



**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΙΣ ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ  
ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ**

ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΠΑΛΑΙΟΠΟΥΛΟΣ

Επιβλέπων Καθηγητής: Καζαντζίδης Ανδρέας

Πάτρα, Μάιος 2023

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



## **Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΙΣ ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ**

Σπυρίδων Παλαιόπουλος

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:  
Ανδρέας Καζαντζίδης

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:  
Πάυλος Κασσωμένος

Πάτρα, Μάιος 2023

## Περίληψη

### Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΙΣ ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ

Οι θαλάσσιες μεταφορές διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας, καθώς το 90% του παγκόσμιου εμπορίου αγαθών και το 72% του Ευρωπαϊκού εμπορίου, μεταφέρεται δια θαλάσσης, το οποίο αναμένεται να τριπλασιαστεί το 2025 σε σύγκριση με το 2008.

Αν και η παγκόσμια ναυτιλία θεωρείται ότι είναι το πιο ενεργειακά αποδοτικό μέσο μεταφοράς εμπορευμάτων, λόγω της τεράστιας κλίμακας της το περιβαλλοντικό αποτύπωμά της περιλαμβάνει διάφορες χημικές ενώσεις, που οφείλονται κυρίως στην χρήση συμβατικών ορυκτών καυσίμων, προκαλώντας ατμοσφαιρική ρύπανση η οποία επιδρά άμεσα στο φυσικό περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία. Εκπέμπει ένα δισεκατομμύριο τόνους διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), βασικό αέριο του θερμοκηπίου, καθώς και άλλους ρύπους, όπως μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>), οξειδία του θείου (SO<sub>x</sub>), πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) και σωματίδια (PM) και ως εκ τούτου κρίνεται απαραίτητο να ληφθούν μέτρα για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η ρύπανση στη ναυτιλία ρυθμίζεται από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) μέσω της Διεθνούς Σύμβασης για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL 73/78) και ειδικότερα η ατμοσφαιρική ρύπανση με το Παράρτημα VI.

Η στρατηγική που προτείνει ο IMO αφορά στην μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 40% μέχρι το 2030 σε σύγκριση με το 2019 και 70% μέχρι το 2050 και στα αέρια του θερμοκηπίου (GHG) μείωση 50% έως το 2050 σε σύγκριση με το 2008, γεγονός που δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς την υιοθέτηση διάφορων πρακτικών, όπως την εφαρμογή νέων τεχνολογιών, τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων με ουδέτερο άνθρακα, με νέο σχεδιασμό πλοίων.

Επίσης η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ανακοίνωσε δέσμη προτάσεων για προσαρμογή των κοινοτικών πολιτικών με στόχο τη μείωση των καθαρών εκπομπών αερίων

θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% (σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990) έως το 2030 και πλήρη απαλλαγή από τον άνθρακα έως το 2050.

Η συμμόρφωση όμως της ναυτιλίας με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς αποτελεί μεγάλη πρόκληση λόγω της εξάρτησής της από τα ορυκτά καύσιμα, (το 98,8% του παγκόσμιου στόλου καταναλώνει συμβατικά καύσιμα), των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και άλλων τεχνικών ζητημάτων.

Τα πλοία πρέπει να αντικαταστήσουν το παραδοσιακό βαρύ πετρέλαιο (HFO) το οποίο είναι πλούσιο σε θείο, σε καύσιμο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (LFO) ή να χρησιμοποιήσουν εναλλακτικά καύσιμα (LNG, LPG, μεθανόλη, βιοκαύσιμα, μπαταρίες, υδρογόνο, αμμωνία κ.α.)

Για να αντιμετωπισθεί η αέρια ρύπανση από τα πλοία, και ιδιαίτερα τα όρια εκπομπής διοξειδίου του θείου (SO<sub>x</sub>) που ευθύνεται για το φαινόμενο της όξινης βροχής, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός από 1.1.2020 μείωσε τη μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο στα καύσιμα των πλοίων από 3,5% σε 0,5%, εκτός εάν τα πλοία διαθέτουν σύστημα καθαρισμού καυσαερίων (scrubbers) το οποίο αφαιρεί ένα μεγάλο μέρος του θείου από τα καυσαέρια πριν εκλυθεί στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα οι εκπομπές διοξειδίου του θείου να είναι τουλάχιστον ισοδύναμες με τα καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Από τα 81.297 πλοία, τα 3.628 έχουν εγκαταστήσει ήδη συστήματα καθαρισμού καυσαερίων και θεωρείται μία από τις επικρατέστερες λύσεις για τη συμμόρφωση με τον κανονισμό.

Στην παρούσα εργασία θα αναδειχθεί η χρήση της τεχνολογίας scrubbers που έχει τοποθετηθεί σε επιβατηγό οχηματαγωγό πλοίο της ακτοπλοΐας και η οποία αποτελεί μια ελκυστική επιλογή τόσο από πλευράς περιβάλλοντος όσο και οικονομικού αποτελέσματος.

### **Λέξεις – Κλειδιά**

Ατμοσφαιρική ρύπανση, Διεθνής Σύμβαση για την προστασία της ρύπανσης από πλοία, εναλλακτικά καύσιμα, σύστημα καθαρισμού καυσαερίων (πλυντρίδες)

## **Abstract**

### **“ Mitigation measures of air pollution in maritime transport”**

Maritime transport plays an important role in the development of the global economy. 90% of global and 72% of European trade in goods is carried by sea; with these figures to be expected to triple in 2025 compared to 2008.

Global shipping is considered to be the most energy-efficient means of transporting goods. Yet, due to its enormous scale, its environmental footprint includes various chemical compounds, mainly due to the use of conventional fossil fuels, causing air pollution that directly affects the natural environment and human health. Specifically, it emits one billion tons of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), a key greenhouse gas, as well as other pollutants such as carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), sulfur oxides (SO<sub>x</sub>), volatile organic compounds (VOCs) and particulate matter (PM). Therefore, it is necessary for specific measures to be taken in order to limit air pollution.

Globally, shipping pollution is regulated by the International Maritime Organization (IMO) through the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78) and in particular air pollution with Annex VI.

IMO proposes a plan to reduce CO<sub>2</sub> emissions by 40% by 2030, compared to 2019, and 70% by 2050, and greenhouse gases (GHG) by 50% by 2050, compared to 2008. These results cannot be achieved without the adoption of various practices, such as the application of new technologies, the use of carbon neutral alternative fuels, along with a new ship design.

The European Commission has also announced a set of proposals to adjust Community policies with the aim of reducing net greenhouse gas emissions by at least 55% (compared to 1990 levels) by 2030 and completely decarbonizing by 2050.

However, shipping's compliance with environmental regulations is a major challenge, due to its dependence on fossil fuels (98.8% of the world's fleet uses conventional fuels), greenhouse gas emissions, and other technical issues.

Ships must replace traditional heavy fuel oil (HFO), which is rich in sulfur, with low sulfur fuel (LFO) or alternative fuels (LNG, LPG, methanol, biofuels, batteries, hydrogen, ammonia etc.)

In order to deal with air pollution from ships, and especially the emission limits of sulfur dioxide (SO<sub>x</sub>) - which is responsible for the acid rain phenomenon, the International Maritime Organization reduced the maximum sulfur content in ships' fuel from 3.5% to 0.5% from 1.1.2020, unless the ships have scrubbers which remove a large part of the sulfur from the exhaust gas before it is released into the atmosphere, resulting in sulfur dioxide emissions at least equivalent to fuel low sulfur. Out of 81.297 ships, 3.628 have already installed exhaust gas cleaning systems (ICCT, 2022); which is considered one of the most prevalent solutions to comply with the regulation.

In this paper, the use of “scrubbers” technology installed on a passenger ferry will be discussed, which is an attractive option from both an environmental and economic point of view.

**Keywords:**

Air pollution, International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, alternative fuels, exhaust gas cleaning system (scrubbers)

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΗ

- Cooper, C., and Alley, H., 2004. Έλεγχος Αέριας Ρύπανσης. Σχεδιασμός Αντιρρυπαντικής Τεχνολογίας. 3η Τζιόλας. Θεσσαλονίκη.
- Βερούκιος, Ξ., 2003. Διαχείριση Αέριων Ρύπων. Ατμοσφαιρικοί Ρύποι και Τεχνολογία Ελέγχου Εκπομπής τους Ι. Τόμος Α΄, ΕΑΠ, Πάτρα.
- Γεντεκάκης Ι., 1999. Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Επιπτώσεις, Έλεγχος και Εναλλακτικές τεχνολογίες, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Ελευθερίου, Α., 2017. Νέοι Κανονισμοί Εκπομπών οξειδίου του θείου από τη ναυτιλία. Το LNG ως καύσιμο – Εναλλακτικά καύσιμα, εγκατάσταση scrubbers (πλυντρίδων) και η επιλογή της οικονομικότερης λύσης. M.Sc., ΠΑΠΕΙ, Πειραιάς.
- ΕΜΠ, 2022. Ηλεκτροδότηση πλοίων στα λιμάνια, Μελέτη.
- Ένωση Ελλήνων Εφοπλιστών, 2022. Ετήσια Έκθεση 2021-2022. <https://ugs.gr/gr/greek-shipping-and-economy/greek-shipping-and-economy-2022/the-strategic-importance-of-greek-shipping-for-greece-the-eu-and-the-world/> (πρόσβαση, 15.12.2022).
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2022. Αναθεώρηση της Οδηγίας για τη φορολογία της Ενέργειας. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/qanda\\_21\\_3662](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/qanda_21_3662) (πρόσβαση, 18.12.2022).
- Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2022. Νέα πρότυπα για τα καύσιμα πλοίων με στόχο τη μείωση των οξειδίων του θείου στη Μεσόγειο κατά 80%. [https://greece.representation.ec.europa.eu/news/nea-protypa-gia-ta-kaysima-plotion-me-stoho-ti-meiosi-ton-oxeidion-toy-theiyou-sti-mesogeio-kata-80-2022-12-16\\_el](https://greece.representation.ec.europa.eu/news/nea-protypa-gia-ta-kaysima-plotion-me-stoho-ti-meiosi-ton-oxeidion-toy-theiyou-sti-mesogeio-kata-80-2022-12-16_el) (πρόσβαση, 15.12.2022).
- Ζάνης, Πρ., 2014. Σημειώσεις για την ρύπανση και χημεία της ατμόσφαιρας. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Ζιώμας, Ι., Ρεμουντάκη Εμμ., 2003. Φυσικό Περιβάλλον και Ρύπανση, Γ΄. ΕΑΠ, Πάτρα.
- IOBE, 2017. Η συμβολή της επιβατηγού ναυτιλίας στην ελληνική οικονομία.
- IOBE, 2022. Επίδραση της δέσμης προτάσεων «Fit for 55'» στην επιβατηγό ναυτιλία και στη νησιωτική Ελλάδα.



- Καμπεζίδης, Χ., Ματραλής, Χ., 2004. Διαχείριση Αέριων Ρύπων. Ατμοσφαιρικοί Ρύποι και Τεχνολογία Ελέγχου Εκπομπής τους II. Τόμος Β', ΕΑΠ, Πάτρα
- Κλιάνης, Λ.Χ., Νικολός, Ι.Κ., Σιδέρης, Ι.Α., 2017. Μηχανές εσωτερικής καύσεως (2η εκδ.) *Βιβλιοθήκη του Ναυτικού*, Ίδρυμα Ευγενίδου. Αθήνα.
- Κοζολίνο, Ι., 2018. Μελέτη των εκπομπών των πλοίων. Μηχανές και καύσιμα, επεξεργασία των καυσαερίων πριν την εκπομπή τους στην ατμόσφαιρα, παρόν και μέλλον. M.Sc., ΕΑΠ, Πάτρα.
- Ματθαίου, Δ., 2020. Οι νέοι περιβαλλοντολογικοί κανονισμοί του IMO σε εφαρμογή από 1/1/2020. *Η Ναυτεμπορική* 2.1.2020.  
<https://www.naftemporiki.gr/maritime/7451/oi-neoi-perivallontologikoi-kanonismoι-tou-imo-se-efarmogi-αpo-1-1-2020/> (πρόσβαση, 5.2.2023).
- Οικονομικός Ταχυδρόμος – ΟΤ, 2022. Lloyd's Register: Έγκριση για πλοία που χρησιμοποιούν υδρογόνο ως καύσιμο.  
<https://www.ot.gr/2022/09/02/naytilia/lloyds-register-egkrisi-gia-ferry-pou-xrisimopoioun-ydrogono-os-kaysimo/> (πρόσβαση, 15.1.2023)
- Οικονομικός Ταχυδρόμος – ΟΤ, 2022. Πράσινη Ναυτιλία : Από τα ηλεκτρικά πλοία έως την αιολική ενέργεια.  
<https://www.ot.gr/2022/08/03/naytilia/prasini-naytilia-αpo-ta-ilektrika-ploia-eos-tin-aioliki-energeia/> (πρόσβαση, 15.1.2023).
- Παπανδρίκος, Α. 2013. Οικονομικές Επιπτώσεις και παρενέργειες μέτρων για τον περιορισμό των εκπομπών SO<sub>2</sub>. M.Sc., ΕΜΠ.
- Ρεμουντάκη, Εμ., Φερεντίνος Γ., Γεωργιάδης Θ., Ζιώμας, Ιω., 2004. Επιπτώσεις των αέριων ρύπων στο περιβάλλον, στο: Γεωργιάδης, Θ., Ζιώμας, Ιω., Ιγνατιάδου, Λ., Καλλέργης, Γ., Καμπεζίδης, Χ., Κομνίτσας, Κ., Παπαθεοδώρου, Γ., Ρεμουντάκη, Εμ., Σκορδίλης, Αδ., Φερεντίνος, Γ., Φυσικό Περιβάλλον και Ρύπανση. Διάθεση Αποβλήτων και οι Επιπτώσεις τους στο Περιβάλλον. Δ'. ΕΑΠ, Αθήνα, σ.15-147.
- Σοφιανίδης Κ., 2021. Αξιολόγηση εναλλακτικών ναυτιλιακών καυσίμων: Βιβλιογραφική επισκόπηση και εφαρμογή πολυκριτικής μεθόδου. M.Sc., ΕΜΠ, Αθήνα.
- Σταυρακάκη, Φ. 2020. Δημιουργία αποθετηρίου εκπομπών αέριων ρύπων από ειδικές κατηγορίες πλοίων για την εκτίμηση της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας. Μελέτη περίπτωσης: Λιμένας Πειραιώς. M.Sc., ΕΑΠ, Πάτρα.
- Συμβούλιο της Ε.Ε, 2022. Fit for 55: Προσωρινή συμφωνία Συμβουλίου και Κοινοβουλίου σχετικά με το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της ΕΕ και το Κοινωνικό Ταμείο για το Κλίμα.

<https://www.consilium.europa.eu/el/press/press-releases/2022/12/18/fit-for-55-council-and-parliament-reach-provisional-deal-on-eu-emissions-trading-system-and-the-social-climate-fund/> (πρόσβαση, 15.12.2022).

- ΥΝΑΝΠ, 2021. Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.  
<https://www.ynanp.gr/media/documents/2021/07/29/%CE%A3%CE%9C%CE%A0%CE%95%CE%A4%CE%A0%CE%91%CE%A5%CE%9D%CE%91%CE%9D%CE%A0.pdf> (πρόσβαση, 19.11.2022).
- ΥΝΑΝΠ – Δελτίο Τύπου, 2022. Συμβούλιο Υπουργών Θαλασσιών Μεταφορών της Ε.Ε. Εκτός του Κανονισμού «FuelEU Maritime» η ελληνική ακτοπλοΐα μέχρι το 2029.  
<https://www.ynanp.gr/el/gr-epikoinwnias-enhmerwshs/giannhs-plakiwtakhs-symboyl-io-y-pouyrgwn-dalassiwn-metaforwn-ths-ee-ektos-toy-kanonismoy-fueleu-maritime-h-ellhnikh-aktoploia-mexri-to-2029/> (πρόσβαση, 15.1.2023).
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2022, Ποιότητα της Ατμόσφαιρας.  
<https://ypen.gov.gr/perivallon/poiotita-tis-atmosfairas/> (πρόσβαση, 19.10.2022).

## ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

- MARPOL 73/78. Διεθνής Σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης της θάλασσας από πλοία.
- Κανονισμός (ΕΕ) 2015/757 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 29ης Απριλίου 2015, για την παρακολούθηση, την υποβολή εκθέσεων και επαλήθευση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από θαλάσσιες μεταφορές και για την τροποποίηση της οδηγίας 2009/16/ΕΚ.
- Οδηγία (ΕΕ) 2003/96/ΕΚ του Συμβουλίου, της 27ης Οκτωβρίου 2003, σχετικά με την αναδιάρθρωση του κοινοτικού πλαισίου φορολογίας των ενεργειακών προϊόντων και της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Οδηγία 2012/33/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 21ης Νοεμβρίου 2012, για την τροποποίηση της οδηγίας 1999/32/ΕΚ του Συμβουλίου σχετικά με την περιεκτικότητα των καυσίμων πλοίων σε θείο.
- Οδηγία (ΕΕ) 2016/802 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 11ης Μαΐου 2016 σχετικά με τη μείωση της περιεκτικότητας ορισμένων υγρών καυσίμων σε θείο.
- Οδηγία (ΕΕ) 2018/2001 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 11ης Δεκεμβρίου 2018 για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

- Προεδρικό Διάταγμα 13, 2023. Αποδοχή τροποποιήσεων στο Παράρτημα του Πρωτοκόλλου του 1997 περί τροποποίησης της Διεθνούς Σύμβασης για την Πρόληψη Ρύπανσης από Πλοία, 1973 όπως τροποποιήθηκε από το σχετικό επί αυτής Πρωτόκολλο του 1978 (Αναθεωρημένο Παράρτημα VI της Διεθνούς MARPOL 2021) (ΦΕΚ 28/Α/15-2-2023).
- Πρόταση Κανονισμού του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων και για την κατάργηση της οδηγίας 2014/94/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.
- Πρόταση Κανονισμού του ΕΚ και του Συμβουλίου για τη χρήση ανανεώσιμων καυσίμων και καυσίμων χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών στις θαλάσσιες μεταφορές και για την τροποποίηση της οδηγίας 2009/16/ΕΚ.
- Πρόταση Οδηγίας της Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/ΕΚ σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Ένωσης, της απόφασης (ΕΕ) 2015/1814 σχετικά με τη θέσπιση και τη λειτουργία αποθεματικού για τη σταθερότητα της αγοράς όσον αφορά το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου, και του κανονισμού (ΕΕ) 2015/757.
- ΥΝΑΝΠ, Διεύθυνση Προστασίας Θαλασσίου Περιβάλλοντος, 2020. Εγκύκλιος 15η 24.6.2020. Έλεγχος πλοίων σε θέματα προστασίας θαλασσίου περιβάλλοντος στο πλαίσιο εφαρμογής της Διεθνούς Σύμβασης Marpol.
- ΥΝΑΝΠ, Υπουργική Απόφαση, 2021. Αριθμ. 2263.1-7/42779/2021 «Έγκριση και αποδοχή του Τεχνικού Κώδικα του ΙΜΟ για τον έλεγχο των εκπομπών οξειδίων του αζώτου από τις ναυτικές ντίζελ μηχανές (Τεχνικός Κώδικας ΝΟx) και των τροποποιήσεων αυτού ως αυτές υιοθετήθηκαν με τις αποφάσεις ΜΕΡC. 177(58), ΜΕΡC.272(69) και ΜΕΡC.317(74) της Επιτροπής Προστασίας Θαλασσίου Περιβάλλοντος (ΜΕΡC) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (ΙΜΟ)». ΦΕΚ 2706/Β/24-6-2021.

## ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Abb Jiangjin Turbo Systems, H. B., 2019. Green ammonia for IMO GHG 2050 strategy. 11th CIMAC CASCADES, Wuxi, China.
- ABS, 2020a. Setting the Course to low carbon shipping.
- Andersen, S.O., & Sarma, K.M., 2002. Protecting the Ozone Layer: the United Nations History, Earthscan Press, London.
- Brynolf, S., Fridell, E. & Andersson, K., 2014. Environmental assessment of marine fuels: liquefied natural gas, liquefied biogas, methanol and bio-methanol. *Journal of cleaner production*, Vol 74, p. 8695.
- De Marco A., A. Screpanti, M. Mircea, A. Piersanti, C. Proietti, M. F. Fornasier, 2017. High resolution estimates of the corrosion risk for cultural heritage in Italy. *Environmental Pollution*, V226, p.p 260-267.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.03.066>.
- DNV, G., 2014. LNG as Ship Fuel, The future-Today. Hamburg, Germany.
- DNV, G., 2019. Comparison of alternative marine fuels. For SEALNG, DNV GL.
- DNV, 2020. Ammonia as a marine fuel.  
<https://www.dnv.com/Publications/ammonia-as-a-marine-fuel-191385>  
[Accessed 24-1 2022].
- DNV, 2021. Maritime Forecast to 2050, Energy Transition Outlook 2021.
- DNV, 2022. Maritime Forecast to 2050, Energy Transition Outlook 2022.
- ECSA – ICS, 2021. FuelEU Maritime – Avoiding Unintended Consequences. Green Marine Associates Ltd.
- European Council. 2022. Fit for 55': Council and Parliament reach provisional deal on EU emissions trading system and the Social Climate Fund.  
<https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/12/18/fit-for-55-council-and-parliament-reach-provisional-deal-on-eu-emissions-trading-system-and-the-social-climate-fund/> (accessed, 20.1.2023).
- European Environment Agency (2021) Guidebook 2019.  
<https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-d-navigation/view> (accessed, 15.12.2022).
- European Environment Agency, 2022. European Air Quality Index.  
<https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index> (accessed, 15.1.2023).

- European Environment Agency, (E.E.A), 2022. Air quality in Europe 2021. Health impacts of air pollution in Europe, 2021.  
<https://www.eea.europa.eu/el/highlights/me-katharotero-aera-tha-mporoysan> (accessed, 15.1.2023).
- European Maritime Shipping Agency, (EMSA) 2021. European Maritime Transport Environmental, Report 2021.
- Fernandez I. A., Gomez, M. R., Gomez, J. R. & Insua, Á. B., 2017. Review of propulsion systems on LNG carriers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, V 67, pp 1395-1411.
- Force Technology (2023). Simulations and CFD. Ph simulation of marine scrubber discharge.  
<https://forcetechnology.com/en/services/simulations-and-cfd/ph-simulation-of-marine-scrubber-discharge> , (πρόσβαση 11.2.2023).
- FORUM, I. T. 2018. Decarbonising Maritime Transport: Pathways to Zero-carbon Shipping by 2035, OECD Publishing IMO (2022). *Air Pollution, Energy Efficiency and Greenhouse Gas Emissions*.  
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/AirPollution-Default.aspx>.
- Gore, K., Rigot-Muller, P., Goughlan J., 2022. Cost assessment of alternative fuels for maritime transportation in Ireland, Transportation Research Part D: *Transport and Environment*, Volume 110, pp 103416.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136192092200242>  
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103416>.
- GL, D., 2019a. Comparison of Alternative Marine Fuels. DNV GL AS Maritime: Hovik, Viken, Norway.
- International Chamber of Shipping, 2022. The Research and Development Fund  
<https://www.ics-shipping.org/shipping-fact/the-rd-fund/>(accessed, 15.12.2022).
- IMO (2022). Fourth Greenhouse Gas Study 2020.  
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Fourth-IMO-Greenhouse-Gas-Study-2020.aspx> (accessed, 15.12.2022).
- IMO, 2022. History of IMO.  
<https://www.imo.org/en/About/HistoryOfIMO/Pages/Default.aspx> (accessed, 15.12.2022).
- IMO, 2022. Nitrogen Oxides (NO<sub>x</sub>) – Regulation 13.  
[https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Nitrogen-oxides-\(NOx\)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Nitrogen-oxides-(NOx)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx) (accessed, 15.12.2022).

- IEA, 2019a. The Future of Hydrogen, Report Prepared by the IEA for the G20, Japan. IEA Paris, France.
- International Council on Clean Transportation (ICCT), 2021. Global scrubber wash water discharges under IMO's 2020 fuel sulphur limit.
- IPCC, 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summaries, Frequently Asked Questions, and Cross-Chapter Boxes. A Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.  
<https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/> (accessed, 2-10-2022).
- Jafarzadeh, S., Paltrinieri, N., Utne, I.B, Ellingsen, H, 2017. LNG-fuelled fishing vessels: A systems engineering approach. Transportation Research Part D: *Transport and Environment*. V. 50, p. 202.
- Koumniotis K., 2022. Ammonia as a marine fuel. M.Sc., University of Piraeus.
- Kristensen, H.O, 2012. Energy Demand and Exhaust Gas Emission of Marine Engines, Technical University of Denmark.
- Kuiken, K. 2017. Emissions in gas – dual fuel and diesel engines. In: Diesel Engines: For ship Propulsion and Power Plants from 0 to 100,000 kw (3rd ed). Target Global Energy Training Eds, Netherlands.
- Kumar, J., Kumpulainen, L., and Kauhaniemi, K., 2018. Technical design aspects of harbour area grid for shore to ship power: State of the art and future solutions. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, vol. 104, pp. 840–852.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.07.051>.
- Laval, A., Hafnia, H. T. & Vestas, S. G., 2020. Ammonfuel-an industrial view of ammonia as a marine fuel. Alfa Laval.
- Lindgren, J. F., Brynolf, S., Wilewska-Bien, M. & Andersson, K., 2016. Shipping and the Environment: Improving Environmental Performance in Marine Transportation, Springer Berlin, Heidelberg.
- Maritime Knowledge Centre, T. A. T. D., 2017. Final Report - Framework CO2 reduction in shipping.
- MEPC, 2022. Marine Environment Protection Committee.  
<https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC-default.aspx> (accessed, 15.12.2022).
- Ming, D. L., 2021. Methanol as a marine fuel.

- Myhre, G. Shindell, D. Bréon, F.-M., Collins, J., Fuglestedt, J., Huang, J., 2013. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. in: T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, et al. (eds.), (Ed.). In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Patel M.R., 2012. Shipboard Propulsion. Power Electronics and Ocean Energy.
- Research, L., 2022. All at sea – Methanol and shipping.
- Royal Society. 2020. Ammonia: zero-carbon fertilizer, fuel and energy store. The Royal Society London, UK.
- Prousalidis, J., Antonopoulos, G., Patsios, C., Greig A., and Bucknall, R., 2014. Green shipping in emission-controlled areas: Combining smart grids and cold ironing. International Conference on Electrical Machines (ICEM), Berlin, Germany, pp. 2299-2305.  
<https://doi.org/10.1109/ICELMACH.2014.6960506>.
- Schuller, O., Reuter, B., Hengstler, J., Whitehouse, S., Zeitzen, L. 2017. Greenhouse Gas Intensity of Natural Gas. Thinkstep AG, Natural & Bio Gas Vehicle Association (NGVA) Europe, p. 180.
- Spezzano, P., 2021. Mapping the susceptibility of UNESCO World Cultural Heritage sites in Europe to ambient (outdoor) air pollution, *Science of the Total Environment*, V 754.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142345>.
- Stenersen, D., Thonstad O., 2017. GHG and NOx emissions from gas fuelled engines. Mapping, verification, reduction technologies. SINTEF Ocean AS, Trondheim, Norway, pp. 1-52.
- Thepsithar, P., Kiong, M.K.E., Piga, M.B., Zengqi, M. X., Yin, S. J., Ming, L., Li, M. P., Xueni, M. G. & Rosario, M. M. K. P., 2020. Alternative fuels for international shipping. Maritime Energy & Sustainable Development (MESD) Centre of Excellence, Nanyang Technological University.
- Tyrovola, T., Dodos, G., Kalligeros, S. & Zannikos, F., 2017. The introduction of biofuels in marine sector. *Journal of Environmental Science and Engineering A*, Vol. 6, pp 415-421.
- Union of Greek Shipowners (UGS), 2021. Survey of Alternative Fuels-Technologies for shipping.  
[https://www.ugs.gr/media/13685/survey-of-alternative-fuels-technologies-for-shipping\\_may21.pdf](https://www.ugs.gr/media/13685/survey-of-alternative-fuels-technologies-for-shipping_may21.pdf).

- Ushakov, S. & Lefebvre, N., 2019. Assessment of hydrotreated vegetable oil (HVO) applicability as an alternative marine fuel based on its performance and emissions characteristics. *SAE International Journal of Fuels and Lubricants*, Vol. 12, pp 109-120.
- Woodyard, D.F., 2009. Exhaust Emissions and Control. In Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines (9th ed). Butterworth-Heinemann Eds., Oxford, UK.
- WLPGA, 2017. LPG for Marine Engines -The Marine Alternative Fuel.
- Yeo, S.-J., Kim, J. & Lee, W.-J., 2022. Potential economic and environmental advantages of liquid petroleum gas as a marine fuel through analysis of registered ships in South Korea. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 330, p.129955.