται ως καύσιμα πλοίου, τα καυσαέρια των πλοίων περιέχουν

διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξειδία του θείου (SO<sub>x</sub>), οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>), μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), μαύρο άνθρακα (BC), οργανικό άνθρακα (OC) και σωματίδια (PM). Από αυτούς τους ρύπους, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και ο μαύρος άνθρακας συμβάλλουν περισσότερο στην υπερθέρμανση του πλανήτη, ενώ τα οξειδία του θείου και το άζωτο έχουν ψυκτική επίδραση (Yliskylä-Peuralahti, 2016).

Σε σύγκριση με τις εναλλακτικές λύσεις ορυκτών καυσίμων, τα βιοκαύσιμα, προσφέρουν μικρότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, NO<sub>x</sub> και SO<sub>x</sub> και το κάνουν με σχετικά περιορισμένο κόστος, λόγω της υψηλής τεχνικής συμβατότητάς τους με την τρέχουσα διαθέσιμη υποδομή μεταφοράς και αποθήκευσης. Επιπλέον, λόγω της βιοαποικοδομησιμότητάς τους, είναι ασφαλέστερα για το περιβάλλον στην περίπτωση διαρροών, όταν δεν αναμιγνύονται (IRENA, 2019a).

Αντίστοιχα τα ηλεκτροκαύσιμα επιτυγχάνουν εξίσου σημαντική μείωση του CO<sub>2</sub> έναντι των ορυκτών καυσίμων με κύριο δυναμικό μείωσης CO<sub>2</sub> να κυμαίνεται μεταξύ  $\approx$  85–96% (βάση WTT) ή 70% (στην ανάλυση κύκλου ζωής του) προϋποθέτοντας την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακής, αιολικής κλ.π) (Yugo et al., 2019).

#### ➤ **PM (Particular Matters)**

Αν και η θαλάσσια μεταφορά θεωρείται ως ένας από τους πιο ενεργειακά αποδοτικούς τρόπους μεταφοράς εμπορευμάτων, σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, εκτιμήθηκε ότι τα ποντοπόρα πλοία (OGV) απελευθερώνουν 0,9 εκ. Mt αιωρούμενων σωματιδίων (PM) στην ατμόσφαιρα και συμβάλλουν 20-28% στην συνολικές εκπομπές αερίων ρύπων (π.χ. CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>) του τομέα των μεταφορών (Mousavi et al., 2018).

Τα σωματίδια (PM) σχετίζονται με καύσιμα πλοίων χαμηλής ποιότητας όπως βαρύ μαζούτ (HFO). Τα σωματίδια που παράγονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας καύσης και εμφανίζονται κυρίως με τη μορφή αιθάλης και τέφρας. Το PM έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ποιότητα του αέρα. Για παράδειγμα, η σοβαρή αιθαλομίχλη στην Κίνα προκαλείται από το PM<sub>2.5</sub>. Εκτιμάται ότι, σε παγκόσμιο επίπεδο, 1,7 εκατομμύρια τόνοι PM απελευθερώθηκαν το 2007 από πλοία, δηλαδή 1,5 φορές περισσότερο από το 1997. Συνεπώς ο έλεγχος των εκπομπών PM στη ναυτιλία έχει σημαντική αξία για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα (Ren & Lützen, 2017).

### ➤ **SO<sub>x</sub> (Sulfur) Οξείδια του θείου**

Ο ναυτιλιακός τομέας χρησιμοποιεί κατά κύριο λόγο κατώτερες ιδιότητες καυσίμου και περίπου το 95% του θείου (καυσίμου) εμφανίζεται στα καυσαέρια όπως αναφέρθηκε και στα PM.

Το SO<sub>x</sub> αποτελεί την κύρια αιτία της όξινης βροχής και της οξίνισης του εδάφους, των υπόγειων υδάτων και των λιμνών. Όταν αυτό αντιδρά με υδρατμούς στη στρατόσφαιρα, σχηματίζει ένα πυκνό στρώμα ομίχλης που μειώνει την ατμοσφαιρική μετάδοση της εισερχόμενης ακτινοβολίας του ήλιου (OECD, 2011).

Ο IMO δημιούργησε τις περιοχές ελέγχου εκπομπών SO<sub>x</sub> (SO<sub>x</sub>-ECA) προκειμένου να ελαχιστοποιήσει τις εκπομπές των πλοίων. αερομεταφερόμενες εκπομπές από πλοία. Το 1997 και το 2005, ορίστηκαν SO<sub>x</sub>-ECA από τον IMO, σε ΕΕ, Βαλτική και Βόρεια Θάλασσα. Από το 2015, τα κράτη μέλη της ΕΕ έπρεπε να διασφαλίσουν ότι τα πλοία χρησιμοποιούν καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο όχι περισσότερο από 0,10% σε αυτές τις περιοχές

Η επιτυχής εφαρμογή του ορίου SO<sub>x</sub> ECA στα σχετικά ύδατα της ΕΕ οδήγησε σε μείωση κατά 20-60% των συγκεντρώσεων SO<sub>2</sub> δείχνοντας τη σκοπιμότητα εισαγωγής ECA στα ύδατα της ΕΕ.

Από την 1η Ιανουαρίου του 2020, τέθηκε σε εφαρμογή το παγκόσμιο όριο θείου (sulfur cap) για τα καύσιμα των πλοίων, απαιτώντας από όλα τα πλοία να χρησιμοποιούν καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο όχι περισσότερο από 0,50%. Αυτή η απόφαση-ορόσημο θα μειώσει σημαντικά τον αντίκτυπο των εκπομπών από τη ναυτιλία στην ανθρώπινη υγεία (European Union, 2020).

Με αφορμή αυτό, κρίθηκε ως άμεση προτεραιότητα για το ICS να βοηθήσει τις ναυτιλιακές εταιρείες να προετοιμαστούν για τη συμμόρφωση αυτή και να πείσει τον IMO να υιοθετήσει ζωτικές οδηγίες για να διασφαλίσει την ομαλή μετάβαση, αποτρέποντας την πιθανότητα αθέμιτης μεταχείρισης πλοίων άνευ δικής τους υπαιτιότητας (ICS, 2019).

Αν και αυτοί οι κανονισμοί θα μπορούσαν αναμφισβήτητα να έχουν αντίκτυπο στη ναυτιλία, διότι θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μια εγγενής τιμή του άνθρακα: αύξηση του κόστους της υψηλής εντάσεως άνθρακα στη ναυσιπλοΐα. Ενδεχομένως αυτές οι αυξήσεις κόστους θα αυξήσουν την ελκυστικότητα των πλοίων με χαμηλότερες εκπομπές άνθρακα. Αυτό γίνεται εμφανές από τα βιβλία παραγγελιών στη Βόρεια Ευρώπη με την εισαγωγή του ορίου 0,10% στα ECA: Τα πλοία LNG έχουν γίνει

ξαφνικά ελκυστικές επιλογές για τους πλοιοκτήτες που λειτουργούν κυρίως εντός των ECA (ITF, 2018).

Στα πλοία ως αποτελεσματική λύση για το SO<sub>x</sub> τέθηκε στο τραπέζι και μια ευρέως γνωστή πρόσθετη τεχνολογία, αυτή των scrubbers. Αν και υπήρχε ο προβληματισμός σχετικά με το εάν το θείο στα καύσιμα πρέπει να αποβάλλεται από τα διυλιστήρια ή από τα πλοία. Τα διυλιστήρια ωστόσο, ισχυρίζονται ότι είναι πολύ ακριβή η απομάκρυνση του θείου κατά τη διαδικασία του διυλιστηρίου αντιπροτείνοντας για την εγκατάσταση scrubber. Πάραυτα διατηρούνταν και μέχρι σήμερα, αμφιβολίες κατά πόσο ακίνδυνο είναι για το θαλάσσιο περιβάλλον καθότι συνδέεται με κάποια επιβλαβή σωματίδια τα οποία ξεπλένονται στην θάλασσα. Αλλά αυτό θεωρείται προς το παρόν αβλαβές και μη αποδεδειγμένο ακόμα (Wijnolst & Wergeland, 2009). Προς συμμόρφωσή τους με το όριο SO<sub>x</sub>, οι περισσότεροι διαχειριστές πλοίων/πλοιοκτήτες χρησιμοποιούν μόνο καύσιμα αποστάγματος υψηλότερης ποιότητας, ενώ παράλληλα έχει καταστεί δυνατή πλέον η μέτρηση και έλεγχος των καυσαερίων, με την προϋπόθεση της τοποθέτησης οργάνων στη ροή καυσαερίων για ανάλυση των εκπεμπόμενων συστατικών. Το κόστος είναι σε επιτρεπόμενα όρια αγοράς του (Toscano & Murena, 2019).

#### ➤ **NO<sub>x</sub> (Nitrogen) Οξειδία του αζώτου**

Το άζωτο αποτελεί περίπου το 20% του όγκου της ατμόσφαιρας. Κατά την καύση των καυσίμων, το άζωτο αντιδρά με το οξυγόνο για να σχηματίσει οξειδία αζώτου (NO<sub>x</sub>). Οι εκπομπές NO<sub>x</sub> έχουν χρόνους παραμονής στην ατμόσφαιρα 1 έως 3 ημερών, γεγονός που συνεπάγεται ότι μπορούν να μεταφερθούν έως και 1200 km. Σε παγκόσμιο επίπεδο, το NO<sub>x</sub> από τη ναυτιλία εκτιμάται σε περίπου 10% έως 15% από το σύνολο των παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών NO<sub>x</sub> από τα ορυκτά καύσιμα (Toscano & Murena, 2019).

Οι επιπτώσεις συνεπάγονται ευτροφισμό, επηρεάζοντας τη βιοποικιλότητα τόσο στην ξηρά όσο και στα παράκτια ύδατα και συντελούν στον σχηματισμό του όζοντος, που αποτελεί σημαντικό κίνδυνο για την υγεία σε πολλές περιοχές του κόσμου, επιβαρύνοντας τη βλάστηση και μειώνοντας την απόδοση των καλλιεργειών.

Για τη μείωση των εκπομπών NO<sub>x</sub>, ο IMO έχει ενισχύσει τα πρότυπα κινητήρα νεόκτιστων πλοίων που πλέουν σε περιοχές ελέγχου εκπομπών NO<sub>x</sub> (NO<sub>x</sub> ECAs). Αυτά τα πρότυπα αποσκοπούν στη μείωση των παγκόσμιων εκπομπών NO<sub>x</sub> από νέα

πλοία κατά 16-22% από το 2011 και κατά 80% από το 2016 ή το 2021, ανάλογα με τις περιοχές ελέγχου των εκπομπών, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2000.

Στην Ευρώπη - κατόπιν αιτήματος των παράκτιων κρατών που επηρεάζονται από τον ευτροφισμό – ο IMO έχει ορίσει τη Βαλτική και τη Βόρεια Θάλασσα ως περιοχές ελέγχου εκπομπών NOx (NOx ECAs) από το 2021.

Επί του παρόντος δεν υπάρχει νομοθεσία της ΕΕ που να λαμβάνει υπόψη συγκεκριμένα τις εκπομπές NOx από τις θαλάσσιες μεταφορές και δεν εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του κανονισμού ΕΕ για τον MRV. Ωστόσο, υπάρχει νομοθεσία της ΕΕ για την αντιμετώπιση των αρνητικών επιπτώσεων των αερίων NOx στον αέρα και το νερό όταν παράγονται από ένα ευρύ φάσμα πηγών και τρόπων μεταφοράς (European Union, 2020).

#### ➤ **CO2 (Carbon Dioxide)**

Το CO<sub>2</sub> όντας το πιο διαδεδομένο αέριο του θερμοκηπίου παρουσιάζει αυξητική συγκέντρωση κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων και την αποψίλωση των δασών. Περίπου το ήμισυ της ανθρωπογενούς εισροής CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα έχει παραμείνει στην ατμόσφαιρα ενόσω τα υπόλοιπα απορροφήθηκαν από τους ωκεανούς και την επίγεια βιόσφαιρα, δηλαδή το έδαφος και τα φυτά/δέντρα - τις δύο κύριες δεξαμενές CO<sub>2</sub> με τις οποίες η ατμόσφαιρα ανταλλάσσει τακτικά μεγάλες ποσότητες CO<sub>2</sub>, εποχιακά. Άπαξ και εισέλθει στην ατμόσφαιρα το CO<sub>2</sub> μπορεί να παραμείνει για 1000 χρόνια ή περισσότερο προτού αφαιρεθεί με φυσικές διεργασίες (με περισσότερο από το 50% του εισαγόμενου CO<sub>2</sub> να παραμένει στην ατμόσφαιρα για τουλάχιστον 50 χρόνια και περίπου 30% να παραμένει για τουλάχιστον 100 χρόνια) (AMS, 2019).

Το φαινόμενο της αύξησής του παρουσιάστηκε με την άνοδο της βιομηχανοποίησης 24(1750 κι έπειτα) και την παγκόσμια αποψίλωση των δασών γύρω στα 1850 η οποία και συνέβαλε κατά 77% στις εκπομπών από τη χρήση γης και την αλλαγή της κάλυψης γης, ενώ η υποβάθμιση συνέβαλε στο 10% (Psaraftis et al., 2016).

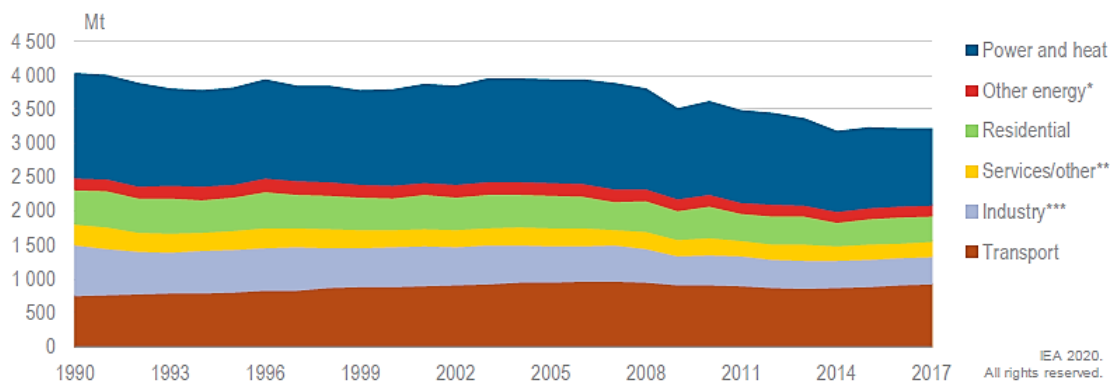
---

<sup>24</sup> Ενώ η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> ήταν σχεδόν σταθερή για αιώνες πριν από το 1750, σε περίπου 280 ppm, άρχισε να αυξάνεται παράλληλα με την αύξηση της χρήσης ορυκτών καυσίμων φτάνοντας στο επίπεδο 391 ppm τον Απρίλιο του 2010 έχοντας αύξηση 40% από το ιστορικό της επίπεδο. Η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας από τον άνθρωπο γίνεται ιδιαίτερα αισθητή τη δεκαετία του 1950, χάρη στην άνοδο της αυτοκινητοβιομηχανίας (Michaelides, 2012; EC, 2018).

Τα σενάρια μιας βασικής γραμμής, χωρίς κάποια επιπλέον μείωση, έχουν ως αποτέλεσμα μια πιθανής παγκόσμιας μέσης επιφανειακής αύξησης θερμοκρασίας το 2100 από 3,7 ° C σε 4,8 ° C σε σύγκριση με τα προ-βιομηχανικά επίπεδα (IPCC, 2014)

Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> που σχετίζονται με την ενέργεια από διεργασίες καύσης (σε μετασχηματισμό ενέργειας ή σε τελική κατανάλωση ενέργειας) αντιπροσωπεύουν περίπου τα τρία τέταρτα των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> που σχετίζονται με την ενέργεια στην ΕΕ ανήλθαν στα 3.209 εκατομμύρια μετρικούς τόνους (Mt) το 2017. Αισίως, βάση του (Γράφημα 4-4.) φαίνεται να υπήρξε μείωση σε όλους τους τομείς κατά την τελευταία δεκαετία. Ειδικότερα, οι εκπομπές ενέργειας και θερμότητας, όντας οι μεγαλύτερες πηγές εκπομπών που σχετίζονται με την ενέργεια, αντιπροσωπεύοντας το 35% του συνόλου το 2017, μειώθηκαν κατά 27% από το 2007 έως το 2017, ακολουθούμενες τις από εκπομπές των μεταφορών στο 29% και αντανάκλωντας μια εμφανή μεταβατική αλλαγή από τα ορυκτά καύσιμα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (IEA, 2020b).



**Γράφημα 4-4.** Εκπομπές CO<sub>2</sub> που σχετίζονται με την ενέργεια στην ΕΕ ανά τομέα, 1990-2017 (IEA, 2020b).

Επιστημονικές μελέτες έδειξαν ότι προκειμένου για την σταθεροποίηση της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> στα 450 ppmv έως το 2100, κρίνεται απαραίτητη η μείωση των πραγματικών εκπομπών κατά περίπου 44,2 εκ. μετρικούς τόνους άνθρακα (MtC) ετησίως, προϋποθέτοντας ότι οι τρέχουσες αναλογίες πετρελαίου, φυσικού αερίου και άνθρακα, θα παραμένουν. Αυτό θα απαιτούσε ετήσια αντικατάσταση περίπου 8,0, 5,5 και 7,3 Gigawatts (GW) αυτών των ορυκτών καυσίμων, και δη των καυσίμων άνθρακα. Συνολικά,

υπολογίστηκε ότι το ποσό των καυσίμων ουδέτερων από άνθρακα που πρέπει να παραχθεί έως το 2050 πρέπει να είναι περίπου 12 TW ώστε να επιτευχθεί ο στόχος μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> σε 44,2 MtC. Για να επιτευχθεί αυτή η μεγάλη πρόκληση κρίθηκε απαραίτητο να εφαρμοστεί μια σειρά νέων τεχνολογιών με περιορισμό του CO<sub>2</sub> για τον ενεργειακό εφοδιασμό. Υπάρχουν ήδη πολλές εναλλακτικές βιώσιμες λύσεις για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας, δηλαδή πυρηνικά, υδροηλεκτρικά, αιολικά και ηλιακά, καθώς και εναλλακτικές λύσεις για καύσιμα μεταφοράς (Caspeta et al., 2013).

## 4.2. Λοιπές Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Ποιες θα μπορούσαν να είναι οι οικολογικές επιπτώσεις της παραγωγής των αγροκαλλιεργειών, συμπεριλαμβανομένης της επίδρασής τους στη βιοποικιλότητα και τη μακροπρόθεσμη ποιότητα του νερού και του εδάφους;

### 4.2.1. Χρήση Γης (Land Use)<sup>25</sup>

#### Άμεσες (dLUC) και έμμεσες (iLUC) επιπτώσεις

**dLUC (Άμεσες).** Η ζήτηση βιολογικής πρώτης ύλης και οι σχετικές απαιτήσεις γης μπορεί να έχουν άμεσες και έμμεσες επιδράσεις. Κατά κύριο λόγο σχετίζονται με την αποψίλωση και επέκταση της γεωργικής παραγωγής για τα τρόφιμα, συμβάλλοντας περίπου στο 15% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Berndes,2011). Ένα από τα κύρια άμεσα αποτελέσματα είναι η αλλαγή χρήσης γης (LUC) σε περιοχές που προηγουμένως δεν είχαν καλλιεργηθεί (π.χ. δασικές εκτάσεις) (Florentinus et al., 2012), εντάσσοντας την παραγωγή πρώτων υλών βιοενέργειας, όπως η αλλαγή από την παραγωγή τροφίμων ή ινών (συμπεριλαμβανομένων των αλλαγών σε μοτίβα εναλλαγής καλλιεργειών, μετατροπή βοσκοτόπων και αλλαγές στη διαχείριση των δασών) (Berndes,2011). Αυτό μπορεί να έχει τόσο θετικές όσο και αρνητικές συνέπειες στη βιοποικιλότητα, τα αποθέματα άνθρακα και τα μέσα διαβίωσης.

Οι άμεσες επιπτώσεις LUC είναι ελέγξιμες, όπως διαφαίνεται στην οδηγία της ΕΕ για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (RED) και τα εθελοντικά συστήματα

---

<sup>25</sup> Σχετικές πληροφορίες με την Χρήση Γης εξέδωσε και η ΕΕ/ ΕΚ στο: «ΟΔΗΓΙΑ (ΕΕ) 2018/2001 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 11ης Δεκεμβρίου 2018 για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (αναδιατύπωση)»



πιστοποίησης όπως η Συνεδρία για τα Βιώσιμα Βιοκαύσιμα (RSB) περιλαμβάνει ήδη κριτήρια για την πρόληψη της ανεπιθύμητης άμεσης LUC για παραγωγή βιοκαυσίμων και βιορευστών πρώτων υλών (Florentinus et al., 2012).

Άμεσο παράδειγμα της χρήσης γης είναι η παραγωγή των συμβατικών βιοκαυσίμων (πρώτης γενιάς) καθότι είναι βιοκαύσιμα που παράγονται από καλλιεργήσιμα τρόφιμα, όπως ζάχαρη, άμυλο και φυτικά έλαια. Ενώ τα 2<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> γενιάς (προηγμένα βιοκαύσιμα) παράγονται από πρώτες ύλες οι οποίες δεν ανταγωνίζονται άμεσα τις καλλιέργειες τροφίμων και ζωοτροφών και δεν σχετίζονται με την αύξηση των τιμών τους, όπως απόβλητα και γεωργικά προϊόντα, κατάλοιπα (δηλ. άχυρο σίτου, αστικά απόβλητα), καλλιέργειες μη διατροφικά καταναλώσιμων ειδών (δηλ. miscanthus και κοντό περιστροφικό άκρο) και φύκη (EC, 2012).

**ILUC (Έμμεσες).** Επί του παρόντος επικρατεί η έμμεση αλλαγή χρήσης γης (ILUC) η οποία συμβαίνει όταν οι υπάρχουσες φυτείες ή υπό διαχείριση περιοχές όπως βοσκότοποι χρησιμοποιούνται για την επιπλέον παραγωγή τροφοδοσίας της πρώτης ύλης των βιοκαυσίμων. Αυτό αντικαθιστά την προηγούμενη παραγωγική χρήση της γης (π.χ. παραγωγή τροφίμων). Αυτή η μετατόπιση μπορεί να προκαλέσει επέκταση της χρήσης γης για παραγωγή βιομάζας σε νέες περιοχές (π.χ. σε δασικές εκτάσεις ή σε λιβάδια) εάν οι προηγούμενοι χρήστες της πρώτης ύλης (π.χ. αγορές τροφίμων και ζωοτροφών) δεν μειώσουν την ζήτηση πρώτων υλών και οποιεσδήποτε αυξήσεις της απόδοσης που προκαλούνται από τη ζήτηση δεν επαρκούν για την κάλυψη της πρόσθετης ζήτησης. Αξιοσημείωτο είναι ότι τέτοιες έμμεσες επιπτώσεις δεν προκαλούνται άμεσα από μη βιώσιμες πρακτικές παραγωγών βιοκαυσίμων (πρώτων υλών) αλλά από μη βιώσιμες πρακτικές από μέρη που παράγουν για άλλους τομείς (π.χ. τρόφιμα, ζωοτροφές ή φυτικές ίνες) (Florentinus et al., 2012). Η οδηγία 2009/28/EK θέσπισε μια σειρά κριτηρίων αειφορίας, συμπεριλαμβανομένων κριτηρίων για την προστασία των εδαφών με υψηλή αξία βιοποικιλότητας και των εκτάσεων με υψηλά αποθέματα άνθρακα, αλλά ωστόσο δεν κάλυψε το θέμα της έμμεσης αλλαγής της χρήσης γης (ΟΔΗΓΙΑ (ΕΕ) 2018/2001).

Στην περίπτωση των βιοκαυσίμων, η έμμεση αλλαγή της χρήσης γης συμβαίνει όταν η καλλιέργεια φυτών για βιοκαύσιμα, βιορευστά και καύσιμα βιομάζας εκτοπίζει την παραδοσιακή παραγωγή φυτών για τρόφιμα και ζωοτροφές. Αυτή η πρόσθετη ζήτηση μπορεί να οδηγήσει σε περιβαλλοντικά ανεπιθύμητες εκπομπές των αερίων θερμοκηπίου (ΟΔΗΓΙΑ (ΕΕ) 2018/2001).

Η έμμεση LUC (iLUC) αναφέρεται στις αλλαγές στη χρήση γης που λαμβάνουν χώρα αλλού ως συνέπεια του βιοενεργειακού έργου. Για παράδειγμα, οι εκτοπισμένοι παραγωγοί τροφίμων μπορούν ν' αποκαθιστούν τις λειτουργίες τους αλλού μετατρέποντας φυσικά οικοσυστήματα σε γεωργική γη. Ένας ευρύς ορισμός του iLUC μπορεί να περιλαμβάνει αλλαγές στα μοτίβα εναλλαγής καλλιεργειών ή / και εντατικοποίηση της γης που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τροφίμων ή ζωοτροφών (Berndes, 2011).

Σύμφωνα με επιστημονικά δεδομένα, φαίνεται ότι μερικοί τύποι προηγμένων βιοκαυσίμων, όπως τα προερχόμενα από απόβλητα και υπολείμματα, είναι πολύ καλύτερα από άλλους όσον αφορά τις κλιματικές επιπτώσεις τους, όμως είναι συνήθως περισσότερο δαπανηρά στην παραγωγή τους.

Ως εκ τούτου, η Επιτροπή προτείνει νομοθεσία που θα ενισχύσει τα κίνητρα για τα βιοκαύσιμα με τις καλύτερες επιδόσεις και, συνεπώς, βελτιώνοντας την εξοικονόμηση αερίων θερμοκηπίου και μειώνοντας τον αντίκτυπο στην πιθανή αύξηση τιμών των τροφίμων (EC, 2012).

Η συνολική έκταση της γης που διατίθεται παγκοσμίως είναι περίπου 13 δις εκτάρια εκ των οποίων η γεωργική γη αντιπροσωπεύει για το 37% (4,8 δισεκατομμύρια εκτάρια), οι δασικές εκτάσεις αντιστοιχούν στο 31% (3,9 δισεκατομμύρια εκτάρια) και άλλες εκτάσεις καλύπτει περίπου το 32% (4,2 δισεκατομμύρια εκτάρια) (WBA, 2019).

Ηθικά ζητήματα μπορεί να τεθούν σχετικά με τη χρήση παρθένων δασών ή άλλων παρθένων περιοχών που έχουν υψηλή βιοποικιλότητα, όπως για παράδειγμα η αυξημένη χρήση αμμωνίας, ειδικά εάν παράγεται με χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, μπορεί να προκαλέσει σύγκρουση με την παραγωγή τροφίμων, καθώς αυτή τη στιγμή χρησιμοποιείται κυρίως στην παραγωγή λιπασμάτων που είναι ζωτικής σημασίας για την παραγωγή τροφίμων, οδηγώντας ενδεχομένως σε υψηλότερες τιμές τροφίμων (Andersson et al., 2020).

#### **4.2.2. Διαχείριση Νερού (Water Management)**

Τον τελευταίο αιώνα, η άντληση γλυκού νερού για την ικανοποίηση των ανθρωπίνων αναγκών έχει αυξηθεί περισσότερο από το διπλάσιο του ρυθμού αύξησης του πληθυσμού. Εν έτη 2013, περίπου 3,8 δισεκατομμύρια m<sup>3</sup> νερού χρησιμοποιήθηκαν. Περίπου το 70% αυτού καταναλώνεται από τον παγκόσμιο γεωργικό τομέα και το επίπεδο χρήσης θα συνεχίσει να αυξάνεται τις επόμενες

δεκαετίες. Πράγματι, ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής τροφίμων και την εγκυρότητα των προβλέψεων για τις δημογραφικές τάσεις, η ζήτηση νερού για την παραγωγή τροφίμων θα μπορούσε να φθάσει τα 10-13 τρισεκατομμύρια m<sup>3</sup> ετησίως έως τα μέσα του αιώνα. Αυτό είναι 2,5 έως 3,5 φορές μεγαλύτερη από τη συνολική ανθρώπινη χρήση γλυκού νερού σήμερα (IME, 2013).

Για να βελτιωθεί η διατροφή και να μειωθεί η επισιτιστική ανασφάλεια και ο υποσιτισμός, η μελλοντική γεωργική παραγωγή θα πρέπει να αυξηθεί ταχύτερα από τον πληθυσμό. Οι πολιτικές, οι πρακτικές και οι τεχνολογίες που απαιτούνται καθώς επίσης και οι θεσμικοί μηχανισμοί, η ανάπτυξη του εμπορίου και των αγορών και οι χρηματοοικονομικές διευκολύνσεις, έχουν διαπραγματευτεί σε διεθνές επίπεδο (FAO, 2011).

Στην πράξη, θα πρέπει να γίνει διαχείριση του νερού και να δοθούν λύσεις για την ποιότητα του, το οποίο χάρη των γεωργικών ρύπων, των ιζημάτων, θρεπτικών συστατικών και αγροτοχημικών, ρυπαίνει ποτάμια, λίμνες, υπόγεια ύδατα και τις εκβολές τους στη θάλασσα. Το υπερβολικό άζωτο και ο φώσφορος στις υδάτινες οδούς είναι τα κύρια θρεπτικά συστατικά που μπορούν να προκαλέσουν υπερτροφισμό (NRCS USDA, 2020).

Η αποστράγγιση των προαναφερθέντων, είναι εξίσου πλήγμα για τον αγροτικό τομέα καθότι τα υπόγεια ύδατα αντλούνται έντονα υπερφορτωμένα και οι υδροφορείς μολύνονται όλο και περισσότερο και αλατίζονται σε ορισμένες παράκτιες περιοχές. Συνεπώς τίθεται το θέμα της εξασφάλισης τροφής και νερού. Επιπλέον φλέγον ζήτημα προς επίλυση που έχει θορυβήσει κρατικούς οργανισμούς όπως USDA είναι η άροση και η αποψίλωση των δασών. Μεγάλα μέρη όλων των ηπείρων αντιμετωπίζουν υψηλά ποσοστά βλάβης του οικοσυστήματος, ιδιαίτερα μειωμένη ποιότητα του εδάφους, απώλεια βιοποικιλότητας και βλάβη στις αξίες της πολιτιστικής κληρονομιάς (IPCC, 2007).

Ταυτόχρονα, η κλιματική αλλαγή συνεπάγεται αύξηση του κινδύνου και των απρόβλεπτων καιρικών συνθηκών για τους αγρότες - από τη θέρμανση και τη σχετική ξηρότητα, από τις μεταβολές στα μοτίβα βροχοπτώσεων και από την αυξανόμενη συχνότητα ακραίων καιρικών φαινομένων (FAO, 2011).

Βάση δεδομένων, η γεωργία είναι ένας από τους μεγαλύτερους χρήστες των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων στις Η.Π.Α., με τη μεγαλύτερη χρήση για άρδευση. Επιπλέον συντελεί σημαντικά στα εκπεμπόμενα αέρια του θερμοκηπίου, αντιπροσωπεύοντας το 13,5% αυτών (IPCC, 2007). Το 2000, σχεδόν το 34% του

νερού που χρησιμοποιήθηκε για την αρδευόμενη γεωργία. Σε άνυδρες και ημι-άνυδρες περιοχές, η παραγωγή των καλλιεργειών εξαρτάται σχεδόν εξ ολοκλήρου από την άρδευση. Ο ανταγωνισμός για το νερό σε αυτές τις περιοχές αυξάνεται αναλογικά με τον ανθρώπινο πληθυσμό.

### 4.3. Περιβαλλοντικοί Φόροι

Τα οικονομικά μέτρα, όπως η τιμολόγηση του άνθρακα, θεωρούνται από καιρό ως ο ακρογωνιαίος λίθος οποιασδήποτε πολιτικής για το κλίμα (Abbasov et al., 2019).

Λαμβάνοντας υπόψη τον παγκόσμιο χαρακτήρα της βιομηχανίας και τη σημασία της μετάβασης σε πιο πράσινες μεταφορές μέσω της χρήσης καθαρότερων τεχνολογιών, προκειμένου να διασφαλιστεί η επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων, θα πρέπει να υπάρξει μια αναθεωρημένη οδηγία της ΕΕ για τη φορολογία της ενέργειας που να προβλέπει υποχρεωτική απαλλαγή από την ΕΕ σε όλους τους φόρους και τους ενεργειακούς φορείς (δηλ. καύσιμα και ηλεκτρική ενέργεια, συμπεριλαμβανομένης της παράκτιας δραστηριότητας). Έτσι το κλείσιμο του χάσματος στο κόστος, θα γίνει επί ίσοις όροις μεταξύ των βαρέων και εναλλακτικών καυσίμων καθώς και της ηλεκτρικής ενέργειας.<sup>26</sup>

Ο όρος «τιμή άνθρακα» αναφέρεται σε έναν μηχανισμό τιμολόγησης άνθρακα που επιβάλλεται από την κυβέρνηση, με τους δύο κύριους τύπους να είναι είτε ένας φόρος επί προϊόντων και υπηρεσιών, με βάση την ένταση του άνθρακα τους, είτε ένα σύστημα ποσοτώσεων που θέτει όριο στις επιτρεπόμενες εκπομπές ανά χώρα ή περιοχή επιτρέποντας στις εταιρείες να έχουν το δικαίωμα εκπομπής άνθρακα (ETC, 2018). Είναι παράλληλα ένας τρόπος παρακίνησης για τη μείωση των ρυπογόνων ενεργειών σε ατομικό, εταιρικό, κοινωνικό και παγκόσμιο επίπεδο παρέχοντας ταυτόχρονα ένα κίνητρο για επενδύσεις και ανάπτυξη τεχνολογίας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που δεν εκπέμπουν άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Τέλος λειτουργεί και ως αντικίνητρο για τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας σχετικά πιο ρυπογόνων σταθμών άνθρακα, φυσικού αερίου και πετρελαίου (Dincer et al., 2013).

---

<sup>26</sup> ECSA. Revised Energy Taxation Directive should enable the transition to the decarbonisation of maritime transport. Πηγή: <https://www.ecsa.eu/news/revised-energy-taxation-directive-should-enable-transition-decarbonisation-maritime-transport> ανακτήθηκε στις 27.12.2020

Με βάση τη Eurostat (2020), το 2018, τα κράτη μέλη της ΕΕ συγκέντρωσαν συνολικά περιβαλλοντικά φορολογικά έσοδα 370 δις ευρώ, που αντιπροσωπεύουν περίπου το 2,5% του ΑΕΠ της ΕΕ και το 6% των συνολικών εσόδων από φόρους και κοινωνικές εισφορές.

Τα τελευταία χρόνια, τα κράτη μέλη της ΕΕ έχουν αυξήσει την εφαρμογή και τη χρήση των εθνικών φόρων άνθρακα και τη φορολογία καυσίμων για περιβαλλοντικούς σκοπούς με συνέπεια να αυξήσουν τη λιανική πώληση του φυσικού αερίου και τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας. Πολλές χώρες έχουν φόρους άνθρακα (σκανδιναβικές χώρες) ή υποστήριξη της τιμής άνθρακα (Ηνωμένο Βασίλειο) (IEA, 2020b).

Οι ενεργειακοί φόροι, κυρίως οι ειδικοί φόροι κατανάλωσης στα προϊόντα πετρελαίου, αντιστοιχούσαν περίπου στο 80% ή 300 δισεκατομμύρια ευρώ αποτελώντας σταθερή πηγή φορολογικών εσόδων. Οι φόροι που σχετίζονται με τις μεταφορές μετράνε περίπου κατά 20%. Είναι ουσιαστικά φόροι που επιβάλλονται στην κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση συνεισφέρει κατά μικρό μέρος στα συνολικά φορολογικά έσοδα.

Τοιουτοτρόπως η ενεργειακή φορολογία χαρακτηρίζεται ως ένα οικονομικό μέσο για την προώθηση της σχέσης κόστους-αποτελεσματικότητας της ενεργειακής μετάβασης σε ολόκληρη την οικονομία. Υπάγεται ωστόσο, σε κάθε κράτος μέλος να ορίσει τους εθνικούς του στόχους και να τους επιτύχει. Σημειωτέον ότι ελάχιστες χώρες έχουν ευθυγραμμίσει το περιεχόμενο άνθρακα και ενέργειας στη φορολογία καυσίμων (βάση την ισχύουσα οδηγία της ΕΕ για τη φορολογία της ενέργειας) (IEA, 2020b).

#### ➤ **Κόστος Μείωσης tCO<sub>2</sub>**

Η διεθνής τιμή του άνθρακα το 2013 κυμαινόταν μεταξύ 13 \$ / tCO<sub>2</sub> και 16 \$ / tCO<sub>2</sub> για το σενάριο χαμηλών και υψηλών δεσμεύσεων. Έτσι, αυτή η τιμή μπορεί να ληφθεί κατά μέσο όρο σε 14,5 \$ / tCO<sub>2</sub>. Κατά συνέπεια, η περιβαλλοντική ανάλυση κόστους, βασιζόμενη στην τιμή απελευθέρωσης του CO<sub>2</sub> και στην τιμή εκπομπών CO<sub>2</sub>, γράφεται ως εξής:

$$C_{CO_2} = (c_{CO_2}) (x_{CO_2})$$

όπου το CCO<sub>2</sub> είναι η παράμετρος περιβαλλοντικού κόστους, η οποία βασίζεται στην περιβαλλοντική ανάλυση (τιμή εκπομπών CO<sub>2</sub> σε δεδομένο χρόνο) (\$ / μήνα), το cCO<sub>2</sub> είναι η τιμή εκπομπών CO<sub>2</sub> ανά tCO<sub>2</sub> (14,5 \$ / tCO<sub>2</sub>) και το xCO<sub>2</sub> είναι η απελευθέρωση του CO<sub>2</sub> σε δεδομένο χρόνο (tCO<sub>2</sub> / μήνα) (Dincer et al., 2013).

Σε σημερινά δεδομένα στις Ηνωμένες Πολιτείες και τη Βραζιλία (που αντιπροσωπεύουν περίπου το 80% της παγκόσμιας παραγωγής), η παραγωγή αιθανόλης έχει κόστος μείωσης 20-120 \$ / tCO<sub>2</sub> (για τις τιμές του αργού πετρελαίου που κυμαίνονται από 30-60 \$ / βαρέλι).

Η παραγωγή βιοντίζελ και HVO από πρώτες ύλες λιπιδίων είναι μια ώριμη τεχνολογία και έχει κόστος μείωσης 150-250 \$ / tCO<sub>2</sub> (για τιμές αργού πετρελαίου από 30-60 \$ / βαρέλι). Άλλες τεχνολογίες, όπως η μετατροπή στερεών αποβλήτων και πρώτων υλών βιομάζας σε υγρά βιοκαύσιμα, δεν εμπορεύονται ακόμη ευρέως, αν και υπάρχουν ορισμένα εργοστάσια (IEA, 2020a).

#### ➤ Το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών της ΕΕ (ETS)

Στην Ευρώπη, μπορούν να διακριθούν δύο τύποι οικονομικών μέτρων που επιβάλλουν άμεση και έμμεση τιμολόγηση άνθρακα στα ορυκτά καύσιμα. Η φορολογία των ορυκτών καυσίμων είναι ένα πρωταρχικό παράδειγμα για το τελευταίο. Ωστόσο, απαγορεύεται η φορολόγηση των καυσίμων πλοίων σύμφωνα με την οδηγία για την ενεργειακή φορολογία της ΕΕ.

Για την άμεση τιμολόγηση άνθρακα, το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών της ΕΕ (ETS) αποτελεί το κορυφαίο μέτρο της Ευρώπης τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Στοχεύοντας στην μείωση των εκπομπών στο χαμηλότερο κόστος και στην ευελιξία μέσω του κόστους-αποτελεσματικότητας.

Έχει δημιουργήσει σημαντικά έσοδα από τις κυβερνήσεις για τη χρηματοδότηση της ανάπτυξης βιώσιμων τεχνολογιών, συμπεριλαμβανομένων των εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές μέσω των τιμολογίων τροφοδοσίας. Αυτό λειτούργησε θετικά σε συνδυασμό με την εντολή για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που έχει θέσει η ΕΕ για το έτος 2020.

Για την περίοδο 2019-2024, υπάρχει επεκτατικό πρόγραμμα του EU ETS ώστε να καλύπτει τις θαλάσσιες μεταφορές, μεγιστοποιώντας την πρακτική του σημασία για την απαλλαγή από τον άνθρακα στον τομέα και μειώνοντας παράλληλα το κόστος συμμόρφωσης.

Βάση του ETS εκτιμάται ότι με τις τρέχουσες τιμές 26 € / τόνο-CO<sub>2</sub>) θα αποφέρει έσοδα άνω των 3,6 δισεκατομμυρίων ευρώ / έτος. Ίσως ένας πολλαπλασιαστής (π.χ. 2x) θα μπορούσε να εφαρμοστεί στο θαλάσσιο CO<sub>2</sub> στο πλαίσιο του ETS για να διπλασιαστούν τα έσοδα και βοηθώντας για την κάλυψη του «κενού επιδότησης καυσίμων» για τον ναυτιλιακό τομέα αυξάνοντας το επίπεδο τιμολόγησης του άνθρακα διατηρώντας παράλληλα το πεδίο εφαρμογής των καλυπτόμενων εκπομπών (Abbasov et al., 2019).

#### **4.4. Επιπτώσεις στον Κύκλο Ζωής των Ε.Κ. – GHG (Life Cycle Assessment)**

Η αξιολόγηση κύκλου ζωής (LCA) εξετάζει τις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας υπό την προοπτική από την αρχή της ζωής του έως το τέλος του (ISO, 2006a). Η αρχή αντιπροσωπεύει την απόκτηση πρώτων υλών, η οποία ακολουθείται από την παραγωγή, την χρήση, την μεταφορά, την διαχείριση αποβλήτων και την τελική διάθεση, και το «τέλος». Το LCA αποσκοπεί στην αποφυγή εναλλαγής προβλημάτων από το ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα στο άλλο και από τη μία φάση κύκλου ζωής στην άλλη. Η ολιστική προοπτική είναι το μοναδικό χαρακτηριστικό του LCA (Bengtsson et al., 2011)

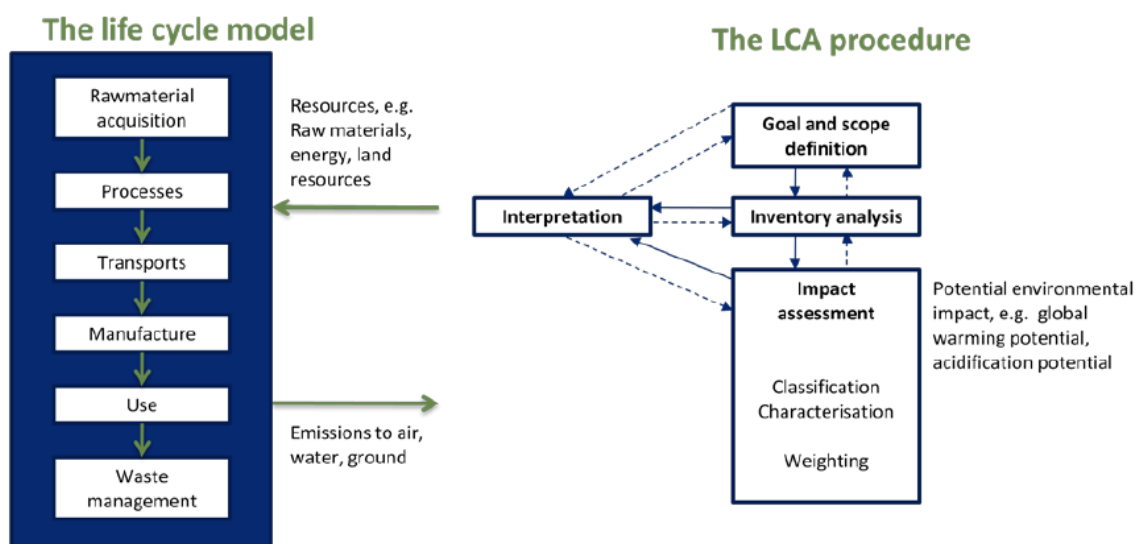
Καύσιμα που παρασκευάζονται από απόβλητα και υπολείμματα, τα οποία έχουν πιο απαιτητικές και δαπανηρές διαδικασίες μετατροπής, έχουν χαμηλότερο κύκλο ζωής εκπομπών επειδή απαιτούν λιγότερες γεωργικές εισροές για την παραγωγή και δεν απαιτούν μετατροπή γης. Ακόμα, εκτρέποντας ορισμένα υποπροϊόντα, απόβλητα και υπολείμματα που έχουν υπάρχουσες χρήσεις και για τις οποίες υπάρχει ήδη ισχυρή ζήτηση στην αγορά, παράγουν έμμεσες εκπομπές που δεν λαμβάνονται πάντα υπόψη στο LCA που εκτιμούν μόνο τις άμεσες εκπομπές (Zhou et al., 2020).

Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που σχετίζονται με την παραγωγή ηλεκτροκαυσίμων σχετίζονται σχεδόν εξ ολοκλήρου από την ένταση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για το στάδιο της ηλεκτρόλυσης και σε μικρότερο βαθμό για τη σύνθεση καυσίμου (Malins, 2017). Το LCA χρησιμοποιεί δύο πρότυπα ISO (ISO 14040 και ISO 14044) με γενικές απαιτήσεις για τον τρόπο διεξαγωγής ενός LCA έχουν αναπτυχθεί, αλλά δεν υπάρχει μια και μοναδική μέθοδος γι' αυτό και πρέπει να προσαρμοστεί κατά περίπτωση.

Η διαδικασία για τη διεξαγωγή μιας LCA αποτελείται από τέσσερις φάσεις (Σχήμα 4-5) σύμφωνα με το ISO 14040 πρότυπο:

- *Ορισμός στόχου και πεδίου – περιγραφή συστήματος και σκοπός μελέτης*

- *Ανάλυση αποθέματος* - αποτελείται από τρία μέρη: κατασκευή ενός μοντέλου ροής, την συλλογή δεδομένων και υπολογισμός της χρήσης πόρων και των εκπομπών του συστήματος σε σχέση με τη λειτουργική μονάδα.
- *Εκτίμηση επιπτώσεων* - οι περιβαλλοντικές ροές, ποσοτικοποιημένες στην ανάλυση αποθέματος, ταξινομούνται στην εκτίμηση επιπτώσεων σε διαφορετικές κατηγορίες επιπτώσεων και χαρακτηρίζονται
- *Ερμηνεία* - αποθέματα η ανάλυση και η εκτίμηση επιπτώσεων συνοψίζονται και συζητούνται. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση για Συμπεράσματα και Προτάσεις.



**Σχήμα 4-5.** Το μοντέλο κύκλου ζωής και η διαδικασία LCA (Προσαρμογή από τους Bauman and Tillman, 2004, σελ. 20).

Οι φάσεις εξαρτώνται η μία από την άλλη και ως εκ τούτου η διεξαγωγή μιας LCA είναι συχνά μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία επεξεργασίας.

Η κοινότητα LCA αναγνωρίζει δύο θεμελιωδώς διαφορετικούς τύπους μελετών LCA: αποδοτική και επακόλουθη. Το LCA απόδοσης προσπαθεί να είναι όσο το δυνατόν πληρέστερο και να αντιπροσωπεύει όλους περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός προϊόντος, ενώ μια επακόλουθη LCA προσπαθεί να περιγράψει το περιβαλλοντικές συνέπειες εναλλακτικών ενεργειών (Bengtsson et al., 2011; Dalhammar et al, 2019).



#### 4.5. ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ - ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ του ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ		ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΥΣΙΜΑ		
	ΘΕΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΘΕΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΑΕΡΙΟΙ ΡΥΠΟΙ ΚΑΥΣΙΜΩΝ	<ul style="list-style-type: none"> <li>Κατά βάση συμμορφώνονται με τους κανονισμούς περιβαλλοντικών εκπομπών (Hsieh &amp; Felby, 2017) όπως επίσης και στην μείωση του Sox (EIB, 2020)</li> <li>Τα προηγμένα βιοκαύσιμα έχουν χαμηλότερες GHG από τα συμβατικά βιοκαύσιμα (Balcombe et al., 2019).</li> <li>Όσα προέρχονται από φυτά ή μικροοργανισμούς βιοαποικοδομούνται γρήγορα έχοντας χαμηλό περιβ/κο κόστος σε περίπτωση διαρροής.</li> <li>Έχουν λιγότερες εκπομπές CO2 σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, καθώς τα φυτά προσλαμβάνουν CO2 κατά την ανάπτυξή τους αντισταθμίζοντας το CO2 που παράγεται όταν το βιοκαύσιμο καίγεται ((Hsieh &amp; Felby, 2017; Clini et al., 2005).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ανάλογα με την οπτική, βάση των δεδομένων της κάθε μελέτης, υπάρχει μια μεγάλης έκτασης πολυφωνία σχετικά με την αποτελεσματικότητα των βιοκαυσίμων στη μείωση του GHG και δεν είναι σαφές εάν η ενέργεια που χρησιμοποιείται στις καθημερινές γεωργικές πρακτικές, η παραγωγή και ρίψη λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων αντισταθμίζει τα οφέλη της μείωσης (Psarafitis, 2016), ιδίως των εκπομπών N2O από την παραγωγή λιπασμάτων και εφαρμογή τους. Επιπροσθέτως, οι εκπομπές στην παραγωγή πρώτων υλών (καλλιέργεια) προκαλούνται εξίσου από τη χρήση ενέργειας μηχανημάτων (Florentinus et al., 2012).</li> <li>Υπάρχουν ανησυχίες για την ποιότητα του αέρα, καθώς η καύση των βιοκαυσίμων παράγει τοξικές και καρκινογόνες χημικές ουσίες όπως φορμαλδεΰδη και ακεταλδεΰδη (το Ρίο ντε Τζανέιρο, όπου τα αυτοκίνητα λειτουργούν με αιθανόλη είναι κοινά, έχει 160% περισσότερη φορμαλδεΰδη και 260% περισσότερη ακεταλδεΰδη στον αέρα από ότι Τόκιο ή άλλες πόλεις όπου δεν χρησιμοποιούνται καύσιμα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εξ ορισμού, τα καύσιμα από διεργασίες PtoF έχουν μηδενικές εκπομπές TTP εάν ο χρησιμοποιημένος άνθρακας λαμβάνεται από πηγές ουδέτερες του CO2. Οι εκπομπές WTT από διεργασίες PtoF αναμένεται να είναι ακόμη χαμηλότερες από εκείνες των ορυκτών καυσίμων, επειδή η παραγωγή υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης απελευθερώνει λίγες εκπομπές και οι διαδικασίες PtoF μπορούν να θεωρηθούν ότι καλύπτουν τις δικές τους ενεργειακές ανάγκες κυρίως από ανανεώσιμες πηγές (DNV GL, 2019b).</li> <li>Τα ηλεκτροκαύσιμα επιτυγχάνουν εξίσου σημαντική μείωση του CO2 έναντι των ορυκτών καυσίμων με κύριο δυναμικό μείωσης CO2 να κυμαίνεται μεταξύ ≈ 85–96% (βάση WTT) ή 70% (στην ανάλυση κύκλου ζωής του) προϋποθέτοντας την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακής, αιολικής κ.λ.π) (Yugo &amp; Soler, 2019).</li> <li>Ωστόσο κρίνονται ωφέλιμα για το κλίμα μόνο εάν παράγονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα, όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια (Searle &amp; Christensen, 2018).</li> <li>Οι τιμές εκπεμπόμενων CO2 για το υδρογόνο και την αμμωνία, ωστόσο, είναι</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Για να είναι βιώσιμα, αυτά τα καύσιμα θα πρέπει να παραχθούν χρησιμοποιώντας επιπλέον ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια και όχι το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, ωστόσο οι κανόνες REDII δεν είναι τόσο σαφείς (T&amp;E, 2020).</li> <li>Ακόμη και όταν παράγεται αποκλειστικά από ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια, η παραγωγή ηλεκτροκαυσίμων μπορεί έμμεσα να επηρεάσει τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλλού λόγω της μεθοδολογίας λογιστικής ενέργειας στο RED II. (Searle &amp; Christensen, 2018).</li> <li>Τα αέρια από τα εργοστάσια βιοκαυσίμων, καθώς και από τα εργοστάσια αμμωνίας, έχουν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις CO2 (περίπου έως 100%) που τα καθιστούν εμμεσως ρυπογόνα (Taljegård et al., 2015).</li> <li>Η καύση της αμμωνίας παράγει επίσης οξείδιο του αζώτου (N2O), το οποίο είναι αέριο θερμοκηπίου. Ωστόσο, οι εκπομπές N2O δεν αναμένεται να είναι υψηλότερες από εκείνες που παράγονται σήμερα από την καύση συμβατικών καυσίμων πλοίων (Ash et</li> </ul>

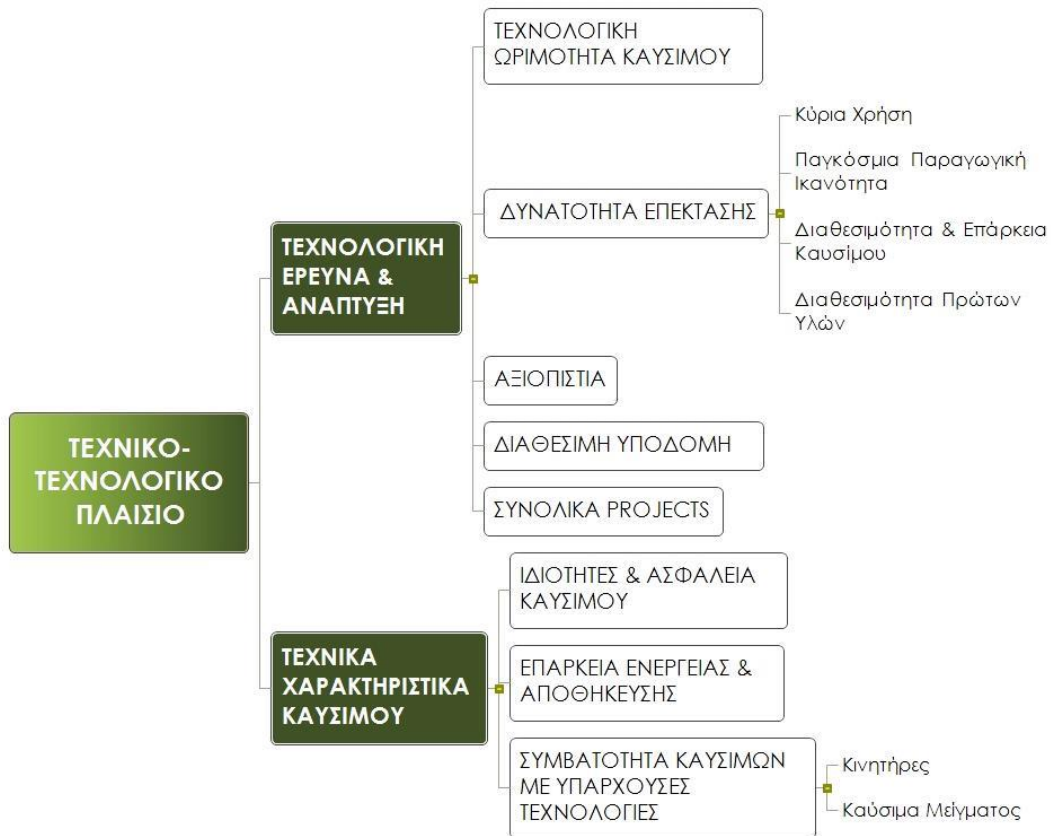
		αιθανόλης ( Psaraftis, 2016).	περισσότερο από 90% χαμηλότερες από το ντίζελ (Ash et al., 2019).	al., 2019). <ul style="list-style-type: none"> <li>• Η IPCC υπολόγισε ότι 1 kg μεθανίου είναι το ισοδύναμο των 25 kg CO2 σε σύγκριση με το GHG σε 100ετή βάση, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικό κόστος CO2 (Horvath et al., 2018).</li> </ul>
<b>ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCA)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αν και τα εναλλακτικά ορυκτά καύσιμα όπως το LNG και το LPG έχουν χαμηλές εκπομπές SOx και NOx, έχουν ωστόσο περιορισμένη συμβολή στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου ενώ τα βιοκαύσιμα, έχουν πολύ μεγαλύτερο δυναμικό για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και τη μείωση των εκπομπών καθ 'όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους (Hsieh &amp; Felby, 2017)</li> <li>• Τα βιοκαύσιμα (2G) (από απόβλητα και βιομάζα λιγνοκυτταρίνης) προσφέρουν τις μεγαλύτερες μειώσεις GHG: 70% - 100% συγκριτικά με το MGO. Έχουν μικρό αντίκτυπο στη χρήση γης, τη μεγάλη πρόσληψη βιογονικού άνθρακα και τη μέτρια χρήση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα για την μετατροπή της πρώτης ύλης. Απαιτούν λιγότερες γεωργικές εισροές για την παραγωγή και δεν προϋποθέτουν μετατροπή αρόσιμης γης (Zhou et al., 2020).</li> <li>• Το ντίζελ DME και FT (από κυτταρινικές πρώτες ύλες) έχουν ιδιαίτερα χαμηλές εκπομπές GHG - σχεδόν στο μηδέν, με χαμηλές ή</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αντίθετα, τα βιοκαύσιμα (1G) (από σογιέλαιο και φοινικέλαιο) παράγουν αρκετά υψηλές εκπομπές ILUC, ώστε να είναι συγκρίσιμα με το MGO όσον αφορά τις εκπομπές αερίων του κύκλου ζωής (παράδειγμα η χρήση ελαιούχων σπόρων προκαλεί επιπλέον μετατροπή της γης για την διατήρηση της ισορροπίας προσφοράς και ζήτησης τροφίμων). Ενώ το καλαμπόκι, το άχυρο, το UCO και το στέαρ δεν καλλιεργούνται με σκοπό συνεπώς δεν οδηγούν σε αλλαγή χρήσης γης (Zhou et al., 2020).</li> <li>• Εκτρέποντας ορισμένα υποπροϊόντα, απόβλητα και υπολείμματα που έχουν υπάρχουσες χρήσεις και για τις οποίες υπάρχει ήδη ισχυρή ζήτηση στην αγορά παράγουν έμμεσες εκπομπές που δεν λαμβάνονται πάντα υπόψη στις dLC που εκτιμούν μόνο άμεσες εκπομπές (Zhou et al., 2020).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τα ηλεκτρονικά καύσιμα (e-liquid και e-gas) αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση, αλλά οι εκπομπές CO2 του κύκλου ζωής τους θα εξαρτηθούν από την πηγή του CO2 που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τους (European Commission, 2018). Τρεις τύποι πηγών διοξειδίου του άνθρακα μπορούν δυνητικά να χρησιμοποιηθούν ως είσοδο στη διαδικασία: CO2 από ορυκτό άνθρακα προέλευσης, CO2 από βιογενή προέλευση ή CO2 από την ατμόσφαιρα (Ambel, 2017).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου που αφορούν την παραγωγή ηλεκτροκαυσίμων σχετίζονται σχεδόν εξ ολοκλήρου από την ένταση εκπομπών αερίων θερμοκηπίου της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για το στάδιο της ηλεκτρόλυσης και σε μικρότερο βαθμό για τη σύνθεση καυσίμου (Malins, 2017).</li> <li>•</li> </ul>

<b>ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ (LCA)</b>	<p>αρνητικές εκπομπές ILUC, επειδή η παραγωγή τους δεν αντικαθιστά τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις δεσμεύοντας έτσι άνθρακα με την πάροδο του χρόνου όταν καλλιεργούνται σε οριακές εκτάσεις (Zhou et al., 2020).</p>			
<b>Α.ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ (Land Use)<sup>27</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τα 2ης και 3ης γενίας (προηγμένα βιοκαύσιμα) παράγονται από πρώτες ύλες οι οποίες δεν ανταγωνίζονται άμεσα τις καλλιέργειες τροφίμων και ζωοτροφών και δεν σχετίζονται με την αύξηση των τιμών τους, όπως απόβλητα και γεωργικά προϊόντα ,κατάλοιπα (δηλ. άχυρο σίτου, αστικά απόβλητα), καλλιέργειες μη διατροφικά καταναλώσιμων ειδών (δηλ. miscanthus και κοντό περιστροφικό άκρο) και φύκη (EC, 2012; Zhou et al., 2020).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τα βιοκαύσιμα θεωρούνται υψηλού κινδύνου ILUC «για τα οποία παρατηρείται σημαντική επέκταση της περιοχής παραγωγής σε αρόσιμη γη με απόθεμα υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα» θα παγώσουν για πρώτη φορά στα μερίδια του 2019 και από το 2023, σταδιακά μέχρι να καταργηθούν πλήρως το 2030 (T&amp;E, 2020).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η παραγωγή ηλεκτροκαυσίμων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ πιο αποτελεσματική όσον αφορά τη χρήση γης – δηλαδή λιγότερη ένταση, εν αντιθέση με των βιοκαυσίμων 1G με απαιτούμενη γεωργία για την παραγωγή τους (Malins, 2017; Searle &amp; Christensen, 2018).</li> <li>• Δεδομένης της πολύ υψηλότερης απόδοσης μετατροπής ηλιακής ενέργειας από τεχνολογίες τεχνητής ανανεώσιμης ενέργειας σε σύγκριση με την ανάπτυξη των φυτών, έχει μεγάλες προοπτικές ανάπτυξης (Malins, 2017)</li> <li>• Ο Bracker (2017) αναφέρει ότι η παραγωγή ηλεκτροκαυσίμων χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκή ή αιολική ενέργεια στη Γερμανία θα πρέπει να μπορεί να αποδίδει τουλάχιστον 500 gigajoule ανά εκτάριο ετησίως. Αυτό συγκρίνεται με τις επιδόσεις της περιοχής για βιοκαύσιμα περίπου 100 gigajoules ανά εκτάριο για ζαχαρότευτλα, 60 gigajoules ανά εκτάριο για το σιτάρι ή 40 gigajoules ανά εκτάριο για το κραμβέλαιο. (Malins, 2017)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η απαίτηση γης για ηλιακά ή αιολικά πάρκα ώστε να παρέχουν ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια για μια μεγάλη βιομηχανία ηλεκτροκαυσίμων μπορεί να είναι σημαντικά ανατρεπτική. (Malins, 2017).</li> </ul>

<sup>27</sup> Είναι συνυφασμένο με την παραγωγή τροφής και κυρίως σε ότι αφορά τα βιοκαύσιμα, καθώς και την περίπτωση συμπράξης τους με τα ηλεκτροκαύσιμα (αναλύεται στο Κεφ. 3)

<p><b>B.NEPO (Water Management)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τα βιοκαύσιμα 1ης Γενιάς έχουν άμεση επίπτωση στη χρήση γης έχει ως επακόλουθο την χρήση του νερού προκειμένου για την ανάπτυξη των αντίστοιχων φυτών, ωστόσο γίνονται ενέργειες διαχείρισης της αρδευόμενης γεωργίας και αναπτύσσονται νέες μέθοδοι εξοικονομησης υδάτων και αποφυγής φυτοφαρμάκων (NRCS USDA, 2020).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Για τα βιοκαύσιμα, η κατανάλωση νερού και η ρύπανση των υδάτων είναι ένα σημαντικό ζήτημα βιωσιμότητας, λόγω των υψηλών απαιτήσεων νερού σε ορισμένα συστήματα βιοενέργειας και του κινδύνου ρύπανσης των υδάτων από τα συστήματα γεωργικής παραγωγής (Malins, 2017).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Για τα ηλεκτροκαύσιμα, η ζήτηση νερού είναι πιθανότατα πολύ χαμηλότερη, συνεπώς λιγότερο ανησυχητική. Χρησιμοποιεί νερό ως πρώτη ύλη για ηλεκτρόλυση εκτιμώντας ότι . ότι θα απαιτηθούν περίπου 1,4 λίτρα νερού ως είσοδος για κάθε λίτρο παραγόμενου συνθετικού υγρού καυσίμου συγκριτικά με τα 1.400 - 20.000 λίτρων συνολικού νερού που απαιτείται ανά λίτρο παραγωγής βιοκαυσίμων πρώτης γενιάς (Malins, 2017).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Υπάρχει κάποια περίπτωση κατά την οποία τα ηλεκτροκαύσιμα θα μπορούσαν να προκαλέσουν ένταση του νερού σε περιοχές που έχουν ήδη καταπονηθεί. Για παράδειγμα, ένα εργοστάσιο ηλεκτροκαυσίμων 100 εκ. λίτρων ετησίως που χρησιμοποιεί ενέργεια από ξηρόψυκτο CSP θα απαιτούσε περίπου 150 εκατομμύρια λίτρα νερό ετησίως για ηλεκτρόλυση, συν 500 εκατομμύρια λίτρα ετησίως για το CSP. Η ανάπτυξη μιας βιομηχανίας PtL βασισμένη στη συγκέντρωση ηλιακής ενέργειας ικανή να καλύψει ένα μεγάλο μέρος της ευρωπαϊκής ζήτησης ενέργειας στις μεταφορές θα απαιτούσε εκατοντάδες τέτοιες εγκαταστάσεις. Συνεπώς δεν είναι διόλου αμελητέες οι απαιτούμενες ποσότητες νερού (Malins, 2017).</li> </ul>
---	--	---	---	---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> : ΤΕΧΝΙΚΟ-ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ



**Σχήμα 5-a.** Σχηματική απεικόνιση των υποδιαιρέσεων του Τεχνικού & Τεχνολογικού Πλαισίου με βάση τις αντίστοιχες μελέτες κατηγοριοποίησης (της εισηγήτριας).

Ενσωματώνοντας σε κάθε κεφάλαιο την πολυαριθμία των παραγόντων/ υποδιαιρέσεων που συναποτελούν τον εκάστοτε συντελεστή βιωσιμότητας των υπό μελέτη εναλλακτικών καυσίμων, επιτυγχάνεται ολοένα και περισσότερο η αποσαφήνιση των δεδομένων και ολοκληρώνονται τα κομμάτια του πάζλ που θα ωθήσουν μελλοντικά σε πιθανές επενδυτικές κινήσεις.

Στις πληροφορίες που ακολουθούν παρακάτω οι κατηγοριοποιήσεις αποδομούνται ως προς τα φέροντα χαρακτηριστικά τους και ενσωματώνουν παράλληλα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των ίδιων των εναλλακτικών καυσίμων της παρούσας μελέτης.

## **5.1. Τεχνολογική Έρευνα & Ανάπτυξη**

Οι τεχνολογική έρευνα και ανάπτυξη που απαιτείται, έως και την εμπορευματοποίηση είθισται να είναι μια ακριβή και περίπλοκη διαδικασία, καθώς συνυπολογίζονται πολλά εμπλεκόμενα μέρη, φορείς και εσω/εξωγενής παράγοντες. Επιπλέον, αυτές οι τεχνολογίες είναι σχετικές με την παγκόσμια αγορά, συνεπώς παίρνουν παγκόσμια διάσταση (Tsita et al., 2013). Στο Final Report του EC, (2018), γράφεται ότι οι τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών άνθρακα που μειώνουν μόνο αλλά δεν εξαλείφουν τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, θα έπρεπε να χρησιμοποιούνται για το μεταβατικό στάδιο προς ένα μέλλον ουδέτερο άνθρακα. Αυτό προϋποθέτει και την άμεση μελλοντική αντικατάσταση από μηδενικές εκπομπές άνθρακα για να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα, παραμένοντας εντός των ορίων της Συμφωνίας του Παρισιού. Συνεπώς θα πρέπει να υπάρξει δέσμευση σε τεχνολογίες που οδηγούν απευθείας σε μηδενικές εκπομπές (EC, 2018).

### **5.1.1. Τεχνολογική Ωριμότητα Καυσίμου**

Η «τεχνολογική ωριμότητα» αποτελεί έναν δανεικό όρο και ορίζεται ως ένα μέτρο του βαθμού ωριμότητας της τεχνολογίας που σχετίζεται με καθεμία από τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας, η οποία αναφέρεται στο πόσο ευρέως διαδεδομένη είναι και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για τη ναυτιλία (Ren et al., 2013).

Εκκρεμότητες και προκλήσεις είτε εμπόδια πρέπει να ξεπεραστούν για την ομαλή μετάβαση από μια οικονομία βασιζόμενη σε ορυκτά καύσιμα σε μια άλλη μειωμένης αποτύπωσης, άνθρακα. Υπάρχει ανάγκη ανάπτυξης μεθόδων χαμηλού κόστους για καλλιέργεια, συγκομιδή, μεταφορά και προεπεξεργασία ενεργειακών καλλιεργειών και αποβλήτων βιομάζας.

Στα βιοκαύσιμα η περαιτέρω ανάπτυξη κάποιων εξ αυτών εξαρτάται από την επιτυχία της πρώτης γενιάς πιλοτικών εργοστασίων, το κόστος κεφαλαίου και το μέγεθος των μονάδων επεξεργασίας εμπορικής κλίμακας, καθώς και από τη διαθεσιμότητα πρώτων υλών σε κλίμακα (Tsita et al, 2013). Στα ηλεκτροκαύσιμα, τόσο το υδρογόνο όσο και η αμμωνία χρησιμοποιούν αμφότερα ώριμες τεχνολογίες, πάντα με την προϋπόθεση της βελτίωσης (Ash et al., 2019).

### 5.1.2. Δυνατότητα Επέκτασης

Διαφορετικά εναλλακτικά καύσιμα / διαδρομές θα έχουν διαφορετικές δυνατότητες ωρίμανσης και κλιμάκωσης, ανάλογα με παράγοντες όπως το κόστος, οι περιβαλλοντικές επιδόσεις και η δυνατότητα εφαρμογής. Εξίσου σημαντικοί παράγοντες είναι η τρέχουσα χρήση, η διαθεσιμότητα και η παγκόσμια παραγωγή και συνδέονται στενά με την ανάπτυξη της εφοδιαστικής αλυσίδας και τις υποδομές στην ξηρά (DNV GL, 2019).

Η ευκολότερη λύση για τη ναυτιλία θα είναι τα καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιήσουν την υπάρχουσα υποδομή ή ακόμη και να αναμειχθούν με τα ορυκτά τους ισοδύναμα.

#### ➤ *Διαθεσιμότητα πρώτων υλών*

Υπάγεται στο εύρος και τον όγκο των πιθανών πρώτων υλών για κάθε ένα από τα εναλλακτικά καύσιμα. Τα καύσιμα με ποικιλία άφθονων πρώτων υλών θα κατατάσσονται σε υψηλά επίπεδα, ενώ εκείνα τα οποία μπαίνουν στην αγορά με μόνο μία δυνητική πρώτη ύλη που δεν είναι διαθέσιμη σε κλίμακα θα κατατάσσονται χαμηλά στις προτιμήσεις (Zhou et al., 2020).

Οι πρώτες ύλες βιοενέργειας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν επεκταθεί: γεωργικά και δασικά υπολείμματα, αγροτοβιομηχανικά υποπροϊόντα, αστικά στερεά και υγρά απόβλητα και ειδική γεωργική και δασική καλλιέργεια (Clini et al., 2005). Οι εκτιμήσεις της βιώσιμης προσφοράς βιομάζας ποικίλλουν ευρέως, με την ανάλυση να δείχνει 70EJ ετησίως με την πρώτη ύλη διαθέσιμη έως τα μέσα του αιώνα, με αντιστοιχία 10-15EJ από αστικά απόβλητα, 46-95EJ από γεωργικά απόβλητα και υπολείμματα επεξεργασίας και 15-30EJ υπολειμμάτων συγκομιδής ξύλου. Αυτή η εκτίμηση αποκλείει οποιαδήποτε παραγωγή βιομάζας με τη μορφή ελαιούχων φυτών (π.χ. σόγιας) είτε δασικών καλλιεργειών (π.χ. ταχείας ανάπτυξης ιτιάς ή λεύκας) (ETC, 2018). Το DME και το βίο-LNG είναι ακόμα εν εξελίξει τεχνολογίες, έχοντας περιορισμένη διαθεσιμότητα πρώτων υλών βιομάζας (Florentinus et al., 2012).

Εξακολουθεί να είναι ένα ανοιχτό ερώτημα εάν τα ηλεκτροκαύσιμα είναι ικανά να παραχθούν στις ποσότητες που απαιτούνται από τη ναυτιλιακή βιομηχανία (υπό την προϋπόθεση ότι οι τιμές είναι ανταγωνιστικές και υπάρχει κατάλληλο κανονιστικό καθεστώς) διότι μέχρι σήμερα, δεν υπήρξαν διακριτές πολιτικές δραστηριότητες για

τη διάθεση συνθετικών καυσίμων από διαδικασίες PtoF. Είναι πιθανό ότι θα απαιτηθούν σημαντικές ποσότητες συνθετικών καυσίμων και / ή βιοκαυσίμων για την επίτευξη των στόχων του IMO GHG (DNV GL, 2019b).

➤ ***Ως Κύρια Χρήση.***

Προς το παρόν υπάρχει περιορισμένη πρόσληψη **HVO** στη ναυτιλία. Σημειωτέον ότι το HVO χρησιμοποιείται από τρία πλοία που λειτουργούν στη Νορβηγία, χωρίς αναφερόμενα αρνητικά αποτελέσματα. Ωστόσο η περιορισμένη διαθεσιμότητα βιομάζας για παραγωγή HVO μπορεί επίσης να οδηγήσει σε έλλειψη διαθέσιμων θαλάσσιων καυσίμων, σε ανταγωνισμό με τη χρήση οδικών και αεροπορικών μεταφορών (DNV GL, 2019).

➤ ***Ως προς την Διαθεσιμότητα Καυσίμου.***

Για να καταστεί εφικτή η επαρκής πρόσληψη, θα πρέπει τα εναλλακτικά ναυτιλιακά καύσιμα να διατίθενται στην αγορά. Ωστόσο η τρέχουσα διαθεσιμότητα τους απέχει πολύ από την κάλυψη των τρεχουσών ενεργειακών απαιτήσεων της ναυτιλιακής βιομηχανίας, εκτός από το LNG και LPG. Επιπλέον, στερούνται επαρκούς υποδομής είτε είναι περιορισμένη για τα περισσότερα από τα καύσιμα (εκτός LNG) (DNV GL, 2019a). Τα δεδομένα της παγκόσμιας παραγωγής για το 2017, δείχνουν ότι 81 εκατομμύρια τόνοι συμβατικών καυσίμων μεταφοράς παρήχθησαν και αναμένεται να αυξηθεί κατά 3% ετησίως. Για να επιτευχθούν οι Στόχοι Ανάπτυξης Αειφορίας του ΟΗΕ για το 2030, η χρήση βιοκαυσίμων θα πρέπει να τριπλασιαστεί. Οι οδηγοί αυτής της ανάπτυξης περιλαμβάνουν μείωση του κόστους, ευρεία διακυβέρνηση βιωσιμότητας και αυξανόμενη υιοθέτηση από διάφορους κλάδους όπως η ναυτιλία. Η χρήση βιοκαυσίμων στη ναυτιλία είναι επί του παρόντος πολύ περιορισμένη (DNV GL, 2019b).

Η διαθεσιμότητα του ναυτιλιακού βιοκαυσίμου HVO είναι προς το παρόν περιορισμένη, λόγω της πολύ χαμηλής ζήτησης. Πάραυτα κατόπιν αιτήματος, το HVO διατέθηκε σε πορθμεία στη Νορβηγία σύμφωνα με τις κυβερνητικές απαιτήσεις και για περιορισμένα πιλοτικά ποντοπόρα πλοία, με βασικό επίκεντρο στο Ρότερνταμ. Επίσης η υποδομή καυσίμων για το HVO (ως καύσιμο drop-in) είναι η ίδια με εκείνη των θαλάσσιων λιπαντικών, επομένως καλύπτεται και δεν θεωρείται ζήτημα (DNV GL, 2019a).



Το τεχνολογικό δυναμικό στην Ευρώπη για την παραγωγή ανανεώσιμης ηλεκτρικής ενέργειας είναι αρκετό για να καλύψει τη μελλοντική ζήτηση για μεταφορική ενέργεια καθώς και των ηλεκτροκαυσίμων. Πάραυτα η ανάγκη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας χρίζει αύξησεως (Siegemund et al., 2017).

➤ ***Ως προς την Παγκόσμια παραγωγική ικανότητα.***

Αν και η βιομηχανία εναλλακτικών καυσίμων καλύπτει ολόκληρο τον κόσμο, με παραγωγή σε Ασία, Βόρεια και Νότια Αμερική, Ευρώπη, Αφρική και Μέση Ανατολή, όμως η τρέχουσα παραγωγή δεν καλύπτει τις συσσωρευμένες ενεργειακές απαιτήσεις της ναυτιλιακής βιομηχανίας (εκτός από το LNG και LPG). Η ταχεία αύξηση της ζήτησης θα απαιτούσε μαζικές επενδύσεις σε παραγωγική ικανότητα και υποδομές (DNV GL, 2019a).

Η παγκόσμια παραγωγή εναλλακτικών καυσίμων έχει μεγάλο δυναμικό κλιμάκωσης, καθώς τα καύσιμα μπορούν να παραχθούν από διάφορες πηγές ενέργειας, όπως με ηλεκτρόλυση που τροφοδοτείται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή με αναμόρφωση φυσικού αερίου, πετρελαίου ή άνθρακα. Επιπλέον, η χρήση δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα (CCS) μπορεί να εφαρμοστεί για την παραγωγή εναλλακτικών καυσίμων μηδενικού άνθρακα από ορυκτές πηγές ενέργειας.

Σε παγκόσμιας εμβέλειας παραγωγή των e-fuels αναφέρονται κυρίως τα καύσιμα drop-in καθώς συχνά απαιτούν περιορισμένη μόνο τροποποίηση σε συστήματα κινητήρα και καυσίμου για την αντικατάσταση (ή ανάμειξη με) παραδοσιακά καύσιμα που χρησιμοποιούνται από κινητήρες εσωτερικής καύσης.

Είτε τα πλοία τροφοδοτούνται από ηλεκτροκαύσιμα για να αντικαταστήσουν τα καύσιμα πλοίων, είτε τροφοδοτούνται από μπαταρίες που φορτίζονται σε λιμάνια, αυτή η εξέλιξη θα αυξήσει τη ζήτηση για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην ξηρά (ανανεώσιμη).

Αντίστοιχα για τα βιοκαύσιμα το HVO, το 2017, είχε παραγωγή 5,5 δισεκατομμυρίων λίτρων HVO αντιπροσωπεύοντας το 14% της παγκόσμιας συνδυασμένης παραγωγής HVO και βιοντίζελ, ενώ παρατηρήθηκε αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής HVO κατά 10% (2017) από 5,9 δισεκατομμύρια λίτρα σε 6,5 δισεκατομμύρια λίτρα. Σημειωτέον ότι η παραγωγή HVO συγκεντρώνεται στη Φινλανδία, τις Κάτω Χώρες, τη Σιγκαπούρη και τις Ηνωμένες Πολιτείες (DNV GL,

2019a). Το 2019, η παγκόσμια παραγωγή βιοκαυσίμων αυξήθηκε κατά 5% το 2019, κυρίως λόγω της επέκτασης 13% του βιοντίζελ (με την Ινδονησία να ξεπερνά τις Ηνωμένες Πολιτείες και τη Βραζιλία για να γίνει ο μεγαλύτερος εθνικός παραγωγός), ενώ η παραγωγή αιθανόλης αυξήθηκε κατά 2% (REN21, 2020).

### 5.1.3. Αξιοπιστία

Η αξιοπιστία είναι ένα κριτήριο για τη μέτρηση της αντίστασης και της αντοχής της εναλλακτικής πηγής ενέργειας στις αλλαγές εξωτερικών συνθηκών, όπως επίσης και της ανεξαρτησίας της από εξωτερικές συνθήκες. Για παράδειγμα, άνεμος και η ηλιακή ενέργεια είναι δύο καθαρές εναλλακτικές πηγές ενέργειας για τη ναυτιλία, αλλά εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τον καιρό. Έτσι, η πρόωση των πλοίων που κινούνται με αυτές δείχνει να επηρεάζεται σημαντικά από εξωτερικούς παράγοντες, συνεπώς και καθίστανται ως αναξιόπιστες εάν χρησιμοποιούνται ως η μόνη εγκατεστημένη πηγή ισχύος επί του πλοίου (Ren et al., 2013).

### 5.1.4. Διαθέσιμη Υποδομή

Υπάρχει έλλειψη παγκόσμιας υποδομής και εγκαταστάσεων ανεφοδιασμού καυσίμων για τα βιοκαύσιμα, πόσο μάλλον για ηλεκτροκαύσιμα, τα οποία έχουν πιο πρόσφατη ημερομηνία εισαγωγής στην αγορά καυσίμων. Διατίθεται μονάχα σε ορισμένα λιμάνια, για παράδειγμα στην Ολλανδία, την Αυστραλία ή τη Νορβηγία.

Στις περισσότερες περιπτώσεις βιοκαυσίμων όπως το *HVO* μπορεί να διανεμηθεί χρησιμοποιώντας τα υπάρχοντα συστήματα διανομής MGO και HFO, αν και μερικές φορές απαιτούνται τροποποιήσεις. Η χρήση υπαρχόντων συστημάτων διανομής για το *FAME* είναι πιο δύσκολη. Λόγω της πιθανής οξείδωσης του FAME και της πιθανής καθίζησης, η αποθήκευση FAME για περισσότερο από έξι μήνες πρέπει να αποφεύγεται. Επιπλέον, το FAME είναι υγροσκοπικό και οι δεξαμενές που περιέχουν MGO αναμεμιγμένες με FAME θα πρέπει να διαθέτουν αποτελεσματικά συστήματα αποστράγγισης από το νερό σε τακτά διαστήματα από το κάτω μέρος της δεξαμενής.

Όσο για το υγροποιημένο μεθάνιο που παράγεται από βιομάζα (*LBG*) μπορεί να χρησιμοποιήσει την υποδομή LNG, η οποία επεκτείνεται. Δεδομένου ότι το μεθάνιο

είναι το κύριο συστατικό του υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG), το LBG πρέπει να αναμιγνύεται εύκολα με το LNG (DNV GL, 2019b).

Ως προς τα συνθετικά καύσιμα συνοπτικά παρουσιάζονται στον κάτωθι Πίνακα 5.1-1 οι μεγαλύτερες πιλοτικές εγκαταστάσεις με τα παράγωγα προϊόντα και την χωρητικότητά τους.

Plant	Status	Feedstock	Product	Capacity GWh/y ( $m^3/y$ )
George Olah methanol plant	Operational	CO <sub>2</sub>	Methanol	22 (5 050)
Sunfire Dresden (Pilot)	Operational	CO <sub>2</sub> (air capture)	FT-crude	0,46 <sup>1,2</sup> (44)
Mitsui Osaka Works (Pilot)	Operational	CO <sub>2</sub>	Methanol	0,56 (126)
Carbon Engineering DAC (Pilot)	Operational	CO <sub>2</sub> (air capture)	Not specified	0,46 <sup>1</sup> (44)

**Πίνακας 5.1-1.** Κατάλογος λειτουργικών σταθμών ηλεκτροκαυσίμου (τροφοδοσίας σε υγρό) (

## 5.2. Τεχνικά Χαρακτηριστικά Καυσίμου

Σε σύγκριση με τις οδικές μεταφορές και τις αερομεταφορές, ο τομέας της ναυτιλίας χρησιμοποιεί πολύ λιγότερο εξευγενισμένους (HFO) ή επεξεργασμένους τύπους καυσίμων (MDO, MGO) (Hsieh, 2017).

Ένας τρόπος ομαδοποίησης καυσίμων βασίζεται στην τεχνολογία μετατροπής ενέργειας. Ένα καύσιμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικές τεχνολογίες μετατροπής ενέργειας και να εκτελεί με διαφορετικούς τρόπους, αλλά εξακολουθεί να έχει τον ίδιο αντίκτυπο στην παραγωγή και τη διανομή. Γενικά, τα καύσιμα αξιολογούνται συχνά σε σχέση με την πιθανή τεχνολογία μετατροπής ενέργειας, η οποία περιλαμβάνει:

- Κινητήρες καύσης - ντίζελ, διπλό καύσιμο, Otto, αεριοστρόβιλος.
- Κυψέλες καυσίμου.
- Ηλεκτρικοί κινητήρες.

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά καύσιμα και φορείς ενέργειας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις δύο πρώτες τεχνολογίες μετατροπής ενέργειας, ενώ οι ηλεκτρικοί κινητήρες προορίζονται μόνο για έναν ενεργειακό φορέα (ηλεκτρισμός). Επίσης τα καύσιμα μπορεί να έχουν διαφορετικές πηγές πρωτογενούς ενέργειας - ορυκτά, βιομάζα διαφορετικών τύπων, ή να είναι συνθετικά με βάση την ηλεκτρική ενέργεια.

Η επιλογή της τεχνολογίας μετατροπής ενέργειας παρέχει μια βάση αξιολόγησης για αποφάσεις των ναυπηγείων σε νεόκτιστα ή μετασκευές. Ωστόσο, όταν επιλέγεται η τεχνολογία, το καύσιμο πρέπει να αξιολογείται ανάλογα με την πηγή και την παραγωγή καυσίμου (Andersson et al., 2020).

### **5.2.1. Ιδιότητες & Ασφάλεια Καυσίμου**

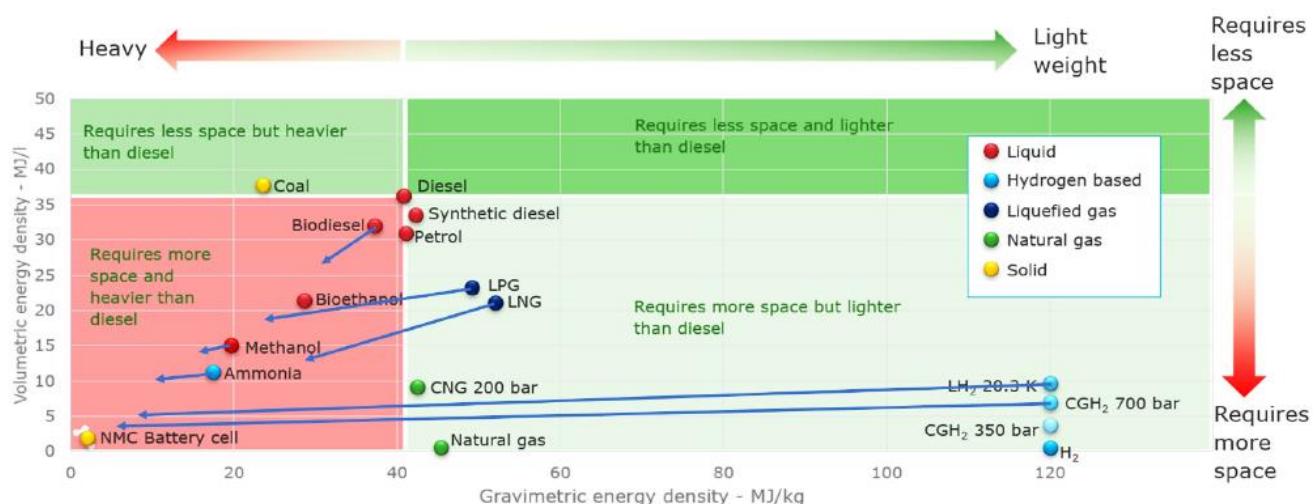
Η ασφάλεια των πλοίων είναι μείζονος σημασίας και πλέον οι νέες τεχνολογίες αξιολογούνται με βάση αυτό το κριτήριο, της ασφάλειας.

Τα εναλλακτικά καύσιμα μπορούν να αξιολογηθούν από την πυκνότητά τους, την θερμοκρασία αυτανάφλεξης, τα όρια ευφλεκτότητας (τη στοιχειομετρική αναλογία καυσίμου-αέρα) και τους αριθμούς οκτανίων και κετανίου (Deniz & Zinsir, 2015).

#### Πυκνότητα ενέργειας

Το κριτήριο της αποδοτικότητας αποθήκευσης της ενέργειας μετράται από την πυκνότητα ισχύος του καυσίμου (ισχύς που απελευθερώνεται ανά μονάδα καυσίμου) και τη συχνότητα ανεφοδιασμού (δείχνει τον απαιτούμενο χρόνο για ανεφοδιασμό των πλοίων σε δεδομένη διαδρομή) (Ren et al., 2013).

Η ενεργειακή πυκνότητα ενός καυσίμου μπορεί να προσδιοριστεί τόσο ως προς την ογκομετρική ενεργειακή πυκνότητα (ενεργειακό περιεχόμενο ανά ογκομετρική μονάδα) όσο και ως βαρυμετρική ενεργειακή πυκνότητα (ενεργειακό περιεχόμενο ανά μονάδα μάζας). Υψηλές ογκομετρικές και βαρυμετρικές πυκνότητες υπονοούν ότι το καύσιμο απαιτεί λιγότερο χώρο και έχει μικρότερη μάζα, κάτι που αποτελεί πλεονέκτημα κατά την αποθήκευση του καυσίμου επί του πλοίου. Η ενεργειακή πυκνότητα ενός καυσίμου καθορίζει εν μέρει κατά πόσο προσιτό είναι το καύσιμο για ορισμένους τύπους πλοίων και εργασίες επ' αυτού. Στο Σχήμα 5.2-1 καθορίζονται οι πυκνότητες ογκομετρικής και βαρυμετρικής ενέργειας για διάφορα καύσιμα (DNV GL, 2019a).



**Σχήμα 5.2-1.** Πυκνότητα ενέργειας για διαφορετικούς φορείς ενέργειας. Τα βέλη αντιπροσωπεύουν την επίδραση στην πυκνότητα όταν λαμβάνονται υπόψη τα συστήματα αποθήκευσης για τους διαφορετικούς τύπους καυσίμων (μόνο ενδεικτικές τιμές)<sup>28</sup>. (Πηγή: DNV GL, 2019a).

Η χαμηλή πυκνότητα ισχύος οδηγεί στην ανάγκη για μεγάλο αποθηκευτικό χώρο του καυσίμου και κατ' επέκταση στη μείωση της υπολειπόμενης χωροδιάταξης, ενώ η υψηλή συχνότητα ανεφοδιασμού οδηγεί σε αύξηση του χρόνου ταξιδιού, παρακάμψεις και λειτουργικά έξοδα. Για παράδειγμα, αν ο συντελεστής πυκνότητας του LNG είναι χαμηλός (συντελεστής ~ 2,5) σε σύγκριση με τα καύσιμα πετρελαίου αυτό συνεπάγεται είτε τη μείωση της χωρητικότητας του φορτίου είτε την υψηλή συχνότητα ανεφοδιασμού (Ren et al., 2013).

Λαμβάνοντας υπόψη την τροφοδοσία ενέργειας, την πυκνότητα καυσίμου και το σύστημα αποθήκευσης, ανεξαρτήτως μεγέθους πλοίου, τα συνήθη διαστήματα κυμαίνονται από ώρες έως μήνες, ανάλογα με το υπό εξέταση καύσιμο (DNV GL, 2019a).

<sup>28</sup> Το **βιοντίζελ** έχει σημαντικά υψηλότερη πυκνότητα ογκομετρικής ενέργειας από το LNG, με επίπεδα σχεδόν τόσο υψηλά όσο το ντίζελ, ενώ οι μπαταρίες έχουν μακράν τη χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα μεταξύ των εναλλακτικών στην παρούσα έκθεση.

Η ειδική πυκνότητα ενός καυσίμου μετράται σε kg ανά κυβικό μέτρο στους 15 ° C και χρησιμεύει ως δείκτης της ποιότητας ανάφλεξης του καυσίμου, ιδιαίτερα για τα υπόλοιπα καύσιμα χαμηλού ιξώδους (Hsieh & Felby, 2017).

Εάν υπάρχει διαρροή σε δεξαμενή αποθήκευσης, το υδρογόνο που έχει χαμηλή πυκνότητα, εξατμίζεται γρηγορότερα, ενώ η μεθανόλη και η αιθανόλη παραμένουν λόγω της υψηλής πυκνότητάς τους (Deniz & Zinsir, 2015).

Η ενεργειακή πυκνότητα των βιοκαυσίμων είναι σχετικά χαμηλή, ωστόσο διαφέρει ανά τύπο βιοκαυσίμου. Ειδικά η αποθήκευση αερίων υπό υψηλή πίεση είναι σχετικά βαριά. Η κρυογονική αποθήκευση απαιτεί ένα μονωτικό στρώμα και δοχεία χαμηλής πίεσης (συχνά κυλινδρικό σχήμα), προσθέτοντας λίγο βάρος και λίγο όγκο.

Συνήθως, αυτό το είδος αποθήκευσης LNG απαιτεί περίπου 4 φορές το χώρο του κανονικού καυσίμου για ισοδύναμη ποσότητα ενέργειας. Αυτό σημαίνει ότι το LNG ως καύσιμο δεν θα είναι κατάλληλο για όλους τους τύπους πλοίων καθότι δεν είναι διατεθειμένα να εγκαταλείψουν πολύτιμο και λιγιστό χώρο φορτίου για δεξαμενές LNG εάν υπάρχουν λιγότερο ευρύχωρες εναλλακτικές λύσεις (Florentinus et al., 2012).

#### Ευφλεκτότητα (ως προς την ασφάλεια)

Το σημείο ανάφλεξης μιας χημικής ουσίας είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία ένα υγρό μπορεί να σχηματίσει ένα αναφλέξιμο μείγμα στον αέρα κοντά στην επιφάνεια του υγρού. Είναι μια ένδειξη για το πόσο εύκολο μπορεί να κάψει μια χημική ουσία. Τα υλικά με υψηλότερα σημεία ανάφλεξης είναι λιγότερο εύφλεκτα ή επικίνδυνα από τα χημικά με χαμηλότερα σημεία ανάφλεξης. Ένα χαμηλότερο σημείο ανάφλεξης είναι μια ένδειξη καυσίμου που μπορεί να αναφλεγεί σε χαμηλότερες θερμοκρασίες και, ελλείψει πρόσθετων μέτρων ασφαλείας, αυτό υποδηλώνει υψηλότερο κίνδυνο (DNV GL, 2019a). Τα πρότυπα υποδεικνύουν ότι πρέπει να είναι τουλάχιστον 60 ° C για όλα τα καύσιμα πλοίων για να θεωρηθούν εύφλεκτα και όχι εύφλεκτα. Στην ιδανική περίπτωση, το ντίζελ πρέπει να έχει υψηλό σημείο ανάφλεξης και χαμηλή θερμοκρασία αυτόματης ανάφλεξης (Hsieh & Felby, 2017).

Η θερμοκρασία αυτανάφλεξης είναι η ελάχιστη θερμοκρασία που απαιτείται για την ανάφλεξη αερίου ή ατμού στον αέρα χωρίς να υπάρχει σπινθήρας ή φλόγα (DNV GL,

2019a). Η θερμοκρασία αυτανάφλεξης του υδρογόνου κρίνεται η υψηλότερη, ενώ ακολουθούν με χαμηλότερη η μεθανόλη και ελαχίστη η αιθανόλη.

Τα όρια αναφλεξιμότητας δείχνουν το εύρος των συγκεντρώσεων ατμών μιας συγκεκριμένης χημικής ουσίας, εκφραζόμενη σε ποσοστό όγκου, επί της οποίας ένα εύφλεκτο μείγμα αερίου ή ατμού στον αέρα, μπορεί να αναφλεγεί στους 25oC υπό ατμοσφαιρική πίεση (DNV GL, 2019a). Το υδρογόνο είναι εύκολο να καεί με διαφοροποίηση των μερών του μίγματος (αέρα-καυσίμου) και αυτό το καθιστά επικίνδυνο ελλείψει πρόσθετων μέτρων ασφαλείας (Deniz & Zinsir, 2015). (Όλες οι ιδιότητες δίνονται σε ατμοσφαιρικές συνθήκες - 25°C, 1 atm).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι εξελίξεις των κανόνων για τη θαλάσσια εφαρμογή εναλλακτικών καυσίμων θα πρέπει να βασίζονται στην ισοδύναμη αρχή ασφάλειας και πιθανότατα να μην γίνονται δεκτά τα αυξημένα επίπεδα κινδύνου (συχρότητα x συνέπεια). Η χειρότερη βαθμολογία σχετικά με την ευφλεκτότητα και την τοξικότητα συνεπώς θα πρέπει να αναμένεται να μεταφραστεί σε κατάλληλα μέτρα άμβλυνσης του κινδύνου, με αποτέλεσμα την επίπτωση π.χ. κόστος και λειτουργικοί περιορισμοί. (Βλέπε Πίνακα 5.2-1) (DNV GL, 2019).

Fuel	Flash Point (°C)	Autoignition temperature (°C)	Flammability Limits (volume % in air)	Toxicity
LNG	-188	537	4-15	Not toxic
Hydrogen	Not defined	500	4-74.2	Not toxic
Ammonia	132	630	15-28	Highly toxic
Methanol	11-12	470	6.7-36	Low acute toxicity (dangerous for humans)
LPG	-104	410-580 (depending on the composition)	1.8-10.1	Not toxic
Advanced biodiesel (HVO) <sup>7</sup>	>61	204	Approx. 0.6-7.5	Not toxic
Battery-electric	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Not applicable

**Πίνακας 5.2-1:** Επισκόπηση της αναφλεξιμότητας και της τοξικότητας διαφορετικών καυσίμων (Πηγή: DNV GL, 2019).

Η σταθερότητα του καυσίμου είναι μια άλλη σημαντική παράμετρος για ένα ναυτιλιακό καύσιμο. Καθώς τα καύσιμα διατηρούνται σε δεξαμενές αποθήκευσης, πρέπει να είναι σταθερά για μια περίοδο τουλάχιστον 3 μηνών σε επίσης σταθερές θερμοκρασίες και / ή πιέσεις, καθώς το καύσιμο κυκλοφορεί ξανά μέσω του συστήματος καυσίμου του κινητήρα.

- Η αποικοδόμηση αποθήκευσης καυσίμου περιλαμβάνει το σχηματισμό μικρών σωματιδίων που μπορούν να φράξουν τα φίλτρα. Τόσο οι κινητήρες ντίζελ όσο και οι αεριοστροβίλοι είναι επιρρεπείς σε ζημιές εάν τα ασταθή σωματίδια του καυσίμου υπάρχουν ακόμα και μετά από το σύστημα φιλτραρίσματος του πλοίου, βουλώνοντας τις αντλίες ψεκασμού καυσίμου με συνέπεια τα ακροφύσια ψεκασμού να οπτανθρακοποιηθούν και να φράξουν.
- Μπορεί επίσης να οξειδωθεί με την πάροδο του χρόνου, οδηγώντας σε υψηλότερους αριθμούς οξέων που μπορούν να βλάψουν τις δεξαμενές καυσίμου ή να σχηματίσουν κολλώδης ουσίες, σωματιδίων και ιζημάτων που φράξουν τα φίλτρα.
- Οι υψηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης μπορούν επίσης να επιταχύνουν την υποβάθμιση των καυσίμων. Έτσι, τα καύσιμα πρέπει να αποθηκεύονται σε καθαρό, ξηρό και σκοτεινό περιβάλλον (Hsieh & Felby, 2017).

**Πίνακας 5.2-2.** Οι λοιπές ιδιότητες των καυσίμων προσμετρήσιμες στην βιωσιμότητα (Πηγή: Hsieh & Felby, 2017).

Λοιπές Ιδιότητες Καυσίμων προσμετρήσιμες στη Βιωσιμότητα	
Ιδιότητα	Περιγραφή
Αριθμός οκτανίου	Δείχνει την αντίσταση στην αυτανάφλεξη (Deniz & Zincir, 2015).
Αριθμός κετανίου	Δείχνει την καθυστέρηση ανάφλεξης και είναι μέτρο ποιότητας της καύσης (Deniz & Zincir, 2015) σε έναν πετρελαιοκινητήρα. Ο δείκτης κετανίου ισχύει μόνο για καύσιμα πετρελαίου και αποστάγματος. Ο αριθμός κετανίου βασίζεται στην πυκνότητα και την απόσταση του καυσίμου. Όσο υψηλότερες είναι οι στροφές του κινητήρα, τόσο υψηλότερος απαιτείται ο δείκτης κετανίου.
Θερμική απόδοση	Η θερμική απόδοση ενός καυσίμου καθορίζεται από το κινηματικό του ιξώδες, την ειδική πυκνότητα στους 15 ° C και το σημείο ανάφλεξης. Το κινηματικό ιξώδες μετράται σε centistoke, όπου 1 cSt = 1 mm <sup>2</sup> / s, στους 40 ° C για τα καύσιμα απόσταξης και στους 50 ° C για τα υπολειπόμενα καύσιμα.



Αριθμός οξύτητας	Όλα τα καύσιμα έχουν αριθμό οξέος με βάση τη συγκέντρωση όξινων ενώσεων στο καύσιμο. Τα καύσιμα με υψηλό αριθμό οξέων περιέχουν όξινες ενώσεις που μπορούν να καταστρέψουν μεγάλους κινητήρες ντίζελ, ειδικά τον εξοπλισμό ψεκασμού καυσίμου.
Ολικά ιζήματα ή σωματίδια (PM)	Τα ολικά ιζήματα ή τα σωματίδια (PM) μπορούν να αφαιρεθούν με συστήματα φυγοκέντρωσης και φιλτραρίσματος, αλλά τα πρόστιμα μπορούν να επηρεάσουν τα συστήματα λίπανσης και σωληνώσεων του κινητήρα.
Σημείο νέφους	Σημείο νέφους είναι η θερμοκρασία στην οποία τα διαλυμένα στερεά δεν είναι πλέον διαλυτά και καθιζάνουν σε διάλυμα σχηματίζοντας μια δεύτερη φάση, δίνοντας στο υγρό μια θολή εμφάνιση.
Σημείο Ροής	Το σημείο ροής είναι η υψηλότερη θερμοκρασία στην οποία το υγρό μπορεί να γίνει ημι-στερεό ή δεν μπορεί να ρέει. Αυτό σηματοδοτεί το όριο στο οποίο μπορεί να αντληθεί το καύσιμο.
Θείο	Η υψηλή περιεκτικότητα σε θείο δεν βλάπτει τον κινητήρα ντίζελ, αλλά τα καύσιμα γενικά πρέπει να έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, επειδή η υψηλή περιεκτικότητα σε θείο (> 3%) έχει διαβρωτική επίδραση στα συστήματα θέρμανσης, μειώνοντας τη διάρκεια ζωής τους και αυξάνοντας τα ρυπογόνα αποτελέσματα. Το θείο στο καύσιμο, μόλις καεί, μετατρέπεται σε οξειδία του θείου που έχουν βλαβερές συνέπειες για το περιβάλλον, ιδίως την ατμοσφαιρική ρύπανση.
Νερό <sup>29</sup>	Το νερό στο καύσιμο επηρεάζει το σημείο νέφους, το σημείο ροής και τη σταθερότητα αποθήκευσης καυσίμου, τα οποία με τη σειρά τους ενδέχεται να προκαλέσουν ζημιά στα εξαρτήματα του συστήματος καυσίμου κινητήρα. Θεωρείται ρύπανση καυσίμου καθώς δεν έχει ενεργειακό περιεχόμενο και συνεπώς μεταφράζεται σε απώλεια ενέργειας για τον αγοραστή καυσίμου. Πολλά πλοία διαθέτουν συστήματα αφαίρεσης νερού μέσω φυγοκέντρωσης.
Περιεκτικότητα σε Τέφρα	Η περιεκτικότητα σε τέφρα είναι ένα μέτρο των μετάλλων που υπάρχουν στο καύσιμο, τα οποία μπορεί να είναι εγγενή στο καύσιμο ή σε ένα ρύπο.

### 5.2.2. Διαθεσιμότητα & Επάρκεια Ενέργειας

Η διαθεσιμότητα ενός εναλλακτικού καυσίμου εξαρτάται άμεσα από τις προδιαγραφές του καυσίμου, την τεχνολογική του ωριμότητα, την συμβατότητά του με το καύσιμο που θα αναμειχθεί ως drop-in, τα χαρακτηριστικά της ασφάλειάς του, τη χωρητικότητα που καταλαμβάνει κατά την αποθήκευση του και ένα από τα βασικότερα που συνοψίζει την απήγησή του στην αγορά, έγκειται και στην φήμη

<sup>29</sup> Η παρουσία νερού σε ένα καύσιμο μπορεί να οδηγήσει σε μικροβιακή ανάπτυξη, κάτι που αποτελεί περισσότερο πρόβλημα σε θαλάσσια περιβάλλοντα (από ό, τι για παράδειγμα στις οδικές μεταφορές) καθώς οι χρόνοι παραμονής των καυσίμων μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτεροι, συνήθως είναι αρκετοί μήνες, αλλά πιθανώς χρόνια. Αυτό το τεχνικό ζήτημα και η εφαρμογή των περισσότερων βιοκαυσίμων δεν πρέπει να είναι δύσκολο να επιλυθεί με τον τυπικό εξοπλισμό φιλτραρίσματος. Αυτός ο εξοπλισμός φιλτραρίσματος υπάρχει ήδη στα περισσότερα πλοία. Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν από τον Lloyds στο MAERSK Kalmar επί εννέα μήνες (2020) έδειξαν ότι δεν σημειώθηκε μικροβιολογική ανάπτυξη στις δεξαμενές FAME. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην καλή ποιότητα του FAME, αλλά είναι ένα ενθαρρυντικό αποτέλεσμα, καθώς υπήρχαν σημαντικές ανησυχίες σχετικά με αυτό εκ των προτέρων (Florentinus et al., 2012)

που αποκτάει το εκάστοτε ναυτιλιακό, εναλλακτικό, ανερχόμενο, καύσιμο. Για παράδειγμα επειδή η αιθανόλη και μεθανόλη χρειάζονται περισσότερο αποθηκευτικό χώρο από το HFO ή το MDO, υπάρχουν ολιγάριθμες εταιρείες που τροποποιούν κινητήρες πλοίων για τα αντίστοιχα καύσιμα. Ακόμα κι όταν το εναλλακτικό καύσιμο καταλαμβάνει διπλάσιο αποθηκευτικό χώρο από τα προαναφερθέντα συμβατικά, αλλά έχει την παγκόσμια διάδοση και διαθεσιμότητα του LNG, τότε κινητοποιούνται οι κατασκευαστές μηχανών, γίνονται επενδυτικές κινήσεις σε διαφορετικά μέτωπα του εμπορικού κόσμου της ναυτιλίας.

Εν προκειμένω θα αναλυθούν ως προς δυο εκ των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών (δυνατότητα αποθήκευσης & απήχηση στην αγορά), καθότι τα υπόλοιπα αναλύονται ήδη σε άλλες υποκατηγορίες της βιωσιμότητας των εναλλακτικών καυσίμων από τεχνικής/τεχνολογικής σκοπιάς. Είναι τα εξής:

#### ➤ **Δυνατότητα αποθήκευσης**

Η ικανότητα αποθήκευσης σχετίζεται με την παγκόσμια διαθεσιμότητα. Εάν περισσότερα πλοία χρειαστούν τέτοιον τύπου καυσίμου, τότε αμέσως αυξάνεται και η δυνατότητα αποθήκης για αυτόν τον τύπο καυσίμου. Η χρήση μεθανόλης και αιθανόλης στα πλοία είναι περιορισμένη και αυτό επηρεάζει την ικανότητα του αποθέματος. Από την άλλη πλευρά, η χρήση του LNG αυξάνεται, και επηρεάζει και τις υφιστάμενες δεξαμενές αποθήκευσης (Deniz & Zinsir, 2015).

#### **Συνθήκες και μορφές αποθήκευσης**

Τα **βιοκαύσιμα** μπορούν να αποθηκευτούν με διάφορους τρόπους ανάλογα με τις προδιαγραφές τους:

- Υγρή μορφή υπό συνθήκες περιβάλλοντος: ισχύει για βιοντίζελ, φυτικά έλαια, GTL (gasto-liquid), BTL (biomass-to-liquid), FAME (Fatty Acid Methyl Ester) και HVO (Hydrotreated Vegetable Oil). Συμβατικά καύσιμα όπως ντίζελ, βενζίνη, αιθανόλη και μεθανόλη θα μπορούσαν επίσης να αποθηκευτούν έτσι.
- Υγρή μορφή υπό υψηλή πίεση: ισχύει για DME (διμεθυλαιθέρας).
- Υγρή μορφή υπό κρυογονικές θερμοκρασίες και αυξημένη πίεση: αυτό ισχύει για υγρό φυσικό αέριο (LNG), Βίο-LNG.
- Αέριο υπό υψηλή πίεση: ισχύει για βιοαέριο, υδρογόνο και φυσικό αέριο.

Διαφορετικοί τύποι αποθήκευσης οδηγούν σε διαφορετικές διαστάσεις και βάρος για το ρεξερβουάρ καυσίμου (Florentinus et al., 2012)

➤ **Διάρκεια/Αντοχή στον Χρόνο**

Ο όρος διάρκειας/αντοχής στον χρόνο μεθερμηνεύεται ως μια μακράς διάρκειας εναλλακτική λύση, συνδεδεμένη άμεσα με την παγκόσμια διαθεσιμότητα, την διαθέσιμη χωρητικότητα αποθήκευσης και την μελλοντική τάση της αγοράς. Υπάρχουν πολλαπλά σενάρια ανατρεπτικών εξελίξεων στην αγορά των καυσίμων και δη των εναλλακτικών καθότι εξαρτάται άμεσα με το ρυθμιστικό πλαίσιο και τις διεθνείς και κρατικές αποφάσεις. Για παράδειγμα αν και το LNG υπάγεται για καύσιμα που είναι ευρέως αποδεκτό για τον περιβαλλοντικό, οικονομικό και κοινωνικό αντίκτυπο που έχει, και υπάρχουν άπλετα αποθέματα τότε θα έχει διάρκεια ζωής (Deniz & Zinsir, 2015). Ωστόσο προέρχεται από ορυκτά καύσιμα τα οποία φθίνουν και έπεται να εξαλειφθούν στο απώτερο μέλλον, συνεπώς αν όχι άμεσα αλλά έμμεσα η τεχνολογία θα αναβαθμίσει τις επιλογές που ενέχουν την κυκλικότητα της οικονομίας και του περιβάλλοντος, όπως για παράδειγμα η περίπτωση των βιοκαυσίμων 2<sup>ης</sup> και 3<sup>ης</sup> γενιάς και των ηλεκτροκαυσίμων.

**5.2.3. Συμβατότητα Καυσίμων με υπάρχουσες Τεχνολογίες**

Η συμβατότητα του περιβάλλοντος χώρου των εγκαταστάσεων (χρώματα και των συνθετικά υλικά) θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη, εάν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ένα όξινο καύσιμο. Σε κάθε περίπτωση, οι κατασκευαστές κινητήρων οφείλουν πάντοτε να αναφέρονται σε ειδικές οδηγίες σχετικά με τον κινητήρα και τον τύπο τους όσον αφορά τη χρήση όξινων καυσίμων.

Όσον αφορά το ζήτημα της οξύτητας των υγρών βιοκαυσίμων, η Wärtsilä υποδεικνύει ένα όριο συνολικού αριθμού οξέων (TAN) 5 mgKOH / g<sup>32</sup>. ενώ η MAN καθορίζει ένα όριο TAN 4 mgKOH / g<sup>33</sup>. (Florentinus et al., 2012).

Σύμφωνα με τους εμπειρογνώμονες που αντιπροσώπευαν κατασκευαστές κινητήρων, πλοιοκτήτες, νηογνώμονες, ακαδημαϊκούς και κυβερνητικούς ερευνητικούς οργανισμούς στην Ευρώπη, τη Βόρεια Αμερική και την Ανατολική Ασία, συνοψίστηκαν κάποια βασικά αποτελέσματα σχετικά με την συμβατότητα εναλλακτικών καυσίμων και κινητήρων (Zhou et al., 2020) (Βλέπε Πίνακα 5.2-3)

Fuel replaced	Fuel	Pathway	Feedstock	Selection criteria						Sources
				Compatibility	Feedstock availability	Cost	Tech readiness	Industry Interest	Evidence base	
Distillate (e.g., MGO)	FAME biodiesel	Transesterification	FOGs		✓	✓✓		✓✓		DNV GL, 2019; E4tech, 2018; Grijpma, 2018; Hoang & Pham, 2018; Hsieh & Felby, 2017; McGill, Remley, & Winther, 2013; Mohd Noor, Noor, & Mamat, 2018; PRIME, 2010; Tyrovolia, Dodos, Kalligeros, & Zannikos, 2017
			Vegetable oils (e.g., palm, soy)	✓	✓✓	✓✓	✓✓	–	✓✓	
	Hydrotreated renewable diesel	Hydrotreating	Waste FOGs		✓			✓✓		DNV GL, 2019; E4tech, 2018; Grijpma, 2018; Hansson, Månsson, Brynolf, & Grahn, 2019; Moirangthem & Baxter, 2016; Tyrovolia et al., 2017
			Vegetable oils (e.g., palm, soy)	✓✓	✓✓	✓	✓✓	–	✓✓	
	FT diesel	Gasification then Fischer-Tropsch synthesis	Lignocellulosic biomass	✓✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓	E4tech, 2018; Grijpma, 2018; Moirangthem & Baxter, 2016
			Natural gas			✓✓	✓✓	–		
	DME	Gasification then fuel synthesis	Lignocellulosic biomass		✓✓	✓	✓	✓✓	✓	Florentinus, Hamelinck, Van den Bos, Winkel, & Cuijpers, 2012; Grijpma, 2018; Hsieh & Felby, 2017; Moirangthem & Baxter, 2016
			Natural gas		✓✓	✓✓	✓✓	✓	✓✓	
		Electrolysis then fuel synthesis	Renewable electricity and CO <sub>2</sub>	✓	✓	–	✓	✓✓	–	
	Methanol	Gasification then fuel synthesis	Natural gas		✓✓	✓✓	✓✓	✓	✓✓	European Commission, 2013; Andersson et al., 2016; Deniz & Zincir, 2016; DNV GL, 2019; E4tech, 2018; Grijpma, 2018; Hsieh & Felby, 2017; McGill et al., 2013; Moirangthem & Baxter, 2016
			Lignocellulosic biomass	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓	
		Electrolysis then fuel synthesis	Renewable electricity + CO <sub>2</sub>		✓	–	✓	✓✓	–	
Ethanol	Fermentation	Sugar and starch crops	✓	✓✓	✓✓	✓✓		–	Deniz & Zincir, 2016; DNV GL, 2019; E4tech, 2018; Florentinus et al., 2012; Hsieh & Felby, 2017	
	Cellulosic ethanol conversion	Lignocellulosic biomass		✓✓	✓	✓				
Residual (e.g., HFO)	Straight vegetable oil	N/A	Vegetable oils (e.g., palm, soy)	✓	✓✓	✓✓	✓✓	–	✓	E4tech, 2018; Grijpma, 2018; Hoang & Pham, 2018; Hsieh & Felby, 2017
	Pyrolysis bio-oil	Catalytic fast pyrolysis	Lignocellulosic biomass	–	✓✓	–	–	✓✓	–	Chryssakis, Brinks, & King, 2015; DNV GL, 2016; E4tech, 2018; Florentinus et al., 2012; Grijpma, 2018; Hsieh & Felby, 2017; Moirangthem & Baxter, 2016
	HTL bio-crude	Hydrothermal liquefaction (HTL)	Lignocellulosic biomass	–	✓✓	✓	–	–	–	Grijpma, 2018

Key: ✓✓ Good; ✓ Average; – Poor

**Πίνακας 5.2-3.** Πιθανά βιοκαύσιμα για τη διεθνή ναυτιλία έναντι κριτηρίων επιλογής (Πηγή: Zhou et al., 2020) - Αναλυτικότερη προσέγγιση των καυσίμων ως προς τους συντελεστές συμβατότητας, υπάρχει παρακάτω, στον Πίνακα 5.2-5.

### ➤ Καύσιμα Μείγματος

Τα βιοκαύσιμα μπορούν να αναμειχθούν με συμβατικά καύσιμα ή χρησιμοποιούνται ως καύσιμα drop-in ως πλήρη υποκατάστατα των συμβατικών ορυκτών καυσίμων.

Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις χωρίς μεγάλες τεχνικές τροποποιήσεις, κι αυτό τους προσδίδει ένα παραπάνω πλεονέκτημα.

Τόσο τα βιοκαύσιμα όσο και τα ηλεκτροκαύσιμα χρησιμοποιούνται ως drop in καύσιμα κατά περίπτωση. Αναλυτική αναφορά υπάρχει στο Κεφ. 3 της παρούσας μελέτης, όπου και καλύπτει τις περιπτώσεις ξεχωριστά.

### ➤ **Κινητήρες**

Οι κύριοι κινητήρες των μεγάλων και πολύ μεγάλων πλοίων είναι οι δίχρονοι πετρελαιοκινητήρες. Αυτοί οι κινητήρες έχουν μια συνεχή εκτόνωση καθώς και πολύ υψηλή θερμική απόδοση (~ 60%) και συχνά περιλαμβάνουν υπερσύγχρονες τεχνολογίες κινητήρων. Οι κινητήρες ντίζελ θαλάσσης μπορούν να λειτουργήσουν με ένα ευρύ φάσμα καυσίμων και είναι εξαιρετικά ευέλικτοι (Hsieh & Felby, 2017).

Οι κατασκευαστές κινητήρων διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εισαγωγή βιοκαυσίμων, καθώς παρέχουν την εγγύηση για τους κινητήρες ότι είναι συμβατοί με ορισμένα καύσιμα που πληρούν κάποιες συγκεκριμένες ιδιότητες.

Η MAN B&W Diesel μαζί με την Wärtsilä, είναι ευρέως γνωστές κατασκευαστικές εταιρείες κινητήρων με εμπειρία στα βιοκαύσιμα για σταθερή παραγωγή ισχύος, καθώς και ως σημαντικός προμηθευτής κινητήρων (Andersson et al., 2020).

### **Ποιές ιδιότητες λαμβάνονται υπόψη**

Για καύσιμα με γνωστές και δοκιμασμένες ιδιότητες, όπως τα καύσιμα βιοντίζελ, δεν υπάρχουν μεγάλα προβλήματα.

- Χρόνος αποθήκευσης. Πιθανή βιολογική αποσύνθεση.
- Συστήματα ψεκασμού καυσίμου στα οποία λαμβάνονται υπόψη οι ιδιότητες ιξώδους και λίπανσης.
- Η ενεργειακή πυκνότητα. Είθισται να είναι χαμηλότερη για τα βιοκαύσιμα και τα δομικά υλικά ενδέχεται να επηρεαστούν από τη διάβρωση (Andersson et al., 2020).

## **Συμβατότητα Καυσίμων – Κινητήρων**

Σε έναν κινητήρα ντίζελ ο αέρας συμπιέζεται τόσο πολύ που θερμαίνεται και μπορεί να ανάψει το καύσιμο. Διαφορετικά καύσιμα με διαφορετικές θερμοκρασίες αυτόματης ανάφλεξης απαιτούν διαφορετικούς τύπους κινητήρα. Όταν ένας κινητήρας Diesel πρέπει να μετατραπεί σε Otto, αυτό απαιτεί σημαντικές ρυθμίσεις, πρέπει να ξαναχτιστούν μεγάλα μέρη του κινητήρα. Διαφορετικά καύσιμα στον ίδιο τύπο κινητήρα χρειάζονται μόνο σχετικά μικρές ρυθμίσεις όσον αφορά τις γραμμές καυσίμου, τα φίλτρα και τα μπεκ ψεκασμού.

Τα ακόλουθα καύσιμα λειτουργούν σε κινητήρες Diesel:

Ντίζελ, Βιοντίζελ, φυτικό έλαιο, DME (διμεθυλαιθέρας), GTL (αέριο σε υγρό), BTL (βιομάζα-σε-υγρό), FAME (Fatty Acid Methyl Ester) και HVO (υδρογονοκατεργασμένο φυτικό έλαιο) (Andersson et al., 2020) και FT-diesel και λάδι πυρόλυσης, με ελάχιστες ή καθόλου απαραίτητες τροποποιήσεις, ανάλογα με το καύσιμο και το μείγμα (IRENA, 2019).

- Σε έναν κινητήρα ντίζελ ο αέρας συμπιέζεται τόσο πολύ που θερμαίνεται και μπορεί να ανάψει το καύσιμο (Andersson et al., 2020).
- Εγείρονται κάποια ζητήματα σε σχέση με τον κινητήρα και αυτά σχετίζονται με τη μειωμένη διάρκεια ζωής του κινητήρα, λόγω συσσώρευσης άνθρακα στην περίπτωση του SVO ή στην περίπτωση του FAME είτε μόλυνση του νερού, η οποία θα μπορούσε να οδηγήσει σε απώλεια απόδοσης, μικροβιακή ανάπτυξη και πηκτική καύση. Το HVO επιλύει ορισμένα από αυτά τα ζητήματα, ωστόσο, λόγω της χαμηλής περιεκτικότητάς του σε οξυγόνο, της υψηλότερης απόδοσης καυσίμου και της μεγαλύτερης διάρκειας ζωής. Η μετάβαση σε αυτά τα καύσιμα δεν θα απαιτούσε αλλαγές στην τρέχουσα υποδομή γεγονός που τα καθιστά μια αξιοπρόσεκτη επιλογή τόσο βραχυπρόθεσμα έως μακροπρόθεσμα.

Από την άλλη πλευρά, η χρήση αλκοολών και αερίων καυσίμων, όπως η βιοαιθανόλη, η βίο-μεθανόλη και το βίο-LNG, θα είχε σημαντικό κόστος. Αυτά σχετίζονται με τις απαιτήσεις προσαρμογής των λειτουργικών κινητήρων, της υποδομής αποθήκευσης και της αποθήκης. Ωστόσο, οι διαθέσιμες εμπορικές τεχνολογίες κινητήρα διπλού καυσίμου μπορούν να λειτουργούν σε αυτούς τους

τύπους καυσίμων και να παρέχουν μια εξαιρετική λύση για νέες παραγγελίες πλοίων. (IRENA, 2019)

Τα ακόλουθα καύσιμα λειτουργούν σε κινητήρες Otto:

- Βενζίνη, αιθανόλη, μεθανόλη, φυσικό αέριο.
- Βιοαέριο (τόσο σε συμπιεσμένο (CNG) όσο και σε υγρή μορφή (LNG)) και υδρογόνο

Σε έναν κινητήρα Otto το μείγμα καυσίμου-αέρα δεν θα ανάψει μέχρι να δημιουργηθεί σπινθήρας. Η αναλογία συμπίεσης είναι πολύ χαμηλότερη (1:11 έναντι 1:20) σε σύγκριση με την ανάφλεξη συμπίεσης (Diesel) (Andersson et al., 2020).

Υπάρχουν αρκετές εμπορικές τεχνολογίες θαλάσσιων κινητήρων που μπορούν να λειτουργήσουν σε υγρά βιοκαύσιμα. Αυτά μπορούν να αναμειχθούν με υπάρχοντα καύσιμα πλοίων, π.χ. 20% μείγματα FAME, τα οποία είναι ευρέως διαθέσιμα (IEA, 2017) και μίγματα 7% FAME 7% συμβατά με ISO 8217: 2017, τα οποία είναι επίσης διαθέσιμα στο εμπόριο. Ορισμένα βιοκαύσιμα είναι ακόμη συμβατά ως drop-in καυσίμου (IRENA, 2019). Η καύση σε έναν ναυτιλιακό κινητήρα ντίζελ είναι πολύ αποτελεσματική, πολύ υψηλότερη από ό, τι σε έναν κινητήρα Otto. Επομένως, για να δείτε το όφελος του CO<sub>2</sub> από τη χρήση βιοκαυσίμων, η ανάλυση πρέπει να πραγματοποιηθεί σε βάση Well-to-Wheel.

### **Κινητήρες Μονού ή Διπλού καυσίμου**

Τα εναλλακτικά καύσιμα θαλάσσης μπορούν να εφαρμοστούν σε δύο κύριους τύπους χρήσης μονού και διπλού καυσίμου. Κάθε τύπος έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που περιγράφονται παρακάτω.

- **Μονό καύσιμο:** Όταν ο τύπος του κινητήρα πρέπει να αλλάξει από Diesel σε Otto (σημαντικές ρυθμίσεις, τα μέρη του κινητήρα πρέπει να ανακατασκευαστούν), για παράδειγμα όταν γίνεται μια αλλαγή από το ντίζελ σε CNG, LNG, Αιθανόλη ή Υδρογόνο, η εξοικονόμηση του CO<sub>2</sub> είναι χαμηλότερη από την αναμενόμενη με βάση το ενεργειακό περιεχόμενο. Οι κινητήρες ντίζελ θαλάσσης είναι περίπου 30% πιο αποδοτικοί από τους κινητήρες Otto, λόγω του υψηλότερου λόγου συμπίεσης. Όταν αλλάζει από ντίζελ σε CNG (Otto) αυτό οδηγεί σε συνδυασμένη μείωση εκπομπών 10-15% CO<sub>2</sub>.

- **Διπλό καύσιμο:** Όταν το αέριο και το ντίζελ καίγονται ταυτόχρονα σε έναν κινητήρα ντίζελ, η εξοικονόμηση CO<sub>2</sub> είναι τόσο υψηλή όση προβλέπεται βάσει του ενεργειακού περιεχομένου. Αυτή η τεχνολογία περιλαμβάνει δύο συστήματα καυσίμων στο πλοίο. Το πλοίο μπορεί να λειτουργήσει με μεταβλητό συνδυασμό των διαθέσιμων καυσίμων. Για παράδειγμα, είναι δυνατή η διακόμανση 100% ντίζελ έως 97% LNG και 3% ντίζελ, με αποτέλεσμα υψηλή εξοικονόμηση CO<sub>2</sub> και υψηλή μεταβλητή εξοικονόμηση κόστους (Florentinus et al., 2012).

**Πίνακας 5.2-4.** Η θέση της Wärtsilä στην περίπτωση των βιοκαυσίμων (Πηγή: Andersson et al., 2020).

Έτος	Ερευνητικό Πεδίο	Αποτέλεσμα
1990-2000	Η Wärtsilä άρχισε να ερευνά αν τα βιοκαύσιμα θα μπορούσαν να είναι συμβατά με τους κινητήρες τους. Η πρώτη δοκιμή έγινε με λάδι πυρόλυσης με βάση το ξύλο.	Έδειξε ότι η οξύτητα ήταν κρίσιμη για το σύστημα καυσίμου. <sup>30</sup>
1995	Διεξήγαγε μια σειρά δοκιμών.....	Το 1995 η ελαιοκράμβη χαρακτηρίστηκε συμβατή με τον κινητήρα, δηλώνοντας ότι έπρεπε να γίνουν τουλάχιστον αλλαγές (στον κινητήρα).

- Η MAN επιβεβαιώνει τη βιωσιμότητα της χρήσης βιοκαυσίμων στους κινητήρες δηλώνοντας πως *«Όλοι οι κινητήρες μεσαίας ταχύτητας MAN Diesel που βασικά έχουν σχεδιαστεί για βαρέα λιπαντικά είναι ιδανικοί για αξιόπιστη και αποτελεσματική χρήση υγρών βιολογικών καυσίμων.»*
- Ο πρώτος εμπορικός σταθμός παραγωγής ενέργειας με καύσιμα φυτικών ελαίων με κινητήρα Wärtsilä εγκαταστάθηκε στη Γερμανία το 2003. Έκτοτε, έχουν εγκατασταθεί και άλλα που λειτουργούν με κινητήρες Wärtsilä σε βιοκαύσιμα.
- Συνολικά, οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας σε λειτουργία ή υπό κατασκευή με κινητήρες Wärtsilä έχουν συνδυασμένη εγκατεστημένη ισχύ 680 MWe. Οι

<sup>30</sup> Η οξύτητα του καυσίμου απαιτεί την ανάγκη για ανθεκτικό σε οξύ υλικό και τα βιοκαύσιμα απαιτούν επίσης προσεκτικό έλεγχο της θερμοκρασίας. Αυτές οι τεχνολογικές τροποποιήσεις δεν είναι τεχνικά προηγμένες λειτουργίες και έτσι τα βιοκαύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στους περισσότερους κινητήρες πλοίων (Andersson et al., 2020).



εγγραφές αυτών των σταθμών παραγωγής ενέργειας ήταν καλές, ο χρόνος μεταξύ των αναθεωρήσεων ήταν περίπου ο ίδιος με τους κινητήρες HFO (Andersson et al., 2020)

Στην μελέτη που διεξήχθη από τους Zhou et al. (2020) μια από τις παραμέτρους η οποία τέθηκε ήταν η συμβατότητα κινητήρων με αντίστοιχα πέντε βιοκαύσιμα.<sup>31</sup> Τα δε αποτελέσματα παρατίθενται στον παρακάτω Πίνακα 5.2-5 (Zhou et al., 2020)

Fuel	Type	Blend ratio	Modifications needed		Demonstrated?	Safety Issues	Other challenges
			Engine	Fuel system			
FAME biodiesel	Blend <sup>a</sup>	≤ 20%	N	N	Up to 20% blend	— <sup>c</sup>	n/a
	Neat <sup>b</sup>	—	Modernizing engines (hoses, filters, and seals)	Mixing additives to inhibit bacterial growth and lower pour point	No	—	Degradation; needs thermal conditioning for storage at lower temperatures; fuel filtration and treatment
Hydrotreated renewable diesel	Blend	≤ 100%	N	N	—	—	—
	Neat	—	N	N	Yes, several ferries, one container, and a cruise line	—	—
FT diesel	Blend	≤ 100%	N	N	No, although gas to liquid fuels have been tested.	—	—
	Neat	—	N	N	No, as above.	—	—
DME	Neat	—	Retrofit or dedicated engine		Yes, ships with smaller engines	Low flash point	Low energy density; low viscosity
Methanol	Neat	—	Requires retrofitting or dedicated engines		Yes, nine ships in 2019	Low flash point; toxicity	Low energy density; requires additional monitoring and control system for the storage, especially retrofits

**Πίνακας 5.2-5.** Πιθανά καύσιμα για διεθνή ναυτιλία έναντι κριτηρίων επιλογής (Πηγή: Zhou et al., 2020)

Η προσαρμοστικότητα των συστημάτων εναλλακτικών καυσίμων σε νέα πλοία καθίσταται πιο πρακτική συγκριτικά με την μεταποίηση και εφαρμογή τους σε υπάρχοντα πλοία, κι αυτό συμβαίνει λόγω ανεπαρκούς χώρου και απαιτούμενων τροποποιήσεων στον κύριο κινητήρα (Andersson et al., 2020).

#### Μετασκευή βάση της MAN B&W Diesel

Η MAN B&W Diesel δηλώνει τα κάτωθι:

<sup>31</sup> Πραγματοποιήθηκε με βιβλιογραφική ανασκόπηση, ανάπτυξη ερωτηματολογίου και ανατροφοδότηση από εξειδικευμένους εμπειρογνώμονες (κατασκευαστές κινητήρων, πλοιοκτίτες, νηογνώμονες, ακαδημαϊκούς και κυβερνητικούς ερευνητικούς οργανισμούς στην Ευρώπη, τη Β. Αμερική και την Α. Ασία) για τα καύσιμα πλοίων (Zhou et al., 2020).

- Είναι δυνατή η μετεγκατάσταση των υπαρχόντων κινητήρων για λειτουργία σε υγρά βιοκαύσιμα.
- Ένας κινητήρας καταναλώνει το δικό του κόστος σε βαρύ μαζούτ σε 3-6 μήνες. Αυτό κάνει τις προσαρμογές ή ακόμα και νέες παραγγελίες κινητήρα μπορεί λιγότερο κοστοβόρες σε σύγκριση με το κόστος καυσίμου.
- Σε έναν πρόχειρο υπολογισμό της, διαπιστώνει ότι ένας υπάρχων κινητήρας πλοίου μπορεί να κάνει μετατροπή της λειτουργίας του με βιοκαύσιμα με λιγότερο από 5% του κόστους του κινητήρα. (όλες οι εγκαταστάσεις του πλοίου όπως: αποθήκευση καυσίμου, σύστημα επεξεργασίας καυσίμου, σωληνώσεις, φυγοκεντρικές συσκευές κ.λπ. πρέπει να αξιολογηθούν για πιθανές τροποποιήσεις. Λόγω της διαβρωτικότητας των βιοκαυσίμων, το μεγαλύτερο κόστος της μετατροπής σύμφωνα με την MAN θα είναι η μετασκευή της δεξαμενής αποθήκευσης.
- Βασικό εμπόδιο, η διαφορά στην τιμή μεταξύ βαρέως μαζούτ και υγρών βιοκαυσίμων (Florentinus et al., 2012).

#### Εγκαταστάσεις Διανομής και Ανεφοδιασμού καυσίμων επί του πλοίου

Ένα καλά ανεπτυγμένο υλικοτεχνικό σύστημα για έναν ενεργειακό μεταφορέα έχει τη δυνατότητα να συμβάλει σε μια γρήγορη εισαγωγή και επίσης θέτει δευτερεύουσες απαιτήσεις στις υποδομές. Η διανομή καυσίμων τύπου ντίζελ έχει ένα πλεονέκτημα να διανέμεται σε υπάρχουσες υποδομές, με πλοία μεταφοράς και δυνατότητες ανεφοδιασμού καυσίμων.

Η μεθανόλη και η αμμωνία διαθέτουν καλά αναπτυγμένα συστήματα υλικοτεχνικής υποστήριξης παγκοσμίως, αν και προορίζονται για διανομή στη χημική βιομηχανία, εγκαταστάσεις καθαρισμού λυμάτων κ.λπ.

Για τα αέρια, η κατανομή δεν είναι τόσο καλά αναπτυγμένη. Το LNG βρίσκεται σε πολλά μέρη του κόσμου, παράυτα για ευρύτερη παγκόσμια χρίζει περαιτέρω ανάπτυξης της υποδομής, η οποία συνεπάγεται υψηλό κόστος και είναι χρονοβόρα για την κατασκευή.

Η εφοδιαστική σχετίζεται επίσης με την τιμή των καυσίμων στο εργοστάσιο ανεφοδιασμού σε περίπτωση που υπάρχει ανάγκη για δημιουργία νέας υποδομής για τη διανομή καυσίμων (Andersson et al., 2020).

### 5.3. ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ - ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ του ΤΕΧΝΙΚΟΥ /ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

#### ΤΕΧΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ		ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΥΣΙΜΑ	
ΘΕΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΘΕΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
<p><b>ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ με Υπάρχουσες Υποδομές</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Μπορούν να κάνουν άμεση αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων, καθώς είναι συμβατά με τις υπάρχουσες υποδομές και τα συστήματα των κινητήρων (π.χ. βιοντιζελ)</li> <li>Επίσης ως πρωτογενής πηγή μπορούν χρησιμοποιηθούν και μόνο τους η και αναμειγμένα με άλλα ορυκτά καύσιμα. (Yliskylä-Peuralahti, 2016).</li> <li>Σε αντίθεση με τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς που τυπικά πρέπει να αναμειχθούν με ορυκτά καύσιμα για χρήση και να έχουν ανώτερο όριο ανάμιξης, ορισμένα καύσιμα δεύτερης γενιάς έχουν φυσικές και χημικές ιδιότητες παρόμοιες με αυτές των καυσίμων που αντικαθιστούν και έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα drop in (Yuanrong Zhou et al., 2020).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τα καύσιμα δεύτερης γενιάς όπως η αιθανόλη LC, η βιομεθανόλη, το DME, το βιοντιζελ FAME και το βιο-LNG θα απαιτούσαν πολύ μεγαλύτερες αλλαγές στους κινητήρες, την αποθήκευση και την υποδομή (Balcombe et al., 2019). Είναι λιγότερο συμβατά με τους υπάρχοντες κινητήρες επειδή συνήθως απαιτούν και οι δύο αποκλειστικούς ή τροποποιημένους κινητήρες ή / και συστήματα καυσίμων για αποθήκευση, διανομή ή / και χρήση του καυσίμου (Yuanrong Zhou et al., 2020).</li> <li>Η βιοαιθανόλη δεν είναι συμβατή με συμβατικούς κινητήρες ντίζελ πλοίων, αν και αναμένεται αυτο ν' ανατραπεί βάση των εξελίξεων στην τεχνολογία κινητήρων των πλοίων (IEA Bioenergy, 2017).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Στην Μεθανόλη υπάρχει πολύ καλή συμβατότητα με την υφιστάμενη υποδομή αποθήκευσης (Ash et al., 2019)</li> <li>Είναι δυνατή η ανάμιξη αμμωνίας με υδρογόνου σε κινητήρα ανάφλεξης με σπινθήρα, με αποτέλεσμα μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα Σε αυτήν την περίπτωση, το υδρογόνο μπορεί να διαχωριστεί από την τροφοδοσία καυσίμου αμμωνίας χρησιμοποιώντας ένα κράκερ επί του σκάφους, οπότε δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει ξεχωριστή δεξαμενή αποθήκευσης υδρογόνου (Ash et al., 2019).</li> <li>Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κινητήρες εσωτερικής καύσης (Ambel, 2017).</li> <li>Τόσο η μεθανόλη όσο και το υδρογόνο μπορούν να καούν μόνο τους σε κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα με κάποια περαιτέρω ανάπτυξη που απαιτείται για τους θαλάσσιους κινητήρες (Ash et al., 2019).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Η απλούστερη περίπτωση χρήσης για το παραγόμενο υδρογόνο είναι να το τροφοδοτεί απευθείας, είτε για καύση είτε για χρήση σε κυψέλες καυσίμου (Chris Malins, 2017).</li> <li>Η αμμωνία χρειάζεται καύσιμο υποστήριξης για τους κινητήρες των πλοίων (Ash et al., 2019).</li> <li>Σύμφωνα με τον συγκριτικό πίνακα των 3 ηλεκτροκαυσίμων της μελέτης Ash et al., η συμβατότητα του Υδρογόνου και της Αμμωνίας είναι χαμηλή καθότι απαιτούν δεξαμενές ψύξης (Ash et al., 2019).</li> </ul>

<p><b>ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ &amp; ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ<sup>32</sup></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τα βιοκαύσιμα με βάση τα φύκια φαίνεται να είναι τα πιο αποτελεσματικά και έχουν το πρόσθετο πλεονέκτημα ότι δεν ανταγωνίζονται με την αρόσιμη γη, ενώ καταναλώνουν σημαντικές ποσότητες CO (DNV GL, 2014)</li> <li>• Το βιοαέριο παράγεται από απόβλητα και αντικαθιστά το LNG.</li> <li>• Τα βιοκαύσιμα σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμο «drop-in», απαιτώντας πολύ μικρή αλλαγή στους υφιστάμενους κινητήρες (IRENA, 2015 &amp; IEA Bioenergy, 2017).</li> <li>• Υπάρχει δυναμική συνέργεια μεταξύ κινητήρων πολλαπλών καυσίμων και βιοαιθανόλης (IEA Bioenergy, 2017).</li> <li>• Η βιοαιθανόλη έχει υψηλό δυναμικό εφοδιασμού, ικανή να αντικαταστήσει όλα τα ορυκτά ναυτιλιακά καύσιμα, αλλά δεν είναι συμβατή με τα τρέχοντα θαλάσσια πετρελαιοκίνητα και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Ωστόσο, η εξέλιξη της τεχνολογίας κινητήρων έχει εισαγάγει κινητήρες πολλαπλών καυσίμων. Αυτοί οι κινητήρες μπορούν να χρησιμοποιούν λάδι, αέριο, καθώς και αλκοόλες (π.χ. μεθανόλη ή αιθανόλη) σε έναν κύκλο ντίζελ. Επομένως,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ως ναυτιλιακό καύσιμο, θα πρέπει να δοθεί προσοχή στην τάση πολλών βιοκαυσίμων να οξειδώνονται και να αποικοδομούνται, λόγω της ανάπτυξης βακτηρίων όταν αποθηκεύονται για μερικούς μήνες (Psaraftis, 2019).</li> <li>• Υπάρχουν ανησυχίες σχετικά τα πιθανά τεχνικά προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν από την διάβρωση και βιοαποδόμησή τους. Ωστόσο είναι θέματα που μπορούν να ξεπεραστούν (IRENA, 2015).</li> <li>• Ως ναυτιλιακό καύσιμο, θα πρέπει να δοθεί προσοχή στην τάση πολλών βιοκαυσίμων να οξειδώνονται και να αποικοδομούνται, λόγω της ανάπτυξης βακτηρίων όταν αποθηκεύονται για μερικούς μήνες (Psaraftis, 2019).</li> <li>• Τα ζωικά λίπη χρησιμοποιούνται από άλλες βιομηχανίες, όπως η χημική βιομηχανία για την παραγωγή σαπουνιών. Εάν αυτά ωστόσο χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοντίζελ, θα χρειαστεί ένα υλικό αντικατάστασης με παρόμοια χαρακτηριστικά. Τα φθηνά φυτικά έλαια όπως το φοινικέλαιο και το σογιέλαιο χρησιμοποιούνται συχνά ως υποκατάστατα, δημιουργώντας επιπλέον ζήτηση και οδηγώντας στην αποψίλωση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Στους κινητήρες ανάφλεξης με συμπίεση, και τα τρία καύσιμα (αμμωνία, υδρογόνο, μεθανόλη) πρέπει να αναμιχθούν με μια μικρή ποσότητα ανθρακούχου καυσίμου για να διατηρηθεί σταθερή καύση, η οποία έχει ως αποτέλεσμα μια μικρή ποσότητα πρόσθετων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (Ash et al., 2019).</li> <li>• Τόσο η μεθανόλη όσο και το υδρογόνο μπορούν να καούν μόνα τους σε κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα με κάποια περαιτέρω ανάπτυξη που απαιτείται για τους κινητήρες θαλάσσης, ενώ η αμμωνία χρειάζεται καύσιμο στήριξης (Ash et al., 2019).</li> <li>• Η μεθανόλη είναι ένα υγρή σε συνθήκες περιβάλλοντος και είναι συμβατή με την υφιστάμενη υποδομή καυσίμων ανεφοδιασμού (Ash et al., 2019).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Από την μελέτη του DNV GL, 2019 συμπεραίνεται ότι το υδροποιημένο υδρογόνο δεν προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων καυσίμων PtoF λόγω της υψηλής ενεργειακής διαδικασίας υδροποίησης. Αυτή και η χαμηλή πυκνότητα ογκομετρικής ενέργειας του υδροποιημένου υδρογόνου (21% σε σύγκριση με το HFO) καθιστούν δύσκολη τη χρήση υδροποιημένου υδρογόνου στην ποντοπόρο ναυτιλία. Η κατάσταση είναι διαφορετική για το συμπιεσμένο και υγρό υδρογόνο στις θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων σε σταθερές διαδρομές που καλύπτουν περιορισμένες αποστάσεις (DNV GL, 2019)</li> <li>• Η καύση της αμμωνίας παράγει επίσης οξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O), το οποίο είναι αέριο θερμοκηπίου. Ωστόσο, οι εκπομπές N<sub>2</sub>O δεν αναμένεται να είναι υψηλότερες από εκείνες που παράγονται σήμερα από την καύση συμβατικών καυσίμων πλοίων. Τα οξείδια του αζώτου, θα πρέπει να αντιμετωπίζονται από επιλεκτικούς καταλυτικούς μετατροπείς (με καταλυτή ολίσθησης αμμωνίας). Η τοξικότητά της</li> </ul>
--	---	--	--	---

<sup>32</sup> Οι ιδιότητες των καυσίμων (σημείο αυτανάφλεξης, εύρος αναφλεξιμότητας, σημείο ανάφλεξης, τοξικότητα) καθώς και οι επιπτώσεις αυτών που σχετίζονται άμεσα με την ασφάλεια των επιβαινόντων του πλοίου αφορώντας κινδύνους πυρκαγιάς, έκρηξης, υγείας σε συνάρτηση με το χειρισμό του εκάστοτε καυσίμου - Κεφάλαιο 6/ Κοινωνικό Πλαίσιο (Hansson et al., 2019).

	<p>η χρήση αιθανόλης μπορεί να αυξηθεί σημαντικά μεσοπρόθεσμα έως μακροπρόθεσμα καθώς εισάγονται πλοία με νέους κινητήρες.</p>	<p>των δασών (T&amp;E, 2020).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Υπάρχουν ανησυχίες σχετικά τα πιθανά τεχνικά προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν από την μακράς διάρκειας αποθήκευσής τους επί του πλοίου, ωστόσο είναι κάτι που μπορεί να επιλυθεί (DNV GL, 2014). (βλέπε &amp; ιδιότητες καυσίμου).</li> </ul>	<p>κρίνεται επιβλαβής τόσο για την ανθρώπινη υγεία όσο και για την υδρόβια ζωή (Ash et al., 2019).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Πυκνότητα: Το υδρογόνο απαιτεί περίπου 1,9 φορές περισσότερο αποθηκευτικό χώρο από την αμμωνία και 3,3 φορές περισσότερο από τη μεθανόλη (Ash et al., 2019).</li> </ul>
--	--	--	---

### ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

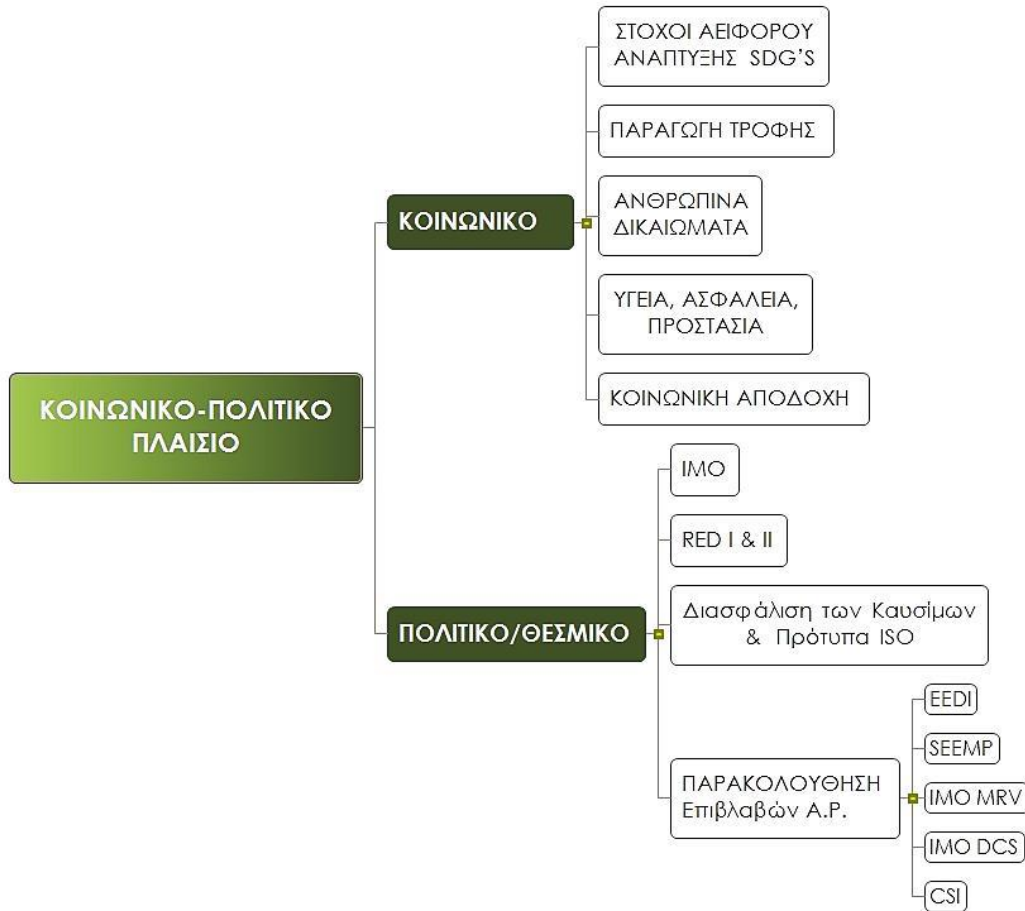
<p><b>ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τα αποθέματα λιγνοκυτταρίνης (2ης Γενιάς) μπορούν να διαθέσουν μεγαλύτερες ποσότητες βιοκαυσίμων απ'ότι π.χ. οι καλλιέργειες ελαίου, απαντώντας έτσι στις ανησυχίες περί έλλειψης βιοσιμότητας ως προς την ζήτηση και τις επιπτώσεις αυτής (IEA Bioenergy, 2017).</li> <li>Οι παγκόσμιοι ηγέτες στην ανάπτυξη και χρήση των βιοκαυσίμων είναι: η Βραζιλία, οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Γερμανία, Γαλλία και Σουηδία. Ωστόσο ολοένα και εντάσσονται περισσότερες χώρες (Soccol et al., 2016).</li> <li>Τα φύκια - (3G) Γενιά Βιοκαυσίμων, έχουν το προβάδισμα στο ότι μπορούν να καλλιεργηθούν σε πολύ διαφορετικά περιβάλλοντα όπως το θαλασσινό νερό, μη συνυπολογίζοντας πλέον τον ανταγωνισμό για τη χρήση γης που εφαρμόζεται σε πρώτες ύλες με βάση τις καλλιέργειες. Ορισμένα μπορούν να καλλιεργηθούν υπό τις σκληρές συνθήκες μη αρόσιμης γης, ενώ άλλα μπορούν να</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Οποιαδήποτε παραγωγή βιοκαυσίμων μεγάλης κλίμακας (π.χ. βιο-LNG ή αιθάνιο από γεωργικά και ζωικά απόβλητα) δεν θεωρείται ρεαλιστική για το μεσοπρόθεσμο μέλλον (Psaraftis, 2019).</li> <li>Διαθεσιμότητα 1ων Υλών: Είναι αμφίβολη η επάρκεια της παραγόμενης ποσότητας (τα 1ης γενιάς τεχνολογίας συνεπάγονται γη στο μέγεθος της Νορβηγίας για να παραχθούν δηλαδή αχανείς γεωργικές εκτάσεις που ίσως και να συνεπάγονται την μείωση της προσφοράς τροφίμων, αποψίλωση δασών, και άλλες περιβαλλοντικές συνέπειες. Ενώ τα 2ης και 3ης γενιάς χρειάζονται περαιτέρω έρευνα για να καταστούν αδιάφορα του συντελεστή αρόσιμης γης)</li> <li>Επάρκεια Καυσίμων: Η χρήση συμβατικών βιοκαυσίμων περιορίζεται διεθνώς λόγω ζητημάτων αειφορίας που σχετίζονται με την παραγωγή μεγάλης κλίμακας. Η χρήση χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων μπορεί να μετριάσει αυτές τις ανησυχίες, αλλά η διαθεσιμότητα χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων για παραγωγή μεγάλης κλίμακας αποτελεί</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Κατα πώς συγκλίνουν οι περισσότερες μελέτες φαίνεται να υπάρχει η προοπτική επεκτασιμότητας καθότι τα ηλεκτροκαύσιμα πληρούν τις προϋποθέσεις αποκαρβονοποίησης της ναυτιλίας, αρκεί να υπάρξει ενθάρρυνση περισσότερων επενδύσεων στην αποδοτικότητα παραγωγής καυσίμων, τη μείωση του κόστους και επιτάχυνση της ενσωμάτωσής τους στην αγορά. Ο σχεδιασμός ενός αντίστοιχου χάρτη πορείας για τα ηλεκτρονικά καύσιμα σε εθνικό, ΕΕ και διεθνές επίπεδο, ο οποίος θα περιγράφει τις εφικτές διαδρομές αύξησης των ηλεκτρονικών καυσίμων, είναι αναγκαίος να γίνει και δη σε άμεσο χρόνο (Florentinus et al., 2012).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ο σχετικά μεγάλος χρόνος αντικατάστασης του στόλου πλοίων / αεροσκαφών σε αυτούς τους τομείς συνεπάγεται υψηλό κίνδυνο σε περίπτωση καθυστέρησης της κανονιστικής δράσης (EC, 2018).</li> <li>Εξακολουθεί να είναι ένα ανοιχτό ερώτημα εάν τα ηλεκτροκαύσιμα είναι ικανά να παραχθούν στις ποσότητες που απαιτούνται από τη ναυτιλιακή βιομηχανία (υπό την προϋπόθεση ότι οι τιμές είναι ανταγωνιστικές και υπάρχει κατάλληλο κανονιστικό καθεστώς) διότι μέχρι σήμερα, δεν υπήρξαν διακριτές πολιτικές δραστηριότητες για τη διάθεση συνθετικών καυσίμων από διαδικασίες PtOF. Είναι πιθανό ότι θα απαιτηθούν σημαντικές ποσότητες συνθετικών καυσίμων και / ή βιοκαυσίμων για την επίτευξη των στόχων του IMO GHG (DNV GL, 2019b).</li> </ul>
------------------------------------	---	--	--	--

<p><b>ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ</b></p>	<p>τροφοδοτηθούν από βιομηχανικά ή δημόσια λύματα. Επιπλέον, η φωτοσύνθεση φυκών μπορεί να ενσωματωθεί στη χρήση δευτερευόντων πηγών CO<sub>2</sub>, όπως καυσαέρια από βιομηχανικούς λέβητες ή λέβητες ισχύος ή εγκαταστάσεις αποχέτευσης (IRENA, 2019 adv).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς από ζαχαρούχα, αμυλούχα ή λιπαρά τρόφιμα έχουν επιτύχει παραγωγή σε εμπορική κλίμακα και εκτεταμένη ανάπτυξη σε ολόκληρο τον κόσμο, ωστόσο οι παραγωγοί καυσίμων επιδιώκουν να αυξήσουν τα βιοκαύσιμα προηγμένης ή δεύτερης γενιάς από απόβλητα, υπολείμματα και λιγνοκυτταρίνη βιομάζα, τα οποία έχουν την πρόκληση μετατροπής τους σε υγρά καύσιμα.</li> <li>• Οι προμηθευτές καυσίμων έχουν αρχίσει να πωλούν βιοκαύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα ως υποκατάστατο του HFO και προσπαθούν να μειώσουν το κόστος για να υποστηρίξουν την ευρύτερη χρήση (Zhou et al., 2020).</li> <li>• Το βιοντίζελ FAME παράγεται συνήθως από παρθένα φυτικά έλαια, και κατά συνέπεια υπάρχει άφθονη διαθεσιμότητα πρώτων υλών και χαμηλό κόστος. Ωστόσο, η αυξημένη ένδειξη του υψηλού αντίκτυπου του GHG από τα περισσότερα καύσιμα που προέρχονται από φυτικά έλαια έχει μειώσει το</li> </ul>	<p>εμπόδιο. Τα προηγμένα βιοκαύσιμα χρησιμοποιούν πρώτες ύλες με λιγότερα προβλήματα βιωσιμότητας (Balcombe et al., 2019).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Οι προσπάθειες παραγωγής βιοκαυσίμων από καλλιέργειες, όπως τα φύκια, έχουν μέχρι στιγμής αποδειχθεί μη βιώσιμες.</li> <li>• Η τρέχουσα προσφορά βιοκαυσίμων είναι περιορισμένη και θα μπορούσε να καλύψει μόνο το 15% περίπου της συνολικής ζήτησης καυσίμων (OECD, 2018) (Psaraftis, 2019).</li> <li>• Η διαθεσιμότητα του ναυτιλίσκου βιοκαυσίμου HVO για τη ναυτιλία είναι προς το παρόν περιορισμένη, λόγω της πολύ χαμηλής ζήτησης (DNV GL, 2019a).</li> </ul>		
--	---	--	--	--

	<p>ενδιαφέρον προς αυτή την κατεύθυνση (Zhou et al., 2020).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Η παγκόσμια παραγωγή υποκατάστατων ντίζελ από τα FOGs ξεπέρασε τα 35 δισεκατομμύρια λίτρα το 2018 (Zhou et al., 2020).</li> </ul>			
<b>Τεχνολογική Ωριμότητα</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Από τεχνολογική άποψη, τα υγρά βιοκαύσιμα είναι αρκετά ώριμα, απαιτούν λίγες προσαρμογές στους υπάρχοντες κινητήρες πλοίων και λιμενικές υποδομές και μπορούν να έχουν σημαντικά οφέλη μείωσης των εκπομπών, ακόμη και ως μείγματα. Ωστόσο, τρία κύρια εμπόδια περιορίζουν το δυναμικό βιοκαυσίμων στον τομέα της ναυτιλίας: οικονομικά, διαθεσιμότητας και θέματα βιωσιμότητας. Αυτά και χρίζουν ανάλογης επιμέλειας και βαρύτητας (IRENA, 2020).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Δεν μπορεί να καταστεί βιώσιμη λύση, λόγω της ελλειπούς εμπειρίας και το μέγεθος της εφαρμογής τους επί του πλοίου</li> <li>• Το HVO/ICE (σύστημα αποθήκευσης) διατίθεται μεν στο εμπόριο, αλλά δεν είναι πλήρως ώριμο (DNV GL, 2019α).</li> <li>• Η προηγμένη βιομηχανία βιοκαυσίμων ήταν αργή λόγω ανωριμής τεχνολογικής ανάπτυξης και πολλών εμποδίων όπως υψηλό κόστος παραγωγής, ανώριμες εφοδιαστικές αλυσίδες, εξάρτηση από τα συστήματα κρατικής υποστήριξης που υπόκεινται σε πολιτικές επιρροές, με επακόλουθο την αβεβαιότητα ως προς το μέγεθος της αγοράς (IRENA, 2019 adv).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ένας τρόπος για να κατανοήσουμε την τεχνολογική ωριμότητα των τεχνολογιών ηλεκτροκαυσίμων είναι το σύστημα των επιπέδων τεχνολογίας. Πρόκειται για ένα σύστημα 9 επιπέδων ανάπτυξης τεχνολογίας που έχει οριστεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Malins, 2017).</li> <li>• Και οι δύο διαδρομές PtL (μέσω Fischer-Tropsch ή μεθανόλης) προσφέρουν υψηλό επίπεδο ετοιμότητας τεχνολογίας. Σημαντικά βήματα έχουν γίνει από την Sunfire, στην Δρέσδη, Γερμανία για την διαδρομή Fischer-Tropsch (Malins, 2017).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η τρέχουσα τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρονικών καυσίμων βρίσκεται ακόμη στην κλίμακα ανάπτυξης. Η υπέρβαση ορισμένων από τις βαθύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ανάπτυξη μεγάλης κλίμακας εμπορικής μονάδας θα απαιτούσε να κλιμακωθούν οι εγκαταστάσεις κατά 100.000 φορές σε σύγκριση με αυτό που έχει αποδειχθεί μέχρι τώρα (Yugo &amp; Soler, 2019).</li> </ul>

Για κάποια ενδεικτικά projects σε πλοία που έχουν ήδη εφαρμοστεί ή έπονται, βλέπε [Παράρτημα 4](#).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> : ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΠΟΛΙΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ



**Σχήμα 6-α.** Σχηματική απεικόνιση των διακλαδώσεων του κοινωνικό-πολιτικού πλαισίου (από την εισηγήτρια)

Η άνωθεν σχηματική απεικόνιση αποτελεί μια ακόμη σύγκλιση μελετών που δομούν το κοινωνικό-πολιτικό πλαίσιο, εκθέτοντας τις πιο σημαντικές προϋποθέσεις και την εξασφάλιση μιας αρμονικής συνύπαρξης αυτών.

### 6.1. Κοινωνικό Πλαίσιο

Το κοινωνικό πλαίσιο διακρίνεται σε: στόχους αειφόρου ανάπτυξης SDG'S, στην παραγωγή τροφής, στα ανθρώπινα δικαιώματα που εσωκλείουν ευκαιρίες κι απειλές, στην κοινωνική υγεία, ασφάλεια και προστασία των πολιτών και τέλος στην κοινωνική αποδοχή. Όπως θα διευκρινιστεί και παρακάτω όλα τα προαναφερθέντα είναι αλληλένδετες έννοιες που στοχεύουν σε πράξεις αειφορίας και βιωσιμότητας.



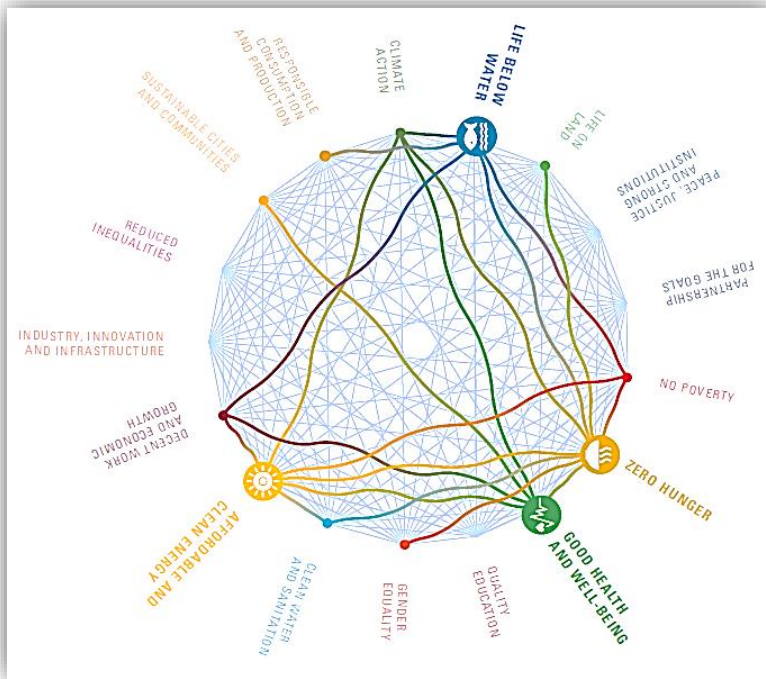
Το δε πολιτικό/θεσμικό πλαίσιο απαρτίζεται από θεσμοθετημένες πράξεις της ΕΚ σε σύμπραξη με τον ΙΜΟ, εμπεριέχοντας το RED I & II, διασφαλίζοντας τα καύσιμα με πρότυπα ISO και παρακολουθώντας τους αέριους εκπεμπόμενους ρύπους μέσω των: EEDI, SEEMP, IMO MRV & DCS και το CSI.

Στα καθιερωμένα ενεργειακά συστήματα, καθώς και στις δυναμικές αγορές των αναδυόμενων και αναπτυσσόμενων οικονομιών, η διαμόρφωση πολιτικής βιοενέργειας, η επισιτιστική ασφάλεια και η διαχείριση των υδάτων είναι συνυφασμένες. Απαιτείται κρατική παρέμβαση, συνεχείς επενδύσεις σε υποδομές, συνεργατική έρευνα και καινοτομία. Εξίσου ζωτικής σημασίας η περιφερειακή συνεργασία και υποστήριξη της ανάπτυξης βιώσιμων αγορών βιοενέργειας (OECD/IEA & FAO, 2017).

Η καλή διακυβέρνηση και ο προσεκτικός σχεδιασμός είναι το κλειδί για τη διασφάλιση της συσσώρευσης παραγωγής βιοενέργειας και την εξασφάλιση μιας ισορροπημένης αξιοποιήσιμης κλίμακας. Οι μηχανισμοί στήριξης αποτελούν προϋπόθεση.

Μεγαλύτερες γεωργικές παραγωγές με βελτιωμένες και βιώσιμες καλλιέργειες, τόσο για την βιοενέργεια όσο και για τα τρόφιμα, μπορούν να βοηθήσουν στην ελαχιστοποίηση ή την αποφυγή άμεσου ανταγωνισμού διαφόρων τύπων καλλιεργειών για την γη σε διαφορετικές χώρες. Τεχνολογίες waste-to-energy και βίο-διυλιστήρια είναι επίσης σημαντικές επιλογές και θα επωφεληθούν από αυξημένη προσπάθεια έρευνας και ανάπτυξης (ICSU, 2017).

### 6.1.1. Στόχοι αειφόρου ανάπτυξης SDG'S



**Εικόνα 4-1.** Οι αλληλεπιδρώντες στόχοι των SDG's (Πηγή: Van Tulder, 2018).

Στην ερώτηση: Τι είναι τα SDG's; η Ευρωπαϊκή Ένωση θα τοποθετηθεί ως εξής: «Οι στόχοι της αειφόρου ανάπτυξης είναι η λίστα υποχρεώσεων της ανθρωπότητας για έναν βιώσιμο πλανήτη, ένας σαφής χάρτης πορείας για ένα καλύτερο μέλλον.» United Nations Office at Geneva

Στις 25 Σεπτεμβρίου 2015, οι Στόχοι Αειφόρου Ανάπτυξης του Ηνωμένου Έθνους (SDGs) κυκλοφόρησαν στο πλαίσιο της Ατζέντας για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη του 2030. Εκείνη την ημερομηνία, και οι 193 χώρες μέλη της Γενικής Συνέλευσης των Ηνωμένων Εθνών δεσμεύθηκαν ομόφωνα να επιτύχουν 17 φιλόδοξους παγκόσμιους στόχους έως το 2030 που περιλαμβάνουν ότι μας αφορά και μας περιβάλλει (Van Tulder, 2018).

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, σύμφωνα με τη Στρατηγική SDG της Γραμματείας του και με το Παγκόσμιο Θαλάσσιο Θέμα του 2020 «Βιώσιμη ναυτιλία για έναν βιώσιμο πλανήτη» είναι έτοιμος να αυξήσει περαιτέρω την ευαισθητοποίηση σχετικά με τους Στόχους Αειφόρου Ανάπτυξης των Ηνωμένων

Εθνών και να υποστηρίξει τα κράτη μέλη στις προσπάθειες τους για την υλοποίηση της ατζέντας του 2030.<sup>33</sup>

Επί του πρακτέου και στα πλαίσια των SDG's, ο IMO συμβάλλει στη διεθνή συνεργασία για τη διευκόλυνση της πρόσβασης σε έρευνα και τεχνολογία καθαρής ενέργειας.

- Ένα σημαντικό παράδειγμα είναι η Global Maritime Energy Efficiency Partnership (GloMEEP), ένα έργο της Global Environment Facility (GEF), United Nations Development Programme (UNDP) και του IMO. Αυτό ξεκίνησε επίσημα τον Σεπτέμβριο του 2015 και τώρα βρίσκεται σε εξέλιξη. Εστιάζοντας στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η ναυτιλία συγκεντρώνεται ολοένα και περισσότερο, η GloMEEP δημιουργεί παγκόσμιες, περιφερειακές και εθνικές εταιρικές σχέσεις για την ανάπτυξη της ικανότητας διαχείρισης της θαλάσσιας ενεργειακής απόδοσης. Πρόσφατα ξεκίνησε την Παγκόσμια Συμμαχία Βιομηχανίας για την Υποστήριξη της Ναυτιλίας χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, στην οποία μια ομάδα κορυφαίων παγκόσμιων ιδιωτικών εταιρειών από διάφορους τομείς της βιομηχανίας συγκεντρώνονται για να συμβάλουν στην αντιμετώπιση των προκλήσεων της απαλλαγής από τον άνθρακα στον τομέα της ναυτιλίας.<sup>34</sup>

### **6.1.2. Παραγωγή Τροφής**

Στο πλαίσιο της ηθικής προσέγγισης στην παραγωγή τροφής, περιλαμβάνονται και κυριαρχούν οι πτυχές του ανταγωνισμού. Οι δε συνθήκες αυτού ποικίλλουν ανά τον κόσμο, καθότι υπάρχουν περιοχές με τοπική «πλεονάζουσα παραγωγική ικανότητα» για τρόφιμα, όπου η παραγωγή καυσίμων ελαίου όπως το κραμβέλαιο παρέχει και έναν τρόπο εισοδήματος για τους ντόπιους γαιοκτήμονες. Σε άλλες περιοχές, η παραγωγή καυσίμων μπορεί να θεωρηθεί πιο επικερδής από την παραγωγή τροφίμων, με αποτέλεσμα την έλλειψη του δεύτερου (Andersson et al., 2020).

---

<sup>33</sup>IMO and the Sustainable Development Goals. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/SustainableDevelopmentGoals.aspx>

(ανακτήθηκε στις 8.01.2020)

<sup>34</sup> IMO ως άνωθεν.

Ένα άλλο πιθανό σενάριο είναι: μεγάλης κλίμακας παραγωγή αγροκαυσίμων, να δύναται να επηρεάσει την παραγωγή τροφίμων, με κατευθυνόμενο παράλληλο στόχο τον τερματισμό της πείνας. Από την άλλη πλευρά, ο τερματισμός της πείνας μπορεί να επιβάλει όρια για το πόσα καλλιεργήσιμα εδάφη είναι διαθέσιμα προς παραγωγή βιοενέργειας, δηλαδή μεγαλύτερη γεωργική παραγωγικότητα για όλους τους τύπους καλλιεργειών μπορεί να ελαχιστοποιήσει ή να αποφύγει τον ανταγωνισμό της χρήσης γης και υποβάθμισης αυτής (ICSU, 2017).

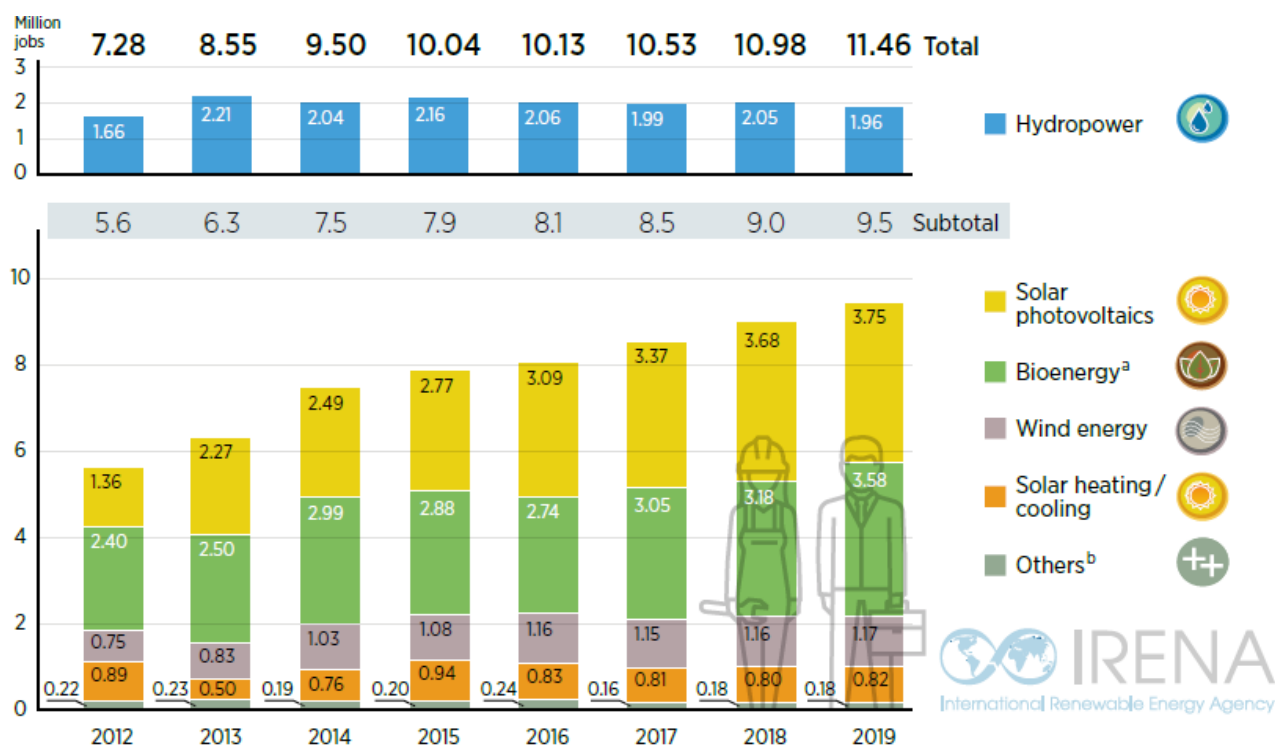
Αναγνωρίζοντας τη σημασία της υιοθέτησης μιας εγκάρσιας προσέγγισης στις στρατηγικές βιοενέργειας που βασίζονται στη βιώσιμη χρήση βιομάζας, ο ΙΜΟ και ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO) έχουν προετοιμάσει από κοινού το How2Guide for Bioenergy (OECD/IEA & FAO, 2017).

### **6.1.3. Ανθρώπινα Δικαιώματα**

Ο τομέας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας απασχολούσε το 2019 τουλάχιστον 11,5 εκατομμύρια άτομα, άμεσα και έμμεσα. Η απασχόληση στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συνέχισε να αυξάνεται παγκοσμίως από το 2012, όταν ο Διεθνής Οργανισμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA) απ' όταν άρχισε να τον αξιολογεί σε ετήσια βάση.

Οι ηλιακοί φωτοβολταϊκοί (PV), η βιοενέργεια, οι υδροηλεκτρικές και αιολικές βιομηχανίες υπήρξαν οι μεγαλύτεροι εργοδότες (βλέπε παρακάτω Γράφημα 6-1). Η πλειονότητα αυτών των θέσεων εργασίας εξακολουθεί να κατέχεται από άνδρες, ενώ το μερίδιο των γυναικών στο εργατικό δυναμικό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι περίπου 32%, σε σύγκριση με το 22% στον ενεργειακό τομέα συνολικά (IRENA, 2020).

Η παγκόσμια απασχόληση στα βιοκαύσιμα εκτιμήθηκε σε 2,5 εκατομμύρια το 2019. Το μεγαλύτερο μέρος αυτών των θέσεων εργασίας ήταν στον γεωργικό τομέα, φύτευση και στη συνέχεια συγκομιδή πρώτων υλών διαφόρων τύπων. Η επεξεργασία της πρώτης ύλης σε καύσιμα απαιτεί πολύ λιγότερα άτομα από την παροχή της πρώτης ύλης, αλλά οι εργασίες επεξεργασίας απαιτούν γενικά υψηλότερες τεχνικές δεξιότητες και προσφέρουν καλύτερες αμοιβές.



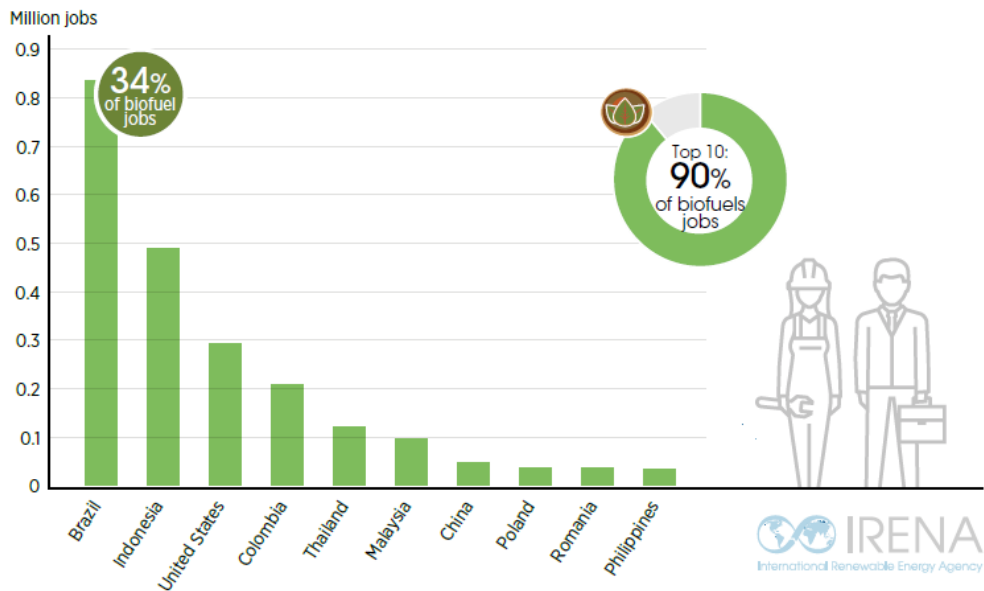
**Γράφημα 6-1.** Παγκόσμια απασχόληση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μέσω τεχνολογίας, 2012-2019 (Πηγή: Βάση δεδομένων θέσεων εργασίας IRENA, 2020)<sup>35</sup>

Σε κάποιες πρώτες ύλες όπως το φοινικέλαιο, η σόγια ή το καλαμπόκι χρησιμοποιούνται επίσης για διάφορους μη ενεργειακούς σκοπούς, είτε ως τρόφιμα, ζωοτροφές είτε ως συστατικά διαφόρων εμπορικών προϊόντων καθώς και ο συνδυασμός προϊόντων που βασίζονται σε αυτά τα προϊόντα αλλάζει η αυξομείωση των θέσεων εργασίας για βιοκαύσιμα δεν ισοδυναμεί απαραίτητα με τα καθαρά κέρδη ή απώλειες θέσεων εργασίας στην οικονομία. Οι περιστασιακές και εποχιακές ρυθμίσεις - με περιορισμένη ασφάλεια εισοδήματος - επικρατούν σε πολλές χώρες.

Το περιφερειακό προφίλ της απασχόλησης στα βιοκαύσιμα διαφέρει σημαντικά από αυτό του ηλιακού φωτοβολταϊκού τομέα. Οι γραμμές προμήθειας πρώτων υλών υψηλής έντασης εργασίας δείχνουν ότι η Λατινική Αμερική αντιπροσωπεύει το 43% όλων των θέσεων εργασίας για βιοκαύσιμα παγκοσμίως και την Ασία (κυρίως τη

<sup>35</sup> α. Περιλαμβάνει υγρά βιοκαύσιμα, στερεά βιομάζα και βιοαέριο. β. Τα "Άλλα" περιλαμβάνουν τη γεωθερμική ενέργεια, τη συγκεντρωμένη ηλιακή ενέργεια, τις αντλίες θερμότητας (επιδαπέδιας βάσης), τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα και την ενέργεια των ωκεανών (IRENA, 2020).

Νοτιοανατολική Ασία) για το 34%. Οι πιο μηχανοποιημένοι γεωργικοί τομείς της Βόρειας Αμερικής και της Ευρώπης μεταφράζονται σε μικρότερα μερίδια απασχόλησης 13% και 10%, αντίστοιχα. Το Γράφημα 6-2. δείχνει τις δέκα πρώτες χώρες, οι οποίες μαζί αντιπροσωπεύουν περίπου το 90% της παγκόσμιας εκτιμώμενης απασχόλησης (IRENA, 2020)



Source: IRENA jobs database.

**Γράφημα 6-2.** Η απασχόληση στα υγρά βιοκαύσιμα: Οι τοπ 10 χώρες (Πηγή: IRENA, 2020)

Άλλα ηθικά ζητήματα που θα μπορούσαν να εντοπιστούν σε φάσεις παραγωγής καυσίμων ή πρώτων υλών είναι η εκτέλεση αυτών υπό κακές συνθήκες εργασίας, καθότι υπάρχουν χώρες όπου αμφισβητούνται οι συνθήκες εργασίας και η κοινωνική ευθύνη των εταιρειών. Φυσικά η ηθική προσέγγιση σπάνια εκτίθεται σε έγγραφα και τις αναφορές των κριτικών (Andersson et al., 2020).

#### 6.1.4. Υγεία, Ασφάλεια Προστασία

Αναφέρθηκαν ήδη στο Κεφάλαιο 5, οι ιδιότητες των καυσίμων (σημείο αυτανάφλεξης, εύρος αναφλεξιμότητας, σημείο ανάφλεξης, τοξικότητα) καθώς και οι επιπτώσεις αυτών που σχετίζονται άμεσα με την ασφάλεια των επιβαινόντων του πλοίου αφορώντας κινδύνους πυρκαγιάς, έκρηξης, υγείας σε συνάρτηση με το χειρισμό του εκάστοτε καυσίμου (Hansson et al., 2019).

Την άνωθεν προσέγγιση επιβεβαιώνει και η έρευνα των Ren & Lützen, (2017) συμπληρώνοντας τους λιμένες και τους πολίτες που ζουν γύρω από αυτούς. Η ασφάλεια είναι ένα από τα πιο σημαντικά κριτήρια για να κριθεί η απόδοση εναλλακτικών πηγών ενέργειας, καθώς οι χαμηλοί κίνδυνοι για τους ανθρώπους είναι η πρώτη προϋπόθεση για τη χρήση εναλλακτικής πηγής ενέργειας (Ren & Lützen, 2017).

Η κλάση του πλοίου, η ασφάλιση, η εκπαίδευση και η επιμόρφωση του πληρώματος και του προσωπικού ξηράς θα πρέπει να συνυπολογίζονται στο κόστος των λειτουργικών εξόδων του πλοίου ούτως ώστε να επιτευχθεί η ομαλή μετάβαση και έκβαση στις νέες πρακτικές, τεχνολογικές και μη, των ανανεώσιμων καυσίμων και των εναλλακτικών τεχνολογιών που ίσως τα συνοδεύουν.

#### **6.1.5. Κοινωνική Αποδοχή**

Η έλλειψη κατάλληλης υποδομής εμποδίζει και την ανάπτυξη σε πολλές νέες τεχνολογίες των μεταφορών. Πρέπει να καταβληθούν προσπάθειες για την παροχή πληροφοριών και εκπαίδευση σχετικά με την ανάγκη για ενεργειακή υποδομή και τα οφέλη από την ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι Tsita et al., (2013) θα τονίσουν ότι νέες βίο-ενεργειακές τεχνολογίες δεν μπορούν να επιτύχουν αυτήν την απαιτούμενη ελάχιστη διάδοση χωρίς την απαραίτητη υποδομή (Tsita et al., 2013).

Η κοινωνική αποδοχή εκφράζει την επισκόπηση των απόψεων χρησιμοποιώντας τη μέτρηση της στάσης του κοινού εν όψει της υιοθέτησης μιας συγκεκριμένης εναλλακτικής πηγής ενέργειας για ναυτιλιακές δραστηριότητες (Ren & Lützen, 2017).

Η αποδοχή του κοινού της (για την χρήση ή και χειρισμό του καυσίμου) μπορεί να βασίζεται σε διαφορετικές τιμές σε διαφορετικά μέρη του κόσμου. Για παράδειγμα, σήμερα, πολλές χώρες δεν θα επέτρεπαν στα πλοία τους πυρηνικά καύσιμα στα λιμάνια τους (Νέα Ζηλανδία, Κάτω Χώρες κ.α.).

Άλλα καύσιμα που έχουν συζητηθεί για διάφορους λόγους είναι το φυσικό αέριο / μεθάνιο λόγω των κινδύνων έκρηξης. Η αντίληψη του κοινού σχετικά με τον κίνδυνο χειρισμού του φυσικού αερίου ποικίλλει μεταξύ των χωρών, όπου συνήθως οι κίνδυνοι κρίνονται υψηλότεροι σε χώρες χωρίς ευρεία χρήση αερίου στα νοικοκυριά και τη βιομηχανία. Συνεπώς μη έχοντας επαρκή δεδομένα που να

διασφαλίζουν την βιωσιμότητα του καυσίμου, σε οποιαδήποτε περιοχή, δεν είναι εφικτό να βρει πρόσφορο έδαφος επεκτατικότητας (Andersson et al., 2020).

## **6.2. Πολιτικό/Θεσμικό Πλαίσιο**

Σε ζητήματα πολιτικής, θα υπάρχει πάντα ανταγωνισμός και πιθανή σύγκρουση μεταξύ διαφορετικών συμφερόντων, δεδομένου ότι είναι γενικά δύσκολο να σχεδιαστούν πολιτικές και να προβλεφθεί το ακριβές αποτέλεσμα τους καθώς ενέχει ο κίνδυνος μεταξύ της πρόθεσης και του πραγματικού αντίκτυπου των πολιτικών. Οι μακροπρόθεσμοι στόχοι σε αυτούς τους τομείς είναι προτιμώμενοι των βραχυπρόθεσμων (Andersson et al., 2020).

Το Θεσμικό πλαίσιο και οι ακολουθούμενες πολιτικές, διαμορφώνουν μεγάλο κομμάτι της βιωσιμότητας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και εναλλακτικών τεχνολογιών. Η δε κυβερνητική υποστήριξη αποτελεί κριτήριο μέτρησης του τρόπου υιοθέτησης τους για τη ναυτιλία (Ren & Lützen, 2017).

### **6.2.1. IMO**

Ο IMO έχει την κεντρική ευθύνη και εξουσία να συνάπτει παγκόσμιες συνθήκες και συμβάσεις για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των θαλάσσιων μεταφορών και τη συνέχεια, εναπόκειται στα ίδια τα κράτη να επικυρώσουν, να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν τους αντίστοιχους κανονισμούς (Lister, 2014).

Ο IMO στα πλαίσια της στρατηγικής μείωσης των GHG των πλοίων, εισήχθη το παράρτημα VI της MARPOL (1973) το οποίο τέθηκε σε ισχύ το 2005 έχοντας στην αρχική του μορφή, τη ρύθμιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία. Θέτει τα όρια εκπομπών SO<sub>x</sub> και NO<sub>x</sub> στα καυσαέρια των πλοίων και περιέχει διατάξεις για τη δημιουργία ειδικών περιοχών ελέγχου εκπομπών (SECAS) με αυστηρότερα όρια. Συγκεκριμένα οι περιοχές αυτές ρυθμίζονται έμμεσα βάσει του παραρτήματος VI της MARPOL και μέσω του δείκτη σχεδιασμού ενεργειακής απόδοσης (EEDI) και ισχύει μόνο για νέα πλοία και του σχεδίου διαχείρισης ενεργειακής απόδοσης πλοίου (SEEMP με ισχύ σε όλα τα πλοία) (Yliskylä-Peuralahti, 2016). Το EEDI είναι ένας τεχνολογικός κανονισμός που ισχύει μόνο για παραγγελίες νέων κατασκευών από το 2013 προκειμένου να μειωθούν τα GHG. Το δε SEEMP και το EEOI είναι επιχειρησιακά μέτρα που ισχύουν για υπάρχοντα και νέα πλοία,



αναφερόμενο σε όλα τα πλοία GT 400 τόνων και μετά την 1η Ιανουαρίου 2013 (Lee & Nam, 2017).

Από τις 53 συνθήκες που έχει υιοθετήσει μέχρι στιγμής, τουλάχιστον οι 21 σχετίζονται άμεσα με την προστασία του περιβάλλοντος συνυπολογίζοντας ακόμα δύο, που αφορούν την διάσωση και απομάκρυνση των ναυαγίων (IMO, 2011).

Το 2018, ο IMO υιοθέτησε πρότυπα ενεργειακής απόδοσης για τη διεθνή ναυτιλία, στοχεύοντας στη μείωση κατά 40% του CO<sub>2</sub> έως το 2030 και μείωση κατά 50% των συνολικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG) για τον κλάδο έως το 2050. (REN21, 2019).

Αυτό παρέχει ένα σαφές μήνυμα στη βιομηχανία ότι η επερχόμενη λύση είναι αυτή που τερματίζει τη χρήση ορυκτών καυσίμων, απαιτώντας εμπορικά βιώσιμα πλοία μηδενικών εκπομπών (ZEV) να τεθούν σε λειτουργία έως το 2030.

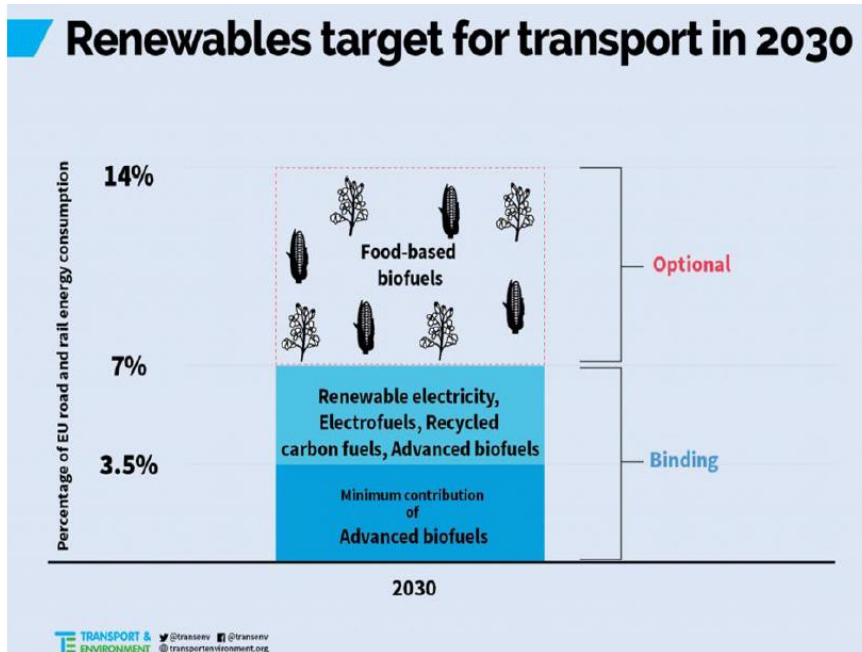
Τεχνικά και επιχειρησιακά μέτρα ενεργειακής απόδοσης εφαρμόζονται τόσο για τα νέα όσο και για τα υπάρχοντα πλοία, όπως βελτιστοποίηση και μείωση ταχύτητας, ανάπτυξη ισχυρών κατευθύνσεων για τα GHG και του άνθρακα για όλους τους τύπους καυσίμων προετοιμάζοντας έτσι και το έδαφος για τη χρήση των εναλλακτικών καυσίμων (UNCTAD, 2015)

#### ➤ Διεθνείς κανονισμοί και κανόνες κατηγορίας – IGF Code

Ο διεθνής κώδικας ασφάλειας για πλοία που χρησιμοποιούν αέρια ή άλλα καύσιμα χαμηλού σημείου ανάφλεξης (IGF Code) υπάγεται στα υποχρεωτικά όργανα του IMO που ισχύει για όλα τα αέρια και άλλα καύσιμα χαμηλού σημείου ανάφλεξης στη ναυτιλία, και σε όλα τα πλοία που λειτουργούν με φυσικό αέριο εκτός των αερομεταφορέων αερίου.

Ο κώδικας IGF περιέχει υποχρεωτικές διατάξεις για τη ρύθμιση, εγκατάσταση, έλεγχο και παρακολούθηση μηχανημάτων, εξοπλισμού και συστημάτων που χρησιμοποιούν καύσιμα χαμηλού σημείου ανάφλεξης (DNV GL, 2019a).

## 6.2.2. RED I & II



**Εικ. 6.2-2.** Σύνοψη του στόχου για ανανεώσιμες πηγές στις μεταφορές (RES-T) (Πηγή: Florentinus et al., 2012).

Η αγορά βιοκαυσίμων για τις μεταφορές δημιουργήθηκε κυρίως μέσω εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών, θέτοντας στόχους για τα ανανεώσιμα καύσιμα και την ενέργεια στο πλαίσιο της οδηγίας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (RED). Για τα βιοκαύσιμα υπάρχει μια υποχρέωση στα πλαίσια του RED, που ενθαρρύνει την στροφή της αγοράς στα βιοκαύσιμα (μείγματα).

Το RED για τα βιοκαύσιμα μπορεί να εφαρμοστεί στον τομέα των ναυλωμένων πλοίων σε εταιρείες πετρελαίου ορυκτών καυσίμων τόσο στις οδικές όσο και στις θαλάσσιες μεταφορές. Αυτό διαφοροποιείται ωστόσο σε κάθε κράτος μέλος, σε συνάρτηση με τη νομοθεσία τους μη έχοντας την υποχρέωση ωστόσο να το ενσωματώσουν.

Ο ναυτιλιακός τομέας βρίσκεται ακόμη σε αρχικό στάδιο προσανατολισμού προς τα βιοκαύσιμα αν και η διαθεσιμότητα τους παγκοσμίως δεν φαίνεται να αποτελεί εμπόδιο για την πιθανή εισαγωγή βιοκαυσίμων σε πλοία. Όλα τα μεγάλα λιμάνια ή οι σταθμοί αποθηκών στην Ευρώπη διαθέτουν επίσης εγκαταστάσεις παραγωγής βιοκαυσίμων κοντά (Florentinus et al., 2012).

Η οδηγία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (RED) (2009/28 / ΕΚ) εγκρίθηκε τον Απρίλιο του 2009 και περιλαμβάνει έναν υποχρεωτικό στόχο ανανεώσιμης ενέργειας 10% για τον τομέα των μεταφορών για όλα τα κράτη μέλη έως το 2020.<sup>36</sup>

Ίσως αν θεσπιστεί νομοθεσία από τα κράτη μέλη, ανάλογα με το σύστημα κινήτρων, οι εταιρείες πετρελαίου που παραδίδουν οδικές και θαλάσσιες μεταφορές ενδέχεται να έχουν κίνητρο να εμπορεύονται βιοκαύσιμα ναυτιλίας.

Η τρέχουσα ολλανδική πολιτική για τα βιοκαύσιμα φαίνεται να επιτρέπει στα άμεσα εμπλεκόμενα μέρη να εκπληρώσουν εν μέρει τον στόχο τους προμηθεύοντας βιοκαύσιμα στον ναυτιλιακό τομέα. Αυτά τα εμπλεκόμενα μέρη είναι οικονομικοί φορείς που πωλούν βενζίνη, ντίζελ ή βιοκαύσιμα στις οδικές μεταφορές. Έτσι, μόνο οι εταιρείες που λειτουργούν και στις δύο αγορές θα μπορούσαν να πουλήσουν βιοκαύσιμα (Florentinus et al., 2012).

#### ➤ **Βιοποικιλότητα (RED άρθρο 17.3)**

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι για τη βιοποικιλότητα, ορισμένες περιοχές εξαιρούνται από την παραγωγή πρώτων υλών για βιοκαύσιμα.

Οι κατηγορίες γης που δεν πληρούν τις προϋποθέσεις για παραγωγή βιοκαυσίμων είναι:

1. Πρωτεύον δάσος και άλλες δασικές εκτάσεις.
2. Περιοχές φυσικής προστασίας
  - Περιοχές που ορίζονται από το νόμο ή από την αρμόδια αρχή για σκοπούς φυσικής προστασίας ·
  - Περιοχές που αναγνωρίζονται από την Επιτροπή για την προστασία σπάνιων, απειλούμενων ή απειλούμενων οικοσυστημάτων ή ειδών.
3. Τα φυσικά και τα λιγότερο φυσικά λιβάδια βιοποικιλότητας.

Υπάρχουν ορισμένες εξαιρέσεις σε αυτούς τους κανόνες. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή τα επόμενα χρόνια θα καθορίσει περαιτέρω τους ορισμούς για διάφορους τύπους γης (Florentinus et al., 2012).

---

<sup>36</sup> Αναφέρεται στην ανανεώσιμη ενέργεια που χρησιμοποιείται σε οποιαδήποτε μορφή μεταφοράς στην ΕΕ και υπολογίζεται για την επίτευξη του στόχου, συμπεριλαμβανομένων των καυσίμων πλοίων.

### ➤ Η οδηγία για την ποιότητα των καυσίμων (FQD)

Ταυτόχρονα με την οδηγία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, εγκρίθηκε η οδηγία για την ποιότητα των καυσίμων (FQD) (2009/30 / EC) που στοχεύει στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τις μεταφορές κατά τουλάχιστον 6% κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής των καυσίμων, μεταξύ 2010 και 2020. Έως το 2020 αυτό ήταν δεσμευτικός στόχος και πάλι τα βιοκαύσιμα προβλεπόταν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην επίτευξή του. Το FQD περιέχει τις ίδιες απαιτήσεις άνθρακα και βιωσιμότητας για τα βιοκαύσιμα, με το RED (Florentinus et al., 2012).

### 6.2.3. Διασφάλιση καυσίμων & Πρότυπα ISO

Οι κυβερνητικοί κανονισμοί είναι συχνά ένας καταλυτικός παράγοντας ώθησης των επιχειρήσεων στο να υιοθετήσουν περιβαλλοντικές πρωτοβουλίες. Για παράδειγμα η υιοθέτηση της πιστοποίησης ISO 14001, που παρέχει τις απαιτήσεις για ένα Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (EMS) προτιμάται για τη διασφάλιση ότι η εταιρεία τους πράγματι συμμορφώνεται με τους κανονισμούς της κυβέρνησης (Chang & Danao, 2017).

Υπάρχουν διάφορα πρότυπα που καλύπτουν τα βιοκαύσιμα που αφορούν είτε τεχνικές είτε βιωσιμότητα.

- Η προηγούμενη έκδοση του προτύπου EN ISO 8217<sup>37</sup>: 2012 λαμβάνει υπόψη τα κύρια ζητήματα που σχετίζονται με τη χρήση καυσίμων απόσταξης χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (Tyronola et al., 2017).
- Το ISO 8217: 2017, ένα εμπορικό ποιοτικό πρότυπο για καύσιμα πλοίων που καθορίζει τις απαιτήσεις για καύσιμα που χρησιμοποιούνται σε κινητήρες ντίζελ πλοίων και λέβητες και τη συμβατική τους επεξεργασία επί του πλοίου (καθίζηση, φυγοκέντρηση, φιλτράρισμα) πριν από τη χρήση. Ενώ αυτό το πρότυπο δεν επέτρεπε στο FAME να αναμειχθεί με τακτικά αποστάγματα θαλάσσης ή υπολειμματικά καύσιμα στο παρελθόν, η έκκτη έκδοσή του εισάγει τους βαθμούς DF (Distillate FAME) DFA, DFZ και DFB. Αυτοί οι βαθμοί

---

<sup>37</sup> Το Διεθνές Πρότυπο EN (European Norme) ISO (Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης) 8217 καθορίζει τις απαιτήσεις των καυσίμων πετρελαίου για χρήση σε κινητήρες ντίζελ πλοίων και λέβητες πλοίων, προσδιορίζοντας διαφορετικές ποιότητες αποστάγματος (Distillate Marine ή DM) και έναν αριθμό υπολειμματικών βαθμών (Υπόλοιπα Marine ή RM) (Tyronola et al., 2017).

επιτρέπουν έως και το 7% του FAME περιεχόμενο κατ' όγκο και καλύπτονται επίσης από το ευρωπαϊκό πρότυπο EN590. Οι υπόλοιπες παράμετροι σχετικά με τους βαθμούς παραμένουν πανομοιότυπες με εκείνες των παραδοσιακών (DNV GL, 2019b).

- Το ISO / PAS 23263, προέκυψε κατόπιν αιτήματος του IMO προκειμένου να διασφαλιστεί η συνέπεια με τα υπάρχοντα πρότυπα και η εφαρμογή του σχετικά πρόσφατου κανονισμού.<sup>38</sup> Θα επιτρέψει την ομαλή μετάβαση σε 0,50% καύσιμα θείου (για την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2020). Το ISO / PAS 23263 καλύπτει τεχνικές πτυχές όπως το κινηματικό ιξώδες, τις ιδιότητες ψυχρής ροής, τη σταθερότητα και τη συμβατότητα των καυσίμων (Naden, 2019).

Μεταξύ των προτύπων που αφορούν την αειφορία των βιοκαυσίμων είναι η οδηγία της ΕΕ για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, καθώς και το ISO 13065, το οποίο καθορίζει αρχές, κριτήρια και δείκτες για την αλυσίδα εφοδιασμού βιοενέργειας για τη διευκόλυνση της εκτίμησης περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών πτυχών βιωσιμότητας.

- Το RSB έχει εξετάσει τα πολλά ζητήματα αειφορίας που σχετίζονται με την καλλιέργεια καλλιεργειών για την παραγωγή υγρών καυσίμων. Επιπλέον, έχει δημιουργήσει εργαλεία και λύσεις για την αειφορία, όπως τα παγκόσμια πρότυπα πιστοποίησης για βιώσιμα βιοϋλικά, βιοκαύσιμα και παραγωγή βιομάζας.
- Η Παγκόσμια Εταιρική Σχέση Βιοενέργειας (GBEP) καθορίζει δείκτες αειφορίας για τη βιοενέργεια βάσει τριών πυλώνων: περιβαλλοντική, κοινωνική και οικονομική σκοπιμότητα.

Ενώ υπάρχουν πρότυπα, υπάρχει έλλειψη διεθνώς αποδεκτών προτύπων βιοκαυσίμων ειδικά για τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Ο IMO αναφέρεται επί του παρόντος μόνο σε τεχνικά πρότυπα ISO που διέπουν τα καύσιμα. Ωστόσο σχετικά προσφάτως υιοθετήθηκαν οι κατευθυντήριες γραμμές έντασης άνθρακα είναι ένα

---

<sup>38</sup> Βάση αυτού οι εκτιμήσεις για τους προμηθευτές καυσίμων και τους χρήστες σχετικά με την ποιότητα των καυσίμων πλοίων ενόψει της εφαρμογής μέγιστου θείου 0,50% το 2020, καθορίζουν τις απαιτήσεις τέτοιων καυσίμων πετρελαίου και άλλων τεχνικών παραμέτρων που ισχύουν για το φάσμα των ναυτιλιακών καυσίμων που επρόκειται να εμφανιστούν στην αγορά.

μέτρο που εξετάζεται και βρίσκονται υπό συζήτηση λοιπές πτυχές αειφορίας (DNV GL, 2019b).

#### 6.4.4. Παρακολούθηση των Επιβλαβών Αέριων Ρύπων

##### ➤ **EEDI (Energy Efficiency Existing Ship Index)**

Ενώ η στρατηγική του IMO για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου είναι σχετικά πρόσφατη, τον Ιούλιο του 2011, πήρε δραστικά μέτρα μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub> καθιστώντας υποχρεωτικό για τα πλοία να συμμορφώνονται με τον EEDI. Αυτός ο δείκτης εστιάζει ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης των κινητήρων, καθώς και του βοηθητικού εξοπλισμού. Χρησιμοποιεί τον ατομικό σχεδιασμό του πλοίου, εκφρασμένο σε γραμμάρια CO<sub>2</sub> ανά χωρητικότητα-μίλι. Έτσι, ένα μικρός αριθμός EEDI δείχνει χαμηλότερη, συγκεκριμένη, κατανάλωση καυσίμου και χαμηλότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> (IRENA, 2019).

$$EEDI = \frac{\text{Engine power} \times \text{Specific fuel consumption} \times \text{Carbon factor}}{\text{Deadweight tonnage} \times \text{speed}} \quad (\text{gCO}_2/\text{ton-mile})$$

Ανήκει σε έναν από τους τρόπους μείωσης των ρύπων GHG, ως προς την λειτουργική διαχείριση των πλοίων και τα οποία ανακοίνωσε ο IMO. Προστέθηκε στο παράρτημα VI της MARPOL και έχει εφαρμοστεί σε παραγγελίες για νέες κατασκευές από την 1η Ιανουαρίου 2013, ισχύοντας αποκλειστικά μόνο για νεότευκτα πλοία (Yliskylä-Reuralahti, 2016). Πρωταρχικός σκοπός του EEDI είναι να ενθαρρύνει την ανάπτυξη αποδοτικότερων κινητήρων και πλοίων και να συγκρίνει τα χαρακτηριστικά εκπομπών CO<sub>2</sub> από την άποψη μεγέθους του πλοίου (Lee & Nam, 2017).

##### ➤ **SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan)**

Το Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίων (SEEMP) είναι ένα επιχειρησιακό μέτρο που καθιερώνει έναν μηχανισμό για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ενός πλοίου με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Το SEEMP παρέχει επίσης μια προσέγγιση για τις ναυτιλιακές εταιρείες να διαχειρίζονται την απόδοση των πλοίων και των στόλων με την πάροδο του χρόνου χρησιμοποιώντας,

για παράδειγμα, τον Ενεργειακό Δείκτη Λειτουργίας Απόδοσης (EEOI) ως εργαλείο παρακολούθησης. Οι οδηγίες για την ανάπτυξη του SEEMP για νέα και υπάρχοντα πλοία ενσωματώνουν βέλτιστες πρακτικές για τη λειτουργική απόδοση καυσίμου του πλοίου, καθώς και κατευθυντήριες γραμμές για την εθελοντική χρήση του EEOI για νέα και υπάρχοντα πλοία (MEPC.1 / Circ.684). Το EEOI επιτρέπει στους χειριστές να μετρούν την απόδοση καυσίμου ενός πλοίου σε λειτουργία και να υπολογίζουν την επίδραση τυχόν αλλαγών στη λειτουργία, π.χ. βελτιωμένος προγραμματισμός ταξιδιού ή συχνότερος καθαρισμός έλικα ή εισαγωγή τεχνικών μέτρων όπως συστήματα ανάκτησης θερμότητας απόβλητα ή νέα έλικα. Το SEEMP καλεί τον πλοιοκτήτη και τον χειριστή σε κάθε στάδιο του προγραμματισμού να εξετάσει νέες τεχνολογίες και πρακτικές όταν επιδιώκει να βελτιστοποιήσει την απόδοση ενός πλοίου.<sup>39</sup>

➤ **IMO MRV (System for Monitoring, Reporting and Verifying Emissions)**

Ο κανονισμός της ΕΕ για την υποβολή εκθέσεων, την παρακολούθηση και την επαλήθευση (MRV) των εκπομπών CO<sub>2</sub> εφαρμόζεται πλέον σε εμπορικά πλοία που πραγματοποιούν συναλλαγές προς την Ευρώπη, ανεξάρτητα από το κράτος σημαίας, με την προφανή πρόθεση να εξελιχθεί τελικά σε κάποιο είδος περιφερειακού συστήματος ευρετηρίου λειτουργικής απόδοσης. Από τον Απρίλιο του 2019, τα πλοία υποχρεούνται να υποβάλλουν επαληθευμένα δεδομένα στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η οποία θα δημοσιεύει αυτές τις πληροφορίες, συνοδευόμενες από αναγνωριστικά πλοίου και εταιρείας. Ανεξάρτητα από το εάν η υποχρεωτική δημιουργία ευρετηρίου επιχειρησιακής απόδοσης εφαρμόζεται μονομερώς ή σε παγκόσμια κλίμακα από τον IMO, η ICS παραμένει έντονα αντίθετη με την έννοια σύμφωνα με την οποία οι μετρήσεις που προέρχονται από εκπομπές CO<sub>2</sub> μεμονωμένων πλοίων τοποθετούνται στο δημόσιο τομέα όπου μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν και να ερμηνευθούν λανθασμένα από τρίτα μέρη, όπως ναυλωτές, κατά τη λήψη εμπορικών αποφάσεων σχετικά με τα πλοία προς μίσθωση ή τις τιμές ναύλων που επιθυμούν να πληρώσουν. Η ICS φοβάται ότι αυτό

---

<sup>39</sup> IMO. Energy Efficiency Measures. Available at: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx> (23.12.2020).

θα οδηγήσει σε σοβαρή στρέβλωση της αγοράς χωρίς να προσφέρει επιπλέον περιβαλλοντικό όφελος (ICS, 2019).

Κύριες υποχρεώσεις για εταιρείες που είναι επιλέξιμες βάσει του κανονισμού ΕΕ MRV:

- Παρακολούθηση: Από την 1η Ιανουαρίου 2018, οι εταιρείες - σύμφωνα με τα αντίστοιχα σχέδια παρακολούθησής τους - παρακολουθούν για κάθε ένα από τα πλοία τους τις εκπομπές CO<sub>2</sub>, την κατανάλωση καυσίμου και άλλες παραμέτρους, όπως η απόσταση που διανύθηκε, ο χρόνος στη θάλασσα και το φορτίο που μεταφέρεται ανά ταξίδι, ώστε να συλλέγονται ετήσια δεδομένα σε μια έκθεση εκπομπών που υποβάλλεται σε διαπιστευμένο ελεγκτή αποστολής MRV.
- Έκθεση εκπομπών: Από το 2019, έως τις 30 Απριλίου κάθε έτους, οι εταιρείες, μέσω του THETIS MRV, υποβάλλουν στην Επιτροπή και στα κράτη στα οποία είναι νηολογημένα αυτά τα πλοία («κράτη σημαίας») μια ικανοποιητική επαληθευμένη έκθεση εκπομπών για κάθε πλοίο που έχει πραγματοποιήσει δραστηριότητες θαλάσσιων μεταφορών στον Ευρωπαϊκό Οικονομικό Χώρο κατά την προηγούμενη περίοδο αναφοράς (ημερολογιακό έτος).
- Έγγραφο συμμόρφωσης: Από το 2019, έως τις 30 Ιουνίου κάθε έτους, οι εταιρείες διασφαλίζουν ότι όλα τα πλοία τους που έχουν εκτελέσει δραστηριότητες κατά την προηγούμενη περίοδο αναφοράς και επισκέπτονται λιμάνια του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου φέρουν μαζί τους έγγραφο συμμόρφωσης που εκδόθηκε από την THETIS MRV . Η υποχρέωση αυτή ενδέχεται να υπόκειται σε επιθεωρήσεις από τις αρχές των κρατών μελών.

Κάθε χρόνο, η Επιτροπή δημοσιεύει έκθεση για να ενημερώνει το κοινό σχετικά με τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και την ενεργειακή απόδοση του εποπτευόμενου στόλου.<sup>40</sup>

#### ➤ **IMO Data Collection System (DCS)**

Σύμφωνα με τις τροποποιήσεις, τα πλοία των 5.000 ολικής χωρητικότητας και άνω απαιτείται να συλλέγουν δεδομένα κατανάλωσης για κάθε τύπο μαζούτ που

---

<sup>40</sup> EC. Reducing emissions from the shipping sector. Available at: [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping_en) (23.12.2020)



χρησιμοποιούν, καθώς και άλλα, πρόσθετα, συγκεκριμένα δεδομένα, συμπεριλαμβανομένων των πληρεξουσίων για μεταφορές. Τα συγκεντρωτικά δεδομένα αναφέρονται στο κράτος σημαίας μετά το τέλος κάθε ημερολογιακού έτους και το κράτος σημαίας, αφού διαπίστωσε ότι τα δεδομένα έχουν αναφερθεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις, εκδίδει δήλωση συμμόρφωσης στο πλοίο. Τα κράτη σημαίας υποχρεούνται να μεταφέρουν στη συνέχεια αυτά τα δεδομένα σε μια βάση δεδομένων κατανάλωσης καυσίμου πλοίου IMO. Ο IMO θα πρέπει να συντάσσει ετήσια έκθεση στη MEPC, συνοψίζοντας τα δεδομένα που συλλέχθηκαν.

Επιπλέον, στις 31 Δεκεμβρίου 2018 ή πριν, σε περίπτωση πλοίου 5.000 ολικής χωρητικότητας και άνω, το Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίων (SEEMP) θα περιλαμβάνει περιγραφή της μεθοδολογίας που θα χρησιμοποιηθεί για τη συλλογή των δεδομένων και των διαδικασιών, που θα χρησιμοποιηθούν για την αναφορά των δεδομένων στο κράτος σημαίας του πλοίου.

Η βάση δεδομένων κατανάλωσης καυσίμου πετρελαίου IMO κυκλοφόρησε ως μια νέα ενότητα στην πλατφόρμα Global Integrated Shipping Information System (GISIS) και όλα τα κράτη μέλη έχουν πλέον πρόσβαση στη βάση δεδομένων (εγκύκλιος επιστολή αριθ. 3827).<sup>41</sup>

#### ➤ **CSI (Clean Shipping Index)**

Το Clean Shipping Index (CSI) εισήχθη το 2007 από τη ναυτιλιακή βιομηχανία και τους αποστολείς στο Γκέτεμποργκ και τη δυτική Σουηδία. Το CSI είναι ένα διαδικτυακό εργαλείο που παρέχει βαθμολογία σε κάθε καταχωρημένο πλοίο με βάση μια σειρά περιβαλλοντικών κριτηρίων για τη σύγκριση της περιβαλλοντικής απόδοσής τους. Το σύστημα επιτρέπει στις ναυτιλιακές εταιρείες και τους αποστολείς να αποκτήσουν αναγνώριση για την περιβαλλοντική τους απόδοση, αλλά και να εξασφαλίσουν οικονομικές ευκαιρίες σε αυτή τη βάση. Λειτουργεί από το Clean Shipping Network το οποίο αποτελείται από εταιρείες από διάφορους τομείς που διασφαλίζουν ότι αναπτύσσεται και εφαρμόζεται σωστά.

Το CSI απευθύνεται κυρίως σε φορτωτές και μεταφορείς, όχι τόσο σε λιμάνια. Από το 2017, έχουν καταχωρηθεί 31 ιδιοκτήτες φορτίου (μεταξύ των οποίων εταιρείες

---

<sup>41</sup> IMO. Data collection system for fuel oil consumption of ships. Available at: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Data-Collection-System.aspx> (23.12.2020)

όπως η H&M, η Philips, η Volvo, η Tetra Laval), καθώς και 56 ναυτιλιακές εταιρείες με πάνω από 2.200 πλοία που έχουν βαθμολογία CSI. Οι εταιρείες από όλο τον κόσμο το χρησιμοποιούν αν και οι περισσότερες παραμένουν στην Ευρώπη.

Οι τράπεζες και οι επενδυτές μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν την αξιολόγηση για να εκτιμήσουν τις περιβαλλοντικές επιδόσεις κατά την έγκριση δανείων για την κατασκευή νέων πλοίων.

Το 2017 εισήχθη ένα νέο σύστημα βαθμολόγησης που υπολογίζεται με βάση τις εκπομπές NOx, Sox, PM και CO2 από τους κύριους και βοηθητικούς κινητήρες.

Οι απαιτούμενες πληροφορίες είναι το μεταφερόμενο φορτίο, η απόσταση που διανύθηκε και η κατανάλωση καυσίμου για 12 μήνες (ITF, 2018a).

### 6.3. ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ - ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ του ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

#### ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

#### ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

#### ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΥΣΙΜΑ

##### ΘΕΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

##### ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

##### ΘΕΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

##### ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

#### Ανθρώπινα Δικαιώματα

- Η παγκόσμια απασχόληση στα βιοκαύσιμα εκτιμήθηκε σε 2,5 εκατομμύρια το 2019. Το μεγαλύτερο μέρος αυτών των θέσεων εργασίας ήταν στον γεωργικό τομέα, φύτευση και στη συνέχεια συγκομιδή πρώτων υλών διαφόρων τύπων. Η επεξεργασία της πρώτης ύλης σε καύσιμα απαιτεί πολύ λιγότερα άτομα από την παροχή της πρώτης ύλης, αλλά οι εργασίες επεξεργασίας απαιτούν γενικά υψηλότερες τεχνικές δεξιότητες και προσφέρουν καλύτερες αμοιβές (IRENA, 2020).
- Οι γραμμές προμήθειας πρώτων υλών υψηλής έντασης εργασίας σημαίνουν ότι η Λατινική Αμερική αντιπροσωπεύει το 43% όλων των θέσεων εργασίας για βιοκαύσιμα παγκοσμίως και την Ασία (κυρίως τη Νοτιοανατολική Ασία) για το 34% (IRENA, 2020).

- Αν και το 2019 είχε προβλεφθεί πως η ζετία που ακολουθούσε θα παρουσίαζε άνοδο των εργασιών απασχόλησης, με περίπου 9εκ θέσεις, ωστόσο με την πρόσφατη ανάλυση κατόπιν της κοινωνικοπολιτικής επίδρασης του Covid - 19 πλέον εκτιμάται ότι 3 εκατομμύρια από αυτές τις θέσεις εργασίας έχουν χαθεί ή κινδυνεύουν, ενώ 3 εκατομμύρια θέσεις εργασίας ήδη χάθηκαν ή απειλούνται σε σχετικούς τομείς όπως αυτοκινητοβιομηχανία, κτίρια και βιομηχανία (IEA, 2020).
- Άλλα ηθικά ζητήματα που θα μπορούσαν να εντοπιστούν σε φάσεις παραγωγής καυσίμων ή πρώτων υλών είναι η εκτέλεση αυτών υπό κακές συνθήκες εργασίας, καθότι υπάρχουν χώρες όπου αμφισβητούνται οι συνθήκες εργασίας και η κοινωνική ευθύνη των εταιρειών. Φυσικά η ηθική προσέγγιση σπάνια εκτίθεται σε έγγραφα και τις αναφορές των κριτικών (Andersson et al., 2020).

- Καθότι στο τελικό προστιθέμενο κόστος συμπεριλαμβάνεται και η τιμή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που συνεπάγεται ανθρώπινο δυναμικό και αντίστοιχα θέσεις εργασίας (είτε για αιολική είτε ηλιακή ενέργεια). Συνεπώς τα αποτελέσματα συνεπάγονται βάση του IRENA 2020, οι ηλιακοί φωτοβολταϊκοί (PV), η βιοενέργεια, οι υδροηλεκτρικές και αιολικές βιομηχανίες να είναι ανέκαθεν οι μεγαλύτεροι εργοδότες (IRENA, 2020).

Ισχύουν οι αρνητικές επιδράσεις που καταγράφηκαν και στα βιοκαύσιμα.

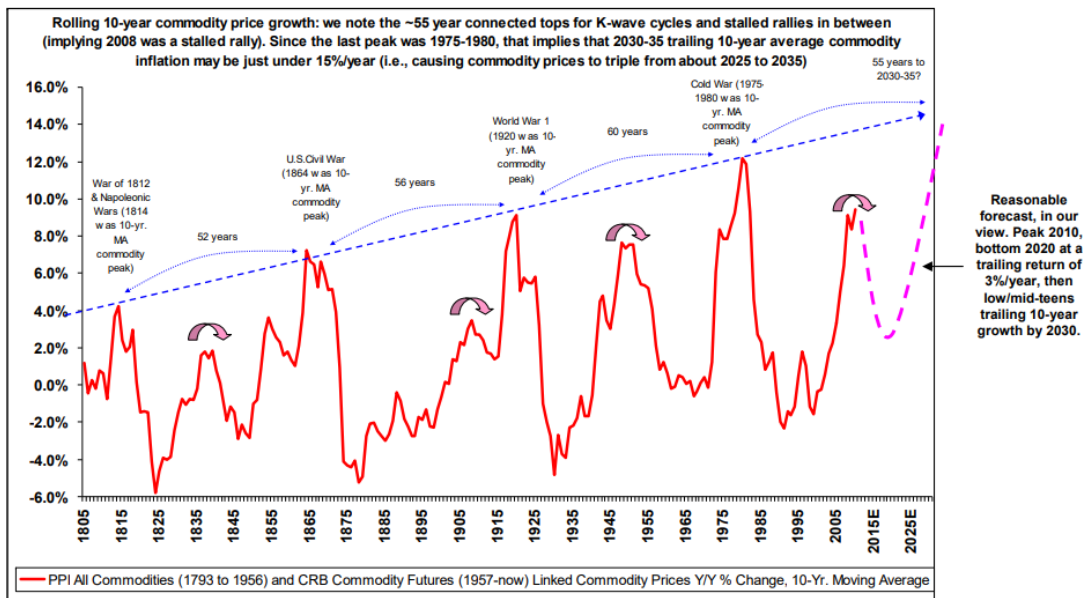
**ΠΟΛΙΤΙΚΟ/ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ (Γενικό)**

<p><b>European Commission</b> (<b>αποσπασματικά άρθρα</b>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (80) ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΣΕ ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ &amp; ΜΕΙΩΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ILUC – DLuc “.....είναι σκόπιμο να περιοριστεί η ποσότητα βιοκαυσίμων και βιορευστών που παράγεται από σιτηρά και άλλα αμυλούχα, σακχαρούχα και ελαιούχα φυτά που μπορεί να προσμετρούνται στην επίτευξη των στόχων που θέτει η παρούσα οδηγία, χωρίς να περιορίζεται η συνολική δυνατότητα χρήσης των εν λόγω βιοκαυσίμων και βιορευστών. Για περαιτέρω πληροφορίες σχετικά υπάρχουν στο αντίστοιχο έγγραφο (ΟΔΗΓΙΑ (ΕΕ) 2018/2001)</li> <li>• (110) ΔΙΕΥΚΟΛΥΝΣΗ ΤΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ: “Για να διευκολυνθεί η λειτουργία της εσωτερικής αγοράς, θα πρέπει να γίνονται δεκτά σε όλα τα κράτη μέλη τα αποδεικτικά στοιχεία για τα κριτήρια αειφορίας και μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σχετικά με τα βιοκαύσιμα, τα βιορευστά και τα καύσιμα βιομάζας τα οποία έχουν αποκτηθεί σύμφωνα με σύστημα αναγνωρισμένο από την Επιτροπή. Τα κράτη μέλη θα πρέπει να συμβάλουν στη διασφάλιση της ορθής εφαρμογής των αρχών πιστοποίησης των εθελοντικών συστημάτων, εποπτεύοντας τη λειτουργία των οργανισμών πιστοποίησης που είναι διαπιστευμένοι από τον εθνικό οργανισμό διαπίστευσης και ενημερώνοντας τα εθελοντικά συστήματα για τυχόν σχετικές παρατηρήσεις” (ΟΔΗΓΙΑ (ΕΕ) 2018/2001).</li> </ul>
<p><b>IMO</b> (<b>ενδεικτικά</b>) (βλ. <a href="#">Παράρτημα 3</a>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Με βάση τον IMO MEPC 70/INF.6 2016 μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών αερίων ρύπων (IMO, 2016)</li> <li>• Βάση της MARPOL Annex VI για τους κανονισμούς περί ρύπανσης του αέρα από τις εκπομπές NOx και Sox, τα βιοκαύσιμα εντάσσονται ανάμεσα στα καύσιμα που αναμένεται να αναπτυχθούν βάση αυτού (IMO, 2016).</li> <li>• Οι κανονισμοί που σχετίζονται με τη χρήση του βιοντίζελ, το οποίο και έχει ευρεία χρήση στον τομέα των μεταφορών και δη στα οχήματα, ωστόσο στη ναυτιλία δεν έχει συμπεριληφθεί επίσημα (δεν λαμβάνεται υπόψη στη νομοθεσία του IMO). Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή όρισε εντολή για την ανάπτυξη προτύπων σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις για τις μεθόδους δοκιμών για το βιοντίζελ το 2003:EN 14214 προκειμένου να τυποποιηθεί. Η δε Αμερικανική εταιρεία Δοκιμών και Υλικών (ASTM) δημοσίευσε επίσης σχετικά πρότυπα (ASTM D-6751-02 για B100 και μείγματα απόσταξης</li> </ul>
<p><b>RED I &amp; II</b> (<b>ενδεικτικά</b>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Το RED I, εγκρίθηκε το 2009 και ήταν ο κύριος μοχλός για τη χρήση χερσαίων βιοκαυσίμων που οδηγούν στην αποψίλωση των δασών (T&amp;E, 2020).</li> <li>• Το REDII αφήνει τη δυνατότητα στα κράτη μέλη να τερματίσουν εντελώς τα βιοκαύσιμα που βασίζονται στα τρόφιμα και με εντολή της χρήσης μόνο προηγμένων ανανεώσιμων καυσίμων. Απαιτεί μια ισχυρή εφαρμογή σε εθνικό επίπεδο, με πρόσθετες δράσεις προκειμένου να επιτύχουν τους στόχους με βιώσιμο τρόπο (T&amp;E, 2020).</li> <li>• Η Επιτροπή παρουσίασε μια τελική κατ’ εξουσιοδότηση πράξη για τα βιοκαύσιμα υψηλού και χαμηλού κινδύνου ILUC (Μάρτιος, 2019). Πρόκειται για μια δράση στα βιοκαύσιμα υψηλού κινδύνου ILUC προέκυψαν από την έκκληση του Κοινοβουλίου της ΕΕ να καταργήσει το βιοντίζελ με βάση το φοινικέλαιο λόγω της αρνητικής κλιματικής, περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις (T&amp;E, 2020).</li> <li>• Η οδηγία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (RED) (2009/28 / ΕΚ) εγκρίθηκε τον Απρίλιο του 2009 και περιλαμβάνει έναν υποχρεωτικό στόχο ανανεώσιμης ενέργειας 10% για τον τομέα των μεταφορών για όλα τα κράτη μέλη έως το 2020 (Florentinus, 2012).</li> </ul>
<p><b>ISO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Η προηγούμενη έκδοση του προτύπου EN ISO 8217: 2012 λαμβάνει υπόψη τα κύρια ζητήματα που σχετίζονται με τη χρήση καυσίμων απόσταξης χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο.</li> <li>• Το ISO 8217: 2017, είναι ένα εμπορικό ποιοτικό πρότυπο για καύσιμα πλοίων που καθορίζει τις απαιτήσεις για καύσιμα που χρησιμοποιούνται σε κινητήρες ντίζελ πλοίων και λέβητες και τη συμβατική τους επεξεργασία επί του πλοίου (καθίζηση, φυγοκέντρωση, φιλτράρισμα) πριν από τη χρήση (DNV GL, 2019b). Επιτρέπει την ενσωμάτωση αποσταγμάτων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο σε συγκεκριμένους βαθμούς (DF). Επίσης περιλαμβάνει επιπρόσθετες απαιτήσεις για αποστάγματα καυσίμων για προστασία από ζητήματα ψυχρής λειτουργίας. Ως εκ τούτου, προσφέρει βελτιωμένο ποιοτικό έλεγχο και καλύτερη προστασία από λειτουργικά ζητήματα, ενώ η εισαγωγή βαθμών DF βελτιώνει τη διαθεσιμότητα καυσίμου σε συγκεκριμένες θύρες (Tyronola et al., 2017).</li> <li>• Το ISO / PAS 23263, προέκυψε κατόπιν αιτήματος του IMO προκειμένου να διασφαλιστεί η συνέπεια με τα υπάρχοντα πρότυπα και την εφαρμογή του νέου κανονισμού. Θα επιτρέψει την ομαλή μετάβαση σε 0,50% καύσιμα θείου (για την 1η Ιανουαρίου 2020). Το ISO / PAS 23263 καλύπτει τεχνικές πτυχές όπως το κινηματικό ιξώδες, τις ιδιότητες ψυχρής ροής, τη σταθερότητα και τη συμβατότητα των καυσίμων (Naden, 2019).</li> </ul>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup> : ΧΡΗΜΑΤΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

### Εισαγωγή

Έχοντας την γνώση της κυκλικότητας στη ναυτιλιακή οικονομία, κατευθυνόμενοι από τεχνικές, οικονομικές ή περιφερειακές αλλαγές, επισέρχεται, συνειρμικά, η ενθύμηση του φαινομένου και σε άλλους παράγοντες όπως η κυκλικότητα του άνθρακα, του οξυγόνου, του υδρογόνου, δηλαδή στοιχείων διεργασίας περιβαλλοντικού επιπέδου της Γής και της Ατμόσφαιρας. Οι δυο αυτοί παράγοντες (ναυτιλιακή οικονομία και περιβάλλον), διαπιστώνεται ότι στην πορεία του συγκλίνουν και αλληλεπιδρούν αποτελώντας τους βασικούς τροχούς εκκίνησης, στη βάση των οποίων οι θεσμικοί φορείς θα διαμορφώσουν το αμάξωμα που θα είναι το κοινωνικό-πολιτικό μέσον με κινητήρια δύναμη και τροχοπέδη τις προσδοκώμενες τεχνολογικές εξελίξεις, οδεύοντας προς την επενδυτική βιωσιμότητα και οικουμενικής φύσεως αειφορία.



**Γράφημα 7-1.** Οι Κύκλοι του Nikolai Kondratieff με προβλέψεις που φτάνουν στο σήμερα. (Πηγή: Stifel Nicolaus, επεξεργασία δεδομένων σε συνάρτηση με τους Κύκλους του Kondratieff και το Historical Statistics of the United States, a U.S. Census publication)<sup>42</sup> Σύμφωνα με τον πρωτεργάτη της θεωρίας των μεγάλων οικονομικών κύκλων τον Nikolai Kondratieff, η θεωρία του οποίου βασίστηκε στην επέκταση και συρρίκνωση

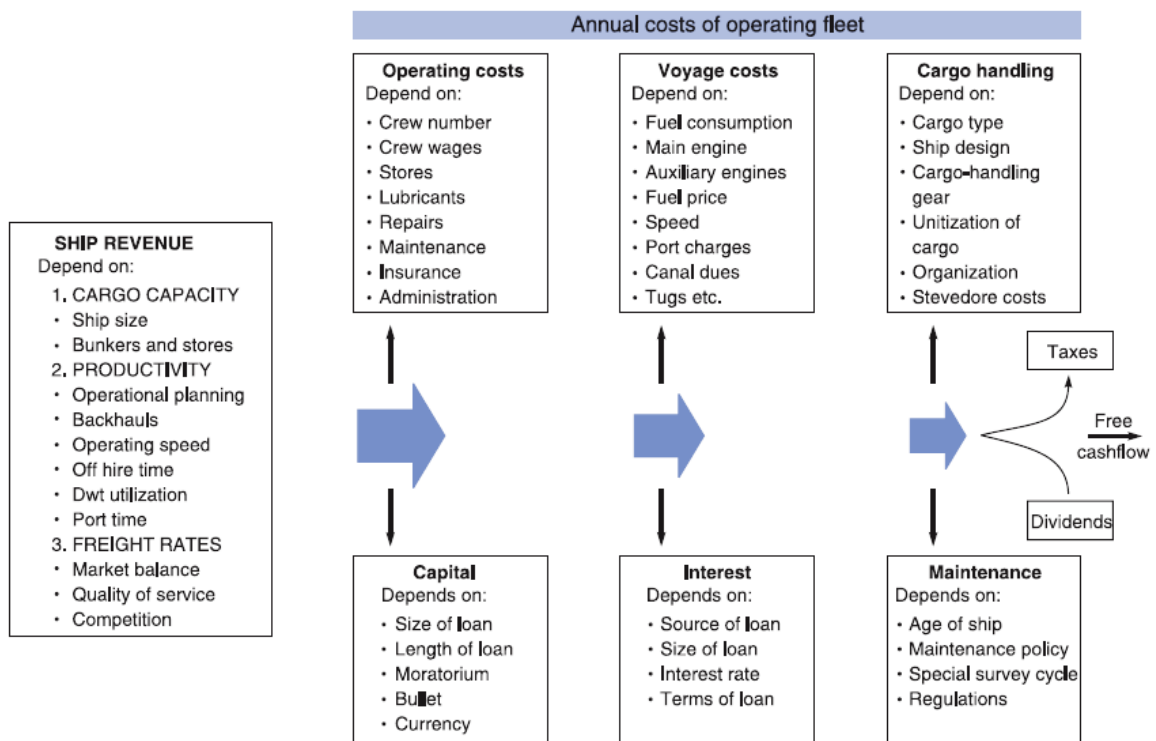
<sup>42</sup> Σημείωση:  $MV = PQ$  Money Supply x Velocity ή turnover of money  $(GDP / Money) =$  Τιμή όλων των αγαθών και υπηρεσιών x Ποσότητα όλων των παραγόμενων αγαθών και υπηρεσιών.

της οικονομικής δραστηριότητας κατά μέσο όρο ανά 50 έτη (Storford, 2009), βρισκόμαστε στην περίοδο όπου έχοντας ήδη πιάσει τα κατώτατα σημεία κοινωνικό-οικονομικής ανοχής, ξεκινάει η δεκαετής περίοδος ανέλιξης και ευκαιριών επένδυσης. Αισιοδοξώντας λοιπόν για τα όσα έπονται, παρακάτω θα παρουσιαστούν τα πλέον πρώτα απτά σημάδια-δεδομένα και οι αναπτυσσόμενες δυναμικές σχετικά με την μείωση, αν όχι εκμηδένιση των αέριων ρύπων σε παράλληλη ανάπτυξη με τις εξελισσόμενες τεχνολογικές επενδύσεις στον τομέα της ναυτιλίας.

### ➤ Χρηματοοικονομική Επίδοση και Στρατηγική Επενδύσεων

Η επίτευξη της οικονομικά βιώσιμης απόδοσης μιας ναυτιλιακής εμπεριέχει τρεις βασικές μεταβλητές τις οποίες θα πρέπει να διαχειριστούν οι πλοιοκτήτες:

- τα έσοδα της ναύλωσης από την εκμετάλλευση του πλοίου
- το κόστος λειτουργίας του πλοίου
- τη μέθοδο χρηματοδότησης της επιχείρησης



**Σχήμα 7-1.** Μοντέλο ταμειακών ροών αποστολής, που δείχνει τα έσοδα, τις λειτουργίες και τις πληρωμές κεφαλαίου. (Πηγή: Storford, 2009)

Τα κόστη περιλαμβάνουν έξοδα λειτουργίας, ταξιδιού και μεταφοράς εμπορευμάτων, ενώ οι αποπληρωμές κεφαλαίου καλύπτουν τόκους και την περιοδική συντήρηση του πλοίου. Αυτό που απομένει μετά από αυτές τις χρεώσεις ενδέχεται να υπόκειται σε φόρους, αν και λίγοι εφοπλιστές εμπίπτουν σε αυτό το συγκεκριμένο κόστος. Το υπόλοιπο καταβάλλεται σε μερίσματα ή παρακρατείται εντός της επιχείρησης. Η σχέση μεταξύ αυτών των στοιχείων ταμειακών ροών φαίνεται διαγραμματικά στο Σχήμα 7-1.

Η διαχείριση των μεταβλητών κόστους και εσόδων επηρεάζουν σημαντικά την οικονομική απόδοση της επιχείρησης. Πιο συγκεκριμένα:

- Η επιλογή του πλοίου επηρεάζει το κόστος λειτουργίας. Το καθημερινό κόστος είναι υψηλότερο για τα γηραιότερα πλοία με παλαιωμένη μηχανολογική εγκατάσταση χρήζουσα απαιτητικής συντήρησης. Η φθορά που επέρχεται στο κύτος του πλοίου και η υψηλή κατανάλωση καυσίμου τα καθιστούν οικονομικά ασύμφορα. Τα πιο σύγχρονα πλοία με λιγότερα πληρώματα, πιο αξιόπιστα μηχανήματα εξοικονόμησης καυσίμου εμπίπτουντα και στους περιβαλλοντικούς κανονισμούς συμμόρφωσης, έχουν αμελητέα συντήρηση και κοστίζουν λιγότερο.
- Η λειτουργική διαχείριση του πλοίου από πλευράς κόστους, είναι ένα εκ των βασικών παραγόντων. Η εισροή περισσότερων εσόδων από το πλοίο είναι μια άλλη παράμετρος. Τα έσοδα μπορεί να είναι σταθερά σε μια μακροχρόνια ναύλωση ή παράτυπη στην αγορά spot και μπορεί να αυξηθούν με προσεκτική διαχείριση, έξυπνη ναύλωση και ευέλικτο σχεδιασμό του πλοίου για ελαχιστοποίηση του χρόνου σε διαδικασίες έρματος εξασφαλίζοντας τοιούτοτρόπως τα έσοδα του για μεγάλο ποσοστό του χρόνου στη θάλασσα.
- Η στρατηγική χρηματοδότησης, είναι ζωτικής σημασίας. Εάν το πλοίο χρηματοδοτείται με χρέος, η εταιρεία δεσμεύεται με ένα χρονοδιάγραμμα αποπληρωμής κεφαλαίου, ανεξάρτητα από τις συνθήκες της αγοράς. Εάν το πλοίο χρηματοδοτείται από τα ταμειακά αποθέματα των ιδιοκτητών ή από τη χρηματοδότηση εξωτερικών ιδίων κεφαλαίων, δεν υπάρχουν σταθερές πληρωμές στο κεφάλαιο. Στην πράξη, εάν μια ναυτιλιακή εταιρεία έχει περιορισμένο μόνο μετοχικό κεφάλαιο, η επιλογή είναι συχνά μεταξύ ενός

παλαιού πλοίου με υψηλό κόστος λειτουργίας αλλά χωρίς χρέος και ενός νέου πλοίου με χαμηλό κόστος λειτουργίας και υποθήκη.

Η κάθε ναυτιλιακή εταιρεία φυσικά ακολουθεί την δική της πολιτική διαχείρισης των επί μέρους θεμάτων, συμμορφούμενη πάντα με διεθνείς και κρατικούς κανονισμούς και οδεύοντας με την ροή της αγοράς. Η απόκτηση αξίας μιας επένδυσης και η ελαχιστοποίηση του μοναδιαίου κόστους σε συνεχή βάση, υπάγονται στο κοινό παρανομαστή παροχής ασφάλεια και ποιότητας στις αναπτυσσόμενες πελατειακές σχέσεις. (Stopford, 2009)

### **7.1. Οικονομικά Κριτήρια**

Τόσο η τεχνικοοικονομική ανάλυση (TEA) όσο και η ανάλυση κύκλου ζωής (LCA) είναι αποτελεσματικά εργαλεία για την αξιολόγηση της οικονομικής και περιβαλλοντικής σκοπιμότητας διαφόρων οδών βιοκαυσίμων, όσον αφορά την ανταγωνιστικότητά τους στην αγορά και τα περιβαλλοντικά οφέλη σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών αέρα.

Οι περισσότερες οικονομικές αξιολογήσεις επικεντρώνονται στην τιμή καυσίμου ή στο κόστος παραγωγής καυσίμων που δεν κυκλοφορούν στην αγορά. Το δε κόστος επένδυσης και συντήρησης ενδέχεται να διαφέρει κατά την επιλογή ενός νέου καυσίμου. Το κόστος παραγωγής και η τιμή αγοράς δεν είναι παρόμοια, καθιστώντας πολύ δύσκολη τη σύγκριση των υπαρχόντων καυσίμων και εκείνων που δεν βρίσκονται σε μεγάλη παραγωγή. Τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα έχουν αγορά και υποδομή και επομένως τιμές αγοράς, οι οποίες ποικίλλουν ανάλογα με τη ζήτηση.

Η αγορά των εναλλακτικών καυσίμων διαφοροποιείται στη εκάστοτε περίπτωση εξαρτώμενη από την παραγωγή, τις υπάρχουσες εργοστασιακές μονάδες καθώς επίσης και την εφοδιαστική αλυσίδα παράδοσης αν υπάρχει ανάγκη ή όχι για υποδομή, στοιχεία τα οποία συνολικά μπορούν να επηρεάσει επίσης την τιμή. Έτσι, η τιμή καυσίμου, η οποία συχνά αναφέρεται ως η πιο σημαντική παράμετρος στην επιλογή τεχνολογιών μετατροπής και φορέων ενέργειας, δεν είναι εύκολο να προβλεφθεί ακόμη και βραχυπρόθεσμα για τα συμβατικά καύσιμα, πόσο μάλλον για καύσιμα που δεν έχουν αναπτύξει εμπορική παραγωγή.



Ο αριθμός των σταδίων της διαδικασίας και της μεταφοράς πρώτων υλών είναι πιθανό να επηρεάσει το κόστος καυσίμου καθώς και της ίδιας της πρώτης ύλης (Andersson et al., 2020)

Στις συγκλίνουσες προσλαμβάνουσες των επιστημονικών μελετών που λήφθηκαν υπόψη προκειμένου για την συλλογή δεδομένων και την συγγραφή της παρούσας έρευνας ως προς τον χρηματοοικονομικό παράγοντα, παρουσιάζονται αναλυτικά οι τρεις σταθερές του Οικονομικού πλαισίου: το κόστος λειτουργίας του πλοίου, το κόστος επένδυσης και το ενεργειακό κόστος για τα εναλλακτικά καύσιμα.

### 7.1.1.Κόστος

Το συνολικό κόστος για τη διάρκεια ζωής ενός πλοίου υπολογίζεται, όπως παρακάτω, με βάση μια αναφορά κατά τη χρήση των κεφαλαιουχικών δαπανών (CAPEX) και των λειτουργικών εξόδων (OPEX).

$$Cumulative\ cost = CAPEX + \sum_{n=1}^{n=25} \frac{OPEX \times (1+i)^n}{(1+r)^n}$$

- όπου  $n$  είναι η ηλικία του πλοίου από 1 έως 25 έτη,
- $r$  είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο και
- $i$  είναι το ετήσιο ποσοστό πληθωρισμού.

Το πρόσθετο κόστος κεφαλαίου για τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων περιλαμβάνει κυρίως το κόστος μετατροπέα, το κόστος δεξαμενής αποθήκευσης και τυχόν απαραίτητα συστήματα επεξεργασίας (DNV GL, 2019a).

#### 7.1.1.1. Κόστος Επένδυσης/ Κεφαλαίου (CAPEX)

Με βάση τις συνεντεύξεις που διεξήγαγαν οι Florentinus et al. (2012), με τους αντίστοιχους ενδιαφερόμενους της αγοράς, είναι πολύ δύσκολο αυτή τη στιγμή να εκτιμηθεί το πραγματικό κόστος επένδυσης, καθώς εξαρτώνται από το μέγεθος, τη διαθεσιμότητα και την ωριμότητα της αγοράς. Για τους πλοιοκτήτες οι πιο ελκυστικές επενδύσεις είναι εκείνες όπου το επιχειρησιακό κόστος δείχνει μεγάλη εξοικονόμηση σε σύγκριση με τις επιχειρήσεις. Συνήθως με βάση τις χαμηλότερες τιμές των καυσίμων ή άλλα κίνητρα, ενώ το κόστος επένδυσής τους αποσβένεται για

τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα (η τεχνική διάρκεια ζωής ενός πλοίου μπορεί να είναι πάνω από 50 χρόνια)( Florentinus et al., 2012).

Το κόστος επένδυσης αντιπροσωπεύεται από το κεφαλαιακό κόστος της πρόωσης και τη σχετική ενσωματωμένη υποδομή ανά εγκατεστημένη χωρητικότητα κινητήρα και περιλαμβάνει το κόστος κινητήρων, δεξαμενών καυσίμων, αγωγών, συστημάτων συναγερμού αερίου και επεξεργαστών καυσίμου κ.λπ., επί του πλοίου (Hansson et al., 2019).

Η αλλαγή του τύπου της πηγής ενέργειας απαιτεί μετασκευή υπάρχοντος πλοίου ή κατασκευή νέου πλοίου. Το κόστος κεφαλαίου για κάθε εναλλακτική πηγή ενέργειας αναφέρεται στο συνολικό κόστος για τη ναυπηγική βιομηχανία ή τη μετασκευή του παλαιού πλοίου για την υιοθέτηση της νέας εναλλακτικής πηγής ενέργειας (Ren & Lützen, 2017).

Μακροσκοπικά ιδωμένο, έχοντας μια σφαιρική εικόνα της εφοδιαστικής αλυσίδας, το μεγαλύτερο μερίδιο των επενδύσεων απαιτείται στις χερσαίες υποδομές και στις εγκαταστάσεις παραγωγής καυσίμων χαμηλών εκπομπών άνθρακα, οι οποίες αποτελούν περίπου το 87% της συνολικής επένδυσης (Krantz et al., 2020).

#### Κόστος Μετατροπής

Ως κόστος μετατροπής λογίζονται οι υπάρχουσες υποστηρικτικές εγκαταστάσεις που θα είναι συμβατές με αντίστοιχο εναλλακτικό καύσιμο όπως η δομική κατασκευή των πλοίων LNG.

Για παράδειγμα, πρόσθετες δαπάνες που σχετίζονται με τροποποιήσεις του πλοίου υπάγονται κυρίως για υποδομές κινητήρων για το **FAME** σύμφωνα με τους ίδιους τους κατασκευαστές και είναι λιγότερο από 5% του κόστους του κινητήρα. Ως προς το **HVO** δεν υπάρχει επιπλέον αναφερόμενο κόστος κατά τη μετατροπή ειδικά όταν χρησιμοποιείται προηγμένο HVO. (DNV GL, 2019a)

Τυχόν πρόσθετα κόστη που σχετίζονται με τη χρήση του **LBG** θα ήταν τα ίδια ακριβώς με το LNG. Οπότε όταν ένα πλοίο έχει ήδη LNG, δεν υπάρχει επιπλέον κόστος (DNV GL, 2019b).

Από μελέτη συγκεκριμένων δειγματοληπτικών περιπτώσεων που διεξήγαγε ο DNV GL 2019<sup>43</sup>, παίρνοντας 2 εκ των παραμέτρων το κόστος του μετατροπέα και της δεξαμενής αποθήκευσης προέκυψαν τα παρακάτω:

- Το κόστος για δεξαμενές αποθήκευσης π.χ. για μεθανόλη και το HVO είναι το χαμηλότερο, ενώ το κόστος δεξαμενής LNG ποικίλλει ελαφρώς ανάλογα με την απόδοση του μετατροπέα.
- Για το υδρογόνο, η DNV GL βρήκε ότι οι δεξαμενές υγροποιημένου υδρογόνου είναι σημαντικά πιο ακριβές λόγω χαμηλότερων θερμοκρασιών αποθήκευσης, υψηλότερης ποιότητας μόνωσης και λιγότερων εφαρμογών στη θάλασσα (DNV GL, 2019a)

#### Κόστος παραγγελίας σε νεόκτιστα πλοία

Πρόκειται για μια αλλαγή συνδυασμού τεχνολογίας (κινητήρας και καύσιμο) κατά την αγορά νέων πλοίων η οποία μεταβάλλεται ανάλογα με το μέγεθος και τη λειτουργική διαχείριση του πλοίου. Τα έργα βιομάζας απαιτούν υψηλές επενδύσεις. Η χρηματοδότηση είναι επομένως ένα από τα βασικά στοιχεία προκειμένου να διασφαλιστεί η βιωσιμότητα του έργου (Tsita et al., 2013).

Ακόμα και αν και οι διαχειριστές πλοίων που κάνουν βελτιώσεις στην αποδοτικότητα μπορούν να κερδίσουν μακροπρόθεσμες εξοικονομήσεις, το βραχυπρόθεσμο κόστος θα μπορούσε να είναι εξαιρετικά απαγορευτικό, ειδικά για εκείνους στις αναπτυσσόμενες χώρες. Στα κράτη αυτά είχε επιτραπεί η παραίτηση συμμόρφωσης για το 2019 με τα μέτρα του ΟΗΕ, καθώς ορισμένοι παράγοντες καθιστούσαν δύσκολη την τήρηση των κανονιστικών προτύπων (Teeter and Cleary, 2014).

#### Ενεργειακό κόστος

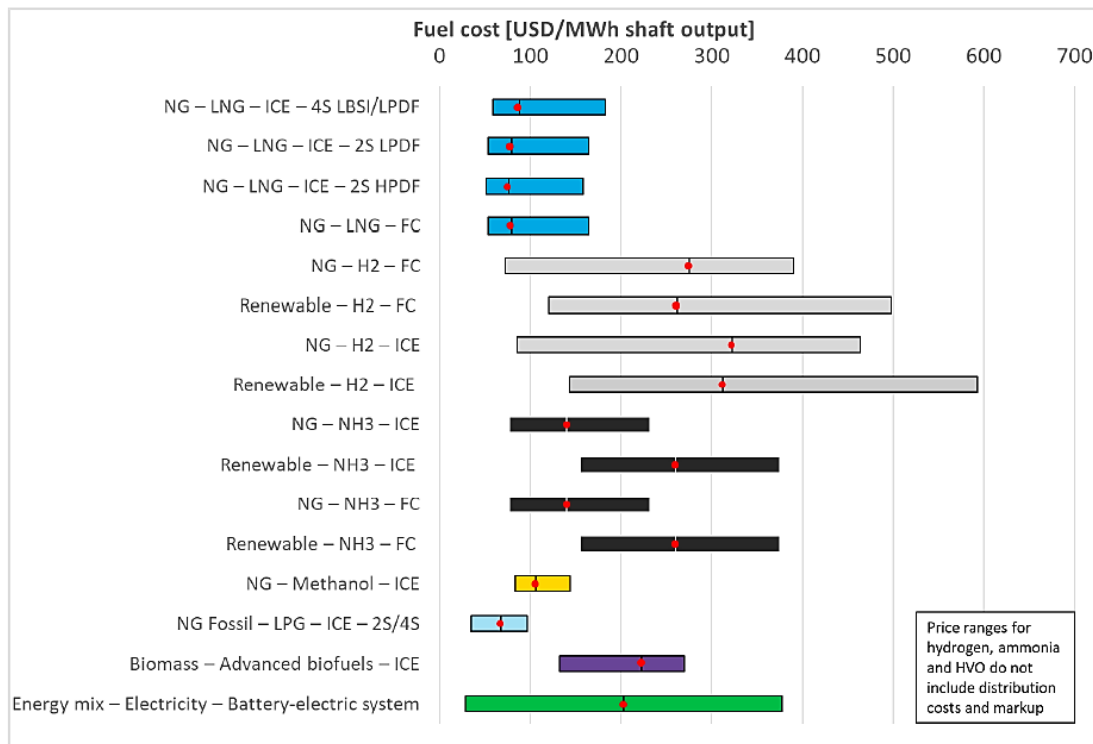
Στην μελέτη του DNV GL τα δεδομένα για το ενεργειακό κόστος, εξήχθησαν από τις διαθέσιμες πηγές και μετατράπηκαν σε έξοδο άξονα USD / MWh, επιτρέποντας μια άμεση σύγκριση του κόστους για τους διάφορους φορείς ενέργειας. Στην μετατροπή χρησιμοποιήθηκαν, η απόδοση του συστήματος και το ειδικό ενεργειακό περιεχόμενο του καυσίμου (βλέπε Σχήμα 7.1-1) (DNV GL, 2019a).

---

<sup>43</sup> Κατά τη σύγκριση του κόστους της δεξαμενής αποθήκευσης λήφθηκαν υπόψη η απόδοση του μετατροπέα, ο συντελεστής χρήσης της δεξαμενής και ο χρόνος αποθήκευσης (DNV GL, 2019a).

Από το παρακάτω Σχήμα 7.1-1. είναι σαφές ότι το LNG, η μεθανόλη και το υγραέριο είναι ανταγωνιστικά όσον αφορά το ενεργειακό κόστος, ενώ το HVO είναι σημαντικά πιο ακριβό. Το υδρογόνο και η αμμωνία είναι επίσης πολύ πιο ακριβιά, και το μεγάλο εύρος κόστους υποδηλώνει σημαντική αβεβαιότητα όσον αφορά την τιμολόγηση. Επιπλέον, το κόστος διανομής και η προσαύξηση δεν περιλαμβάνονται για υδρογόνο, αμμωνία και HVO στο παρακάτω σχήμα.

Βάση των δεδομένων των τρεχόντων σχεδίων και της τυπικής ταχύτητας ανάπτυξης τους η DNV GL δεν προβλέπει καμία σημαντική κίνηση προς αυτά τα καύσιμα έως το 2025-2030, κρίνοντας ότι ίσως αργότερα, να καταστεί αναγκαία η στροφή σε αυτές τις πηγές ενέργειας. (DNV GL, 2019a).



**Σχήμα 7.1-1:** Ενεργειακό κόστος για τα μονοπάτια καυσίμου / τεχνολογίας, λαμβάνοντας υπόψη το ενεργειακό περιεχόμενο και την απόδοση του συστήματος [USD / MWh] (Πηγή: DNV GL, 2019a).

### 7.1.1.2. Λειτουργικό Κόστος (OPEX)

Το κόστος λειτουργίας ενός πλοίου αποτελείται κυρίως από τα ακόλουθα, όπου το off-hire δεν είναι έξοδα μετρήσιμα, αλλά αποφέρει μείωση στα κέρδη:

- πλήρωμα

- ανταλλακτικά
- Ασφάλιση
- DD / SS, σύμφωνα με το πρόγραμμα DD / SS.

Οι εφοπλιστές υπολογίζουν το OPEX με βάση 365 εργάσιμες ημέρες ετησίως, ανεξάρτητα από το εάν το πλοίο είναι προς ενοικίαση ή όχι. Όταν το πλοίο είναι εκτός λειτουργίας, ο ναυλωτής δεν πληρώνει ενοικίαση ναύλωσης και, ως εκ τούτου, η ναυτιλία μειώνει τα έσοδα (Kavussanos, 2016).

Ειδικότερα το λειτουργικό κόστος αναφέρεται στο μισθό του πληρώματος, της εκπαίδευσης του πληρώματος, της ασφάλισης και του κόστους συντήρησης (Hansson et al., 2019). Ωστόσο ο DNV GL (2019) θα συμπεριλάβει στο λειτουργικό κόστος και το κόστος καυσίμου κατά τη συνολική διάρκεια ζωής ενός πλοίου (DNV GL, 2019a) κατά περίπτωση.

#### Κόστος Εκπαίδευσης Πληρώματος

Το κόστος εκπαίδευσης και ο μισθός του πληρώματος αντιπροσωπεύουν το κόστος για την εκπαίδευση και την επιμόρφωση των διαχειριστών και αντίστοιχα του πληρώματος για τη λειτουργία του πλοίου που θα χρησιμοποιήσει την εναλλακτική πηγή ενέργειας. Για παράδειγμα, η υιοθέτηση μιας πηγής ενέργειας όπως η αιολική ή ηλιακή ενέργεια, απαιτεί εξειδικευμένο πλήρωμα και ενδέχεται να απαιτούν υψηλότερους μισθούς από τα πληρώματα που διαχειρίζονται πλοία συμβατικών τεχνολογιών και καυσίμων.

#### Κόστος Συντήρησης και Επισκευής

Η υιοθέτηση εναλλακτικών πηγών ενέργειας προϋποθέτει την εγκατάσταση συστημάτων/μηχανών και υποδομών για την υποστήριξη της χρήσης τους, συνεπώς εμπεριέχεται και το κόστος επισκευής και συντήρησης αντιπροσωπεύει το κόστος επισκευής και συντήρησης των εγκαταστάσεων και υποδομών (Ren & Lützen, 2017).

### **7.2. Αγορά Εναλλακτικών Καυσίμων**

Στην έρευνα που διεξήχθη από τους Anderson et al., 2020 η πλειοψηφία των πλοιοκτητών απαντά ότι χρησιμοποιούν τα καύσιμα και την τεχνολογία που πληρούν τους κανονισμούς με το χαμηλότερο κόστος. Αυτό δείχνει την επιρροή των κανονισμών, αλλά και την οικονομική πραγματικότητα. Η δε ζυγαριά των

οικονομικών κριτηρίων γέρνει προς τις τιμές των καυσίμων. Το κόστος καυσίμου αποτελεί μεγάλο μέρος (περίπου τα 2/3 του κόστους ταξιδιού ενός πλοίου και πάνω από το 1/4 του συνολικού κόστους λειτουργίας ενός πλοίου) του λειτουργικού κόστους ενός πλοίου και επιπλέον υπάρχει ανταγωνισμός τιμών (Andersson et al., 2020).

Περίπου το 75% του υγρού καυσίμου του πλοίου που πωλείται είναι βαρύ εναπομένον καύσιμο και το υπόλοιπο 25% είναι απόσταγμα καυσίμου. Μόλις ένα πλοίο είναι πλήρως κατασκευασμένο και λειτουργικό, η χρήση καυσίμου καταλαμβάνει έως και το 50% του λειτουργικού κόστους λειτουργίας ενός πλοίου και είναι σύνηθες να ξοδεύονται 4-5 εκατομμύρια USA \$ για ανεφοδιασμό ενός μεγάλου πλοίου όταν οι τιμές των καυσίμων είναι υψηλές (Hsieh & Felby, 2017).

Οι αγορές βιοκαυσίμων καθιερώνονται πολιτικά και σε πολλές χώρες, στερούνται σταθερότητας και ωριμότητας. Υπάρχει μια αλληλεπίδραση μεταξύ των υπευθύνων χάραξης πολιτικής, ενδιαφερόμενα μέρη σε όλη την αλυσίδα αξίας βιοκαυσίμων και τελικούς χρήστες. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι η αγορά δεν καθοδηγείται αποκλειστικά από την καταναλωτική ζήτηση, αλλά δημιουργήθηκε με βάση τους στόχους εξοικονόμησης εκπομπών των GHG, τις γεωργικές και αγροτικές αναπτυξιακές πολιτικές και φιλοδοξίες ενεργειακής ανεξαρτησίας. Τα δομικά στοιχεία για τη δημιουργία των αγορών περιλαμβάνουν κρατική υποστήριξη για έρευνα και ανάπτυξη (E & A), επιχορηγήσεις και δάνεια για πρωταρχικές επενδύσεις, φορολόγηση καυσίμων και πιστώσεις φόρου, υποχρεώσεις ανάμειξης και διαφορετικά είδη εντολών. Αυτές οι εντολές μπορούν να καθοριστούν βάσει των μειώσεων εκπομπών στον τομέα των μεταφορών, το μερίδιο της ανανεώσιμης ενέργειας, την ένταση άνθρακα ή ογκομετρική προμήθεια βιοκαυσίμων. Τα κριτήρια βιωσιμότητας και ποιότητας των καυσίμων καθώς και η πιστοποίηση αυτών διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο ρυθμιστικό πλαίσιο του τομέα (IRENA, 2019).

Εφόσον παγκοσμίως οι μεγάλες ναυτιλιακές καταλαμβάνουνε λίγες και κυρίαρχες θέσεις στον χώρο της εμπορικής ναυτιλίας, κατά συνέπεια αποτελούν και τους μεγαλύτερους αγοραστές καυσίμων κατ' όγκων και κατ' επέκταση καθορίζουν και το παιχνίδι της αγοράς των καυσίμων.

Η τιμή των συμβατικών καυσίμων πλοίων ποικίλλει ανάλογα με την περιεκτικότητα σε θείο του καυσίμου, όπου η χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο είναι πιο ακριβή.

Επίσης οι τιμές μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με την ημέρα και την τοποθεσία του λιμανιού και τείνουν να είναι χαμηλότερες όταν βρίσκονται κοντά στο διυλιστήριο και κυμαίνονται συνεχώς λόγω της κερδοσκοπικής φύσης του εμπορίου πετρελαίου. Οι χαμηλές τιμές του πετρελαίου οδήγησαν επίσης τα μεγάλα πετρελαιοφόρα να γίνουν «πλωτές αποθήκες», καθώς περισσότερα εξευγενισμένα προϊόντα πετρελαίου διατηρούνται στη θάλασσα καθώς και οι έμποροι περιμένουν να αυξηθούν ξανά οι τιμές.

Η αναμενόμενη ζήτηση για καύσιμα πλοίων θα εξαρτηθεί από τις σχετικές τιμές των καυσίμων, τα ρυθμιστικά ζητήματα και τον τρόπο με τον οποίο οι διαφορετικές τεχνολογίες κινητήρων θα εξελιχθούν ώστε να καταστούν πιο οικονομικά αποδοτικές (Hsieh & Felby, 2017).

### **7.2.1. Τιμές Καυσίμων και παράγοντες**

#### Κόστος Καυσίμου

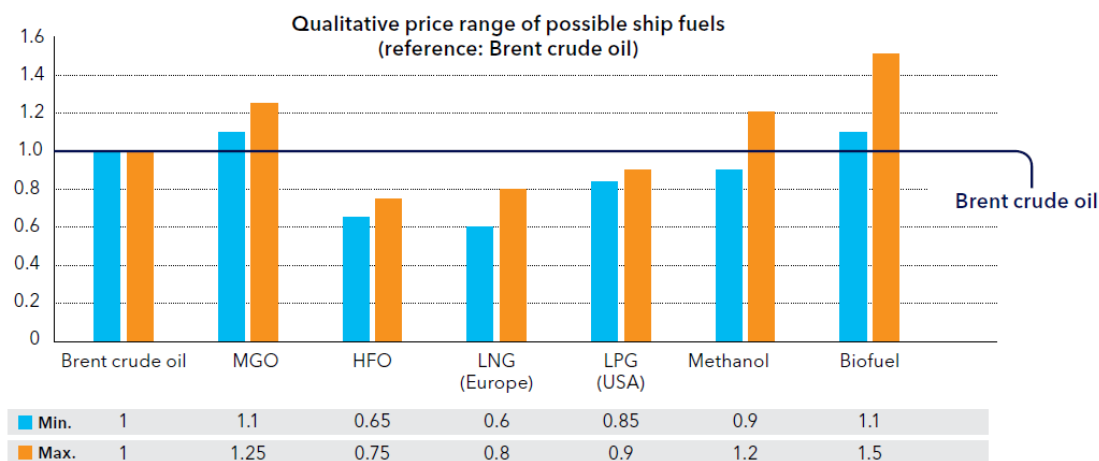
Οι περιφέρειες έχουν ποικίλες τιμές καυσίμου (ειδικά για φυσικό αέριο και ηλεκτρικό ρεύμα), φορολογικά καθεστώτα (π.χ. βενζίνη ή ντίζελ), συντελεστές χωρητικότητας (π.χ. για ηλιακή φωτοβολταϊκή και αιολική χωρητικότητα), ένταση εκπομπών ηλεκτρικής ενέργειας και ειδικά χαρακτηριστικά για κάθε χώρα (IEA, 2020). Αντιπροσωπεύεται δε από την εκτιμώμενη σχετική διαφορά τιμής / κόστους μεταξύ των καυσίμων που ερευνήθηκαν με βάση την τιμή τους (όταν είναι διαθέσιμη), εκτιμήσεις κόστους παραγωγής και εκτιμήσεις τιμών πρώτων υλών και αποδοτικότητας παραγωγής καυσίμων (Hansson et al., 2019).

Η τιμή του καυσίμου κατά τη διάρκεια ζωής του πλοίου, ή η επιθυμητή απόδοση επένδυσης (ROI) για μια δεδομένη περίοδο, είναι συχνά ο πιο σχετικός παράγοντας επιχειρηματικής επένδυσης. Η τιμολόγηση των καυσίμων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των συνθηκών της αγοράς, που είναι δύσκολο ή αδύνατο να προβλεφθούν. Για τη Διεθνή Ναυτιλία θα πρέπει να τονιστεί ότι οι επιδοτήσεις για τα προτιμώμενα καύσιμα δεν υπάρχουν επειδή τα καύσιμα πλοίων έχουν ήδη φοροαπαλλαγή.<sup>44</sup> Απομένει να δούμε αν αυτό θα αλλάξει, για παράδειγμα μέσω της εισαγωγής ενός προγράμματος τελών CO<sub>2</sub> (DNV GL, 2019b).

---

<sup>44</sup> Με βάση των παραδόσεων των ναυτιλιακών καυσίμων και τους εθνικούς φορολογικούς συντελεστές ντίζελ των 28 κρατών μελών της ΕΕ, η T&E υπολόγισε τον συνολικό μη καταβληθέντα

**Γράφημα 7.2-1.** Συγκριτική διακύμανση τιμών των εναλλακτικών καυσίμων βάση του Brent Crude Oil (Πηγή: DNV GL, 2019b).



Source: DNV GL, IEA

Σύμφωνα με το Γράφημα 7.2-1 του DNV GL. (2019b), το κόστος καυσίμου κυμαίνεται αναλόγως την προέλευση παραγωγής ή την μετέπειτα διαδικασία. Σήμερα η μεθανόλη παράγεται κυρίως από φυσικό αέριο. Για το λόγο αυτό, η τιμή της μεθανόλης είναι συνήθως πάνω από την τιμή του φυσικού αερίου. Η χαμηλότερη τιμή στο γράφημα αναφέρεται στη μεθανόλη που παράγεται από αέριο, ενώ το η ανώτερη τιμή αντικατοπτρίζει τη μεθανόλη που παράγεται από βιομάζα (DNV GL, 2019b). Τα εναλλακτικά καύσιμα που παράγονται από ορυκτές πρώτες ύλες είναι γενικά φθηνότερα από τα βιοκαύσιμα και έχουν μεγαλύτερη διαθεσιμότητα (Zhou et al., 2020).

---

ενεργειακό φόρο βάσει της απαλλαγής από τη ναυτιλία ETD έως 24 δις ευρώ. Ο μεγαλύτερος δικαιούχος είναι οι Κάτω Χώρες με απώλεια φόρου άνω των 6 δις ευρώ από τους περίπου 12 εκ. τόνους πωλήσεων ναυτιλιακών καυσίμων, ακολουθούμενο από το Βέλγιο με 4,5 δις ευρώ. Δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι οι χερσαίες χώρες και εκείνες με μικρές ακτές βρίσκονται στη λίστα. (Bannon E. (2019). *€24bn in fossil fuel subsidies 'a perverse incentive' for shipping pollution*. *Transport & Environment*, Available at: <https://www.transportenvironment.org/news/%E2%82%AC24bn-fossil-fuel-subsidies-%E2%80%98-perverse-incentive%E2%80%99-shipping-pollution> , (02.01.21 )]. Τον Ιανουάριο του 2020, στα πλαίσια του ψηφίσματος της Πράσινης Ευρωπαϊκής Συμφωνίας, το Κοινοβούλιο ενέκρινε τις προθέσεις της Επιτροπής για πρωτοβουλίες σχετιζόμενες με τις θαλάσσιες εκπομπές, τον τερματισμό των φορολογικών απαλλαγών στα ναυτιλιακά καύσιμα και τη ρύθμιση της ρύπανσης στους λιμένες (European Parliament, 2020).





Ο χρόνος για την εμπορική διαθεσιμότητα ελπιδοφόρων εναλλακτικών καυσίμων θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από το επίπεδο των προσπαθειών E & A, και ακόμη πιο πολύ από το επίπεδο και την ταχύτητα εφαρμογής των περιβαλλοντικών κανονισμών και την ανάπτυξη προγραμμάτων παροχής κινήτρων. Όπως φάνηκε στην παραπάνω μελέτη περιπτώσεων (Πίνακας 7.2-1), πολλά από τα υποσχόμενα εναλλακτικά καύσιμα πλοίων είναι πολύ πιο ακριβά από τις υπάρχουσες λύσεις και το ποσοστό υιοθέτησης θα είναι μικρό / στο πιλοτικό στάδιο έως ότου οι κανονισμοί ή τα συστήματα κινήτρων τα καταστήσουν πιο ανταγωνιστικά. Και φυσικά στον αντίποδα των μέτρων που θα υπάρξουν, έρχεται το κόστος. Αναλυτές όπως οι Buhaug et al. (2009) υποστηρίζουν ότι η εφαρμογή μέτρων μείωσης των εκπομπών είναι απαγορευτική ως προς το κόστος, ωστόσο τα κέρδη απόδοσης θα μπορούσαν να εξοικονομήσουν στη ναυτιλιακή βιομηχανία 50 δισεκατομμύρια δολάρια το χρόνο στο κόστος των καυσίμων, μειώνοντας παράλληλα τις εκπομπές κατά 220 εκατομμύρια μετρικούς τόνους ετησίως. Δεδομένου ότι τα καύσιμα είναι η πιο δαπανηρή πτυχή της λειτουργίας του πλοίου, καθώς αυξάνεται το κόστος των καυσίμων, υπάρχει μεγαλύτερο κίνητρο για τους διαχειριστές να εντοπίσουν καινοτόμους τρόπους μείωσης της σχετικής κατανάλωσης (UNEP, 2012).

Προς το παρόν, το κόστος των συνθετικών καυσίμων είναι υψηλό (έως 4,50 € ανά λίτρο ισοδύναμο ντίζελ). Το κόστος-στόχος περίπου 1 €/ ανά λίτρο ισοδύναμου ντίζελ φαίνεται πιθανό με εισαγωγές από περιοχές με πολύ καλές συνθήκες ηλιακής και αιολικής ενέργειας. Το αναφερόμενο κόστος-στόχος περιλαμβάνει την εξόρυξη CO<sub>2</sub> από τον αέρα του περιβάλλοντος.

Ωστόσο, το μελλοντικό κόστος καυσίμου αναμένεται επίσης να αυξηθεί για όλες τις άλλες παραλλαγές καθαρών μεταφορών με βάση το υψηλό μερίδιο της ανανεώσιμης ενέργειας που απαιτείται, οδηγώντας σε μείωση της διαφοράς κόστους των καθαρών καυσίμων κατά τη σύγκριση κινητήρων καύσης και ηλεκτρικών κινητήρων (Siegemund et al., 2017).

Δεδομένου ότι οι διεργασίες PtoF, στα ηλεκτροκαύσιμα, απαιτούν υδρογόνο που παράγεται μέσω ηλεκτρόλυσης χρησιμοποιώντας ενέργεια χωρίς άνθρακα ως βασικό φορέα ενέργειας, η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο πιο σχετικός παράγοντας κόστους για την παραγωγή PtoF, αντιπροσωπεύοντας περισσότερο από το 50% του κόστους παραγωγής.

Στον παρακάτω Πίνακα 7.2-2 φαίνεται το πιθανό εύρος τιμών για τα καύσιμα PtoF που έχουν εκτιμηθεί από διαφορετικές μελέτες, όπως η Dena (2018) και οι Brynolf et al. (2018).

Καύσιμο	Εκτιμώμενες μελλοντικές τιμές
Ανανεώσιμο Υδρογόνο	Μέχρι το 2030, εκτιμάται ότι θα κοστίζει 1.000 έως 2.000 USD ανά τόνο ισοδυνάμου πετρελαίου (toe),
Υγροποιημένο Βιοαέριο (Μεθάνιο)	1.500 έως 2.500 USD ανά toe
Συνθετικό Ντίζελ	1.700 έως 2.700 USD ανά toe
Συνθετική Μεθανόλη	1.700 έως 2.500 USD ανά toe
MGO (τρέχων κόστος)	Είναι περίπου 650 έως 700 USD ανά τόνο (Οκτώβριος / Νοέμβριος 2018). Ιστορικά, η τιμή MGO έφτασε τα 1.200 USD ανά τόνο το 2008 και κυμάνθηκε μεταξύ 900 και 1.000 USD ανά τόνο μεταξύ 2011 και 2013.
Αμμωνία (βάση ISTEP - 2017)	1.800 έως 2.300 USD ανά τόνο ισοδυνάμου μαζούτ σε ένα σενάριο χαμηλής έναντι υψηλών τιμών για το 2030, υποθέτοντας τη διαθεσιμότητα τεχνολογίας.

**Πίνακας 7.2-2.** Καύσιμα και εκτιμώμενες μελλοντικές τιμές (Πηγή: DNV GL, 2019b)

### ➤ Περίπτωση Ηλεκτροκαύσιμα – κόστος των drop in fuels

Τα καύσιμα PtoF με την ίδια ή παρόμοια χημική σύνθεση με τα ορυκτά καύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στους ίδιους κινητήρες και μπορούν να αναμειχθούν απευθείας με τα ορυκτά τους (drop in fuels). Το κόστος των μειγμάτων μείωσης καυσίμου εξαρτάται κυρίως από το κόστος του αντίστοιχου ορυκτού καυσίμου και την προστιθέμενη ποσότητα συνθετικού καυσίμου PtoF.

Είναι προφανές ότι η εισαγωγή και η μακροχρόνια χρήση συνθετικών καυσίμων από διεργασίες PtoF θα οδηγούσαν σε υψηλότερο κόστος σε σύγκριση με τις σημερινές και ιστορικές τιμές των καυσίμων. Μπορεί να υποθεθεί ότι ο ανταγωνισμός μεταξύ διαφορετικών επιλογών καυσίμου μπορεί να οδηγήσει σε συνδυασμό διαφορετικών καυσίμων πλοίων, ανάλογα με τη δεδομένη περιοχή εφαρμογής και συναλλαγών.

Οι μονάδες προμήθειας υπολογίζουν την παραγωγή άνθρακα, φυσικού αερίου και πετρελαίου που διεγείρεται βάσει της δεδομένης τροχιάς τιμών λαμβάνοντας υπόψη το κόστος διαφόρων επιλογών εφοδιασμού και τους περιορισμούς στους ρυθμούς παραγωγής. Στην περίπτωση που η τιμή δεν επαρκεί για την κάλυψη της παγκόσμιας ζήτησης, παρέχεται ανατροφοδότηση τιμών στο προηγούμενο επίπεδο τιμών και η ενεργειακή ζήτηση υπολογίζεται εκ νέου. Η νέα ζήτηση που προκύπτει από αυτήν την επαναληπτική διαδικασία τροφοδοτείται και πάλι στις ενότητες προσφοράς έως ότου επιτευχθεί ισορροπία μεταξύ ζήτησης και προσφοράς σε κάθε έτος προβολών. Οι προκύπτουσες τροχιές τιμών ορυκτών καυσίμων φαίνονται ομαλές, αλλά στην πραγματικότητα οι τιμές είναι πιθανό να είναι πιο ασταθείς και κυκλικές. Οι διαδρομές τιμών ορυκτών καυσίμων ποικίλλουν ανάλογα με τα σενάρια (ETC, 2018).

Στον παρακάτω Πίνακα 7.2-2. αποσαφηνίζονται συγκεντρωτικά λεπτομέρειες σχετικά με το ποια καύσιμα θα μπορούσαν ν' αντικατασταθούν και από ποια βιοκαύσιμα, βάση της μελέτης των Zhou et al., 2020. Επίσης δίνονται τα συγκλίνοντα στοιχεία μελετών σε συνάρτηση με: τη διαδρομή, πρώτη ύλη, συμβατότητα, διαθεσιμότητα <sup>1ης</sup> ύλης, κόστος, τεχνολογική ετοιμότητα, μέγεθος ενδιαφέροντος της βιομηχανίας και βάση αποδεικτικών στοιχείων. Τα συμπεράσματα του πίνακα έχουν ενσωματωθεί κατά περίπτωση στους συγκεντρωτικούς Πίνακες των τεσσάρων πυλώνων που παρατίθενται στο τέλος κάθε κεφαλαίου του Β' Μέρους.

**Πίνακας 7.2-2.** Πιθανά καύσιμα για διεθνή ναυτιλία έναντι κριτηρίων επιλογής (Zhou et al., 2020).

Fuel replaced	Fuel	Pathway	Feedstock	Selection criteria						Sources
				Compatibility	Feedstock availability	Cost	Tech readiness	Industry Interest	Evidence base	
Distillate (e.g., MGO)	FAME biodiesel	Transesterification	FOGs		✓	✓✓		✓✓		DNV GL, 2019; E4tech, 2018; Grijpma, 2018; Hoang & Pham, 2018; Hsieh & Felby, 2017; McGill, Remley, & Winther, 2013; Mohd Noor, Noor, & Mamat, 2018; PRIME, 2010; Tyrovolas, Dodos, Kalligeros, & Zannikos, 2017
			Vegetable oils (e.g., palm, soy)	✓	✓✓	✓✓	✓✓	–	✓✓	
	Hydrotreated renewable diesel	Hydrotreating	Waste FOGs		✓			✓✓		DNV GL, 2019; E4tech, 2018; Grijpma, 2018; Hansson, Månsson, Brynolf, & Grahn, 2019; Moirangthem & Baxter, 2016; Tyrovolas et al., 2017
			Vegetable oils (e.g., palm, soy)	✓✓	✓✓	✓	✓✓	–	✓✓	
	FT diesel	Gasification then Fischer-Tropsch synthesis	Lignocellulosic biomass	✓✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓	E4tech, 2018; Grijpma, 2018; Moirangthem & Baxter, 2016
			Natural gas			✓✓	✓✓	–		
	DME	Gasification then fuel synthesis	Lignocellulosic biomass		✓✓	✓	✓	✓✓	✓	Florentinus, Hamelinck, Van den Bos, Winkel, & Cullpers, 2012; Grijpma, 2018; Hsieh & Felby, 2017; Moirangthem & Baxter, 2016
			Natural gas		✓✓	✓✓	✓✓	✓	✓✓	
		Electrolysis then fuel synthesis	Renewable electricity and CO <sub>2</sub>	✓	✓	–	✓	✓✓	–	
		Gasification; fuel synthesis; methanol dehydration	Natural gas		✓✓	✓	✓	✓	✓	
	Methanol	Gasification then fuel synthesis	Natural gas		✓✓	✓✓	✓✓	✓	✓✓	European Commission, 2013; Andersson et al., 2016; Deniz & Zincir, 2016; DNV GL, 2019; E4tech, 2018; Grijpma, 2018; Hsieh & Felby, 2017; McGill et al., 2013; Moirangthem & Baxter, 2016
			Lignocellulosic biomass	✓	✓✓	✓	✓	✓✓	✓✓	
Electrolysis then fuel synthesis		Renewable electricity + CO <sub>2</sub>		✓	–	✓	✓✓	–		
Ethanol	Fermentation	Sugar and starch crops	✓	✓✓	✓✓	✓✓	–	–	Deniz & Zincir, 2016; DNV GL, 2019; E4tech, 2018; Florentinus et al., 2012; Hsieh & Felby, 2017	
	Cellulosic ethanol conversion	Lignocellulosic biomass		✓✓	✓	✓				
Residual (e.g. HFO)	Straight vegetable oil	N/A	Vegetable oils (e.g., palm, soy)	✓	✓✓	✓✓	✓✓	–	✓	E4tech, 2018; Grijpma, 2018; Hoang & Pham, 2018; Hsieh & Felby, 2017
	Pyrolysis bio-oil	Catalytic fast pyrolysis	Lignocellulosic biomass	–	✓✓	–	–	✓✓	–	Chryssakis, Brinks, & King, 2015; DNV GL, 2016; E4tech, 2018; Florentinus et al., 2012; Grijpma, 2018; Hsieh & Felby, 2017; Moirangthem & Baxter, 2016
	HTL bio-crude	Hydrothermal liquefaction (HTL)	Lignocellulosic biomass	–	✓✓	✓	–	–	–	Grijpma, 2018

Key: ✓✓ Good; ✓ Average; – Poor

Fuel pathway	Feedstock	Estimated production cost		Fossil fuel price		Price multiple	Reference
		\$/L	\$/MJ	\$/L	\$/MJ		
FAME Biodiesel	Vegetable oil, waste FOGs	\$0.75 to \$1.25	\$0.02 to \$0.035	\$0.57	\$0.016	1.3 to 2.2	Brown et al., 2020; Moriarty et al., 2018
HVO	Vegetable oil, waste FOGs	\$0.84 to \$1.38	\$0.024 to \$0.039			1.5 to 2.4	Pearlson, Wollersheim, & Hileman, 2013; (S&T) <sup>2</sup> Consultants Inc., 2018
FT diesel	Lignocellulosic biomass	\$0.85 to \$2.36	\$0.024 to \$0.066			1.5 to 4.1	Brown et al., 2020; Swanson et al., 2010
Methanol	Lignocellulosic biomass	\$0.33 to \$0.59	\$0.021 to \$0.037			1.3 to 2.3	Brown et al., 2020
Methanol	Natural gas, coal	\$0.22 to \$0.41	\$0.014 to \$0.026			0.9 to 1.6	Methanex, 2020
DME	Natural gas, coal	\$0.27 to \$0.40	\$0.014 to \$0.021			0.9 to 1.3	CEIC Global Database, 2020

**Πίνακας 7.2-3.** Συγκριτικές τιμές βιοκαυσίμων (Zhou et al., 2020).

Λόγω της έλλειψης υφιστάμενων δεδομένων παραγωγής και αγοράς σε εμπορική κλίμακα, οι εκτιμήσεις κόστους για τις περισσότερες διαδρομές βιοκαυσίμων δεύτερης γενιάς βασίζονται σε τεχνοοικονομικές αναλύσεις με βάση το κόστος, τις αποδόσεις και τις παραμέτρους λειτουργίας των μοντέλων. Οι εκτιμήσεις κόστους για τις αρχικές, πρωτοποριακές εγκαταστάσεις μικρότερης κλίμακας είναι γενικά μεγαλύτερες από εκείνες για μεγαλύτερα, πιο αποδοτικά σχέδια που αναμένεται να λειτουργήσουν περαιτέρω στο μέλλον.

Σύμφωνα με τη παρεχόμενη δεξαμενή πληροφοριών από μελέτες που διεξήχθησαν οι φθηνότερες επιλογές είναι η μεθανόλη και το DME που παράγονται από ορυκτά καύσιμα. Ωστόσο, και τα δύο καύσιμα έχουν σημαντικές ανησυχίες βιωσιμότητας και συμβατότητας που υπερβαίνουν τη χαμηλή τιμή τους. Το βιοντίζελ και το HVO είναι τα επόμενα φθηνότερα εναλλακτικά καύσιμα και τα δύο είναι ήδη διαθέσιμα σε εμπορικούς όγκους. Τα καύσιμα που παράγονται χρησιμοποιώντας νέες τεχνολογίες μετατροπής όπως το FT diesel έχουν υψηλό και αβέβαιο κόστος και ποσότητα πρώτης ύλης. Ωστόσο, αυτά τα καύσιμα δεν παράγονται ακόμη σε εμπορικούς όγκους και θα απαιτούν σταθερά κίνητρα και μακροπρόθεσμη βεβαιότητα πολιτικής για κλιμάκωση.

Κατά μέσο όρο, όλα τα καύσιμα που ερευνήθηκαν είχαν υψηλότερο κόστος από το ορυκτό καύσιμο, κυμαινόμενο από περίπου 10% περισσότερο (DME που προέρχεται από ορυκτά) έως σχεδόν τρεις φορές (λιγνοκυτταρινικό ντίζελ FT) της τιμής του MGO το 2019 (Zhou et al., 2020).

### 7.3. Χρηματοδότηση

#### Εισαγωγή

Οι θαλάσσιες μεταφορές, ιδίως στο πλαίσιο της απαλλαγής από τον άνθρακα, εξετάζουν και εφαρμόζουν ήδη τα σενάρια της «πράσινης & μπλε χρηματοδότησης», και οι ευκαιρίες για αυξημένη ροή κεφαλαίων στις θαλάσσιες μεταφορές κάνουν την εμφάνισή τους με πολλούς νέους τρόπους. Οι πρόσφατες εκδόσεις πράσινων ομολόγων έχουν στραφεί προς την αγορά χρέους για να υποστηρίξουν τη χρηματοδότηση τεχνολογικής αναβάθμισης και ανάπτυξης σε πολλά περιβαλλοντικά ζητήματα - με σκοπό την εφαρμογή νέων συστημάτων και διαδικασιών που μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των θαλάσσιων μεταφορών (De Vos et al., 2020).

Για την επιτυχή ενσωμάτωση των τεχνολογικών επιτευγμάτων έρευνας και ανάπτυξης που αναδύονται, απαραίτητη προϋπόθεση είναι οι δημόσιες και ιδιωτικές επενδύσεις να δράσουν συνεργατικά και σε ένα σταθερό πολιτικό περιβάλλον. Όπως καταδεικνύει η ιστορία, τα δημόσια αναπτυξιακά προγράμματα καινοτομίας είναι ζωτικής σημασίας για την παροχή σαφών και σταθερών μηνυμάτων σε επιχειρήσεις και επιχειρηματίες, η δε ορθή εφαρμογή τους εξαλείφει πιθανούς υψηλούς κινδύνους και αβεβαιότητες που χαρακτηρίζουν τα πρώτα στάδια της διαδικασίας καινοτομίας. Ωστόσο, η ιδιωτική δέσμευση και οι επενδύσεις θα είναι επίσης καθοριστικής σημασίας για την επίτευξη της ουσιαστικής μετάβασης της τεχνολογίας που απαιτείται για την απαλλαγή από τον άνθρακα, ιδίως στις φάσεις παρουσίασης και ανάπτυξής τους. Εν προκειμένω θα πρέπει να αξιοποιήσουν τις γνώσεις του ιδιωτικού τομέα για αγορές, επιχειρηματικά μοντέλα και πελάτες. Ωστόσο η μετάβαση αυτή είναι μια σκυταλοδρομία όπου έφτασε η στιγμή να αλλάξει τον πάροχο ενέργειας.

Ο αποκαρβονισμός είναι αναμενόμενο να δημιουργήσει τόσους κινδύνους όσες και ευκαιρίες, αν και η μετάβαση σε πηγές και τεχνολογίες ενέργειας από υδρογονάνθρακες δημιουργεί τεράστιες νέες ευκαιρίες, παράλληλα με προκλήσεις (European Commission, 2018).

Σε μία γενική επισκόπηση της αγοράς σε παρόντα χρόνο θα παρατηρήσουμε ότι ο αντίκτυπος της πανδημίας Covid-19 ή οποιασδήποτε κοινωνικό-οικονομικό-πολιτικής ανατροπής, κινεί τα νήματα της αγοράς. Παρακάτω στην αναφορά που

κάνει το *Clarkson's Financial Market Report Spring, 2020* σημειώνονται κάποια από τα σημαντικότερα:

Key Financial Indicators Summary			
<b>Syndicated Loans (\$bn)</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>+/- 2018</b>
Shipping	36.9	50.8	37.7%
Offshore	28.4	28.0	-1.4%
Shipyards	4.6	6.8	47.8%
Total	69.6	86.0	23.6%
<b>Shipping Capital Market (\$m)</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>+/- this year</b>
IPOs	15	0	-100.0%
Follow Ons	2,661	533	20.2%
Bonds	6,857	1,066	-6.7%
Total Shipping	9,533	1,599	0.6%
<b>Interest Rates*</b>	<b>2019</b>	<b>Mar-20</b>	<b>+/- this year</b>
\$ Libor 6 months	1.92%	0.99%	-0.9%
Euro	0.00%	0.00%	+0.0%
China	4.15%	4.05%	-0.1%
Japan	1.48%	1.48%	+0.0%
USA	4.75%	4.25%	-0.5%
<b>Currency Trends<sup>^</sup></b>	<b>2019</b>	<b>Mar-20</b>	<b>+/- this year</b>
\$/Euro	1.11	1.12	0.8%
Yen/\$	109.6	106.7	-2.7%
RMB/\$	7.00	6.94	-0.8%
NOK/\$	8.88	9.28	4.5%

\*Total full year/yttd, % +/- based on annualised figures. Includes OTC listings. \*End year/start month, % +/- based on absolute difference. ^End year/start month.

**Εικόνα 7.3–1.** Περίληψη βασικών χρηματοοικονομικών δεικτών (Πηγή: Clarksons Research, 2020)

#### Επισκόπηση εν έτη 2020:

- Οι οργανισμοί αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας έχουν υποβαθμίσει τη «Ναυτιλία» μετά την πανδημία.
- Οι εισηγμένες εταιρείες αντιμετώπισαν την μεταβλητότητα στην τιμή της μετοχής και κάποια μερίσματα ακυρώθηκαν ή μειώθηκαν. Η δε δραστηριότητα της κεφαλαιαγοράς μπήκε στην αναμονή.
- Επιλεκτικά κάποιοι ιδιοκτήτες κατάφεραν να εξασφαλίσουν χρηματοδότηση, διασφαλίζοντας τοιουτοτρόπως τη ρευστότητα του επόμενου έτους.
- Δυνατότητα κρατικής παρέμβασης και κρατικά εγγυημένα δάνεια. Οι τράπεζες μπορούν να χορηγούν μορατόριουμ για τις οικονομικές αποπληρωμές.

#### Παρατηρήσεις για την περίοδο 2008-2019

Στη δεκαετία μετά την οικονομική κρίση, παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στο χρηματοοικονομικό τοπίο:

- Μείωση του συνολικού μεριδίου των Ευρωπαϊκών τραπεζών (2008: 100% των κορυφαίων 10, 2020: 50%), με μειώσεις χωρητικότητας, καθώς και με αρκετές τράπεζες να βγαίνουν από τη ναυτιλία.



- Μείωση της χρηματοδοτικής ικανότητας της συνολικής αγοράς χρηματοδότησης πλοίων (κορυφαία 20 το 2008:~ 350 δισεκατομμύρια \$, κορυφαία 20 2020: ~ 250 δισεκατομμύρια \$).
- Διαφοροποίηση των πηγών χρηματοδότησης γενικά.
- Οι Επιτάχυνση της «πράσινης» ατζέντας συνοδευόμενη από τις πράσινες τεχνολογικές επενδύσεις.
- Μεγάλες τράπεζες, εστίασαν την προσοχή τους σε "κορυφαίας κατηγορίας" πελάτες τους, με τον ανταγωνισμό να ωθεί τα περιθώρια ακόμη χαμηλότερα από ό, τι πριν από ένα χρόνο.
- Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για το φορτίο και τις «πράσινες» τεχνολογικές επενδύσεις αυξάνεται, και καθοδηγείται με νέα λογιστικά πρότυπα (ΔΠΧΑ-16).
- Ενώ υπάρχει έλλειψη χρηματοδότησης, οι απαιτήσεις γι' αυτή ωστόσο παραμένουν, με 75,3 δισ. \$ για νέες παραγγελίες που δημιουργήθηκαν το 2019 και ένας παγκόσμιος στόλος αποτίμησε επιπλέον 1,0 δισεκατομμύρια δολάρια. Ο δε συνολικός «θαλάσσιος» δανεισμός το 2019 ανήλθε σε 206 δάνεια 86,0 δισεκατομμυρίων δολαρίων (κρουαζιέρα, υπεράκτια, πετρελαϊκή εξυπηρέτηση, δάνεια ναυπηγείων) (Clarksons Research, 2020).

### **7.3.1. Επενδυτικό κλίμα & Προϋποθέσεις Χρηματοδότησης**

Νόμος και νομική προσφυγή: Στενά συνδεδεμένη με την ύπαρξη πλαισίων πολιτικής και άλλων δομών διακυβέρνησης, η νομική προσφυγή αποτελεί κεντρικό πυλώνα της εμπιστοσύνης των επενδυτών και επιτρέπει τις επενδύσεις, συνεπώς μια χώρα χωρίς ισχυρό δικαστικό σύστημα, είναι πολύ απίθανο να λάβει άμεσες ξένες επενδύσεις (FDI) σε αξιόλογη κλίμακα, οι οποίες και χαρακτηρίζονται από υψηλότερο κίνδυνο και αβεβαιότητα.

Ασφάλεια: Η εμπιστοσύνη των επενδυτών κερδίζεται χάριν διαθεσιμότητας ασφαλιστικών μηχανισμών για την προστασία των κεφαλαίων από πιθανές απώλειες. Προσφέρεται, συνήθως από τον ιδιωτικό τομέα καθότι η αποτελεσματικότητα του δημόσιου τομέα αμφισβητείται ενόψει της προσδοκώμενης αντιστάθμισης των επιπτώσεων των οικονομικών απωλειών από κινδύνους που εμπίπτουν στην κλιματική αλλαγή (όπως καταστροφική πυρκαγιά, κατάρρευση της αγοράς ή άλλα προκαθορισμένα γεγονότα).

Ρευστότητα: Η αφθονία ρευστότητας στην αγορά, είναι επίσης ένας βασικός παράγοντας που δηλώνει την διαθεσιμότητα πολλαπλών παρόμοιων προϊόντων και μια υγιή ομάδα πιθανών αγοραστών αυτών των προϊόντων. Αυτό δείχνει ένα επενδυτικό κλίμα όπου τα περιουσιακά στοιχεία μπορούν να αγοραστούν και να πωληθούν εύκολα. Κι ενώ η ρευστότητα αποτελεί πολύτιμη προϋπόθεση για επενδύσεις, δεν είναι ζωτικής σημασίας, καθώς μπορεί να αντισταθμιστεί από επενδυτικά μοντέλα και στρατηγικές που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να ανέχονται υψηλό κίνδυνο.

Οι μεγαλύτεροι επενδυτές, ιδίως τα συνταξιοδοτικά ταμεία, τα κρατικά επενδυτικά ταμεία και οι μεγάλης κλίμακας διαχειριστές περιουσιακών στοιχείων όπως το BlackRock<sup>46</sup>, μπορούν να αλλάξουν το επίπεδο ρευστότητας στην αγορά μέσω των ατομικών τους ενεργειών. Μια απόφαση, για παράδειγμα, από ένα ταμείο όπως το BlackRock (το οποίο ανακοίνωσε πρόσφατα ένα νέο ταμείο κυκλικής οικονομίας, με σαφείς συνδέσεις με μια βιώσιμη μπλε οικονομία) για να εισέλθει σε έναν νέο χώρο ακολουθείται συνήθως από άλλους επενδυτές που ακολουθούν το προβάδισμα των καθιερωμένων παικτών. Η είσοδος από την Norges Bank Investment Management, η οποία προσκόμισε πρόσφατα οδηγίες για το πώς σκοπεύει να επενδύσει σε σχέση με τη βιώσιμη μπλε οικονομία, περνάει ένα ισχυρό μήνυμα προς οικοδόμηση εμπιστοσύνης και ρευστότητας στην μπλε οικονομία. Παρόμοιες γραμμές ακολουθούνται και για τις βιώσιμα αποδεκτές νέες τεχνολογίες και ανανεώσιμα καύσιμα της πράσινης ναυτιλίας.

Ασφάλεια και ταμειακές ροές: Μια βασική πρόκληση σε πολλές επενδύσεις χρηματοδότησης ανάπτυξης είναι η έλλειψη εύκολα αναγνωρίσιμης ασφάλειας ή η έλλειψη σαφούς ταμειακής ροής σε ένα δεδομένο έργο, ιδίως σε αναπτυσσόμενες χώρες όπου τα διαθέσιμα περιουσιακά στοιχεία είναι περιορισμένα. Η ανάπτυξη έργων που υποστηρίζουν τις ταμειακές ροές είναι συνήθως οφέλη προκύπτοντα από τον ιδιωτικό τομέα. Οι μεν κυβερνήσεις πρέπει να διασφαλίσουν εν ονόματι της

---

<sup>46</sup> Η BlackRock έχει δεσμευτεί να υποστηρίξει τον στόχο των καθαρών μηδενικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου έως το 2050 ή και νωρίτερα. Βοηθάνε τους επενδυτές να προετοιμάσουν τα χαρτοφυλάκια τους για έναν καθαρό μηδενικό κόσμο, συμπεριλαμβανομένων των ευκαιριών που δημιουργούνται από τη μετάβαση αυτή [(Πηγή: BlackRock. Net zero: a fiduciary approach. Available at: <https://www.blackrock.com/corporate/investor-relations/blackrock-client-letter> (10.02.2021)].

βιώσιμης ανάπτυξης που βρίσκεται στο προσκήνιο, την οικοδόμηση ενός περιβάλλοντος που δημιουργεί βεβαιότητα ταμειακών ροών και δημιουργεί έσοδα από υπηρεσίες οικοσυστήματος (De Vos et al.,2020).

Ο επενδυτικός εκτοπισμός μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τα αποτελέσματα του ΑΕΠ. Ένα μεγάλο μερίδιο της αύξησης του ΑΕΠ οφείλεται στις αυξημένες επενδύσεις που απαιτούνται για την ανάπτυξη των υψηλών κεφαλαιακών αναγκών των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μερικές από αυτές τις επενδύσεις χρηματοδοτούνται μέσω τραπεζικού δανεισμού, ενδεχομένως ανταγωνιστικών με άλλους παραγωγικούς τομείς. Σε περίπτωση πλήρους εξάλειψης, οι επιπτώσεις στο ΑΕΠ θα μπορούσαν να γίνουν οριακά αρνητικές. Σε περίπτωση μερικής συρρίκνωσης, τα αποτελέσματα είναι θετικά. Εν κατακλείδι, εκτός εάν η χρηματοδότηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ανταγωνίζεται 100% με επενδύσεις σε άλλους παραγωγικούς τομείς, οι επιπτώσεις στο ΑΕΠ αναμένονται να είναι θετικές (IRENA, 2016).

### **7.3.2. Γνώση και καινοτομία**

Προκειμένου η μπλε οικονομία και η πράσινη ανάπτυξη να λάβουν επενδυτικό κεφάλαιο, οι επιχειρήσεις, οι επιχειρηματίες και τα άτομα που εργάζονται στον τομέα πρέπει να γνωρίζουν και να κατανοούν πώς να διευθύνουν μια επιχείρηση και πώς να προβλέπουν και επιβλέπουν την ανάπτυξη. Επιπλέον, θα πρέπει να αναπτύσσεται μια γλώσσα επικοινωνίας με τους επενδυτές εν όψει του επιθυμητού αποτελέσματος και της εξοικείωσης με την εν δυνάμει επενδυτική τους απόφαση.

Η «επενδυτική ετοιμότητα» εμπεριέχει έννοιες όπως «ανάπτυξη της χρηματοοικονομικής γνώσης, η εμπειρία διαχείρισης επιχειρήσεων και η ικανότητα προγραμματισμού επιχειρήσεων». Κατά συνέπεια η αρωγή από αντίστοιχα εξειδικευμένες επιχειρήσεις θα παίζει σημαντικό ρόλο.<sup>47</sup>

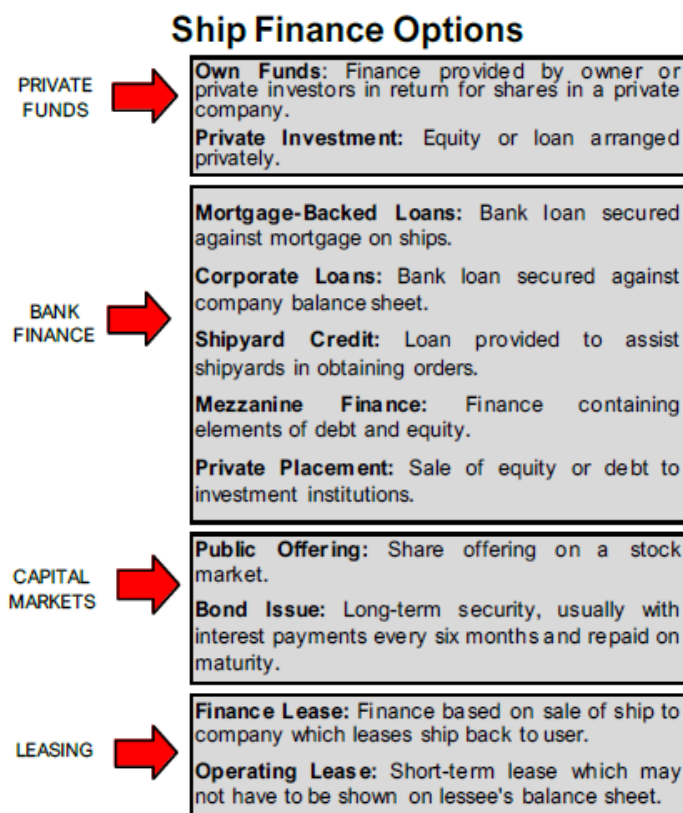
Οι γνώσεις αειφορίας και η ανοικοδόμηση μιας επενδυτικά βιώσιμης και πράσινης οικονομίας, προϋποθέτουν την καλή διαχείριση δεδομένων, άνευ εκ της οποίας καθίσταται σχεδόν αδύνατο να προβλεφθεί πόση απόδοση της επένδυσης (ROI)

---

<sup>47</sup> Η άμεση πρόκληση είναι ότι ο ναυτιλιακός τομέας έχει λίγες γνώσεις σχετικά με το χειρισμό και την εφαρμογή βιοκαυσίμων ως μέρος της παροχής καυσίμων (Chia-wen Carmen Hsieh, 2017)

είναι πιθανό να υπάρξει σ' ένα έργο, και επομένως τι είδους επενδυτής θα προσπαθήσει να προσελκύσει ή πώς να δομήσει μια επενδυτική πρόταση.

Για να είναι επιτυχημένη η επένδυση και η ανάπτυξη, οι συμπληρωματικοί ρόλοι του δημόσιου και ιδιωτικού τομέα πρέπει να είναι σε θέση να συνεργαστούν και να αναγνωρίσουν ο ένας στον άλλο τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς. Συχνά περιλαμβάνουν κυβερνητικά υπουργεία και οργανισμούς (συμπεριλαμβανομένης της τοπικής αυτοδιοίκησης), κατόχους γνώσεων όπως πανεπιστήμια, ΜΚΟ και ερευνητικά κέντρα, ιδιωτικές οντότητες, συμπεριλαμβανομένων επιχειρηματικών επωαστήρων και επιταχυτών, συχνά με κάποια διασύνδεση με επενδυτές, ιδίως με επενδυτές και επιχειρηματίες με ενδιαφέρον για επενδύσεις σε πρωτοεμφανιζόμενες ιδέες (De Vos et al.,2020).



**Εικόνα 7.3-2.** Επιλογές Ναυτιλιακής Χρηματοδότησης (Πηγή: Clarksons Research, 2020b)

### 7.3.3. Περί τύπων και πηγών κεφαλαίου

Όταν εξετάζουμε τη χρηματοδότηση έργων βιώσιμης οικονομίας, ένα βασικό βήμα είναι να κατανοήσουμε ποιος παρέχει το κεφάλαιο και τι αναμένεται σε αντάλλαγμα (De Vos et al.,2020).

Η μετατόπιση της απλής μεγιστοποίησης των κερδών στις ναυτιλιακές εταιρείες, σε μια αύξηση της σταθερής αγοραίας αξίας προϋποθέτει την προώθηση επενδυτικών σχεδίων ανάπτυξης με θετικές αποδόσεις.

Ο έντονος ανταγωνισμός στις ναυτιλιακές αγορές οδήγησε τις ναυτιλιακές εταιρείες να επιδιώκουν συνεχώς τη λειτουργική ευελιξία, τη διαχειριστική αποτελεσματικότητα και την ισχυρή χρηματοοικονομική ρευστότητα.

Υπάρχει το προνόμιο της επιλογής δύο εκ των προσεγγίσεων χρηματοδότησης ναυτιλιακών κεφαλαίων: Η εσωτερική - που βασίζεται στην ισχυρή εταιρική κερδοφορία και επάρκεια χρηματοδότησης επενδυτικών αποφάσεων και η εξωτερική, όπου η εταιρεία στρέφεται στις διεθνείς κεφαλαιαγορές για να συγκεντρώσει τα απαιτούμενα επενδυτικά κεφάλαια (Sygiourou, 2007).

#### ➤ Παγκόσμιο Χρηματοπιστωτικό Σύστημα και Μορφές Χρηματοδότησης

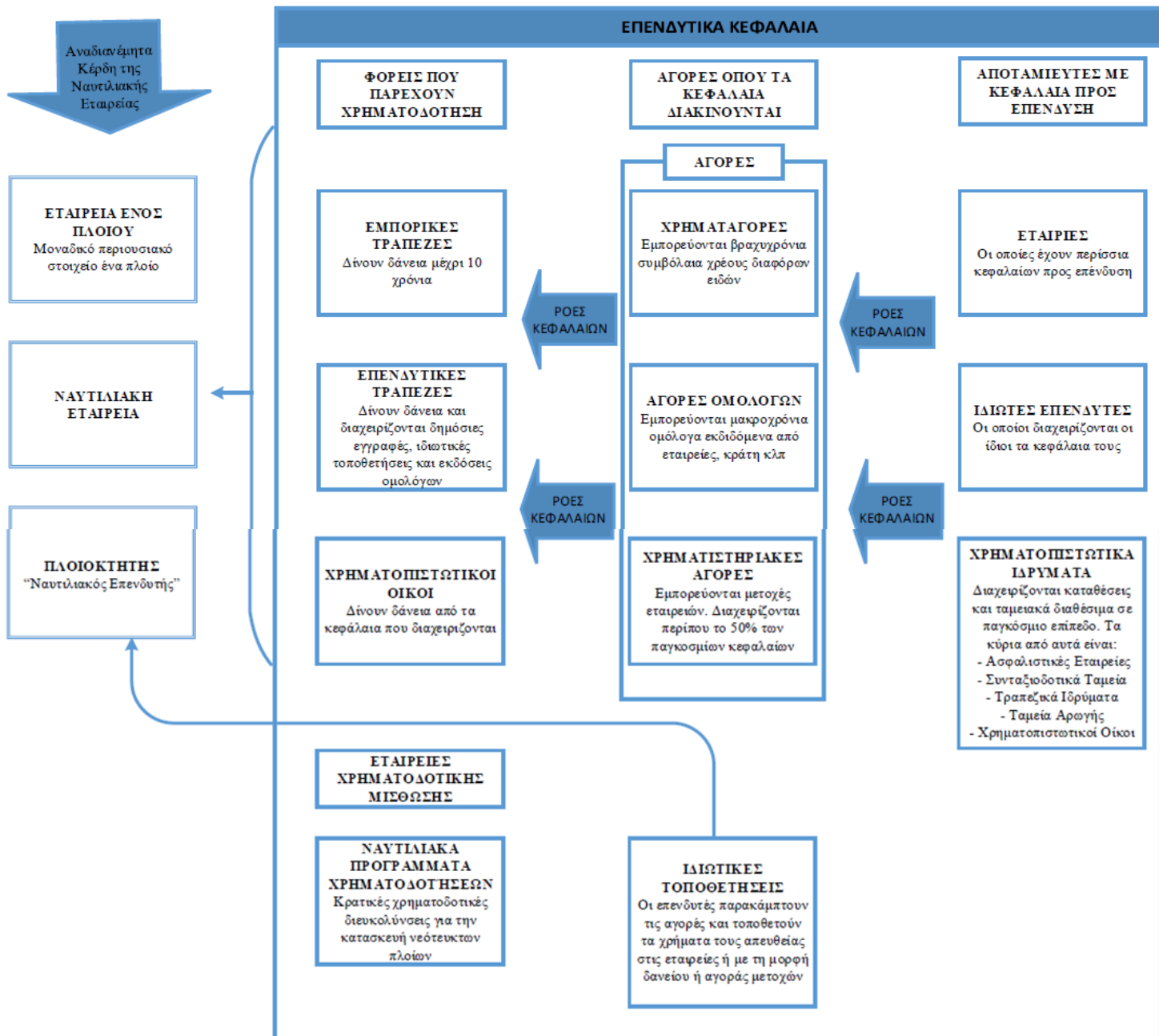
Η ναυτιλιακή χρηματοδότηση αποτελεί βασικό παράγοντα για την ανάπτυξη και επέκταση της επιχειρηματικής δραστηριότητας των ναυτιλιακών εταιρειών. Στο παρακάτω Σχήμα 7.3-1 απεικονίζονται τα διαφορετικά τμήματα του παγκοσμίου χρηματοπιστωτικού συστήματος, τα οποία συνεργάζονται μεταξύ τους έτσι ώστε να χρηματοδοτηθεί μία ναυτιλιακή εταιρεία.

Πρώτη πηγή χρηματοδότησης είναι οι αποταμιεύσεις επιχειρήσεων και νοικοκυριών, οι οποίες χρειάζεται να επενδυθούν. Αν και μερικοί αποταμιευτές επιλέγουν να επενδύσουν τα χρήματά τους μόνοι τους, αυτή τη στιγμή πάνω από το 80% των αποταμιεύσεων βρίσκονται στα χεριά επενδυτικών συμβούλων, τραπεζών και εταιρειών, όπως συνταξιοδοτικών ταμείων, ασφαλιστικών εταιρειών, ταμείων αρωγής, αμοιβαίων κεφαλαίων και εμπορικών τραπεζών, οι οποίοι λαμβάνουν χρήματα με μορφή κατάθεσης.

Ξεκινώντας από τα δεξιά του σχήματος 7.3-1, η πρώτη στήλη του σχήματος δείχνει τις πηγές κεφαλαίων, η δεύτερη τις αγορές όπου τα κεφάλαια διακινούνται και η τρίτη τους ενδιάμεσους που έχουν πρόσβαση στις αγορές της δεύτερης στήλης και παρέχουν τα αναγκαία κεφάλαια στις ναυτιλιακές εταιρείες.

Οι επαγγελματίες διαχείρισης κεφαλαίων μπορούν ή να επενδύσουν τα χρήματα ή να τα δανείσουν. Ο επενδυτής εμπιστεύεται τα χρήματα του σε ένα επιχειρηματικό εγχείρημα με αντάλλαγμα μερίδιο στα κέρδη. Συνήθως ο μόνος τρόπος να πάρει

πίσω τα κεφάλαια του είναι να πουλήσει τις μετοχές σε κάποιον τρίτο. Αντίθετα, ο δανειστής προκαταβάλει χρήματα για μία προκαθορισμένη χρονική περίοδο έναντι τακτικών πληρωμών τόκων και ενός συγκεκριμένου χρονοδιαγράμματος αποπληρωμής του αρχικού κεφαλαίου.



Σχήμα 7.3 – 1. Σχεδιάγραμμα Χρηματοδότησης Ναυτιλιακών Επενδύσεων βασισμένο στον Stopford, 2009(Τουτουζής, 2018).

Οι διαχειριστές κεφαλαίων μπορούν να τοποθετήσουν τα κεφάλαια απευθείας στις εταιρείες που χρειάζονται χρηματοδότηση. Αυτό είναι γνωστό σαν ιδιωτική τοποθέτηση κεφαλαίων. Ο επενδυτής/δανειστής, που μπορεί να είναι ένα συνταξιοδοτικό ταμείο ή μία ασφαλιστική εταιρεία, διαπραγματεύεται μία οικονομική συμφωνία η οποία να ταιριάζει και στα δύο αντισυμβαλλόμενα μέρη. Η συμφωνία μπορεί να είναι είτε η παροχή δανείου, είτε η συμμετοχή στο μετοχικό κεφάλαιο της εταιρείας.

Αν και η ιδιωτική τοποθέτηση είναι ευρέως διαδεδομένη, παρουσιάζει αρκετές τεχνικές δυσκολίες. Οι διαχειριστές κεφαλαίων επωμίζονται τη διαχειριστικό έργο της ανάλυσης συγκεκριμένων επενδυτικών προτάσεων. Επίσης το δάνειο ή η ιδιωτική τοποθέτηση κεφαλαίων για αγορά μέτοχων δεν χαρακτηρίζονται από ρευστότητα, με αποτέλεσμα οι κινήσεις που μπορεί να κάνει ο επενδυτής σε περίπτωση που θέλει να διαφοροποιήσει το κεφάλαιο του να είναι περιορισμένες (Τουτουτζής, 2018).

#### **7.3.4. Προσεγγίζοντας πιθανές λύσεις και συναντώντας πιθανά εμπόδια**

##### **A. Προτάσεις αξιοποίησης μηχανισμών σε πιλοτικά project των εναλλακτικών καυσίμων**

Στα πλαίσια της έκθεσης για Getting to Zero Emission παρατίθενται οι πρωτεργάτες των εναλλακτικών καυσίμων σε συνάρτηση με τα οικονομικά, τεχνικά, κανονιστικά εμπόδια που αντιμετωπίζουν ως το πρώτο πιλοτικό κύμα εμπορικής κλίμακας. Η δημόσια χρηματοδοτική στήριξη των επενδύσεων, θεωρείται κρίσιμη για την έναρξη του πρώτου κύματος και τη μείωση της χρηματοοικονομικής επιβάρυνσης για τους «πρώτους που θα το εφαρμόσουν» καθώς και για τις ιδιωτικές επενδύσεις κινδύνου, ιδίως για την παροχή χρεών, διευκολύνοντας συνεπώς τη χρηματοδότηση των έργων και ενδεχομένως τη μείωση του κόστους κεφαλαίου που αντιμετωπίζουν διάφοροι ενδιαφερόμενοι που εμπλέκονται σε αυτούς τους πιλότους (ETC. 2020).

Προτάσεις αξιοποίησης μιας σειράς μηχανισμών όπως:

**Άμεσες επιχορηγήσεις:** Οι άμεσες επιδοτήσεις για αγορά εξοπλισμού είναι ο πιο προφανής μηχανισμός που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι κυβερνήσεις προς διευκόλυνση. Για πιλότους που εδρεύουν στην Ευρώπη, για παράδειγμα, υπάρχουν αρκετά κονδύλια της ΕΕ, όπως το EIC Fast Track to Innovation and Connecting

Europe Facility, που εστιάζουν ειδικά σε έργα αειφορίας υψηλού κινδύνου. Ωστόσο, οι άμεσες επιχορηγήσεις δεν επιτρέπουν καμία απόδοση επένδυσης για τους φορολογούμενους και περιορίζουν τη δυνατότητα συγκέντρωσης ιδιωτικών κεφαλαίων.

**Ευνοϊκά δάνεια:** Οι κυβερνήσεις μπορούν επίσης να διευκολύνουν τη χρηματοδότηση επενδύσεων παρέχοντας δάνεια με ευνοϊκούς όρους σε πιλοτικά έργα «πρώτης κίνησης» μέσω δημόσιων χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων, τα οποία επιτρέπουν σε βασικούς ενδιαφερόμενους να έχουν πρόσβαση σε κεφάλαια με χαμηλότερο κόστος χρηματοδότησης από αυτό που θα είχε προσφέρει ένας ιδιωτικός πάροχος χρέους. Από την άποψη των δημόσιων οικονομικών, ένας τέτοιος μηχανισμός επιτρέπει την τακτική ανακύκλωση των χρημάτων των φορολογουμένων σε έργα καθώς τα δάνεια επιστρέφονται και επανεπενδύονται.

**Εγγυήσεις δανείου:** Τα εργαλεία δημόσιας χρηματοδότησης μπορούν επίσης να ξεκλειδώσουν τη χρηματοδότηση επενδύσεων από ιδιωτικά χρηματοπιστωτικά ιδρύματα<sup>48</sup> μέσω μηχανισμών που μειώνουν τον κίνδυνο για αυτούς τους επενδυτές, δημιουργώντας έτσι υψηλότερη μόχλευση για το ίδιο ποσό δημόσιου χρήματος που επενδύεται. Οι εγγυήσεις δανείου είναι ένα παράδειγμα ενός τέτοιου μηχανισμού.

**Συνεργασία Δημόσιου-Ιδιωτικού Τομέα:** Η εξασφάλιση συγχρηματοδότησης από οντότητα του δημόσιου τομέα θα μειώσει το ποσό της επένδυσης που απαιτείται από την ίδια την αλυσίδα αξίας της ναυτιλίας. Μερικές φορές μπορεί να προτιμάται από δημόσιους φορείς, καθώς δημιουργεί την ευκαιρία για τον δημόσιο φορέα να λάβει πιθανές αποδόσεις στα κεφάλαια που έχουν επενδυθεί. Η δημόσια συν-επένδυση μπορεί επίσης να σχεδιαστεί για να συσσωρεύεται σε ιδιωτικό κεφάλαιο διασφαλίζοντας ότι ο δημόσιος φορέας αναλαμβάνει υψηλότερο επίπεδο κινδύνου από τους ιδιώτες επενδυτές.

**Πιστώσεις φόρου επενδύσεων:** Επιτρέποντας την αξίωση κεφαλαιουχικών δαπανών που σχετίζονται με έργα «πρώτης κίνησης» ως πίστωση φόρου, οι

---

<sup>48</sup> Περιλαμβάνουν πολυμερείς τράπεζες ανάπτυξης (MDBs), τράπεζες περιφερειακής ανάπτυξης, διμερείς τράπεζες ανάπτυξης και πολλά άλλα, και δανείζουν σε χώρες και όχι εταιρείες. Επικεντρώνονται σε ένα ευρύ φάσμα έργων και τομέων, με αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη διατήρηση και τη βιωσιμότητα. Έχουν τη δυνατότητα να εκταμιεύσουν κεφάλαια με διαφορετικούς τρόπους (De Vos et al.,2020).



κυβερνήσεις μπορούν να δημιουργήσουν ένα κίνητρο για τους εταιρικούς φορείς να επενδύσουν σε έργα «πρώτης κίνησης» χρησιμοποιώντας εταιρικούς ισολογισμούς. Επιπρόσθετη δημόσια υποστήριξη σε πράξεις μηδενικών εκπομπών, για παράδειγμα με τη μορφή άμεσων ή έμμεσων επιδοτήσεων στο κόστος καυσίμων ή στο κόστος εκπαίδευσης του προσωπικού, πιθανότατα θα απαιτείται επιπλέον επενδυτική στήριξη για τη μείωση του αντίκτυπου μετάβασης σε καύσιμα μηδενικής εκπομπής στις τιμές αποστολής και επομένως διευκολύνει την απορρόφηση του πρόσθετου κόστους της «πράσινης αποστολής» από τους ιδιοκτήτες φορτίου και τους τελικούς καταναλωτές (ETC, 2020).

### **B. Προσεγγίζοντας πιθανά εμπόδια της αγοράς:**

Στην εν λόγω έρευνα των Stulgis et al. (2014), παραθέτουν κάποια από τα πιθανά εμπόδια της αγοράς στο να μεταβούν σε υποσχόμενες εναλλακτικές τεχνολογίες.<sup>49</sup>

- **Έλλειψη κεφαλαίου:** Αν και οι περίοδοι αποπληρωμής είναι μικρές, οι εφοπλιστές αγωνίζονται να χρηματοδοτήσουν αυτές τις τεχνολογίες εκ των προτέρων.
- **Διαχωρισμένα κίνητρα:** Συχνά ο πλοιοκτήτης, ο οποίος θα χρειαζόταν να πληρώσει για μια αναβάθμιση τεχνολογίας, δεν πληρώνει για το κόστος καυσίμου του πλοίου του, συνεπώς δεν θα βλέπει κανένα όφελος ή ακόμη και αποπληρωμή από την επένδυση σε μετασκευή. Επιπροσθέτως, δεν είναι εμπορικά ελκυστικό για έναν ναυλωτή να αναλάβει χρηματοδότηση εάν η αποπληρωμή μιας τεχνολογίας είναι μικρότερη από τη διάρκεια της ναύλωσης (βάση του τύπου και διάρκεια ναύλωσης).
- **Μέτρηση και επαλήθευση** (ειδικά για τις τεχνολογίες απόδοσης καυσίμου): Ο ακριβής υπολογισμός της εξοικονόμησης καυσίμου που προκύπτει από τον εξοπλισμό απόδοσης καυσίμου απαιτεί μια ισχυρή και αξιόπιστη μεθοδολογία και προηγμένο εξοπλισμό παρακολούθησης.
- **Έλλειψη υποδομής** κυρίως για τα εναλλακτικά καύσιμα: Υπάρχει ανάγκη για νέα υποδομή τροφοδοσίας και εγγυημένη προμήθεια εναλλακτικών καυσίμων, όπως το LNG (Stulgis et al., 2014).

---

<sup>49</sup> Στηριζόμενοι σε ήδη υπάρχουσες έρευνες - από σχεδόν 150 παγκόσμιες ναυτιλιακές εταιρείες.

### **7.3.5. Οι ιδιότητες των χορηγών, των developers και της στοχευόμενης πηγής χρηματοδότησης για προηγμένες επενδύσεις σε βιοκαύσιμα:**

#### 1. Στρατηγικοί developers: παροχή ιδίων κεφαλαίων

• Πολλοί developers σε προηγμένα βιοκαύσιμα είναι μεγάλες εταιρείες σε στρατηγική θέση για να επωφεληθούν από τη διαφοροποίηση καυσίμων, όπως οι εταιρείες πετρελαίου (BP, ENI, Neste, Preem, Shell, Sinopec, Total), εταιρείες πηγών (Fibria, UPM), εταιρείες γεωργικής ενέργειας, μεγάλοι παραγωγοί 1G (Little Sioux Corn Processors, Raizen, REG) και εταιρείες χημικών και τεχνολογιών επεξεργασίας (Dupont, Honeywell). Αυτές οι εταιρείες έχουν υψηλότερη από το μέσο όρο ανοχή κινδύνου για τη διεξαγωγή E & A για τον εντοπισμό και την ανάπτυξη κατάλληλων τεχνολογιών μετατροπής και την κατασκευή εγκαταστάσεων επίδειξης για χρήση πριν από την αναβάθμιση. Τη ραχοκοκαλιά αποτελεί η χρηματοδότηση ισότητας, η οποία μπορεί να συμπληρώνεται από εταιρικά δάνεια, ή επιχορηγήσεις, δάνεια ή εγγυήσεις από μηχανισμούς υποστήριξης E & A του δημόσιου τομέα.

• Άλλοι developers είναι συνήθως από εταιρείες τεχνολογίας και επεξεργασίας, οι οποίες συχνά έχουν αναπτύξει ιδιόκτητες τεχνολογίες για εμπορευματοποίηση και κλιμάκωση (Enerkem, Gevo, Sundrop Fuels). Προέρχονται συνήθως από νεοσύστατες επιχειρήσεις που έχουν σχηματίσει στρατηγικές συνεργασίες με μη ανταγωνιστικούς τεχνολογικούς εταίρους, χρηματοδότες και εταιρείες επιχειρηματικού κεφαλαίου (VC). Η διαθεσιμότητα και το κόστος χρηματοδότησης μπορεί να είναι σημαντικά ζητήματα για αυτές τις εταιρείες (IRENA, 2019).

#### 2. Χρηματοοικονομικοί επενδυτές: παροχή ιδίων κεφαλαίων, ημι-ίδια κεφάλαια και πίστωσης

• Οι αρχικοί επενδυτές σε νεοσύστατες επιχειρήσεις περιλαμβάνουν καινοτόμους και ιδιώτες επιχειρηματίες, επενδυτές, εταιρείες VC και εμπορικές τράπεζες, ο καθένας φέρνει ιδιωτικά ίδια κεφάλαια και ημι-ίδια κεφάλαια. Οι εταιρείες VC συνήθως αναζητούν ποσοστό συμμετοχής 15-45%, συχνά επιθυμούν να εκπροσωπούνται στο διοικητικό συμβούλιο ή στη διοίκηση. Το ποσοστό αποτυχίας εκκίνησης είναι πολύ υψηλό, που σημαίνει ότι οι επενδυτές σε αρχικό στάδιο αναζητούν αποδόσεις που υπερβαίνουν δέκα φορές την αρχική τους επένδυση.

- Οι εμπορικές τράπεζες έχουν ανοχή χαμηλού κινδύνου και απαιτούν ασφάλεια για δάνεια. Ο ρόλος τους επομένως είναι περιορισμένος όταν οι εταιρείες δεν διαθέτουν ακόμη ενσώματα περιουσιακά στοιχεία για ασφάλεια. Μέχρι να λειτουργήσει ένα βιολογικό διυλιστήριο και να πραγματοποιήσει πωλήσεις, οι προγραμματιστές προηγμένων βιοκαυσίμων συχνά εξαρτώνται από μη εξασφαλισμένα δάνεια με ευέλικτα χρονοδιαγράμματα αποπληρωμής ή που είναι μετατρέψιμα σε ίδια κεφάλαια.

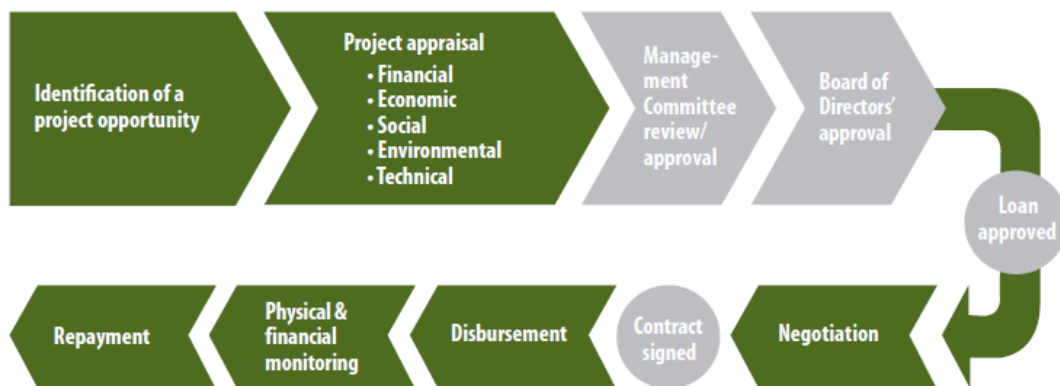
- Η παραδοσιακή δομή χρηματοδότησης έργων, στην οποία οι ταμειακές ροές και η συμβατική ρύθμιση θεωρούνται επαρκείς για την εξασφάλιση της αποπληρωμής του χρέους (δηλαδή δεν υπάρχει προσφυγή έναντι περιουσιακών στοιχείων χορηγών) είναι ασυνήθιστη στην επιχειρηματικότητα των προηγμένων βιοκαυσίμων. Σε αντίθεση με τον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπου ούτε τα πάγια περιουσιακά στοιχεία ούτε η συμβατική ρύθμιση (κυρίως για την προμήθεια πρώτων υλών και την ανοδική πορεία των προϊόντων) θεωρούνται αρκετά ασφαλή για τη χρηματοδότηση έργων (IRENA, 2019).

### 3. Δημόσιος τομέας: παροχή ιδίων κεφαλαίων, πιστώσεων, επιχορηγήσεων και εγγυήσεων

- Πολλές χώρες (Βραζιλία, Καναδάς, Ευρώπη, Ινδία, ΗΠΑ) που προωθούν προηγμένα βιοκαύσιμα στις ενεργειακές και κλιματικές τους στρατηγικές προσφέρουν συγχρηματοδότηση (επιχορηγήσεις, εγγυήσεις δανείων, δάνεια χαμηλού κόστους, φορολογικά κίνητρα) για το κεφαλαιουχικό κόστος της πιλοτικής προσπάθειας, της παρουσίασης και των πρώτων εμπορικών βιοπροϊόντων. Εκτός από τα προγράμματα της ΕΕ, πολλές ευρωπαϊκές κυβερνήσεις έχουν ισοδύναμα προγράμματα κινήτρων (IRENA, 2020). Στις ΗΠΑ, το DOE, το DOA, το Υπουργείο Μεταφορών και ορισμένες ομοσπονδιακές υπηρεσίες (π.χ. το EPA), διαχειρίζονται τέτοια αντίστοιχα προγράμματα. Για παράδειγμα στην Αμερική, δεδομένου ότι η κατανάλωση ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί κατά 50% έως το 2030, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για τα βιοκαύσιμα που καθίστανται απαραίτητα για τη μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και για την εξασφάλιση καθαρής ενέργειας. Σε αυτό το πλαίσιο, το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ (DOE) ανακοίνωσε περισσότερα από 1 δισεκατομμύριο \$ για τη χρηματοδότηση έργων βιοκαυσίμων.

Αναπόσπαστο σε αυτό το έργο είναι η συνεχής εξέταση της μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου (Soccol et al., 2016).

- Ορισμένα κρατικά επενδυτικά ταμεία, καθώς και διεθνείς οργανισμοί χρηματοδότησης (δημόσιες επενδύσεις και διεθνείς τράπεζες ανάπτυξης) παρέχουν οικονομική υποστήριξη για προηγμένη παραγωγή βιοκαυσίμων ως μέρος των στρατηγικών αειφόρου ανάπτυξης τους. Για παράδειγμα η EIB, έχοντας τον επίσημο τίτλο της μεγαλύτερης παρόχου χρηματοδότησης παγκοσμίως, είναι η τράπεζα που σχετίζεται με το Κλίμα της Ευρώπης για μεγάλο χρονικό διάστημα. Από το 2012, έχει παράσχει χρηματοδότηση 150 δις. ευρώ, υποστηρίζοντας επενδύσεις 550 δις. ευρώ σε έργα που μειώνουν τις εκπομπές και βοηθούν τις χώρες να προσαρμοστούν στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Τηρεί αυστηρά κριτήρια επιλογής ακολουθώντας κάποια βασικά βήματα όπως φαίνεται και στο Σχήμα 7.3-2 (EIB, 2019).



Σχήμα 7.3-2. Αυστηρή επιμέλεια και κριτήρια επιλογής (EIB, 2019).

### 7.3.6. Παρασκηνιακές εξελίξεις

- Οι καταναλωτές/πελάτες αναγνωρίζοντας την κλιματική κρίση που επικρατεί, αιτούνται από τις εταιρείες, συμπεριλαμβανομένων των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων, να «πρασινίσουν» τις επιχειρήσεις και τις δραστηριότητές τους.<sup>50</sup>

<sup>50</sup> Μέσω των περιβαλλοντικών ελέγχων, οι πελάτες μπορούν να αναγνωρίσουν τις θετικές προσπάθειες που καταβάλλουν οι ναυτιλιακές εταιρείες για να αυξήσουν την περιβαλλοντική τους απόδοση. Εταιρείες όπως η H&M και η Akzo Nobel επιλέγουν πλοία που έχουν καλό περιβαλλοντικό

- Οι τράπεζες και οι διαχειριστές περιουσιακών στοιχείων στον χρηματοπιστωτικό τομέα αντιμετώπισαν αντίστοιχα διαμαρτυρίες για τη χρηματοδότησή τους στα ορυκτά καύσιμα και τις δράσεων των μετόχων σχετικά. Ανταποκρινόμενοι σε αυτές και άλλες κοινωνικές πιέσεις, τα κεφάλαια διαχέονταν σε κονδύλια που σχετίζονταν με την ESG. Σε επιστολή του, τον Ιανουαρίου 2020 προς τους Διευθύνοντες Συμβούλους, ο Larry Fink της BlackRock υπογράμμισε τις αλλαγές που συμβαίνουν στον χρηματοπιστωτικό κλάδο, τονίζοντας ότι «τα στοιχεία για τον κίνδυνο του κλίματος αναγκάζουν τους επενδυτές να επανεξετάσουν τις βασικές παραδοχές σχετικά με τη σύγχρονη χρηματοδότηση».
- Το 2017, μια κοινοπραξία κεντρικών τραπεζών και άλλων ρυθμιστικών αρχών ίδρυσε το Δίκτυο για το Πράσινο , να διαχειριστεί τους επερχόμενους κινδύνους, για την κινητοποίηση κεφαλαίων σε επενδύσεις πράσινου και χαμηλού άνθρακα στο ευρύτερο πλαίσιο της περιβαλλοντικά βιώσιμης ανάπτυξης.
- Οι ρυθμιστικές αρχές γνωρίζοντας έντονα τον ρόλο που διαδραματίζει ο χρηματοπιστωτικός τομέας στη στήριξη ή την παρεμπόδιση της μετάβασης σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα, έθεσαν σε ισχύ τον Ιούλιο του 2020, την *Πράσινη Ταξονομία της Ευρωπαϊκής Ένωσης* (European Union's Green Taxonomy) για να αποσαφηνίσει την κατηγοριοποίηση των οικονομικών δραστηριοτήτων που συμβάλλουν στους κλιματικούς και περιβαλλοντικούς στόχους. Έχει σχεδιαστεί για να δημιουργήσει ένα σημείο αναφοράς και σύμφωνα με το νέο κανονισμό, προκειμένου να χαρακτηριστεί ο επενδυτικός αντίκτυπος ενός αμοιβαίου κεφαλαίου ως «περιβαλλοντικά βιώσιμη οικονομική δραστηριότητα», η επένδυση πρέπει να συμβάλει ουσιαστικά σε έναν από τους περιβαλλοντικούς στόχους που περιγράφονται λεπτομερώς στον Κανονισμό ταξινόμησης. Παρόμοιες πρωτοβουλίες

---

προφίλ. για τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα. Έτσι, αυτό αυξάνει την εμπιστοσύνη των πελατών της. Ως εκ τούτου, η ισχυρή περιβαλλοντική ζήτηση από τους πελάτες μπορεί να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τις ναυτιλιακές εταιρείες να υιοθετήσουν πράσινες πρακτικές (Chang & Danao, 2017).

βρίσκονται σε εξέλιξη και σε άλλες γεωγραφικές περιοχές (Carlin & Fischer, 2020).

Αν και υπάρχουν χρηματοδοτικοί χάρτες πορείας για την πράσινη ενέργεια, υπάρχουν ωστόσο σοβαρά κενά χρηματοδότησης για συνολικά σχέδια μείωσης και προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή. Ο ΟΗΕ εκτιμά ότι, για να επιτύχουν τους στόχους προσαρμογής του 2030, οι αναπτυσσόμενες χώρες θα χρειαστούν 140 έως 300 δισεκατομμύρια \$ USD/ετησίως - πολύ υψηλότερα από τη διαθέσιμη χρηματοδότηση προσαρμογής. Επιπλέον, οι επενδύσεις σε δραστηριότητες που σχετίζονται με το κλίμα παραμένουν σε μεγάλο βαθμό εντός των συνόρων των πλούσιων χωρών (WEF, 2020).

Καθότι ο τομέας που σχετίζεται με το χρηματοοικονομικό πλαίσιο μιας επενδυτικά βιώσιμης νέας τεχνολογίας είτε ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, εσωκλείει απίστευτα πολλές παραμέτρους και διακλαδώσεις που θα πρέπει να συμπεριληφθούν σε μια εκτενή κι εστιασμένη μελέτη κατά περίπτωση, η παρούσα μελέτη στο κομμάτι του χρηματοοικονομικού πλαισίου, έχει συμπεριλάβει επιδερμικά μια σύνοψη στοιχείων, και επιλεκτικά έχει εμβαθύνει σε ορισμένα.<sup>51</sup>

---

<sup>51</sup> Συνεπώς έρευνες όπως Stulgis et al., 2014 με θέμα Hidden Treasure: Financial Models For Retrofits, η χρηματοδοτούμενη μελέτη της ShareAction, από το European Climate Foundation με θέμα : Changing Course: Bank Financing of the Shipping Industry (2019) κ.α. είναι κάποιες από τις οποίες θα ενσωματώνονταν υπό συνθήκες εκτενούς κι εστιασμένης μελέτης.

## 7.5. ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ - ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ του ΧΡΗΜΑΤΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

### ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

#### ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

#### ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΥΣΙΜΑ

##### ΘΕΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

##### ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

##### ΘΕΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

##### ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

#### ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ/ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ (CAPEX)

- Τα καύσιμα από διεργασίες PtoF θεωρούνται κυρίως καύσιμα που μπορούν είτε να αναμειχθούν με παρόμοια ορυκτά καύσιμα είτε και να τ' αντικαταστήσουν. Για αυτόν τον λόγο, το πρόσθετο CAPEX που σχετίζεται με το πλοίο και απαιτείται για τη μετάβαση σε καύσιμα PtoF θα είναι χαμηλό ή και μηδέν. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν θα υπάρξουν πρόσθετα έξοδα σε σύγκριση με τα σημερινά καύσιμα με βάση το πετρέλαιο. Για παράδειγμα, τα συστήματα LNG απαιτούν περισσότερο CAPEX από τα συστήματα HFO, MGO, LPG ή μεθανόλη (DNV GL, 2019b).
- Το βιοκαύσιμο δεν έχει επιπλέον κόστος επένδυσης σε σύγκριση με το συμβατικό πλοίο. Αυτή η αναφορά του DNV GL αναφέρεται σχετικά με τη χρήση του προηγμένου HVO. (DNV GL, 2019a)
- Επίσης ως προς το HVO δεν υπάρχει επιπλέον αναφερόμενο κόστος κατά τη μετατροπή ειδικά όταν χρησιμοποιείται προηγμένο HVO. Το

- Το ανανεώσιμο ντίζελ FT είναι ένα βιοκαύσιμο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς ανάμειξη περιορισμών, αλλά αυτή είναι μια αναδυόμενη τεχνολογία και έχει υψηλό κόστος κεφαλαίου (Zhou et al., 2020).
- Πρόσθετες δαπάνες που σχετίζονται με τροποποιήσεις του πλοίου υπάγονται κυρίως για υποδομές κινητήρων για το FAME σύμφωνα με τους ίδιους τους κατασκευαστές και είναι λιγότερο από 5% του κόστους του κινητήρα (DNV GL, 2019a).

- Η επένδυση για παραγωγή υδρογόνου από φυσικό αέριο με δέσμευση άνθρακα εκτιμάται ότι είναι χαμηλότερη από την παραγωγή υδρογόνου από ηλεκτρόλυση. Ωστόσο, από αυτό δεν μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι το υδρογόνο από SMR + CCS θα είναι φθηνότερο από το υδρογόνο από ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια, καθώς αυτό θα εξαρτηθεί επίσης από την τιμή της πρώτης ύλης ενέργειας (Krantz et al., 2020).
- Λαμβάνοντας υπόψη τις υψηλότερες τιμές των μελλοντικών καυσίμων πλοίων που συζητούνται στην μελέτη του DNV GL (2019b), είναι προφανές ότι το πιθανό πρόσθετο κόστος CAPEX που σχετίζεται με ορισμένα συνθετικά καύσιμα μπορεί πιο εύκολα να αντισταθμιστεί με μειωμένο OPEX (DNV GL, 2019b).

- Μόνο το 13% των απαιτούμενων επενδύσεων σχετίζονται με τα ίδια τα πλοία. Αυτές οι επενδύσεις περιλαμβάνουν τα μηχανήματα και την αποθήκευση καυσίμου (επί του πλοίου) που απαιτούνται για να λειτουργεί ένα πλοίο με αμμωνία, τόσο σε νεόκτιστα στα ναυπηγεία όσο και, σε ορισμένες περιπτώσεις μετασκευής. Οι επενδύσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, εκτιμάται ότι είναι υψηλότερες λόγω του υψηλότερου κόστους καυσίμου της αμμωνίας σε σύγκριση με τα παραδοσιακά καύσιμα πλοίων (Krantz et al., 2020).

	<p>δε κόστος για δεξαμενές αποθήκευσης π.χ. για μεθανόλη και το HVO είναι το χαμηλότερο βάση την μελέτη που διεξήγαγε ο DNV GL (DNV GL, 2019a).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Τυχόν πρόσθετα κόστη που σχετίζονται με τη χρήση του LBG θα ήταν τα ίδια ακριβώς με το LNG. Οπότε όταν ένα πλοίο έχει ήδη LNG, δεν υπάρχει επιπλέον κόστος (DNV GL, 2019b).</li> </ul>			
<p><b>ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (OPEX)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Βιοκαύσιμα:</b> Η επιλογή για έναν κύριο κινητήρα που λειτουργεί σε DME είναι ταμάλα δαπανηρό συγκριτικά με έναν τυπικό κινητήρα HFO, σε αυτό το σημείο, αλλά θα μπορούσε να οδηγήσει σε οικονομικά οφέλη μέσω χαμηλότερου λειτουργικού κόστους (Florentinus et al., 2012).</li> <li>• <b>Συνθετικά Καύσιμα:</b> Το λειτουργικό κόστος των συνθετικών καυσίμων, εξαιρουμένου του κόστους καυσίμου, αναμένεται να είναι συγκρίσιμο με εκείνο των πλοίων που λειτουργούν με πετρέλαιο ή φυσικό αέριο χωρίς σύστημα καθαρισμού. Ωστόσο δεν υπάρχει διαθέσιμη πρακτική εμπειρία αυτήν τη στιγμή (DNV GL, 2019b).</li> <li>• Για το υδρογόνο, η DNV GL βρήκε ότι οι δεξαμενές υγροποιημένου υδρογόνου είναι σημαντικά πιο ακριβές λόγω χαμηλότερων θερμοκρασιών αποθήκευσης, υψηλότερης ποιότητας μόνωσης και λιγότερων εφαρμογών στη θάλασσα (DNV GL, 2019a).</li> </ul>			
<b>ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ (συμπληρωματικές πληροφορίες)</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Απαιτούνται τουλάχιστον 1 τρις δολάρια σε επενδύσεις για τον αποκαρβονισμό της ναυτιλίας.</li> <li>• Η κλίμακα των αθροιστικών επενδύσεων που απαιτούνται μεταξύ 2030 και 2050 για την επίτευξη του στόχου του IMO για μείωση των εκπομπών άνθρακα από τη ναυτιλία κατά τουλάχιστον 50% έως το 2050, είναι περίπου 1-1,4 τρις USA \$, ή κατά μέσο όρο μεταξύ 50-70 δις USA \$, ετησίως επί 20 συναπτά έτη. Αυτή η εκτίμηση πρέπει να εξεταστεί στο πλαίσιο των ετήσιων παγκόσμιων επενδύσεων στην ενέργεια, οι οποίες το 2018 ανήλθαν σε 1,85 τρις USA \$.</li> <li>• Εάν η ναυτιλία όδευε προς την πλήρη αποανθρακοποίηση έως το 2050, τότε αυτό θα συνεπάγετο επιπλέον επενδύσεις ύψους περίπου 400 δις USA \$ για 20 χρόνια, κάνοντας τις συνολικές επενδύσεις που απαιτούνται μεταξύ 1,4-1,9 τρις USA \$ (Krantz et al., 2020)</li> </ul>				

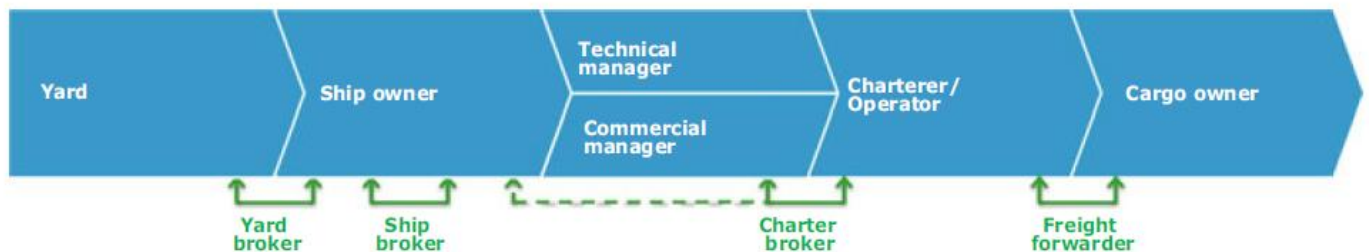


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup> : Σύμπραξη των βασικών πυλώνων για την επενδυτική βιωσιμότητα των Ε.Κ. (SWOT Analysis)

### 8.1. Τα Εμπλεκόμενα Μέρη

Πολλοί είναι οι οικονομικοί συμμετέχοντες με συγκεκριμένες λειτουργίες και αποτελούν τη ραχοκοκαλιά της θαλάσσιας αλυσίδας αξίας. Από την πλευράς ναυτιλίας είναι: το ναυπηγείο, ο ιδιοκτήτης, ο ναυλωτής και φυσικά το κεφάλαιο είναι το πιο σημαντικό. Ωστόσο, μια ευρύτερη άποψη των ναυτιλιακών αγορών απαιτεί επίσης προσοχή στους διαχειριστές πλοίων, τους μεταφορείς εμπορευμάτων, τους ιδιοκτήτες φορτίου, τους μεσίτες και τους λοιπούς συμμετέχοντες στην αγορά. Ανάλογα με το τμήμα της ναυτιλίας, αυτές οι λειτουργίες συνδυάζονται συνήθως σε διαφορετικό βαθμό (Kavussanos & Visvikis, 2016).

**Σχήμα 8-1.** Η ναυτιλιακή αλυσίδα αξίας (Πηγή: Kavussanos & Visvikis, 2016).



Οδεύοντας στα χνάρια της επενδυτικής βιωσιμότητας θα πρέπει πρωτίστως να αναφερθούν τα ενδιαφερόμενα μέρη και ουσιαστικά αυτοί οι οποίοι συμβάλουν στην προώθηση και ανάπτυξη των επενδυτικών αποφάσεων/ κινήτρων στον χώρο της ναυτιλίας.

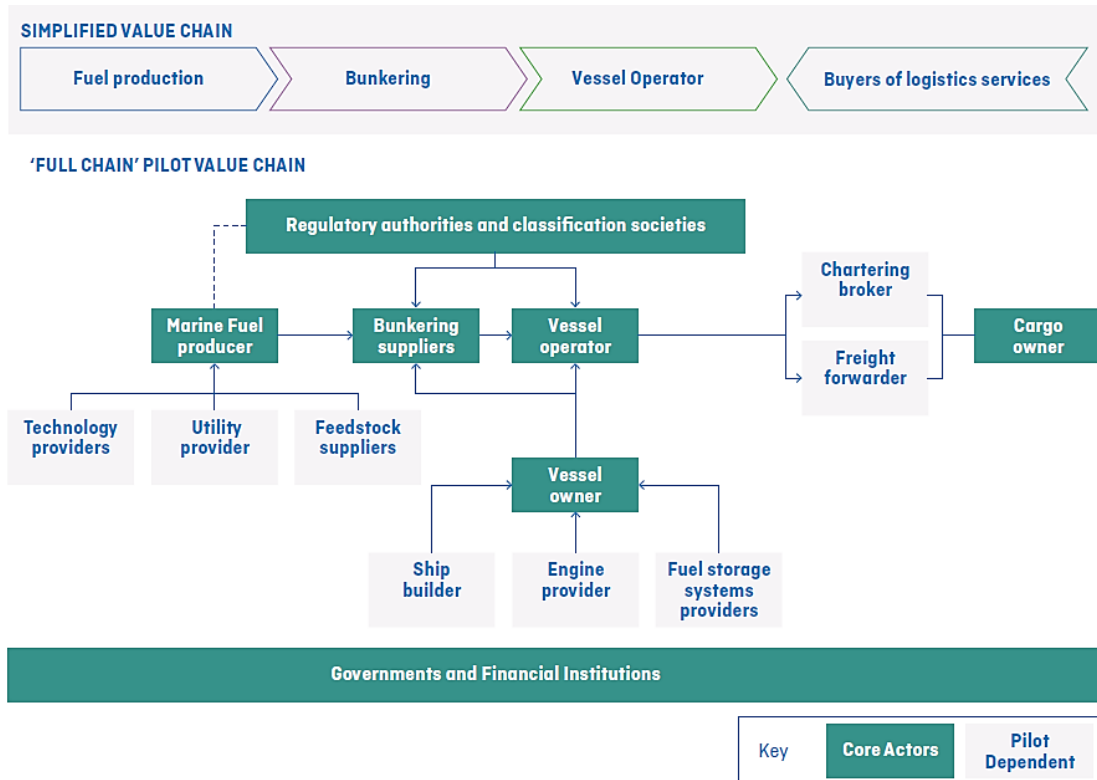
Η ανάπτυξη των “zero-emission πλοίων” παγκοσμίως θα απαιτήσει σημαντική τροποποίηση της υπάρχουσας αλυσίδας αξίας στη ναυτιλία, με την είσοδο νέων συμμετεχόντων στα ενδιαφερόμενα μέρη. Πάραυτα οι νέες μορφές συνεργατικών και συμβατικών σχέσεων προς την αποκαρβονοποίηση της ναυτιλίας, αρχικά θα συνυπάρξουν παράλληλα με την αλυσίδα αξίας των συμβατικών καυσίμων πλοίων (Delasalle et al., 2020).

Κάθε ένας από τους ενδιαφερόμενους μπορεί να έχει τη δική του ατζέντα και στόχους και ενίοτε μπορεί να έχουν και αντικρουόμενους στόχους και συμφέροντα. Μπορεί επομένως να είναι δύσκολο να επιτευχθεί συναίνεση λύσεων, και μερικές φορές μπορεί να επικρατήσουν πολιτικές σκέψεις. Η υιοθέτηση του Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI) για τις θαλάσσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> στον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) αποκάλυψε ωστόσο πολύ διαφορετικές απόψεις μεταξύ βιομηχανικών και αναπτυσσόμενων χωρών και η λύση που επιτεύχθηκε δεν ήταν αποτέλεσμα μιας συναίνεσης (Psaraftis, 2016).

Παρότι οι ενδιαφερόμενοι θα διαφοροποιούνται ίσως κατά διαδρομή καυσίμου και τύπο πλοίου, ωστόσο ο βασικός κορμός θα παραμένει:

- Οι **παραγωγοί καυσίμων** θα χτίσουν ένα πρώτο κύμα εγκαταστάσεων παραγωγής θαλάσσιων καυσίμων μηδενικών εκπομπών.
- **Προμηθευτές καυσίμων** για την κατασκευή και λειτουργία κατάλληλης υποδομής για τα νέα καύσιμα και χειρισμός της διαδικασίας τροφοδοσίας στα λιμάνια.
- **Νηογνώμονες και ρυθμιστικές αρχές** θα συμβάλουν στην ανάπτυξη της απαραίτητης ασφάλειας και προτύπων χειρισμού των καυσίμων.
- **Προμηθευτές κινητήρων**, εξοπλισμού αποθήκευσης καυσίμων και ναυπηγείων για ανάπτυξη, ολοκλήρωση και κατασκευή συστημάτων πρόωσης μηδενικών εκπομπών (π.χ. MAN, Wärtsilä).
- **Χειριστές και ιδιοκτήτες πλοίων** για την υλοποίηση των επενδύσεων και τη λειτουργία νέων ή μετασκευασμένων πλοίων.
- **Οι ιδιοκτήτες φορτίου** που θα πρέπει να απορροφήσουν και να μεταβιβάσουν το επιπλέον κόστος της πράσινης ναυτιλίας στους πελάτες.
- **Χρηματοοικονομικά ιδρύματα** για την παροχή του απαραίτητου κεφαλαίου σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας.
- **Κυβερνήσεις** για να δημιουργήσουν ή να αυξήσουν μηχανισμούς υποστήριξης που μπορούν να αποτρέψουν τον κίνδυνο του πρώτου κύματος των έργων εμπορικής κλίμακας, μέσω της άμεσης χρηματοδότησης και του ρίσκου επενδύσεων του ιδιωτικού τομέα (Delasalle et al., 2020).

- **Περιβαλλοντικοί οργανισμοί, άλλες βιομηχανίες** (π.χ. κατασκευή, λιανική, ανακύκλωση) και **Οργανισμοί E & A και Πανεπιστήμια** θα συμπληρώσει στην μελέτη του ο Psaraftis, (2016).



**Σχήμα 8.2.** Το σύνολο των βασικών συντελεστών που απαιτούνται, ως ένας οδηγός μηδενικών εκπομπών, από την αρχή ως το τέλος (Πηγή: Delasalle F. et al., 2020).

Οι κρατικοί και μη φορείς θα πρέπει να μπουν στην λίστα των αρωγών και οι λύσεις για την πρόκληση της απαλλαγής από τον άνθρακα πρέπει να είναι συστημικές, αλλά λαμβάνοντας υπόψη ότι οι σημερινές κοινωνίες και οικονομίες τείνουν να υιοθετούν τεχνολογικές λύσεις που δημιουργούν καταστάσεις κλειδώματος και επιπτώσεις ανάκαμψης. Η παρέμβαση των κυβερνήσεων κρίνεται απαραίτητη για τη διόρθωση των αδυναμιών και των στρεβλώσεων της αγοράς και η υποστήριξη της E&A αποτελεί βασικό στοιχείο αυτής της παρέμβασης (European Commission, 2018).

## 8.2. Προεπισκόπηση της παρούσας κατάστασης

Στο World Economic Forum (2020) «The Global Risks, Report 2020» καταγράφεται η γκρι περίοδος που διανύει η ανθρωπότητα. Το σημερινό γεωπολιτικό τοπίο μοιάζει να είναι απροσδιόριστο τόσο με προκλήσεις όσο και με

ευκαιρίες ιδωμένες συνήθως μονομερώς από τα εμπλεκόμενα μέρη. Η οικονομική και κοινωνική σταθερότητα έχει κλονιστεί, χαρακτηριζόμενη ως εύθραυστη και αυτό κάλλιστα θα μπορούσε να στερήσει τις χώρες από το προνόμιο των χρηματοδοτικών πόρων, φορολογικών περιθωρίων, πολιτικού κεφαλαίου ή κοινωνικής υποστήριξης που απαιτείται για την αντιμετώπιση των βασικών παγκόσμιων κινδύνων. Για πρώτη φορά, οι πέντε πρώτοι κίνδυνοι που εντοπίστηκαν σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή.

Συγκεκριμένα, ο Mark Carney, ειδικός απεσταλμένος του ΟΗΕ θα αναφερθεί στην κλιματική δράση και τη χρηματοδότηση, αναφέροντας ότι: *«υπάρχει μια θεμελιώδης αναμόρφωση του [χρηματοοικονομικού] συστήματος που βρίσκεται σε εξέλιξη»*. Σύμφωνα με τον ίδιο, η μελλοντική οικονομική βιωσιμότητα θα εξαρτηθεί από την περιβαλλοντική βιωσιμότητα και «οι εταιρείες που δεν προσαρμόζονται [στην κλιματική αλλαγή] θα χρεοκοπήσουν χωρίς αμφιβολία (WEF, 2020).

Συνεπώς με γνώμονα τις ναυτιλιακές εταιρείες, οι ιδιοκτήτες πλοίων θα πρέπει να επιδείξουν μεγάλη προσοχή για να επενδύσουν σε μια νέα τεχνολογία. Πέραν της διάρθρωσης των κερδών και του κόστους, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη εξωτερικές επιπτώσεις όπως κοινωνικές, περιβαλλοντικές, πολιτικές επιπτώσεις και κανονισμοί που επιβάλλουν σημαντική οικονομική επιβάρυνση.

Έτσι, οι πλοιοκτήτες θα πρέπει να σχεδιάζουν συμμορφούμενες στρατηγικές που αποτελούνται από μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για να βρουν βελτιστοποιημένες λύσεις και να πάρουν μια σωστή απόφαση για επενδύσεις σε νέες τεχνολογίες (Krantz et al., 2020).

### **8.3. SWOT Analysis**

Για να συγκλίνουν τα δεδομένα της ανάλυσης SWOT δομήθηκε ένας πίνακας, που παρατίθεται έπειτα από κάθε κεφάλαιο παρουσίασης των βασικών πυλώνων και κατηγοριοποιήθηκαν οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν. Κατόπιν με βάση ένα μοντέλο «SWOT Analysis της MatchWare MindView» διαμοιράστηκαν τα εκάστοτε χαρακτηριστικά των εναλλακτικών καυσίμων στις 4 κατηγορίες SWOT (Βλέπε [Παράρτημα 5](#)). Για την επίτευξη αυτού οι προϋπάρχουσες σχετικές μελέτες ήταν επαρκείς για να δημιουργηθούν κάποιες συνισταμένες ως προς τις κατηγορίες και υποκατηγορίες.

### ΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ

- Τα βιοκαύσιμα ανήκουν στις τεχνολογίες που συμμορφώνονται με την μείωση του SOx (EIB, 2020) και με βάση τον IMO MEPC 70/INF.6 2016 μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών αέριων ρύπων (SECAS)
- Κατά κύριο λόγο τα προηγμένα βιοκαύσιμα έχουν χαμηλότερες GHG από τα συμβατικά βιοκαύσιμα (Balcombe et al., 2019).
- Όσα προέρχονται από φυτά ή μικροοργανισμούς βίο αποικοδομούνται γρήγορα έχοντας χαμηλό περιβ/κο κόστος σε περίπτωση διαρροής.
- Γενικότεραχουν λιγότερες εκπομπές CO2 σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, καθώς τα φυτά προσλαμβάνουν CO2 κατά την ανάπτυξή τους αντισταθμίζοντας το CO2 που παράγεται όταν το βιοκαύσιμο καίγεται (Hsieh & Felby, 2017; Clini et al., 2005).
- Συγκριτικά με τα εναλλακτικά ορυκτά καύσιμα όπως το LNG και το LPG έχουν χαμηλές εκπομπές SOx και NOx, έχουν ωστόσο περιορισμένη συμβολή στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου ενώ τα βιοκαύσιμα, έχουν πολύ μεγαλύτερο δυναμικό για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και τη μείωση των εκπομπών καθ 'όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους (Hsieh & Felby, 2017). Το βιοαέριο που παράγεται από απόβλητα και κάλλιστα αντικαθιστά το LNG.
- Τα αποθέματα λιγνοκυτταρίνης (2ης Γενιάς) μπορούν να διαθέσουν μεγαλύτερες ποσότητες βιοκαυσίμων απ' ότι π.χ. οι καλλιέργειες ελαίου, απαντώντας έτσι στις ανησυχίες περί έλλειψης βιωσιμότητας ως προς την ζήτηση ή και τις επιπτώσεις αυτής.
- Μπορούν να κάνουν άμεση αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων, καθώς είναι συμβατά με τις υπάρχουσες υποδομές και τα συστήματα των κινητήρων (π.χ. βιοντιζελ)
- Ως πρωτογενής πηγή μπορούν χρησιμοποιηθούν και μόνα τους η και αναμειγμένα με άλλα ορυκτά καύσιμα (Yliskylä-Peuralahti, 2016). Ως καύσιμο «drop-in», απαιτούν πολύ μικρή αλλαγή στους υφιστάμενους κινητήρες και

κρίνεται ως οικονομικά συμφέρουσα επιλογή (IRENA, 2015; Hsieh & Felby, 2017).

- Τα καύσιμα από διεργασίες PtoF θεωρούνται κυρίως καύσιμα που μπορούν είτε να αναμειχθούν με παρόμοια ορυκτά καύσιμα είτε και να τ' αντικαταστήσουν. Για αυτόν τον λόγο, το πρόσθετο CAPEX που σχετίζεται με το πλοίο και απαιτείται για τη μετάβαση σε καύσιμα PtoF θα είναι χαμηλό ή, στις περισσότερες περιπτώσεις, μηδενικό. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν θα υπάρξουν πρόσθετα έξοδα σε σύγκριση με τα σημερινά καύσιμα με βάση το πετρέλαιο. Για παράδειγμα, τα συστήματα LNG απαιτούν περισσότερο CAPEX από τα συστήματα HFO, MGO, LPG ή μεθανόλη (DNV GL, 2019b).
- Τα βιοκαύσιμα με βάση τα φύκια φαίνεται να είναι τα πιο αποτελεσματικά και έχουν το πρόσθετο πλεονέκτημα ότι δεν ανταγωνίζονται με την αρόσιμη γη, ενόσω καταναλώνουν σημαντικές ποσότητες CO<sub>2</sub> (DNV GL, 2014). Πιο συγκεκριμένα τα 2ης και 3ης γενιάς (προηγμένα βιοκαύσιμα) παράγονται από πρώτες ύλες οι οποίες δεν ανταγωνίζονται άμεσα τις καλλιέργειες τροφίμων και ζωοτροφών και δεν σχετίζονται με την αύξηση των τιμών τους, όπως απόβλητα και γεωργικά προϊόντα ,κατάλοιπα (δηλ. άχυρο σίτου, αστικά απόβλητα), καλλιέργειες μη διατροφικά καταναλώσιμων ειδών (δηλ. miscanthus και κοντό περιστροφικό άκρο) και φύκη (EC, 2012; Zhou et al., 2020).
- Υπάρχει δυνητική συνέργεια μεταξύ κινητήρων πολλαπλών καυσίμων και βιοαιθανόλης (Hsieh & Felby, 2017).
- Η Ευρώπη θεωρείται ηγέτης στις επιστημονικές και τεχνολογικές δυνατότητες για τη βιομάζα. Η ανάπτυξη ενεργειακών τεχνολογιών βιομάζας είναι πολύ ισχυρή, με πολλές χώρες μέλη να θεωρούνται παγκόσμιοι ηγέτες στους αντίστοιχους τομείς τους. Υπάρχει υψηλό επίπεδο τεχνογνωσίας, με ισχυρές ακαδημαϊκές και ερευνητικές ομάδες.
- Υπάρχουν ήδη πολλά επιδοτούμενα ευρωπαϊκά προγράμματα που ερευνούν την περίπτωση των βιοκαυσίμων.
- Η παγκόσμια απασχόληση στα βιοκαύσιμα εκτιμήθηκε σε 2,5 εκατομμύρια το 2019. Το μεγαλύτερο μέρος αυτών των θέσεων εργασίας ήταν στον γεωργικό τομέα, φύτευση και στη συνέχεια συγκομιδή πρώτων υλών διαφόρων τύπων. Η επεξεργασία της πρώτης ύλης σε καύσιμα απαιτεί πολύ λιγότερα άτομα από την

παροχή της πρώτης ύλης, αλλά οι εργασίες επεξεργασίας απαιτούν γενικά υψηλότερες τεχνικές δεξιότητες και προσφέρουν καλύτερες αμοιβές (IRENA, 2020).

## ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ

- Υπάρχει αμφίβολη αποτελεσματικότητα των βιοκαυσίμων στη μείωση του GHG - δεν είναι σαφές εάν η ενέργεια που χρησιμοποιείται στις καθημερινές γεωργικές πρακτικές, η παραγωγή και ρίψη λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων αντισταθμίζει τα οφέλη της μείωσης.
- Η διαθεσιμότητα του ναυτιλιακού βιοκαυσίμου HVO για τη ναυτιλία είναι προς το παρόν περιορισμένη, λόγω της πολύ χαμηλής ζήτησης (DNV GL, 2019a).
- Η καύση των βιοκαυσίμων (π.χ. αιθανόλη) παράγει τοξικές και καρκινογόνες χημικές ουσίες όπως φορμαλδεΰδη και ακεταλδεΰδη και με την πάροδο ίσως υπάρξει περιβαλλοντικό κόστος.
- Είναι αμφίβολη η επάρκεια της παραγόμενης ποσότητας τα 1ης γενιάς τεχνολογίας καθότι συνεπάγονται τεράστια έκταση γης. Ενώ τα 2ης και 3ης γενιάς χρειάζονται περαιτέρω έρευνα για να καταστούν αδιάφορα του συντελεστή καλλιεργήσιμης γης. Οι αχανείς γεωργικές εκτάσεις που θα χρειαστούν συνεπάγονται την μείωση της προσφοράς τροφίμων, αποψίλωση δασών και άλλες περιβαλλοντικές συνέπειες.
- Τα καύσιμα δεύτερης γενιάς όπως η αιθανόλη LC, η βιομεθανόλη, το DME, το βιοντίζελ FAME και το βίο-LNG θα απαιτούσαν πολύ μεγαλύτερες αλλαγές στους κινητήρες, την αποθήκευση και την υποδομή (Balcombe et al., 2019). Είναι λιγότερο συμβατά με τους υπάρχοντες κινητήρες επειδή συνήθως απαιτούν και οι δύο αποκλειστικούς ή τροποποιημένους κινητήρες ή / και συστήματα καυσίμων για αποθήκευση, διανομή ή / και χρήση του καυσίμου (Zhou et al., 2020) καθώς και επιπλέον κόστος κεφαλαίου. Για παράδειγμα, η βιοαιθανόλη δεν είναι συμβατή με συμβατικούς κινητήρες ντίζελ πλοίων, αν και αναμένεται αυτό ν' ανατραπεί βάσει των εξελίξεων στην τεχνολογία κινητήρων των πλοίων (Hsieh & Felby, 2017).
- Ως ναυτιλιακό καύσιμο, θα πρέπει να δοθεί προσοχή στην τάση πολλών βιοκαυσίμων να οξειδώνονται και να αποικοδομούνται. Υπάρχουν ανησυχίες

για τυχόν τεχνικά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν από την διάβρωση και βιοαποδόμησή τους (IRENA, 2015) και πιθανό να δημιουργηθούν από την μακράς διάρκειας αποθήκευσή τους επί του πλοίου (DNV GL, 2014), λόγω της ανάπτυξης βακτηρίων όταν αποθηκεύονται για μερικούς μήνες (Psaraftis, 2019; Hsieh & Felby, 2017) ωστόσο είναι κάτι που μπορεί να επιλυθεί (DNV GL, 2014).

- Η χρήση ορυκτελαίων μπορεί να μετριάσει τις περιβαλλοντικές ανησυχίες, αλλά η διαθεσιμότητα χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων για παραγωγή μεγάλης κλίμακας αποτελεί εμπόδιο.
- Οι προσπάθειες παραγωγής βιοκαυσίμων από καλλιέργειες, όπως τα φύκια, έχουν μέχρι στιγμής αποδειχθεί μη βιώσιμες.
- Η τρέχουσα προσφορά βιοκαυσίμων είναι περιορισμένη και θα μπορούσε να καλύψει μόνο το 15% περίπου της συνολικής ζήτησης καυσίμων (OECD, 2018; Psaraftis, 2019).
- Οι επενδύσεις σε προηγμένα βιοκαύσιμα αντιμετωπίζουν περαιτέρω προκλήσεις λόγω της φορολογίας. Προτού να υιοθετηθεί το ETD, τα βιοκαύσιμα ήταν ανώριμες τεχνολογίες, περιορισμένης ποικιλίας και σημασίας.
- Οποιαδήποτε παραγωγή βιοκαυσίμων μεγάλης κλίμακας (π.χ. βίο-LNG ή αιθάνιο από γεωργικά και ζωικά απόβλητα) δεν θεωρείται ρεαλιστική για το μεσοπρόθεσμο μέλλον.
- Αν και η ανάπτυξή τους εξαρτάται κυρίως από τα περιβάλλοντα δεδομένα, όπως αυτό της μηχανής, δεν είναι επιβεβαιωμένο ότι μπορούν να καταστούν βιώσιμη λύση, λόγω της ελλιπούς εμπειρίας και του μεγέθους της εφαρμογής τους επί των πλοίων.
- Τα βιοκαύσιμα 1ης Γενιάς έχοντας άμεση επίπτωση στη χρήση γης έχει ως επακόλουθο την κατανάλωση νερού προκειμένου για την ανάπτυξη των αντίστοιχων φυτών, ωστόσο γίνονται ενέργειες διαχείρισης της αρδευόμενης γεωργίας και αναπτύσσονται νέες μέθοδοι εξοικονόμησης υδάτων και αποφυγής φυτοφαρμάκων (NRCS USDA, 2020).
- Υπάρχει έλλειψη δεδομένων από μακροχρόνιες δοκιμές τους ως ναυτιλιακά καύσιμα. (Hsieh & Felby, 2017).



## ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ

- Η ΕΚ στην ΟΔΗΓΙΑ (ΕΕ) 2018/2001 δηλώνει πως “.....είναι σκόπιμο να περιοριστεί η ποσότητα βιοκαυσίμων και βιορευστών που παράγεται από σιτηρά και άλλα αμυλούχα, σακχαρούχα και ελαιούχα φυτά που μπορεί να προσμετρούνται στην επίτευξη των στόχων που θέτει η παρούσα οδηγία, χωρίς να περιορίζεται η συνολική δυνατότητα χρήσης των εν λόγω βιοκαυσίμων και βιορευστών” καθώς επίσης κι ότι για να διευκολυνθεί η λειτουργία της εσωτερικής αγοράς των προηγμένων βιοκαυσίμων θα πρέπει να γίνουν αποδεκτά τα κριτήρια αειφορίας και μείωσης των GHG (ΟΔΗΓΙΑ (ΕΕ) 2018/2001) Στα παραπάνω συντελεί και ο RED I&II απαιτώντας μια ισχυρή εφαρμογή σε εθνικό επίπεδο, με πρόσθετες δράσεις προκειμένου να επιτύχουν τους στόχους με βιώσιμο τρόπο (T&E, 2020).
- Μέσα στο 2018 οι Η.Π.Α. έφτασαν τα 1.4 δις ευρώ για επενδύσεις στα βιοκαύσιμα, ενώ η Κίνα τα 0.8 δις ευρώ και η Ευρώπη τα 0.6 δις ευρώ γεγονός που δίνει ένα αέρα ανάπτυξης.
- Η παγκόσμια παραγωγή υποκατάστατων ντίζελ από τα FOGs ξεπέρασε τα 35 δισεκατομμύρια λίτρα το 2018 (Zhou et al., 2020).
- Αν και η βιοαιθανόλη έχει υψηλό δυναμικό εφοδιασμού, ικανή να αντικαταστήσει όλα τα ορυκτά ναυτιλιακά καύσιμα, ωστόσο δεν είναι συμβατή με τα τρέχοντα θαλάσσια πετρελαιοκίνητα και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Πάραυτα η ανατρεπτική εξέλιξη της τεχνολογίας κινητήρων έχει εισαγάγει κινητήρες πολλαπλών καυσίμων που μπορούν να χρησιμοποιούν λάδι, αέριο, καθώς και αλκοόλες (π.χ. μεθανόλη ή αιθανόλη) σε έναν κύκλο ντίζελ. Επομένως, η χρήση αιθανόλης μπορεί να αυξηθεί σημαντικά μεσοπρόθεσμα έως μακροπρόθεσμα καθώς εισάγονται πλοία με νέους κινητήρες.
- Βάση της MARPOL Annex VI για τους κανονισμούς περί ρύπανσης του αέρα από τις εκπομπές NOx και Sox, τα βιοκαύσιμα εντάσσονται ανάμεσα στα καύσιμα που αναμένεται να αναπτυχθούν βάση αυτού (IMO, 2016).
- Σε αντίθεση με τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς που τυπικά πρέπει να αναμιχθούν με ορυκτά καύσιμα για χρήση και να έχουν ανώτερο όριο ανάμιξης, ορισμένα καύσιμα δεύτερης γενιάς έχουν φυσικές και χημικές ιδιότητες παρόμοιες με

αυτές των καυσίμων που αντικαθιστούν και έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα drop in (Zhou et al., 2020).

- Τα φύκια - (3G) Γενιά Βιοκαυσίμων, έχουν το προβάδισμα στο ότι μπορούν να καλλιεργηθούν σε πολύ διαφορετικά περιβάλλοντα όπως το θαλασσινό νερό, μη συνυπολογίζοντας πλέον τον ανταγωνισμό για τη χρήση γης που εφαρμόζεται σε πρώτες ύλες με βάση τις καλλιέργειες. Ορισμένα μάλιστα μπορούν να καλλιεργηθούν υπό τις σκληρές συνθήκες μη αρόσιμης γης, ενώ άλλα μπορούν να τροφοδοτηθούν από βιομηχανικά ή δημόσια λύματα. Επιπλέον, η φωτοσύνθεση φυκών μπορεί να ενσωματωθεί στη χρήση δευτερευόντων πηγών CO<sub>2</sub>, όπως καυσαέρια από βιομηχανικούς λέβητες ή λέβητες ισχύος ή εγκαταστάσεις αποχέτευσης (IRENA, 2019 adv).
- Τα υγρά βιοκαύσιμα είναι ο δεύτερος στην αγορά εργασία, μεγαλύτερος εργοδότης, μετρώντας σχεδόν 1,8 εκατομμύρια θέσεις εργασίας παγκοσμίως παρά την αυξανόμενη εκμηχάνιση των δραστηριοτήτων της πρώτης ύλης σε μεγάλες χώρες παραγωγής όπως η Βραζιλία, δίνοντας το προβάδισμα περαιτέρω εξέλιξης
- Μεσοπρόθεσμα έως μακροπρόθεσμα, η χρήση θαλάσσιων βιοκαυσίμων συμβάλλει στη βελτίωση των περιβαλλοντικών διαπιστευτηρίων της εμπορικής ναυτιλιακής βιομηχανίας, καθώς περισσότεροι τελικοί χρήστες περιβαλλοντικά συνειδητοποιημένοι θα αποδίδουν εμπορική αξία στην προέλευση των προϊόντων τους και πώς αυτά μεταφέρθηκαν.
- Από μία συνοπτική τεχνολογική άποψη, τα υγρά βιοκαύσιμα είναι αρκετά ώριμα, απαιτούν λίγες προσαρμογές στους υπάρχοντες κινητήρες πλοίων και λιμενικές υποδομές και μπορούν να έχουν σημαντικά οφέλη μείωσης των εκπομπών, ακόμη και ως μείγματα. Ωστόσο, τρία κύρια εμπόδια περιορίζουν το δυναμικό βιοκαυσίμων στον τομέα της ναυτιλίας: οικονομικά, διαθεσιμότητας και θέματα βιωσιμότητας. Αυτά και χρίζουν ανάλογης επιμέλειας και βαρύτητας (IRENA, 2020).
- Οι παγκόσμιοι ηγέτες στην ανάπτυξη και χρήση των βιοκαυσίμων με ισχυρό στρατηγικό προγραμματισμό είναι: η Βραζιλία, οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Γερμανία, Γαλλία και Σουηδία. Ωστόσο ολοένα και εντάσσονται περισσότερες χώρες (Soccol et al., 2016).

- Η παραγωγή βιοκαυσίμων για τον ναυτιλιακό τομέα είναι φθηνότερη από τα βιοκαύσιμα για την αεροπορία, επειδή οι κινητήρες θαλάσσης έχουν πιο ευέλικτες επιλογές καυσίμου και δεν απαιτούν υψηλής ποιότητας καύσιμο για λειτουργία, ασχέτως εάν μπορεί να έχουν υψηλότερο ιξώδες και να είναι λιγότερο εξευγενισμένο από τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για αεροπορικές ή οδικές μεταφορές. Έτσι, τα θαλάσσια βιοκαύσιμα μπορούν να παραχθούν με χαμηλότερο κόστος επεξεργασίας, εξαλείφοντας την ανάγκη για δευτερογενή διύλιση.
- Το βιοκαύσιμο δεν έχει επιπλέον κόστος επένδυσης σε σύγκριση με το συμβατικό πλοίο. Αυτή η αναφορά του DNV GL αναφέρεται κυρίως για τη χρήση του προηγμένου HVO. Επίσης δεν υπάρχει επιπλέον αναφερόμενο κόστος κατά τη μετατροπή του. Το δε κόστος για δεξαμενές αποθήκευσης π.χ. για μεθανόλη και το HVO είναι το χαμηλότερο βάση την μελέτη που διεξήγαγε ο DNV GL (DNV GL, 2019a).
- Τυχόν πρόσθετα κόστη που σχετίζονται με τη χρήση του LBG θα ήταν τα ίδια ακριβώς με το LNG. Οπότε όταν ένα πλοίο έχει ήδη LNG, δεν υφίσταται επιπλέον κόστος (DNV GL, 2019b).
- Επειδή η φήμη προπορεύεται ενίοτε, έχουν ήδη αρκετά καταγεγραμμένα πρότζεκτ των οποίων τα συνολικά αποτελέσματα τις επένδυσης έχουν ήδη κοινοποιηθεί με τα αντίστοιχα αποτελέσματα και ως επί το πλείστον είναι θετικά. Αυτό θα συμβάλλει τα μέγιστα στην ψυχολογία των εν δυνάμη επενδυτών σε νέες τεχνολογίες.
- Ορισμένες χώρες, δείχνουν ενδιαφέρον για πιο εξελιγμένες τεχνολογίες, όπως η γρήγορη πυρόλυση, καθώς το βίο-έλαιο είναι πιο εύκολο και φθηνότερο για μεταφορά από ό, τι η στερεή βιομάζα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι χώρες αυτές είναι διατεθειμένες να αναπτύξουν την εξαγωγή των βίο-λιπαντικών τους στην Ευρώπη, αυτό θα πρέπει να παρέχει την ευκαιρία να αναπτυχθούν ορισμένα εμπορικά συστήματα εισαγωγής / εξαγωγής για να βοηθήσουν την Ευρώπη να εξάγει την τεχνολογία της σε χώρες που ενδέχεται να εξάγουν τα βιολογικά τους έλαια.
- Τα βιοκαύσιμα (2G) (από απόβλητα και βιομάζα λιγνοκυτταρίνης) προσφέρουν τις μεγαλύτερες μειώσεις GHG: 70% - 100% συγκριτικά με το MGO. Έχουν

μικρό αντίκτυπό στη χρήση γης, τη μεγάλη πρόσληψη βιογονικού άνθρακα και τη μέτρια χρήση ενέργειας από ορυκτά καύσιμα για την μετατροπή της πρώτης ύλης. Απαιτούν λιγότερες γεωργικές εισροές για την παραγωγή και δεν προϋποθέτουν μετατροπή αρόσιμης γης (Zhou, 2020).

- Το ISO / PAS 23263, προέκυψε κατόπιν αιτήματος του IMO προκειμένου να διασφαλιστεί η συνέπεια με τα υπάρχοντα πρότυπα και την εφαρμογή του νέου κανονισμού, διευκολύνοντας την ομαλή μετάβαση σε 0,50% καύσιμα θείου (για την 1η Ιανουαρίου 2020), Επίσης καλύπτει τεχνικές πτυχές όπως το κινηματικό ιξώδες, τις ιδιότητες ψυχρής ροής, τη σταθερότητα και τη συμβατότητα των καυσίμων (Naden, 2019).
- Στην Αμερική, δεδομένου ότι η κατανάλωση ενέργειας αναμένεται να αυξηθεί κατά 50% έως το 2030, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για τα βιοκαύσιμα που καθίστανται απαραίτητα για τη μείωση της εξάρτησης από το πετρέλαιο και για την εξασφάλιση καθαρής ενέργειας. Σε αυτό το πλαίσιο, το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ (DOE) ανακοίνωσε περισσότερα από 1 δισεκατομμύριο \$ για τη χρηματοδότηση έργων βιοκαυσίμων. Αναπόσπαστο σε αυτό το έργο είναι η συνεχής εξέταση της μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου (Soccol et al., 2016).

## **ΑΠΕΙΛΕΣ**

- Τόσο στην ΕΕ όσο και στις Η.Π.Α., η φορολογία των βιοκαυσίμων βασίζεται στην ποσότητά του και η τιμή αυτού ισοδυναμεί με των ορυκτών καυσίμων. Αυτό όμως αποτυγχάνει στο να λάβει υπόψη του την χαμηλότερη ενεργειακή περιεκτικότητα των ανανεώσιμων καυσίμων και έτσι οδηγείται σε υψηλότερη φορολογική επιβάρυνση στα βιοκαύσιμα, συγκριτικά με τα ορυκτά καύσιμα. Αυτό αντιβαίνει των κανονισμών για τις Η.Π.Α. και την ΕΕ στο να τερματίσουν τις επιδοτήσεις των μη συμμορφούμενων ορυκτών καυσίμων.
- Τα βιοκαύσιμα (1G) κυρίως θεωρούνται υψηλού κινδύνου ILUC «για τα οποία παρατηρείται σημαντική επέκταση της περιοχής παραγωγής σε αρόσιμη γη με απόθεμα υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα» κι έτσι θα παγώσουν για πρώτη φορά στα μερίδια του 2019 και από το 2023, σταδιακά μέχρι να καταργηθούν πλήρως το 2030 (T&E, 2020). Ειδικότερα από σογιέλαιο και φοινικέλαιο,

παράγουν αρκετά υψηλές εκπομπές ILUC, ώστε να είναι συγκρίσιμα με το MGO όσον αφορά τις εκπομπές αερίων του κύκλου ζωής (παράδειγμα η χρήση ελαιούχων σπόρων προκαλεί επιπλέον μετατροπή της γης για την διατήρηση της ισορροπίας προσφοράς και ζήτησης τροφίμων. Ενώ το καλαμπόκι, το άχυρο, το UCO και το στέαρ δεν καλλιεργούνται με σκοπό συνεπώς δεν οδηγούν σε αλλαγή χρήσης γης (Zhou et al., 2020).

- Άλλα ηθικά ζητήματα που θα μπορούσαν να εντοπιστούν σε φάσεις παραγωγής καυσίμων ή πρώτων υλών είναι η εκτέλεση αυτών υπό κακές συνθήκες εργασίας, καθότι υπάρχουν χώρες όπου αμφισβητούνται οι συνθήκες εργασίας και η κοινωνική ευθύνη των εταιρειών. Φυσικά η ηθική προσέγγιση σπάνια εκτίθεται σε έγγραφα και αναφορές των εκθέσεων (Andersson et al., 2020).
- Ένα εμπόδιο στην πρόσληψη βιοκαυσίμων είναι η διαφορά τιμής μεταξύ των επικείμενων καυσίμων όπως τα HFO, MDO και τα βιοκαύσιμα. Για παράδειγμα, ο IEA εκτιμά ότι μια τιμή FAME 2016 1040 USD / t και HVO 542 USD / t, είναι διπλάσιο της αντίστοιχης τιμής των ορυκτών καυσίμων MDO (482 USD/ t) και HFO (290 USD/t). Φυσικά το κόστος είναι υψηλότερο για προηγμένα βιοκαύσιμα με τη μεγαλύτερη εξοικονόμηση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και λιγότερα προβλήματα βιωσιμότητας, λόγω κόστους, πολυπλοκότητας και της ανωριμότητας των διαδικασιών παραγωγής.
- Το ανανεώσιμο ντίζελ FT είναι ένα βιοκαύσιμο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς ανάμειξη περιορισμών, αλλά αυτή είναι μια αναδυόμενη τεχνολογία και έχει υψηλό κόστος κεφαλαίου (Zhou et al., 2020).
- Πρόσθετες δαπάνες που σχετίζονται με τροποποιήσεις του πλοίου υπάγονται κυρίως για υποδομές κινητήρων για το FAME σύμφωνα με τους ίδιους τους κατασκευαστές και είναι λιγότερο από 5% του κόστους του κινητήρα (DNV GL, 2019a).
- Οι προσπάθειες παραγωγής βιοκαυσίμων από καλλιέργειες, όπως τα φύκια, έχουν μέχρι στιγμής αποδειχθεί μη βιώσιμες.
- Για τα βιοκαύσιμα, η κατανάλωση νερού και η ρύπανση των υδάτων είναι ένα σημαντικό ζήτημα βιωσιμότητας, λόγω των υψηλών απαιτήσεων νερού σε ορισμένα συστήματα βιοενέργειας και του κινδύνου ρύπανσης των υδάτων από τα συστήματα γεωργικής παραγωγής (Malins, 2017). Ανάλογα με την οπτική,

βάση των δεδομένων της κάθε μελέτης, υπάρχει μια μεγάλης έκτασης πολυφωνία σχετικά με την αποτελεσματικότητα των βιοκαυσίμων στη μείωση του GHG και δεν είναι σαφές εάν η ενέργεια που χρησιμοποιείται στις καθημερινές γεωργικές πρακτικές, η παραγωγή και ρίψη λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων αντισταθμίζει τα οφέλη της μείωσης (Psaraftis, 2019), (ιδίως των εκπομπών N<sub>2</sub>O από την παραγωγή λιπασμάτων και εφαρμογή τους. Επιπροσθέτως, οι εκπομπές στην παραγωγή πρώτων υλών (καλλιέργεια) προκαλούνται εξίσου από τη χρήση ενέργειας (μηχανήματα) (Florentinus et al., 2012).

- Λόγω της έλλειψης εναρμόνισης σε πανευρωπαϊκή κλίμακα, κάθε κράτος μέλος εφαρμόζει τις δικές του τεχνικές ταξινομήσεις ως βάση για την προτιμώμενη φορολογική μεταχείριση.
- Η επιλογή για έναν κύριο κινητήρα που λειτουργεί σε DME είναι ταμάλα δαπανηρό συγκριτικά με έναν τυπικό κινητήρα HFO, σε αυτό το σημείο, αλλά θα μπορούσε να οδηγήσει σε οικονομικά οφέλη μέσω χαμηλότερου λειτουργικού κόστους (Florentinus et al., 2012).
- Δεδομένου ότι αυτές οι φορολογικές ταξινομήσεις είναι πολύ διαφορετικές, οι παραγωγοί βιοκαυσίμων δεν έχουν καμία βεβαιότητα ότι το προϊόν τους θα είναι επιλέξιμο για προτίμηση φορολογικής μεταχείρισης σε άλλες αγορές. Λόγω του υψηλού μεριδίου φορολογίας στην τελική τιμή των καυσίμων μεταφοράς, οι μειώσεις φόρου και οι απαλλαγές έχουν αντίκτυπο στις επενδυτικές αποφάσεις.
- Είναι αμφίβολη η επάρκεια της παραγόμενης ποσότητας (τα 1ης γενιάς τεχνολογίας συνεπάγονται γη στο μέγεθος της Νορβηγίας για να παραχθούν δηλαδή αχανείς γεωργικές εκτάσεις που ίσως και να συνεπάγονται την μείωση της προσφοράς τροφίμων, αποψίλωση δασών και άλλες περιβαλλοντικές συνέπειες. Ενώ τα 2ης και 3ης γενιάς χρειάζονται περαιτέρω έρευνα για να καταστούν αδιάφορα του συντελεστή καλλιεργήσιμης γης)
- Τα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς είναι πιθανό να διαδραματίσουν κάποιο ρόλο στις μεταφορές σε συνδυασμό με την ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια, αλλά δεν θα είναι σε θέση να καλύψουν τη συνολική ζήτηση.

- Η χαμηλή τιμή του πετρελαίου καθυστερεί την ανάπτυξη των βιοκαυσίμων (Hsieh & Felby, 2017).
- Υπάρχουν ανησυχίες για την ποιότητα του αέρα, καθώς η καύση των βιοκαυσίμων παράγει τοξικές και καρκινογόνες χημικές ουσίες όπως φορμαλδεΰδη και ακεταλδεΰδη (το Ρίο ντε Τζανέιρο, όπου τα αυτοκίνητα λειτουργούν με αιθανόλη είναι κοινά, έχει 160% περισσότερη φορμαλδεΰδη και 260% περισσότερη ακεταλδεΰδη στον αέρα από ότι το Τόκιο ή άλλες πόλεις όπου δεν χρησιμοποιούνται καύσιμα αιθανόλης) (Psaraftis, 2019).
- Τα ζωικά λίπη χρησιμοποιούνται από άλλες βιομηχανίες, όπως η χημική βιομηχανία για την παραγωγή σαπουνιών. Εάν αυτά όμως χρησιμοποιούνται για την παραγωγή βιοντίζελ, θα χρειαστεί ένα υλικό αντικατάστασης με παρόμοια χαρακτηριστικά. Τα φθηνά φυτικά έλαια όπως το φοινικέλαιο και το σογιέλαιο χρησιμοποιούνται συχνά ως υποκατάστατα, δημιουργώντας επιπλέον ζήτηση και οδηγώντας στην αποψίλωση των δασών (T&E, 2020).
- Οι κανονισμοί που σχετίζονται με τη χρήση του βιοντίζελ, το οποίο και έχει ευρεία χρήση στον τομέα των μεταφορών και δη στα οχήματα, ωστόσο στη ναυτιλία δεν έχει συμπεριληφθεί επίσημα (δεν λαμβάνεται υπόψη στη νομοθεσία του IMO). Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή όρισε εντολή για την ανάπτυξη προτύπων σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις για τις μεθόδους δοκιμών για το βιοντίζελ το 2003:EN 14214 προκειμένου να τυποποιηθεί . Η δε Αμερικανική εταιρεία Δοκιμών και Υλικών (ASTM) δημοσίευσε επίσης σχετικά πρότυπα (ASTM D-6751-02 για B100 και μείγματα απόσταξης (IMO, 2016).
- Η προηγμένη βιομηχανία βιοκαυσίμων ήταν αργή λόγω ανώριμης τεχνολογικής ανάπτυξης και πολλών εμποδίων όπως υψηλό κόστος παραγωγής, ανώριμες εφοδιαστικές αλυσίδες, εξάρτηση από τα συστήματα κρατικής υποστήριξης που υπόκεινται σε πολιτικές επιρροές, με επακόλουθο την αβεβαιότητα ως προς το μέγεθος της αγοράς (IRENA, 2019 adv).
- Αυτή η σκυταλοδρομία μετάβασης των ορυκτών πηγών ενέργειας σε εναλλακτικές πηγές θα πρέπει να γίνει απόλυτα κατανοητή από τα εμπλεκόμενα μέρη: κατασκευαστές μηχανών, προμηθευτές καυσίμων, πλοιοκτήτες και διαχειριστές κι αυτό συνεπάγεται μια από κοινού προσπάθεια (Hsieh & Felby, 2017).

- Αν και το 2019 είχε προβλεφθεί πως η ζετία που ακολουθούσε θα παρουσίαζε άνοδο των εργασιών απασχόλησης, με περίπου 9εκ θέσεις, ωστόσο με την πρόσφατη ανάλυση κατόπιν της κοινωνικοπολιτικής επίδρασης του Covid - 19 πλέον εκτιμά ότι 3 εκατομμύρια από αυτές τις θέσεις εργασίας έχουν χαθεί ή κινδυνεύουν, ενώ 3 εκατομμύρια θέσεις εργασίας ήδη χάθηκαν ή απειλούνται σε σχετικούς τομείς όπως αυτοκινητοβιομηχανία, κτίρια και βιομηχανία (IEA, 2020).
- Το ποσοστό αποτυχίας εκκίνησης ενός πρότζεκτ είναι πολύ υψηλό, που σημαίνει ότι οι επενδυτές σε αρχικό στάδιο αναζητούν αποδόσεις που υπερβαίνουν δέκα φορές την αρχική τους επένδυση (IRENA, 2019).

## ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΥΣΙΜΑ

### ΔΥΝΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑ

- Τα ηλεκτρονικά καύσιμα έχουν υψηλή ενεργειακή πυκνότητα και μπορούν επομένως να μεταφερθούν εύκολα σε μεγάλες αποστάσεις για παρατεταμένες περιόδους αποθήκευσης αντισταθμίζοντας ακόμη και τις εποχιακές διακυμάνσεις του εφοδιασμού και συνεπώς να συμβάλουν στη σταθεροποίηση του ενεργειακού εφοδιασμού. Κατ' επέκταση μπορούν έτσι να χρησιμοποιηθούν στους τομείς της αεροπορίας και της ναυτιλίας όπου δεν μπορούν να βρεθούν εναλλακτικές λύσεις με βάση την ηλεκτρική ενέργεια (Siegemund et al., 2017).
- Αξιοσημείωτο είναι ότι επιτυγχάνουν σημαντική μείωση του CO<sub>2</sub> έναντι των αντίστοιχων ορυκτών καυσίμων προσφέροντας μια ιδανική συμπληρωματική εναλλακτική λύση για τη μείωση του CO<sub>2</sub> (Yugo & Soler, 2019).
- Ένας τρόπος για να κατανοήσουμε την τεχνολογική ωριμότητα των τεχνολογιών ηλεκτροκαυσίμων είναι το σύστημα των επιπέδων τεχνογνωσίας. Πρόκειται για ένα σύστημα 9 επιπέδων ανάπτυξης τεχνολογίας που έχει οριστεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και διευκολύνει την προσέγγιση τους (Malins, 2017).
- Το κύριο δυναμικό μείωσης CO<sub>2</sub> είναι  $\approx 85\text{--}96\%$  (βάση WTT) ή 70% (ανάλυση κύκλου ζωής) Το δυναμικό μείωσης CO<sub>2</sub> (βάση WTT) μπορεί να είναι παρόμοιο εάν το CO<sub>2</sub> προέρχεται από DAC ή από μια συγκεντρωμένη ορυκτή πηγή όταν το CO<sub>2</sub> θεωρείται απόβλητο.



- Ορισμένα ηλεκτρονικά καύσιμα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αμέσως σε ολόκληρο το στόλο ναυτιλίας χωρίς σημαντικές αλλαγές στο σχεδιασμό του κινητήρα (Yugo & Soler, 2019).
- Ένας υψηλός λόγος ανάμειξης είναι δυνητικά δυνατός κατά την προσθήκη μεθανίου στο φυσικό αέριο και υγρών ηλεκτρονικών καυσίμων σε συμβατικά ορυκτά καύσιμα, υπό τον όρο ότι πληρούν τις αντίστοιχες προδιαγραφές.
- Ενδέχεται να έχουν θετικές επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα του περιβάλλοντος λόγω των ευνοϊκών χαρακτηριστικών καύσης των παραγόμενων μορίων (Yugo & Soler, 2019).
- Καθότι στο τελικό προστιθέμενο κόστος συμπεριλαμβάνεται και η τιμή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αυτό συνεπάγεται ανθρώπινο δυναμικό και αντίστοιχες θέσεις εργασίας (είτε για αιολική είτε ηλιακή ενέργεια). Συνεπώς τα αποτελέσματα συνεπάγονται βάση του IRENA 2020, οι ηλιακοί φωτοβολταϊκοί (PV), η βιοενέργεια, οι υδροηλεκτρικές και αιολικές βιομηχανίες, να είναι ανέκαθεν οι μεγαλύτεροι εργοδότες (IRENA, 2020).
- Είναι δυνατή η ανάμιξη αμμωνίας με υδρογόνου σε κινητήρα ανάφλεξης με σπινθήρα, με αποτέλεσμα μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Σε αυτήν την περίπτωση, το υδρογόνο μπορεί να διαχωριστεί από την τροφοδοσία καυσίμου αμμωνίας χρησιμοποιώντας ένα κράκερ επί του σκάφους, οπότε δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει ξεχωριστή δεξαμενή αποθήκευσης υδρογόνου (Ash et al., 2019).

## **ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ**

- Η καύση της αμμωνίας παράγει επίσης οξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O), το οποίο είναι αέριο θερμοκηπίου. Ωστόσο, οι εκπομπές N<sub>2</sub>O δεν αναμένεται να είναι υψηλότερες από εκείνες που παράγονται σήμερα από την καύση συμβατικών καυσίμων πλοίων. Τα οξείδια του αζώτου, θα πρέπει να αντιμετωπίζονται από επιλεκτικούς καταλυτικούς μετατροπείς (με καταλύτη ολίσθησης αμμωνίας). Η τοξικότητά της κρίνεται επιβλαβής τόσο για την ανθρώπινη υγεία όσο και για την υδρόβια ζωή (Ash et al., 2019).
- Ένα μεγάλο μειονέκτημα ορισμένων ηλεκτροκαυσίμων είναι η περιεκτικότητά τους σε CO<sub>2</sub>. Με τη δέσμευση του CO<sub>2</sub> στο υδρογόνο, το CO<sub>2</sub> θα

απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα όταν τα καύσιμα καίγονται σε μια ναυτιλιακή μηχανή.<sup>52</sup>

- Η ενεργειακή απόδοση του WTW είναι η βάση για ορισμένες από τις αρνητικές αξιώσεις σε σχέση με τα ηλεκτροκαύσιμα. Ωστόσο, άλλες πηγές, όπως η Cerulogy (2017), ισχυρίζονται ότι ακόμη και αν η παραγωγή ηλεκτρονικών καυσίμων δεν είναι τόσο ενεργειακά αποδοτική όσο η άμεση παροχή ηλεκτρικού ρεύματος για BEV, εξακολουθεί να προσφέρει μια σημαντική ευκαιρία για την παραγωγή καυσίμων πολύ χαμηλού CO<sub>2</sub> με μια σημαντική ευκαιρία για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στις μεταφορές. Η ηλεκτροδότηση δεν είναι μια αποτελεσματική λύση για όλους τους τομείς των μεταφορών. Τα ηλεκτρονικά καύσιμα μπορούν να προσφέρουν μια εναλλακτική διαδρομή για την απαλλαγή από άνθρακα με το πλεονέκτημα ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ολόκληρο τον υπάρχοντα στόλο χωρίς τροποποιήσεις στον κινητήρα, χρησιμοποιώντας μεγάλο μέρος της τρέχουσας υποδομής διανομής.
- Η τρέχουσα τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρονικών καυσίμων βρίσκεται ακόμη στην κλίμακα δοκιμών. Η υπέρβαση ορισμένων από τις βαθύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ανάπτυξη εμπορικών εγκαταστάσεων μεγάλης κλίμακας θα απαιτούσε την αναβάθμιση των εγκαταστάσεων κατά 100.000 φορές σε σύγκριση με αυτό που έχει αποδειχθεί μέχρι σήμερα.
- Το ποσό του εξοπλισμού υψηλής που απαιτείται για την ανάπτυξη της τεχνολογίας τους, είναι έντασης κεφαλαίου, ενώ το κόστος παραγωγής για τα ηλεκτρονικά καύσιμα παραμένει υψηλό σε σύγκριση με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα.
- Η ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί προϋπόθεση για τα ηλεκτρονικά καύσιμα χαμηλών εκπομπών άνθρακα να συμβάλουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ως εκ τούτου, υπάρχει ανάγκη για σημαντική αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.
- Η τρέχουσα τεχνολογία παραγωγής ηλεκτρονικών καυσίμων βρίσκεται ακόμη στην κλίμακα ανάπτυξης. Η υπέρβαση ορισμένων από τις βαθύτερες προκλήσεις

---

<sup>52</sup> Marine Industry Decarbonisation Council (MIDC). *Alternative Marine Fuels*. Available at: <https://midc.be/alternative-marine-fuels/> (10.10.2020).

που αντιμετωπίζει απαιτούν να κλιμακωθούν οι εγκαταστάσεις κατά 100.000 φορές σε σύγκριση με αυτό που έχει αποδειχθεί μέχρι τώρα (Yugo & Soler, 2019).

- Εξακολουθεί να είναι ένα ανοιχτό ερώτημα εάν τα ηλεκτροκαύσιμα είναι ικανά να παραχθούν στις ποσότητες που απαιτούνται από τη ναυτιλιακή βιομηχανία (υπό την προϋπόθεση ότι οι τιμές είναι ανταγωνιστικές και υπάρχει κατάλληλο κανονιστικό καθεστώς) διότι μέχρι σήμερα, δεν υπήρξαν διακριτές πολιτικές δραστηριότητες για τη διάθεση συνθετικών καυσίμων από διαδικασίες PtoF. Είναι πιθανό ότι θα απαιτηθούν σημαντικές ποσότητες συνθετικών καυσίμων και / ή βιοκαυσίμων για την επίτευξη των στόχων του IMO GHG (DNV GL, 2019b).

### **ΕΥΚΑΙΡΙΕΣ**

- Η επένδυση για παραγωγή υδρογόνου από φυσικό αέριο με δέσμευση άνθρακα εκτιμάται ότι είναι χαμηλότερη από την παραγωγή υδρογόνου από ηλεκτρόλυση. Ωστόσο, από αυτό δεν μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι το υδρογόνο από SMR + CCS θα είναι φθηνότερο από το υδρογόνο από ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια, καθώς αυτό θα εξαρτηθεί επίσης από την τιμή της πρώτης ύλης ενέργειας (Krantz et al., 2020).
- Δεδομένης της πολύ υψηλότερης απόδοσης μετατροπής ηλιακής ενέργειας από τεχνολογίες τεχνητής ανανεώσιμης ενέργειας σε σύγκριση με την ανάπτυξη των φυτών, έχει μεγάλες προοπτικές ανάπτυξης.
- Για τα ηλεκτροκαύσιμα, η ζήτηση νερού είναι πιθανότατα πολύ χαμηλότερη, συνεπώς λιγότερο ανησυχητική. Χρησιμοποιεί νερό ως πρώτη ύλη για ηλεκτρόλυση εκτιμώντας ότι θα απαιτηθούν περίπου 1,4 λίτρα νερού ως είσοδος για κάθε λίτρο παραγόμενου συνθετικού υγρού καυσίμου συγκριτικά με τα 1.400 - 20.000 λίτρων συνολικού νερού που απαιτείται ανά λίτρο παραγωγής βιοκαυσίμων πρώτης γενιάς (Malins, 2017).
- Λαμβάνοντας υπόψη τις υψηλότερες τιμές των μελλοντικών καυσίμων πλοίων που συζητούνται στην μελέτη του DNV GL (2019b), είναι προφανές ότι το πιθανό πρόσθετο κόστος CAPEX που σχετίζεται με ορισμένα συνθετικά καύσιμα μπορεί πιο εύκολα να αντισταθμιστεί με μειωμένο OPEX (DNV GL, 2019b).

- Και οι δύο διαδρομές PtL (μέσω Fischer-Tropsch ή μεθανόλης) προσφέρουν υψηλό επίπεδο ετοιμότητας τεχνολογίας. Σημαντικά βήματα έχουν γίνει από την Sunfire, στην Δρέσδη, Γερμανία για την διαδρομή Fischer-Tropsch (Malins, 2017).
- Εξ' ορισμού, τα καύσιμα από διεργασίες PtoF έχουν μηδενικές εκπομπές TTP εάν ο χρησιμοποιημένος άνθρακας λαμβάνεται από πηγές ουδέτερες του CO<sub>2</sub>. Οι εκπομπές WTT από διεργασίες PtoF αναμένεται να είναι ακόμη χαμηλότερες από εκείνες των ορυκτών καυσίμων, επειδή η παραγωγή υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης απελευθερώνει λίγες εκπομπές και οι διαδικασίες PtoF μπορούν να θεωρηθούν ότι καλύπτουν τις δικές τους ενεργειακές ανάγκες κυρίως από ανανεώσιμες πηγές (DNV GL, 2019b).
- Η παραγωγή ηλεκτροκαυσίμων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ πιο αποτελεσματική όσον αφορά τη χρήση γης – δηλαδή λιγότερη ένταση, εν αντιθέση με των βιοκαυσίμων 1G με απαιτούμενη γεωργία για την παραγωγή τους (Malins, 2017; Searle & Christensen, 2018).
- Κατα πώς συγκλίνουν οι περισσότερες μελέτες φαίνεται να υπάρχει η προοπτική επεκτασιμότητας καθότι τα ηλεκτροκαύσιμα πληρούν τις προϋποθέσεις αποκαρβονοποίησης της ναυτιλίας, αρκεί να υπάρξει ενθάρρυνση περισσότερων επενδύσεων στην αποδοτικότητα παραγωγής καυσίμων, τη μείωση του κόστους και επιτάχυνση της ενσωμάτωσής τους στην αγορά. Ο σχεδιασμός ενός αντίστοιχου χάρτη πορείας για τα ηλεκτρονικά καύσιμα σε εθνικό, ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο, ο οποίος θα περιγράφει τις εφικτές διαδρομές αύξησης των ηλεκτρονικών καυσίμων, είναι αναγκαίος να γίνει και δη σε άμεσο χρόνο. (Florentinus et al., 2012).
- Η μεθανόλη είναι ένα υγρή σε συνθήκες περιβάλλοντος και είναι συμβατή με την υφιστάμενη υποδομή καυσίμων ανεφοδιασμού.
- Τόσο η μεθανόλη όσο και το υδρογόνο μπορούν να καούν μόνα τους σε κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα με κάποια περαιτέρω ανάπτυξη που απαιτείται για τους κινητήρες θαλάσσης, ενώ η αμμωνία χρειάζεται καύσιμο στήριξης (Ash et al., 2019).
- Ο Bracker (2017) αναφέρει ότι η παραγωγή ηλεκτροκαυσίμων χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκή ή αιολική ενέργεια στη Γερμανία θα πρέπει να μπορεί να

αποδίδει τουλάχιστον 500 gigajoule ανά εκτάριο ετησίως. Αυτό συγκρίνεται με τις επιδόσεις της περιοχής για βιοκαύσιμα περίπου 100 gigajoules ανά εκτάριο για ζαχαρότευτλα, 60 gigajoules ανά εκτάριο για το σιτάρι ή 40 gigajoules ανά εκτάριο για το κραμβέλαιο (Malins, 2017).

- Οι τιμές εκπεμπόμενων CO<sub>2</sub> για το υδρογόνο και την αμμωνία, ωστόσο, είναι περισσότερο από 90% χαμηλότερες από το ντίζελ (Ash et al., 2019). Υπάρχουν ωστόσο ορισμένες τεχνολογίες υπό ανάπτυξη που μπορούν να διαχωρίσουν το υδρογόνο και το CO<sub>2</sub> ξανά επί του πλοίου και έτσι να καίνε καθαρό υδρογόνο στον κινητήρα ενώ δεσμεύει το CO<sub>2</sub>. Μια άλλη λύση είναι η δέσμευση CO<sub>2</sub> στην ροή καυσαερίων. Βέβαια μια εναλλακτική λύση σε αυτό είναι η αμμωνία που παράγεται από υδρογόνο και άζωτο χωρίς την προσθήκη CO<sub>2</sub>.<sup>53</sup>
- Τα ηλεκτρονικά καύσιμα (e-liquid και e-gas) αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση, αλλά οι εκπομπές CO<sub>2</sub> του κύκλου ζωής τους θα εξαρτηθούν από την πηγή του CO<sub>2</sub> που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τους (European Commission, 2018)<sup>54</sup>

## ΑΠΕΙΛΕΣ

- Μόνο το 13% των απαιτούμενων επενδύσεων σχετίζονται με τα ίδια τα πλοία. Κυρίως γίνονται επενδύσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, οι οποίες εκτιμάται ότι είναι υψηλότερες λόγω του υψηλότερου κόστους καυσίμου της αμμωνίας σε σύγκριση με τα παραδοσιακά καύσιμα πλοίων (Krantz et al., 2020).
- Ο σχετικά μεγάλος χρόνος αντικατάστασης του στόλου πλοίων / αεροσκαφών σε αυτούς τους τομείς συνεπάγεται υψηλό κίνδυνο σε περίπτωση καθυστέρησης της κανονιστικής δράσης (EC, 2018).
- Από την μελέτη του DNV GL, 2019 συμπεραίνεται ότι το υδροποιημένο υδρογόνο δεν προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων καυσίμων

---

<sup>53</sup> Marine Industry Decarbonisation Council (MIDC). *Alternative Marine Fuels*. Available at: <https://midc.be/alternative-marine-fuels/> (10.10.2020).

<sup>54</sup> Τρεις τύποι πηγών διοξειδίου του άνθρακα μπορούν δυνητικά να χρησιμοποιηθούν ως είσοδο στη διαδικασία: CO<sub>2</sub> από ορυκτό άνθρακα προέλευσης, CO<sub>2</sub> από βιογενή προέλευση ή CO<sub>2</sub> από την ατμόσφαιρα (Ambel, 2017).

PtoF λόγω της υψηλής ενεργειακής διαδικασίας υγροποίησης. Αυτή και η χαμηλή πυκνότητα ογκομετρικής ενέργειας του υγροποιημένου υδρογόνου (21% σε σύγκριση με το HFO) καθιστούν δύσκολη τη χρήση του στην ποντοπόρο ναυτιλία. Η κατάσταση είναι διαφορετική για το συμπιεσμένο και υγρό υδρογόνο στις θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων σε σταθερές διαδρομές που καλύπτουν περιορισμένες αποστάσεις (DNV GL, 2019)

- Υπάρχει κάποια περίπτωση κατά την οποία τα ηλεκτροκαύσιμα θα μπορούσαν να προκαλέσουν ένταση του νερού σε περιοχές που έχουν ήδη καταπονηθεί. Για παράδειγμα, ένα εργοστάσιο ηλεκτροκαυσίμων 100 εκ. λίτρων ετησίως που χρησιμοποιεί ενέργεια από ξηρόψυκτο CSP θα απαιτούσε περίπου 150 εκατομμύρια λίτρα νερό ετησίως για ηλεκτρόλυση, συν 500 εκατομμύρια λίτρα ετησίως για το CSP. Η ανάπτυξη μιας βιομηχανίας PtL βασισμένη στη συγκέντρωση ηλιακής ενέργειας ικανή να καλύψει ένα μεγάλο μέρος της ευρωπαϊκής ζήτησης ενέργειας στις μεταφορές θα απαιτούσε εκατοντάδες τέτοιες εγκαταστάσεις. Συνεπώς δεν είναι διόλου αμελητέες οι απαιτούμενες ποσότητες νερού.
- Η απαίτηση γης για ηλιακά ή αιολικά πάρκα ώστε να παρέχουν ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια για μια μεγάλη βιομηχανία ηλεκτροκαυσίμων μακροπρόθεσμα, μπορεί να είναι σημαντικά ανατρεπτική (Malins, 2017).
- Βάση του κύκλου ζωής της αμμωνίας, κατά την παραγωγή της στα εργοστάσια έχουν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> (περίπου έως 100%) που τα καθιστούν εμμέσως ρυπογόνα (Taljegård et al., 2015).
- Για να είναι βιώσιμα, αυτά τα καύσιμα θα πρέπει να παραχθούν χρησιμοποιώντας επιπλέον ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια και όχι το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, ωστόσο οι κανόνες REDII δεν είναι τόσο σαφείς επ' αυτού (T&E, 2020).
- Ακόμη και όταν παράγεται αποκλειστικά από ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια, η παραγωγή ηλεκτροκαυσίμων μπορεί έμμεσα να επηρεάσει τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλλού λόγω της μεθοδολογίας λογιστικής ενέργειας στο RED II. (Searle & Christensen, 2018).

- Η IPCC υπολόγισε ότι 1 kg μεθανίου είναι το ισοδύναμο των 25 kg CO<sub>2</sub> σε σύγκριση με το GHG σε 100ετή βάση, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικό κόστος CO<sub>2</sub> (Horvath et al., 2018).
- Συχνά ο πλοιοκτήτης, ο οποίος θα χρειαζόταν να πληρώσει για μια αναβάθμιση τεχνολογίας, δεν πληρώνει για το κόστος καυσίμου του πλοίου του, συνεπώς δεν θα βλέπει κανένα όφελος ή ακόμη και αποπληρωμή από την επένδυση σε μετασκευή. Επιπροσθέτως, δεν είναι εμπορικά ελκυστικό για έναν ναυλωτή να αναλάβει χρηματοδότηση εάν η αποπληρωμή μιας τεχνολογίας είναι μικρότερη από τη διάρκεια της ναύλωσης (βάση του τύπου και διάρκεια ναύλωσης) – φυσικά το ίδιο μοτίβο εφάπτεται και στην περίπτωση των βιοκαυσίμων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9<sup>ο</sup>: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Δυσεισδύοντας στην ουσία της πράσινης ναυτιλίας και δη στην υπό εξέταση κατηγορία των εναλλακτικών ναυτιλιακών καυσίμων με εστίαση στα δύο αναλυόμενα, η παρούσα μελέτη καταλήγει στα εξής συμπεράσματα:

Οι κλιματική αλλαγή πυροδότησε μια σειρά ανακατατάξεων και αναπροσαρμογών στις αλληλεπιδρούμενες αγορές, ενώ παράλληλα ενεργοποιήθηκε μια σειρά θεσμών και κανονισμών τόσο σε παγκόσμιο, όσο και σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο.

Οι παράγοντες που θα συντελέσουν στην αποκαρβονοποίηση του ναυτιλιακού κλάδου, στηρίζονται κατά κύριο λόγο στους αναλυθέντες τέσσερις πυλώνες (περιβάλλον, τεχνικο-τεχνολογικό πλαίσιο, κοινωνικο-πολιτικό και χρηματοοικονομικό) και υπάγονται σε μια σύνθεση πολυδιάστατων συντελεστών τους, επικοινωνούντων κι ενίοτε αλληλοαναιρούμενων. Για παράδειγμα το περιβάλλον και η τεχνολογική ανάπτυξη δεν μπορούν πάντα να συμβαδίζουν προς την αειφορία και την βιωσιμότητα, καθότι τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς «εκ πρώτης όψεως» μοιάζουν να είναι βιώσιμα, ωστόσο οι απαιτούμενες ποσότητες που θα χρειαστούν για τις ανάγκες κάλυψης της ναυτιλιακής αγοράς, θα αποδεκατίσουν την γη και το νερό με συνέπειες την αστάθεια της κυκλικότητας ζωής του άνθακα και των λοιπών επιβλαβών επιπτώσεων που συνεπάγεται μια τέτοια δυσλειτουργία. Αυτές οι αντιθέσεις διαπιστώνονται καθ' όλη την μελέτη της εφοδιαστικής αλυσίδας παράλληλα με τον αντίστοιχο κύκλο ζωής των εναλλακτικών καυσίμων.

Από την άλλη πλευρά αλληλουποστηρίζονται, όπως στον τομέα της χρηματοδότησης και τεχνολογικής ανάπτυξης, όπου η κάνουλα του απαιτούμενου κεφαλαίου, διστακτικά έχει αρχίσει να ρέει μέσα απο επενδυτικές τράπεζες, επιδοτούμενα πιλοτικά προγράμματα με ιδιωτική συνχρηματοδότηση ενίοτε κ.ο.κ. με παρανομαστή και δικλείδα ασφαλείας το ρυθμιστικό πλαίσιο ώστε να επιτευχθούν τα πρώτα βήματα.

Οι επίσημοι διεθνείς, ευρωπαϊκοί και εθνικοί θεσμοθέτες (EC, IMO, RED I & II, ISO, κλπ), έχοντας τα αντίστοιχα εργαλεία όπως τις ΟΔΗΓΙΕΣ, τα MRV, SEEMP, EEDI, τα ΠΡΟΤΥΠΑ ασφαλείας κ.ο.κ. , εμπλέκονται συνεργατικά μεταξύ τους δημιουργώντας ένα δίκτυ προστασίας και βιώσιμης ανάπτυξης των εν λόγω καυσίμων. Βασικός παράγοντας μιας ομαλής έκβασης προς τον αποκαρβονισμό και



την βιώσιμη, ανάπτυξη και επένδυση, είναι η αρμονική συνεργασία μεταξύ των τεσσάρων πυλώνων.

Σύμφωνα με τα μέχρι τώρα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στην παρούσα μελέτη ο εκάστοτε παράγοντας του κεντρικού κορμού έχει εξίσου θετικές και αρνητικές επιπτώσεις, προσφέροντας τόσο κίνητρα όσο κι εμπόδια. Σχετικά πρόσφατα χρονικά, η ΕΕ με την υποστηρίξη και του RED I&II, ανακοίνωσε με κάποια ανανεωμένα άρθρα, για την παρότρυνση ανάπτυξης των βιοκαυσίμων 2<sup>ης</sup> γενιάς και τον περιορισμό των 1<sup>ης</sup> γενιάς χάριν της χρήσης αρόσιμης γης, όπου κλειδώνει την εικόνα του περιβαλλοντικά ουδέτερου καυσίμου (ΟΔΗΓΙΑ 2018/2001). Κατά συνέπεια, αναφέροντας το παράδειγμα αυτό εντοπίζονται δυο αντιφαντικά στοιχεία, ένα κίνητρο και ένα εμπόδιο που θα πρέπει να διαχειριστούν οι αντίστοιχοι εμπλεκόμενοι φορείς. Προφανώς λοιπόν και διαφοροποιούνται τα κίνητρα και τα εμπόδια κατά περίπτωση καυσίμου και σχετίζονται άμεσα με τις ιδιότητές των καυσίμων, την παραγωγή τους, την διαθεσιμότητα τους, την τεχνολογική ωριμότητα, το κόστος επένδυσης και λειτουργίας κ.ο.κ.

Ως προς τις αναμενόμενες εξελίξεις, ο πειραματισμός με τα βιοκαύσιμα έχει ήδη ξεκινήσει σε μεγάλα πλοία και τα προκαταρκτικά αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά. Έως το 2030, τα βιοκαύσιμα αναμένεται να διαδραματίσουν μεγαλύτερο ρόλο, υπό την προϋπόθεση ότι σημαντικές ποσότητες μπορούν να παραχθούν βιώσιμα και σε ελκυστική τιμή (DNV GL, 2014).

Ένα κοινό χαρακτηριστικό των δυο αυτών καυσίμων (βιοκαυσίμων και ηλεκτροκαυσίμων) είναι ότι κάποια καύσιμα είναι συμβατά με βάση τα χαρακτηριστικά τους (ως μείγματα ή και ως αποκλειστικό καύσιμο) σε υπάρχοντες κινητήρες και υποδομές και κατά συνέπεια, δεν θα απαιτηθεί σημαντική αύξηση των κεφαλαιακών επενδύσεων (ETC, 2018).

Το θετικό είναι ότι σε αυτό το νέο κύκλο εξελίξεων έχουν αρχίσει να ενεργοποιούνται οι άμεσα ενδιαφερόμενοι, όπως ναυλωτές, προμηθευτές καυσίμων και μηχανών, ιδιοκτήτες φορτίου κ.λ.π. αφουγκραζόμενοι την αγορά και τις ανάγκες που προβάλλουν πελάτες και καταναλωτές σε πιο πράσινες πρακτικές.

Η έλλειψη κατανόησης της υιοθέτησης πρακτικών περιβαλλοντικής διαχείρισης στη ναυτιλιακή βιομηχανία, η οποία είναι το κλειδί για τη διατήρηση των δραστηριοτήτων του διεθνούς εμπορίου, μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την

ανταγωνιστικότητα των οικονομιών που βασίζονται στις υπηρεσίες (Lun et al., 2016).

### **Προτάσεις και υλικό προς μελέτη και διερεύνηση**

- Τεχνολογικά βιώσιμη ανάπτυξη: Οι οικονομικοί παράγοντες προσελκύονται από τον τομέα των εν λόγω εναλλακτικών καυσίμων με ελάχιστο έως μηδενικό αποτύπωμα άνθρακα και μειωμένη περιβαλλοντική επιβάρυνση (αποψίλωση δασών, αλλαγή χρήσης γης, διαχείριση νερού κ.α.). Επιπροσθέτως ευελπιστούν σε καύσιμα με δυνητικά υψηλές μελλοντικές αποδόσεις, καθώς υπάρχει η δυνατότητα των νεοσύστατων επιχειρήσεων να επιτύχουν προσωρινή κυριαρχία στην αγορά αναπτύσσοντας επιτυχώς τη νέα τεχνολογία (IRENA, 2019).
- Πολιτική υποστήριξη: Για να επιτευχθούν οι στόχοι αειφορίας, οι επενδύσεις θα πρέπει να αυξηθούν κατά πολύ περισσότερο μέσα στην επόμενη δεκαετία, ενισχύοντας τη σημασία της πολιτικής στήριξης για την αύξηση των βιώσιμων εναλλακτικών καυσίμων, ειδικά σε περίοδο χαμηλών τιμών πετρελαίου (IEA, 2020). Κατά συνέπεια απαιτείται αφύπνιση και προσαρμογή στα νέα δεδομένα καθώς και ενεργοποίηση των Διεθνών και Κρατικών φορέων και αντίστοιχα αρμόδιων Οργανισμών. Η Πολιτική, η Τεχνολογία/Επιστήμη (R&D), το Θεσμικό πλαίσιο, η Οικονομία και το Περιβάλλον οφείλουν να είναι μια αχώριστη πεντάδα αποφάσεων, αλληλεπιδρώντες μεταξύ τους και φέροντες στο τραπέζι των αποφάσεων θέματα της επικαιρότητας προς άμεση επίλυση και εφαρμογή τους.
- Μείωση του κόστους των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας: Εάν το κόστος της αποανθρακοποίησης της ναυτιλίας μειωνόταν κατά 55% υπό την προϋπόθεση το πρόσθετο κόστος των βιοκαυσίμων ή των e-fuels να έφτανε στα 0,30 US \$ ανά λίτρο (αντί 0,60 US \$ ανά λίτρο), τότε θα μπορούσαν να επιτύχουν την μείωση και του συνολικού κόστους της παγκόσμιας οικονομίας από 0,45% σε 0,24% του παγκόσμιου ΑΕΠ (ETC, 2018).

Συνεπώς όταν η τιμές των βιοκαυσίμων και ηλεκτροκαυσίμων φτάσουν στο σημείο να τραβήξουν την προσοχή, οι τεχνολογίες καλύψουν τα διαφεύγοντα κενά - που συνεπάγονται και διαφεύγοντα κέρδη (ως προς την ενεργειακή απόδοση του βιοκαυσίμου, συμβατότητας και λειτουργικών εξόδων κ.α.), εξασφάλισης ποιότητας κατά την αποθήκευση, τυχόν τοξικότητας, βιώσιμης ποσότητας, φορολογικής

ανάσας, ανάπτυξης καταλλήλων υποδομών, τιμές καυσίμων και ρυθμιστικού κανονιστικού περιβάλλοντος, τότε θα υπάρξει επίσημο σημείο εκκίνησης για ένα μεγάλο επενδυτικό κύμα.

Αυτό φυσικά δεν αναιρεί το γεγονός ότι σποραδικά κάποιες χώρες όπως Σουηδία, Φιλανδία, Ολλανδία Γερμανία κα. έχουν πραγματοποιήσει κρατικά ή /και ιδιωτικά, μεγάλες επενδύσεις για να αγγίξουν υψηλούς στόχους ενός βιώσιμου περιβάλλοντος. Καταλήγοντας θα μπορούσε να διατυπωθεί με πάσα επιφύλαξη, ότι η ναυτιλιακή βιομηχανία, με ότι εμπεριέχει και συνεπάγεται, έχει αγγίξει την άκρη του νήματος ως προς τα βιοκαύσιμα και ηλεκτροκαύσιμα, οδεύοντας σε μια προδιαγεγραμμένη και αισιόξη πορεία βάση χρονοπρογραμματισμού επίτευξης των στόχων της, πάραυτα ασταθή εξελικτικά και χρονικά.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Ξενη Βιβλιογραφία**

- Abbasov, F., & Earl, T., & Dardenne J., & Afonso, F., & Gilliam L., & Ambel, CC. & Egal J. (2019). *EU shipping's climate record, Maritime CO2 emissions and real-world ship efficiency performance*. Transport & Environment
- Agarwal, AK., & Agarwal RV., & Gupta, T., & Gurjar, BR., (2017). *Biofuels, Technology, Challenges and Prospects*. Green Energy & Technology. Singapore: Springer Nature Pte Ltd.
- Ambel, CC. (2017). *Electro fuels what role in EU transport decarbonisation?*. Transport & Environment
- Andersson, K., & Brynolf S., & Hansson J., & Grahn M. (2020). Criteria and Decision Support for A Sustainable Choice of Alternative Marine Fuels. *Sustainability* 12, 3623.
- Arends, I., & Osseweijer P. (2014). *Industrial Biotechnology Course*. TU Delft
- Ash, N., & Sikora, I. & Richelle, B. (2019). 'Electrofuels for shipping: How synthetic fuels from renewable electricity could unlock sustainable investment in countries like Chile', Environmental Defense Fund. London.
- Balcombe, P., & Brierley J., & Lewis C., & Skatvedt L., & Speirs, J., & Hawkes, A., & Staffell, I. (2019). How to decarbonise international shipping: Options for fuels, technologies and policies. *Energy Conversion and Management*. 182, 72–88.
- Bauen, A., & Gomez, I., & Oudenijeweme, D., & Paraschiv, M.,. (2017). *Alternative Fuels, Expert group report, Studies and reports*. European Commission, Brussels
- Bengtsson, S., & Andersson, K., & Fridell, E. (2011). *Life cycle assessment of marine fuels, A comparative study of four fossil fuels for marine propulsion*. Chalmers University Of Technology. Gothenburg, Sweden
- Berndes, G., & Bird, N., & Cowie, A. (2011). *Bioenergy, Land Use Change and Climate Change Mitigation*. IEA Bioenergy.
- Carlin, D., & Fischer, R. (2020). *From Disclosure to Action, Applying TCFD principles throughout financial institutions*. This report was commissioned by the UN Environment Programme Finance Initiative (“UNEP FI”)

- Caspeta, L. & Buijs, NAA., Nielsen, J.. (2013). *The role of biofuels in the future energy supply*. RSC Publishing. Gothenburg. Sweden.
- Chang, Y-T., & Danao, D. (2017). Green Shipping Practices of Shipping Firms. *Sustainability*, 9, 829.
- Clarksons Research. (2020a). Financial Markets. Shipping Sector Reports. *Clarksons Research Spring 2020*, 101-110.
- Clarksons Research. (2020b). Maritime Economics, *Clarksons Platou Structured Asset Finance*
- Clini, C., & Bauen, A., & Caserta G., & Franzosi M., & Howes J., & Prag, A. (2005). *Global Bioenergy Partnership*. The Italian Ministry for the Environment and Territory.
- Dalhammar, C., & Peck, D., & Orlov, D., Machacek, E., & Gillabel, J., Richter, JL., & Nussholz J., & Vrancken, K., & Whalen K., Modis, K., & Milios, L., & Messing, M., & Bocken, N., & Tojo, N., & Davris, P., & Peck, P., & Manshoven, S., & Sfez, S., & Lindhqvist, T, & Palgan, YV.. (2019). *Circular Economy – Sustainable Materials Management*. Lund University, Sweeden: International Institute for Industrial Environmental Economics (IIIEE)
- Davison, A., (1989), *Fossil Fuel Consumption and the Environment*. Oxford Institute for Energy Studies. Oxford, England.
- De Vos, K., & Hart, B., & Ryan, K. (2020). *The Ocean Finance Handbook, Increasing finance for a healthy ocean*. The Friends of Ocean Action. Geneva, Switzerland
- Delasalle, F., & Graham A., & Pandey, A., & Caroline, RC., & Søggaard K., Christensen, J., & Vemmelund, T., & Lawson, E., & Maver, T., Jilkova A., Garvin, B., Kilemo, H. (2020). *The First Wave, A blueprint for commercial-scale zero-emission shipping pilots*. Energy Transitions Commission for the Getting to Zero Coalition
- Deniz, C., & Zincir, B. (2015). Environmental and economical assessment of alternative marine fuels. *Journal of Cleaner Production*, 113, 438-449
- Dincer, I., & Colpan, CO., & Kadioglu, F. (Ed.) (2013). *Causes, Impacts and Solutions to Global Warming*. New York: Springer Science+Business Media
- DNV GL. (2014). *The Future of Shipping*. DNV GL. Høvik.

- DNV GL. (2019a). *Comparison of Alternative Marine Fuels*. DNV GL. Høvik, Norway.
- DNV GL. (2019b). *Assessment of Selected Alternative Fuels and Technologies*. DNV GL. Høvik, Norway.
- DNV GL. (2020). *EU MRV AND IMO DCS, How to succeed in the era of environmental performance management in maritime shipping*. DNV GL. Høvik, Norway.
- EC. (2012). *Memo, Indirect Land Use Change (ILUC)*. EC, Brussels
- EC. (2019). *2019 Annual Report on CO2 Emissions*. Maritime Transport. European Commission, Brussels
- EIB Investment Report. (2020). *Accelerating Europe's Transformation, 2019-2020*. EIB
- EIB. (2019). *European Investment Bank Financial Report 2019*. European Investment Bank.
- Energy Transitions Commission. (2020). *The First Wave, A blueprint for commercial-scale zero-emission shipping pilots*. ETC
- ETC. (2018). *Mission Possible, Reaching Net-Zero Carbon Emissions From Harder-To-Abate Sectors By Mid-Century*. ETC.
- European Commission (2018a). *In-Depth Analysis In Support Of The Commission Communication Com 773, A Clean Planet for all, A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*. EC.
- EUROPEAN COMMISSION. (2005). *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats in Energy Research*. European Communities. Belgium
- European Commission. (2018b). *FINAL REPORT, of the High-Level Panel of the European Decarbonisation Pathways Initiative*. European Union
- European Parliament (2020). *The European Green Deal, European Parliament resolution of 15 January 2020 on the European Green Deal (2019/2956(RSP))*
- FAO. (2011). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London.

- Florentinus, A., & Hamelinck, C., Van den Bos, A., & Winkel, R., & Cuijpers, M. (2012). *Potential of biofuels for shipping, Final Report*. ECOFYS. Netherlands B.V. , Utrecht.
- Hakeem, KR., & Jawaid, M., & Rashid, U.(Ed.). (2014). *Biomass and Bioenergy, Applications*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Hansson, J., & Månsson, S., & Brynolf, S., & Grahn, M. (2019). Alternative marine fuels: Prospects based on multi-criteria decision analysis involving Swedish stakeholders. *Bioenergy and Biomass*, 126, 159-173.
- Heyne St., Bokinge P., Nyström In. (2019). *Global production of bio-methane and synthetic fuels – overview*. CIT Industriell Energi AB.
- Hirdaris S. & Cheng F. (2012). *The role of technology in green ship design*, Lloyd's Register of Shipping. UK.
- Hordeski M.F., (2008), *Alternative Fuels - The Future Of Hydrogen*, (2nd ed.), The Fairmont Press, Inc.
- Horvath, S., & Fasihi M., & Breyer C. (2018). Techno-economic analysis of a decarbonized shipping sector: Technology suggestions for a fleet in 2030 and 2040. *Energy Conversion and Management*, 164, 230–241
- Hsieh, C., & Felby, C. (2017). *Biofuels for the marine shipping sector, An overview and analysis of sector infrastructure, fuel technologies and regulations*. IEA Bioenergy
- ICS. (2014). *Shipping, World Trade and the Reduction of CO2 Emissions*.United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)
- ICS. (2019). *Annual Review. International Chamber of Shipping*. London.
- ICS. (2020). *Catalysing the fourth propulsion revolution, The urgent need to accelerate R&D to deliver zero-carbon shipping by 2050*. Marisec Publications
- IEA. (2020a). *Sustainable Recovery: World Energy Outlook Special Report*, (in collaboration with the International Monetary Fund). IEA, France
- IEA. (2020b). *European Union 2020, Energy Policy Review*. IEA Publications
- IEA. (2020c). *World Energy Investment*. IEA Publications.
- IMO. (2011). *IMO and the Environment, IMO's response to current environmental challenges*.IMO

- IMO. (2016). *AIR POLLUTION AND ENERGY EFFICIENCY Assessment of fuel oil availability. MEPC 70/INF.6*. IMO
- International Council for Science (ICSU), 2017. *A Guide to SDG Interactions: from Science to Implementation*. ICS. Paris
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and NY, USA.
- IRENA. (2015). *Renewable Energy Options For Shipping*. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi.
- IRENA. (2016). *Renewable Energy Benefits: Measuring The Economics*. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi.
- IRENA (2019b). *Advanced biofuels. What holds them back?.* International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi.
- IRENA (2020). *Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020*. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi.
- IRENA, (2019a). *Navigating the way to a renewable future: Solutions to decarbonise shipping*. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi.
- IRENA. (2020a). *Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050*. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi.
- ITF. (2018). *Decarbonising Maritime Transport, Pathways to zero-carbon shipping by 2035*. OECD/ITF 2018. PCSI
- Kavussanos, M.G., & Visvikis, I.D. (2016). *The International Handbook of Shipping Finance, Theory and Practice*. London: Palgrave Macmillan Publishers Ltd.
- Koumentakos A.G. (2019). Developments in Electric and Green Marine Ships. *Appl. Syst. Innov.*, 2, 34.
- Krantz, R., & Sjøgaard, K., & Smith, T. (2020). *The scale of Investment needed to Decarbonize International Shipping*. Getting to Zero Coalition Insight Series
- Lee, TH., & Nam, HJ. (2017). A Study on Green Shipping in Major Countries: In the View of Shipyards, Shipping Companies, Ports, and Policies. *The Asian Journal of Shipping and Logistics* 33(4),253-262.



- Lister J. (2014). Green Shipping: Governing Sustainable Maritime Transport. *Global Policy* 6(2).
- Lun, Y.H.V., Lai K., Wong C.W.Y., Cheng T.C.E. (2016). *Green Shipping Management*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Malins, C. (2017). *What role is there for electrofuel technologies in European transport's low carbon future?*. Cerulogy.
- Marine Environment Protection Committee. (2019). *REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS Proposal to establish an International Maritime Research and Development Board (IMRB)*. MEPC 75/7/4.
- McGill, R., & Remley, W., & Winther, K.. (2013). *Alternative Fuels for Marine Applications, A Report from the IEA Advanced Motor Fuels Implementing Agreement*. Argonne National Laboratory.
- Michaelides, E.E. (2012). *Alternative Energy Sources*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- Mofor, L., & Nuttall, P. & Newell, A. (2015). *Renewable Energy Options For Shipping*. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi.
- Mousavi, A., & Sowlat, MH., & Hasheminassab S., & Pikelnaya O., & Polidori, A., & Ban-Weiss G., & Sioutas, C. (2018). Impact of particulate matter (PM) emissions from ships, locomotives, and freeways in the communities near the ports of Los Angeles (POLA) and Long Beach (POLB) on the air quality in the Los Angeles county. *Atmospheric Environment*, 195, 159-169.
- Narula, K. (2016). The role of regulatory mechanisms in clean shipping. *ESI (Energy Studies Institute, Singapore) Bulletin on Energy Trends and Development*, V. 9, I3, 11-14.
- OECD. (2011). *Environmental Impacts of International Shipping: The Role of ports*. OECD.
- OECD/IEA, FAO (2017). *How2Guide for Bioenergy. Roadmap Development and Implementation*. IEA Publications
- Psaraftis, H.N. (Ed.) (2016). *Green Transportation Logistics, The Quest for Win-Win Solutions*. International Series in Operations Research & Management Science. Switzerland: Springer International Publishing.

- Ren, J., & Lützen, M. (2017). Selection of sustainable alternative energy source for shipping: Multicriteria decision making under incomplete information. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 1003-1019.
- Ren, J., & Manzardo A., Toniolo, S., & Scipioni A. (2013). Sustainability of hydrogen supply chain. Part II: Prioritizing and classifying the sustainability of hydrogen supply chains based on the combination of extension theory and AHP. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38, 13845-13855.
- REN21. (2019). *Renewables 2019 Global Status Report*. REN21, Paris
- REN21. (2020). *Renewables 2020, Global Status Report*. REN21, Paris
- Searle, S., & Christensen, A. (2018). *Decarbonization Potential of Electrofuels in the European Union*. International Council on Clean Transportation
- Siegemund S., Patrick Schmidt P., Trommler M., Weindorf W., Kolb O., Zittel W., Zinnecker V., Raksha T., Zerhusen J. (2017). «E-FUELS» STUDY, *The potential of electricity-based fuels for low-emission transport in the EU*, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). German Energy Agency. Berlin.
- Soccol, CR., & Brar, SK., & Faulds, C., & Ramos, LP. (ed) (2016). *Green Fuels Technology - Biofuels, History and Global Policy of Biofuels*. Switzerland: Springer International Publishing.
- SSI. (2019). *The Role of Sustainable Biofuels in the Decarbonisation of Shipping, The findings of an inquiry into the Sustainability and Availability of Biofuels for Shipping*. United Nations Climate Change Conference
- Stopford, M. (2009). *Maritime Economics*, (3d Ed) Martin Stopford, Routledge.
- Stulgis V., Smith T., Rehmatulla N., Powers J., Hoppe J. (2014). *Hidden Treasure: Financial Models for Retrofits, Research Report*. Carbon War Room, Washington.
- Syriopoulos, T.C. (2007). Financing Greek Shipping: Modern Instruments, Methods and Markets. *Research in Transportation Economics*, 21, 171–219
- Taljegård, M., & Brynolf, S., & Hansson, J., & Hackl, R., & Grahn M., & Andersson, K. (2015). *Electrofuels – a possibility for shipping in a low carbon future?* Conference Paper: International Conference on Shipping in Changing Climates, Vol.2.

- Teeter, J.L., & Cleary, S.A. (2014). Decentralized oceans: Sail-solar shipping for sustainable development in SIDS. *Special Section on Oceans and Seas*. Vol.38, 182-192.
- The Institution of Mechanical Engineers (2013). *Global Food, Waste Not, Want Not. Improving the World Through Engineering*. Institution of Mechanical Engineers. Westminster, London
- Toscano, D., & Murena F. (2019). Atmospheric ship emissions in ports: A review. Correlation with data of ship traffic. *Atmospheric Environment: X*, Vol. 4, 100050.
- Transport & Environment. (2020). *REDI II, National implementation, How member states can deliver sustainable advanced transport fuels*. Transport & Environment.
- Tsita, K., & Pilavachi, P. (2013). *Evaluation of next generation biomass derived fuels for the transport sector*. *Energy Policy* 62. 443–455.
- Twidell, J., & Weir, T. (2006). *Renewable Energy Resources*. (2<sup>nd</sup> ed.) London & NY: Taylor & Francis
- Tyrovola, T., & Dodos, G., Kalligeros S., & Zannikos, F. (2017). The Introduction of Biofuels in Marine Sector. *Journal of Environmental Science and Engineering* 6, 415-421.
- UNCTAD, (2019a), *Financing a Global Green New Deal*. United Nations. Geneva
- UNCTAD. (2019b). *Review Of Maritime Transport*. United Nations. Geneva
- Van Dyk, S., & Su, J., & McMillan D.J., & Saddler J.J. (2019). Potential synergies of drop-in biofuel production with further co-processing at oil refineries. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 13,760–775.
- Van Tulder, R. (2018), *Business & The Sustainable Development Goals: A Framework for Effective Corporate Involvement*, Rotterdam.: Rotterdam School of Management, Erasmus University
- WBA. (2019). *Global Bioenergy Statistics 2019*. World Bioenergy Association
- WEF. (2020). *The Global Risks, Report 2020*. (15th Ed). World Economic Forum, Cologny/Geneva, Switzerland
- Wijnolst, N., & Wergeland, T. (2009). *Shipping Innovation*. Amsterdam: IOS Press BV

- Yliskylä-Peuralahti J., (2016), Sustainable Energy Transitions in Maritime Transport The Case of Biofuels. *The Journal of Sustainable Mobility*, Vol.3 Issue 2.
- Yugo, M., & Soler, A. (2019). *A look into the role of e-fuels in the transport system in Europe (2030–2050)*. Concawe’s Low Carbon Pathways project
- Zhou, Y., & Pavlenko, N., & Rutherford D., & Osipova, L., & Comer B. (2020). *The potential of liquid biofuels in reducing ship emissions, WORKING PAPER 2020-21*. International Council On Clean Transportation

### **Ελληνική Βιβλιογραφία:**

- ΕΕ & ΕΚ. ΟΔΗΓΙΑ 2003/96/ΕΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 27ης Οκτωβρίου 2003, σχετικά με την αναδιάρθρωση του κοινοτικού πλαισίου φορολογίας των ενεργειακών προϊόντων και της ηλεκτρικής ενέργειας. ΕΕ & ΕΚ
- ΕΕ & ΕΚ. ΟΔΗΓΙΑ 2018/2001 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 11ης Δεκεμβρίου 2018 για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (αναδιτύπωση). ΕΕ & ΕΚ
- Μεζαρτάσογλου, Δ., & Σταμπολής, Κ., & Χατζηβασιλειάδης, Ι. (2019). *Ο Ελληνικός Ενεργειακός Τομέας, Ετήσια Έκθεση 2019*. IENE.
- Τουτουτζής, Φ. (2018). *Χρηματοδότηση Ναυτιλιακών Επενδύσεων, Τμήμα Οργάνωσης και Διοίκησης Επιχειρήσεων*. Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στη Διοίκηση Επιχειρήσεων για Στελέχη (Ε-Mba). Πειραιάς: Πανεπιστήμιο Πειραιώς

### **Πηγές από Διαδικτυακούς ιστότοπους:**

- AMS. (2019). *Climate Change, An Information Statement of the American Meteorological Society* (Adopted by the AMS Council on 15 April 2019) Available at: <https://www.ametsoc.org/index.cfm/ams/about-ams/ams-statements/statements-of-the-ams-in-force/climate-change1/> (02.11.2020)
- Bannon, E. (2019). *€24bn in fossil fuel subsidies ‘a perverse incentive’ for shipping pollution*. Transport & Environment, Available at: <https://www.transportenvironment.org/news/%E2%82%AC24bn-fossil-fuel-subsidies-%E2%80%98perverse-incentive%E2%80%99-shipping-pollution> , (02.01.2021)

- BlackRock. *Net zero: a fiduciary approach*. Available at: <https://www.blackrock.com/corporate/investor-relations/blackrock-client-letter> (10.02.2021)].
- EC. *Reducing emissions from the shipping sector*. Available at [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping_en) , (23.12.2020)
- ECSA. Revised Energy Taxation Directive should enable the transition to the decarbonisation of maritime transport. Available at: <https://www.ecsa.eu/news/revised-energy-taxation-directive-should-enable-transition-decarbonisation-maritime-transport> (27.12.2020)
- ETIP Bioenergy. *Use of Biofuels in Shipping*. Available at: [https://www.etipbioenergy.eu/?option=com\\_content&view=article&id=294](https://www.etipbioenergy.eu/?option=com_content&view=article&id=294). (28.01.2021)
- ETIP Bioenergy. Overview on electrofuels. Available at: <https://www.etipbioenergy.eu/value-chains/conversion-technologies/electrofuels> (05.02.2021)
- Goodfuels. First commercial marine biofuel based on wood residues. Available at: <https://goodfuels.com/wood-residues/> (28.01.2021)
- IEA. (2018), «World Energy Outlook 2018», New Policies Scenario. Available at: <https://webstore.iea.org/world-energy-outlook-2018> (20.01.2021)
- IMO and the Sustainable Development Goals. Available at: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/SustainableDevelopmentGoals.aspx> (8.01.2020)
- IMO. *Energy Efficiency Measures*. Available at: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx> (23.12.2020)
- ITF (2018a), “Decarbonising Maritime Transport: The case of Sweden”, International Transport Forum, OECD Publishing, Paris. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/decarbonising-maritimetransport-sweden.pdf>
- MAERSK. (2019). Maersk partners with global companies to trial biofuel. Available at: <https://www.maersk.com/news/articles/2019/03/22/maersk-partners-with-global-companies-to-trial-biofuel> (28.01.21)

- Marine Industry Decarbonisation Council (MIDC). Alternative Marine Fuels. Available at: <https://midc.be/alternative-marine-fuels/> (10.10.2020)
- Naden, C. (2019). ISO, Marine Industry Guidance Just Published In Race Towards Low-Sulfur Fuel By 2020. Available at: <https://www.iso.org/news/ref2437.html> , ( 22.01.2021).
- NASA / NOAA. (2020). *Scientific Consensus: Earth's Climate Is Warming*. Available at: <https://climate.nasa.gov/scientific-consensus/> ( 3.11.2020).
- NASA, Climate Change: How Do We Know? Available at: <https://climate.nasa.gov/evidence/> (3.11.2020)
- NASA. (2011). Earth Observatory, Changes in the Carbon Cycle. Available at: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/CarbonCycle/page4.php> (22.11.2020)
- NASA. (2020). Global Climate Change, Milankovitch (Orbital) Cycles and Their Role in Earth's Climate. Available at: <https://climate.nasa.gov/news/2948/milankovitch-orbital-cycles-and-their-role-in-earths-climate/> ( 22.12.2020)
- NRCS USDA (2020). *Water*. Available at: <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/national/water/> , (05.01.2020)
- Saul, J., & Chestney, N. (2020). *First wave of ships explore green hydrogen as route to net zero*. Available at: <https://www.reuters.com/article/us-shipping-energy-hydrogen-focus/first-wave-of-ships-explore-green-hydrogen-as-route-to-net-zero-idUKKBN27F18D> (29.01.21)
- STENA. (2014). *The use of biofuel in the marine sector (pdf)*. Available at: <https://www.etipbioenergy.eu/images/per-stefenson.pdf> (28.01.2021)
- The Maritime Executive. (2021). *Offshore Vessel to Run on Ammonia-Powered Fuel Cell*. Available at: <https://www.maritime-executive.com/article/offshore-vessel-to-run-on-ammonia-powered-fuel-cell> (28.01.2021)
- World Energy Promoter of WE Cooperation. (2019). *Synthetic Gas Produced by Wind Power May Fuel Container Ship Soon*. Available at: <https://www.world-energy.org/article/3800.html> (28.01.2021)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### Παράρτημα 1 Clarksons Research world fleet of merchant vessels 2020<sup>55</sup>

Year Start	Crude Tankers <sup>1</sup>	Product Tankers <sup>2</sup>	Chem/Spec. Tankers <sup>3</sup>	Tankers	Bulkers	Combos	All Bulk	LPG	LNG	Containerships	MPP	General Cargo	Ro-Ro	PCC	Reefer	Passenger & Cruise	Offshore <sup>4</sup>	Dredgers	Tugs	Other non cargo	Total	
1993				3.079	4.843	277	8.199														8.199	
1994				3.091	4.865	265	8.221															8.221
1995				3.056	4.964	238	8.258															8.258
1996	1.303	5.509	1.865	8.677	5.182	206	14.065	860	89	1.912	2.126	14.822	963	396	2.002	5.594	4.001	1.626	8.761	1.805	59.022	
1997	1.314	5.584	1.924	8.822	5.295	186	14.303	898	96	2.100	2.216	14.771	982	399	1.976	5.738	4.062	1.637	8.998	1.839	60.015	
1998	1.329	5.598	1.982	8.909	5.422	170	14.501	911	102	2.333	2.303	14.576	1.003	411	1.979	5.916	4.139	1.641	9.315	1.854	60.984	
1999	1.347	5.677	2.066	9.090	5.370	155	14.615	933	107	2.539	2.381	14.399	1.018	427	1.966	6.053	4.303	1.653	9.553	1.879	61.826	
2000	1.343	5.763	2.148	9.254	5.353	150	14.757	952	112	2.614	2.449	14.273	1.044	461	1.935	6.209	4.484	1.667	9.823	1.911	62.691	
2001	1.365	5.767	2.218	9.350	5.386	143	14.879	971	125	2.757	2.536	14.150	1.052	488	1.934	6.329	4.583	1.674	10.073	1.934	63.485	
2002	1.323	5.827	2.257	9.407	5.493	133	15.033	993	126	2.905	2.571	14.040	1.049	492	1.918	6.485	4.675	1.695	10.306	1.964	64.252	
2003	1.345	5.864	2.312	9.521	5.562	118	15.201	990	136	3.053	2.589	14.043	1.052	501	1.916	6.646	4.842	1.719	10.599	2.000	65.287	
2004	1.376	5.916	2.384	9.676	5.627	113	15.416	1.001	151	3.203	2.604	13.935	1.041	511	1.897	6.745	5.019	1.724	10.884	2.016	66.147	
2005	1.409	6.051	2.450	9.910	5.844	105	15.859	994	172	3.377	2.679	14.011	1.033	531	1.868	6.845	5.165	1.725	11.224	2.036	67.519	
2006	1.485	6.190	2.573	10.248	6.134	97	16.479	994	191	3.642	2.770	14.302	1.031	566	1.854	6.914	5.359	1.731	11.682	2.053	69.568	
2007	1.546	6.439	2.722	10.707	6.418	90	17.215	1.025	219	4.005	2.900	14.523	1.031	607	1.837	6.961	5.603	1.758	12.215	2.089	71.988	
2008	1.595	6.691	2.894	11.180	6.753	79	18.012	1.060	249	4.397	3.061	14.764	1.024	657	1.821	7.048	5.923	1.787	12.727	2.115	74.645	
2009	1.596	6.985	3.172	11.753	7.147	75	18.975	1.115	297	4.760	3.219	15.130	1.014	719	1.784	7.142	6.370	1.841	13.324	2.138	77.828	
2010	1.660	7.267	3.410	12.337	7.666	63	20.066	1.141	334	4.826	3.237	15.335	992	665	1.739	7.231	6.863	1.885	14.062	2.194	80.570	
2011	1.687	7.445	3.528	12.660	8.638	68	21.366	1.168	359	4.989	3.305	15.408	944	687	1.672	7.274	7.311	1.923	14.767	2.231	83.404	
2012	1.774	7.609	3.632	13.015	9.473	50	22.538	1.188	371	5.106	3.334	15.300	905	730	1.607	7.343	7.642	1.959	15.597	2.278	85.898	
2013	1.834	7.844	3.681	13.359	10.107	29	23.495	1.196	371	5.114	3.347	15.193	873	756	1.498	7.410	7.915	1.998	16.583	2.321	88.070	
2014	1.843	8.109	3.727	13.679	10.473	24	24.176	1.226	385	5.114	3.321	15.158	842	763	1.482	7.467	8.250	1.999	17.412	2.357	89.952	
2015	1.823	8.305	3.789	13.917	10.770	23	24.710	1.251	414	5.145	3.272	15.092	813	774	1.473	7.565	8.628	2.014	18.148	2.399	91.698	
2016	1.844	8.484	3.865	14.193	10.990	19	25.202	1.316	443	5.256	3.256	15.108	818	786	1.476	7.701	8.909	2.018	18.635	2.435	93.359	
2017	1.934	8.684	3.974	14.592	11.136	15	25.743	1.389	474	5.188	3.226	15.107	822	781	1.471	7.827	9.046	2.035	18.990	2.470	94.569	
2018	2.015	8.827	4.067	14.909	11.372	12	26.293	1.438	504	5.198	3.171	15.040	833	782	1.447	7.995	9.090	2.040	19.277	2.518	95.626	
2019	2.011	8.931	4.180	15.122	11.611	8	26.741	1.439	555	5.304	3.163	15.011	830	784	1.425	8.182	9.070	2.045	19.581	2.541	96.671	
2020	2.116	9.075	4.264	15.455	11.957	8	27.420	1.463	592	5.370	3.165	15.081	837	776	1.419	8.373	9.028	2.059	19.957	2.579	98.119	
Map-20*	2.133	9.077	4.277	15.487	12.010	8	27.505	1.473	595	5.374	3.163	15.080	838	777	1.417	8.385	9.026	2.058	19.977	2.580	98.248	
Average Growth																						
2019	5.2%	1.6%	2.0%	2.2%	3.0%	0.0%	2.5%	1.7%	6.7%	1.2%	0.1%	0.5%	0.8%	-1.0%	-0.4%	2.3%	-0.5%	0.7%	1.9%	1.5%	1.5%	
2009-19	2.6%	2.4%	2.7%	2.5%	4.8%	-18.4%	3.4%	2.5%	6.5%	1.1%	-0.2%	0.0%	-1.7%	0.7%	-2.1%	1.5%	3.2%	1.0%	3.7%	1.7%	2.1%	

<sup>55</sup> Data based on the Clarksons Research world fleet of merchant vessels >=100 GT. Please note that figures do not take into account retrospective changes for Non-Bulk Fleets pre-1996, as indicated by the horizontal line. \*Data as at start month. 1 Crude tanker fleet includes all uncoated tankers 55,000 dwt and above. 2 Product tanker fleet includes all coated non-IMO graded tankers, all IMO 3 tankers, all IMO 2 tankers 25,000 dwt and above which meet criteria: average tank size >3,000 cbm, or, where average tank size unknown, no of tanks<16 (25-40k dwt), <18 (40-55k dwt), <30 (55-85k dwt), tankers of unknown IMO grade 25,000 dwt and above, uncoated non-IMO graded tankers below 55,000 dwt and excludes specialised tankers and all tankers with stainless steel tanks. 3 Chemical tanker fleet includes IMO I tankers plus IMO II tankers not meeting product tanker criteria, tankers of unknown IMO grade <25,000 dwt, includes all stainless steel tankers not designated as specialised tankers, excludes other specialised tankers. Specialised tankers includes tankers designed for the carriage of specialist liquids (excluding chemical tankers). 4 Offshore fleet includes 'ship-shaped' offshore units only.

**Παράρτημα 2.** Προοπτικές θεμελιωδών περιβαλλοντικών τεχνολογιών (Πηγή: Hirdaris & Cheng, 2012)

Research Area	Technology	2010-2014	2014-2020	2020-2030
<b>Resistance and Powering</b>	Ship resistance in waves	√	√	
	Optimisation	√	√	
	Novel Hull forms		√	√
<b>Auxiliary propulsion</b>	Novel Propulsors	√	√	√
	Propeller Design methods	√	√	
	Propulsor/appendage interactions	√	√	
	Retrofit Technology Support	√	√	
	Wind Propulsion	√	√	
	Propulsor Efficiency Indexing		√	
<b>Operational Aspects</b>	Operational Optimisation	√	√	
	Hull Air Lubrication	√	√	√
	Ice and Cold operations	√		√
	Ballast Free operations			√
<b>Environmental Aspects</b>	Noise & Vibration	√	√	√
	Performance Assessment	√		
	Acoustic emissions monitoring		√	√
<b>Fuels</b>	LNG and CNG as a fuel	√	√	√
	Biofuels, methanol and ethanol		√	√
<b>Engineering systems</b>	New diesel engines	√	√	
	Heat recovery systems	√	√	
	Selective catalytic reduction	√		
	Fuel water emulsions	√		
	Exhaust gas recirculation	√		
	Advanced battery technologies	√	√	
	Fuel cells		√	√
	Scrubbers	√	√	
	Nuclear propulsion			√
	Tidal stream ships		√	√
	wave power propulsion		√	√
<b>Corrosions and Coatings</b>	Protective coatings	√		
	Cathodic Protection Systems	√	√	
	Autonomous intelligent systems	√		
	Antifouling systems	√	√	
	Coatings for Ice Class ships	√	√	
	Corrosion Monitoring Systems	√		
	Tank Corrosion Maintenance	√	√	

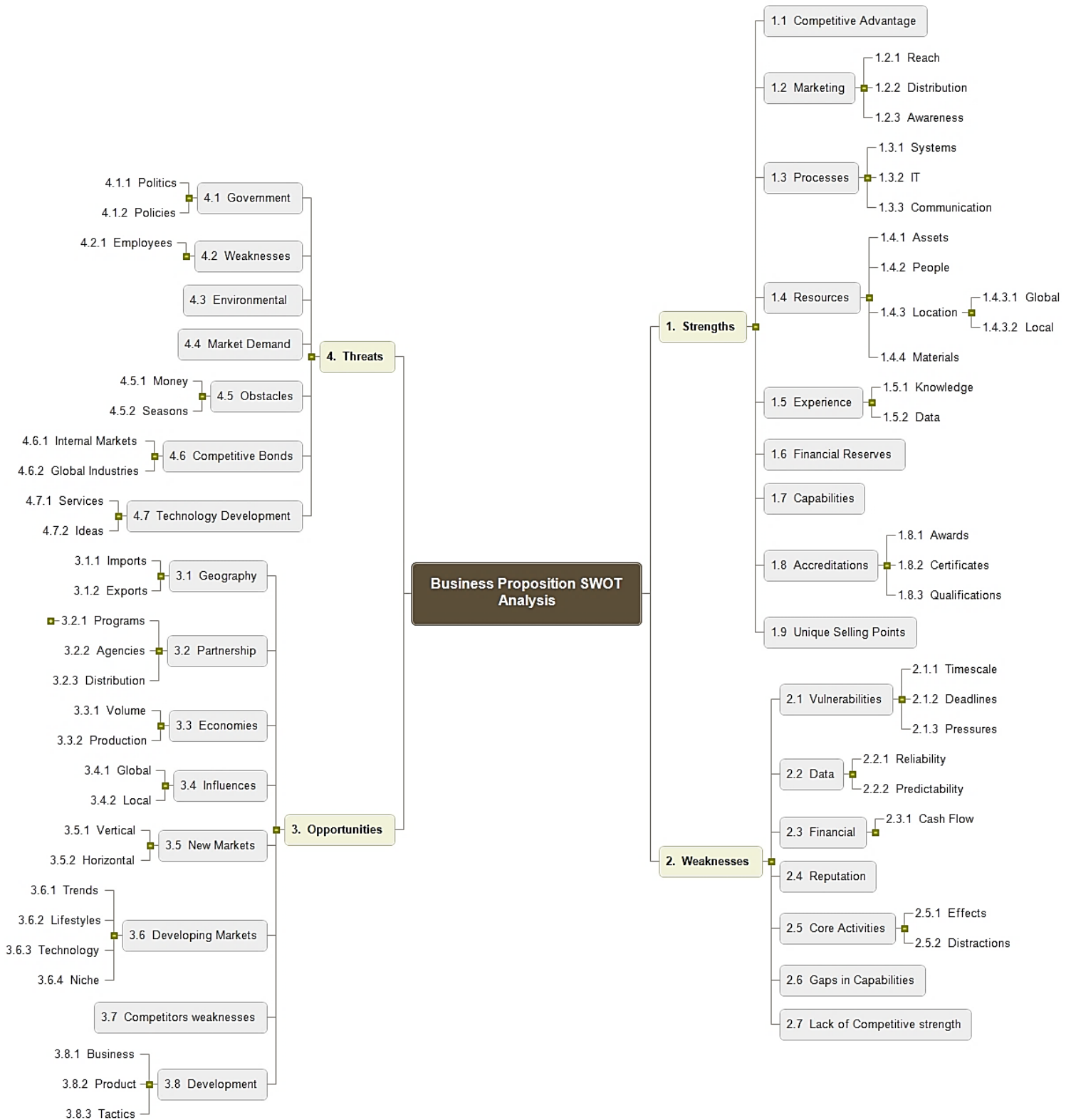


	Coatings Condition Monitoring	√	√	
	Effect on high strength steels		√	
<b>Marine structures</b>	Ship motions and loads	√	√	√
	Climatology	√	√	
	Damaged ship structures	√	√	
	Crack monitoring	√	√	
	Stress monitoring	√	√	
	Crack tolerant approaches	√	√	√

**Παράρτημα 3.** Σύνοψη επιλεγμένων περιβαλλοντικών και κανονιστικών ζητημάτων  
(Πηγή: Clarksons Research, 2020)

Issue	Regulation	Overview	Latest Position
<b>Emission Control Areas (ECAs)</b>	IMO: MARPOL Annex VI "Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships"	Vessels operating within ECAs are generally subject to stricter emission limits (SOx, NOx and PM).	<b>Current IMO ECAs:</b> Baltic Sea (SOx 0.1%, May 2006; NOx, January 2021), North Sea (SOx 0.1%, Nov 2007; NOx, January 2021), North American Sea (SOx 0.1%, PM, Aug 2012; NOx, January 2016), US Caribbean Sea (SOx 0.1%, PM, January 2014; NOx, January 2016). <b>China ECAs:</b> Coastal (SOx 0.5%, Jan 2019; potential reduction to 0.1% in 2025), Inland (Yangtze & Xi rivers; SOx 0.1%, Jan 2020), Hainan (SOx 0.5%, Jan 2019, 0.1% from Jan 2022)
<b>NOx Emissions</b>	IMO: MARPOL Annex VI	NOx emission limits are set in three tiers for diesel engines >130 kW, dependent on engine maximum operating speed and year of build.	<b>Tier I</b> - 2008 Global limit for ships built 2000-2010; <b>Tier II</b> - Global limit for ships built 2011 onwards; <b>Tier III</b> - Limit for ships with a keel laid from January 2016 onwards, operating in North American/US Caribbean ECAs; January 2021 onwards in Baltic and North Sea ECAs.
<b>SOx Emissions</b>	IMO: MARPOL Annex VI	Limits on the sulphur content of fuel to reduce SOx emissions and, indirectly, particulate matter (PM).	<b>IMO ECAs</b> - 0.1% sulphur limit in fuel (%m/m). <b>Global limit</b> - 0.5% sulphur limit in fuel (%m/m) since Jan 2020 for all vessels without 'equivalent arrangement' to meet cap (e.g. scrubber). Carriage of non-compliant fuels to be banned for vessels without 'equivalent arrangement' from March 2020.
<b>Greenhouse Gases (GHGs), incl. Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>)</b>	IMO: MARPOL Annex VI	IMO Initial Strategy on reduction of GHG emissions from ships  Energy Efficiency Design Index (EEDI) for newbuildings and Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) for existing ships. Both aim to improve vessel efficiency and thereby reduce emissions.	Headline IMO target adopted April 2018 to reduce GHG emissions from shipping by at least 50% by 2050 (from 2008 levels). Further targets to reduce 'carbon intensity' by 40% by 2030 and 70% by 2050.  As of 1st January 2013, EEDI for newbuildings & SEEMP for existing vessels mandatory. Reduction of EEDI reference line in three stages (2015, 2020, 2025).
	IMO/EU: Monitoring, Reporting and Verification (MRV)	MRV aims to quantify GHG emissions, allowing regulators to establish limits and introduce emission reduction initiatives such as emissions trading schemes.	<b>IMO:</b> From Jan 2019, ships of 5,000+ GT required to collect data on fuel consumption and distance for submission to IMO DCS system. Must report 2019 data by end Mar 2020 for processing, but will remain confidential. <b>European Union:</b> From Jan 2018, ships of 5,000+ GT which call at any EU port must collect data on fuel, emissions, 'transport work' and efficiency. 2018 data reported January 2019 to EU and has been made publically available.

**Παράρτημα 5** SWOT Analysis της MatchWare MindView ως καλούπι για αναδιάταξης στους πίνακες των βασικών πυλώνων.



**Παράρτημα 4 - ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ PROJECTS**

ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟ ΚΑΥΣΙΜΟ	ΠΗΓΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ για τα PROJECTS
ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ	<b>BIO-DIESEL PROJECT</b>	Goodfuels. <i>First commercial marine biofuel based on wood residues</i> . Available at: <a href="https://goodfuels.com/wood-residues/">https://goodfuels.com/wood-residues/</a> (28.01.2021) <b>Boskalis - Goodfuels - Wärtsilä.</b>
	<b>DME PROJECT</b>	Για κινητήρες ντίζελ αργής ταχύτητας, η MAN έχει αναπτύξει μια βασική ιδέα υγρού-αερίου-έγχυσης (ME-LGI) που μπορεί να παραγγελθεί ως νέος κινητήρας ή μπορεί να τοποθετηθεί εκ νέου σε υπάρχοντες κινητήρες. Η Maersk, η Κίνα και το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο της Δανίας ανακοίνωσαν σχέδια για τη διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης DME ως καυσίμου πλοίων (Zhou et al., 2020).
	<b>SUMMETH PROJECT</b> (Sustainable Marine Methanol- 2G)	Το έργο Sustainable Marine Methanol (SUMMETH) έχει στόχο την προώθηση της τεχνολογικής ανάπτυξης και της παροχής συστάσεων για την εισαγωγή της μεθανόλης ως εναλλακτικού καυσίμου για τα παράκτια και εσωτερικά πλωτά πλοία προς μείωσης των εκπομπών και του αποτυπώματος άνθρακα. Το έργο σκοπεύει να διερευνήσει έννοιες καύσης της μεθανόλης και συστήματα καυσίμων πλοίων που θα οδηγήσουν σε οικονομικά αποδοτικές και βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις για τους χειριστές πλοίων. ETIP Bioenergy. <i>Use of Biofuels in Shipping</i> . Available at: <a href="https://www.etipbioenergy.eu/?option=com_content&amp;view=article&amp;id=294">https://www.etipbioenergy.eu/?option=com_content&amp;view=article&amp;id=294</a> . (28.01.21)
	<b>Stena Line – Wärtsilä METHANOL FERRY</b>	Το κόστος του έργου ήταν αξίας 22 εκατομμύρια ευρώ με 50% υποστήριξη από το έργο EU Motorways of the Seas. (Το Stena Germanica όπου και εφαρμόστηκε, είναι το δεύτερο μεγαλύτερο πλοίο Ro-Pax στον κόσμο) Οι συμμετέχοντες του έργου αποτελούνται από τις Stena Aktiebolag, Wärtsilä Finland OY, Stena Oil AB, Port of Kiel και Göteborgs Hamn AB. Ο προμηθευτής κινητήρα είναι MAN και η μεθανόλη θα προμηθεύεται από τη Methanex. Χρησιμοποιείται τεχνολογία διπλού καυσίμου, με βασικό καύσιμο τη μεθανόλη, αλλά με την επιλογή να χρησιμοποιείται το Marine Gas Oil (MGO) ως αντίγραφο ασφαλείας. STENA. (2014). <i>The use of biofuel in the marine sector (pdf)</i> . Available at: <a href="https://www.etipbioenergy.eu/MicrosoftPowerPoint-StenaEuropeanBiofuelsTechnologyPlatform141015">Microsoft PowerPoint - Stena European Biofuels Technology Platform 141015 (etipbioenergy.eu)</a> (28.01.2021)
	<b>TEN-T Project on METHANOL</b>	Κινείται στα πλαίσια του προγράμματος «Priority Project 21: Motorways of the Seas» ETIP Bioenergy. <i>Use of Biofuels in Shipping</i> . Available at: <a href="https://www.etipbioenergy.eu/MicrosoftPowerPoint-StenaEuropeanBiofuelsTechnologyPlatform141015">Microsoft PowerPoint - Stena European Biofuels Technology Platform 141015 (etipbioenergy.eu)</a> (28.01.2021)

	<p><b>UCOME oil (used cooking oil)</b></p>	<p>Σε ένα πιλοτικό Project με χρήση μειγμάτων, όλα τα μέλη του Ολλανδικού Συνασπισμού Βιώσιμης Ανάπτυξης (DSGC), θα ενώσουν τις δυνάμεις τους με την AP Moller - Maersk ώστε να πραγματοποιήσει τα βήματα αποκαρβονισμού του στόλου της.</p> <p>MAERSK. (2019). <i>Maersk partners with global companies to trial biofuel</i>. Available at: <a href="https://www.maersk.com/news/articles/2019/03/22/maersk-partners-with-global-companies-to-trial-biofuel">https://www.maersk.com/news/articles/2019/03/22/maersk-partners-with-global-companies-to-trial-biofuel</a> (28.01.21)</p>
	<p><b>METHANOL PROJECT</b></p> <p>(7 πλοία συνολικά)</p>	<p><b>Waterfront Shipping Co - MAN B&amp;W's (ME-LGI) – Ναυπηγεία:</b> Hyundai Mipo Dockyard και την Minaminippon Shipbuilding Co.</p> <p>Το Απρίλιο του 2016, παραδόθηκαν δύο από τα πλοία ανήκουν στη Westfal-Larsen Management (WL), τρία από τη Mitsui OSK Lines (MOL) και τα άλλα δύο από μια κοινή επιχείρηση μεταξύ της Marininvest και της Skagerack Invest and Waterfront.</p> <p>ETIP Bioenergy. Use of Biofuels in Shipping. Available at: <a href="https://www.etipbioenergy.eu/?option=com_content&amp;view=article&amp;id=294">https://www.etipbioenergy.eu/?option=com_content&amp;view=article&amp;id=294</a>.(28.01.2021)</p>
ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ	<p><b>SHIPFC ammonia project</b></p>	<p>CMB'S HYDROGEN PROGRAMME: Το πρόγραμμα υδρογόνου της CMB είναι ένα από τα πολλά ναυτιλιακά έργα σε όλο τον κόσμο που ελέγχουν πώς το υδρογόνο και άλλα καύσιμα που παράγονται από αυτό, όπως η αμμωνία και η μεθανόλη, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να τροφοδοτήσουν μια θαλάσσια βιομηχανία χαμηλού άνθρακα στο μέλλον.</p> <p><b>ShipFC project</b>, ένα εν εξελίξει project χρηματοδοτούμενο με 11εκ. δολάρια από την ΕΕ για να εγκαταστήσει μέχρι το 2023 στο πλοίο Viking Energy της εταιρείας Equinor, την πρώτη κυψέλη καυσίμου με αμμωνία.</p> <p>The Maritime Executive. (2021). <i>Offshore Vessel to Run on Ammonia-Powered Fuel Cell</i>. Available at: <a href="https://www.maritime-executive.com/article/offshore-vessel-to-run-on-ammonia-powered-fuel-cell">https://www.maritime-executive.com/article/offshore-vessel-to-run-on-ammonia-powered-fuel-cell</a> (28.01.2021)</p>
	<p><b>SNG Produced by Wind Power</b></p>	<p>Το μετασκευασμένο Wes Amelie της εταιρείας Wessels Reederei (Haren / Ems) θα χρησιμοποιεί SNG, αντικαθιστώντας 20 τόνους LNG με SNG στο πλοίο, το οποίο θα παράγεται από αιολική ενέργεια και, ως εκ τούτου, είναι 100% ουδέτερο κλιματος. Οι εταιρείες που συνεργάζονται στο έργο Wes Amelie με τη Nauticor, την εταιρεία μεταφοράς LNG και την εταιρεία ναύλωσης του, την Unifeeder.</p> <p>World Energy Promoter of WE Cooperation. (2019). <i>Synthetic Gas Produced by Wind Power May Fuel Container Ship Soon</i>. Available at: <a href="https://www.world-energy.org/article/3800.html">https://www.world-energy.org/article/3800.html</a> (28.01.2021)</p>
	<p><b>GREEN HYDROGEN</b></p>	<p>Saul, J., &amp; Chestney, N. (2020). <i>First wave of ships explore green hydrogen as route to net zero</i>. Available at: <a href="https://www.reuters.com/article/us-shipping-energy-hydrogen-focus/first-wave-of-ships-explore-green-hydrogen-as-route-to-net-zero-idUKKBN27F18D">https://www.reuters.com/article/us-shipping-energy-hydrogen-focus/first-wave-of-ships-explore-green-hydrogen-as-route-to-net-zero-idUKKBN27F18D</a> (29.01.21)</p>