



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ



ΔΙΠΛΩΜΑ ΣΤΗ ΒΙΟΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΕΚΠΟΜΠΕΣ CO₂

ΕΛΕΝΑ ΠΑΠΟΥΤΣΗ



**UNIVERSITY OF PIRAEUS
DEPARTMENT OF ECONOMICS**

**NATIONAL AND KAPODISRIAN
UNIVERSITY OF ATHENS
DEPARTMENT OF BIOLOGY**



M.Sc. IN BIOECONOMICS

SHIPPING INNOVATION AND CO2 EMISSIONS

ELENA PAPOUTSI

Ευχαριστίες

Στο τέλος αυτού του Μεταπτυχιακού Προγράμματος και ολοκληρώνοντας την Διπλωματική μου Εργασία, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κα. Κλαίρη Οικονομίδου, που σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου, ήταν δίπλα μου πρώτα απ' όλα ως άνθρωπος και μετά σαν καθηγήτρια. Η στήριξη, οι συμβουλές της και οι γνώσεις ήταν πολύτιμες.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω και στον κ. Δημήτρη Καραμάνη, που έπαιξε καταλυτικό ρόλο για το τελικό θέμα της Διπλωματικής μου Εργασίας αλλά και κατά τη διάρκεια εκπόνηση της εργασίας. Η υπομονή του, οι γνώσεις του και οι συμβουλές του με βοήθησαν στο μέγιστο να ολοκληρώσω την εργασία μου.

Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στην οικογένεια μου, που είναι δίπλα μου και με στηρίζει πάντα, σε όλες μου τις αποφάσεις και ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια αυτού του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Καινοτομία στη Ναυτιλία και Εκπομπές CO₂

Σημαντικοί όροι : Εκπομπές Διοξειδίου του Άνθρακα, Πατέντες, Θαλάσσιες Μεταφορές

Περίληψη

Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που εκπέμπονται από τις θαλάσσιες μεταφορές, είναι ένα θέμα που τα τελευταία χρόνια έχει απασχολήσει σε μεγάλο βαθμό την παγκόσμια κοινότητα. Η εισαγωγή νέων τεχνολογιών- καινοτομιών έχει καταστεί απαραίτητη. Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εξετάζει την επίδραση της καινοτομίας στη ναυτιλία στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) με τη χρήση διαστρωματικών στοιχείων χρονολογικών σειρών (πάνελ) από 28 χώρες που ανήκουν στον OECD για την χρονική περίοδο 2000-2014. Έχουμε χρησιμοποιήσει μια σειρά μεταβλητών που σχετίζονται άμεσα με τις εκπομπές CO₂ για να φτάσουμε στο τελικό μας συμπέρασμα. Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι ότι η χρήση καινοτομίας στη ναυτιλία επηρεάζει αρνητικά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Επίσης, πραγματοποιείται ανάλυση ανά τύπο πατέντας, παρατηρώντας ποιοι τύποι πατεντών μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές CO₂.

Shipping Innovation and CO2 Emissions

Keywords: CO2 Emissions, Patents, Maritime Shipping

Abstract

In recent years the CO2 emissions that are being created during maritime shipping is the topic that has concerned a lot the worldwide community. The Introduction of new technologies-innovations has become essential. This specific thesis the impact of shipping innovation on CO2 emissions, while on a large balanced panel of 28 countries that belong in OECD over the period of 2000-2014. We have used a line of variables that are related directly with CO2 emissions in order to make a final conclusion. The statement that the use of shipping innovation affects negatively the CO2 emissions arises as a result in our study. In addition, an analysis per patent type is being conducted, while observing which types of patents can reduce CO2 emissions.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	6
Abstract.....	8
Ευρετήριο Διαγραμμάτων	12
Ευρετήριο Πινάκων.....	13
Ευρετήριο Εικόνων.....	14
Κεφάλαιο 1 : Ναυτιλία.....	15
1.1 Διεθνής ναυτιλία και εμπόριο.....	15
1.2 Θαλάσσιες μεταφορές και παγκοσμιοποίηση.....	15
Κεφάλαιο 2 : Μόλυνση και Ναυτιλία.....	18
2.1 Μεταφορές.....	18
2.2 Θαλάσσιες μεταφορές.....	19
2.3 CO ₂	21
2.4 Κλιματική αλλαγή και επιπτώσεις στη διεθνή ναυτιλία...23	
2.5 Κανονισμοί.....	24
Κεφάλαιο 3 : Καινοτομία και Ναυτιλία.....	31
3.1 Καινοτομία.....	31
3.2 Πράσινη Καινοτομία.....	34
3.3 Πατέντες.....	35
3.4 Πατέντες στη ναυτιλία.....	35
3.5 Εφαρμογή στα πλοία.....	40
Κεφάλαιο 4 : Εμπειρική ανάλυση.....	45

4.1 Μοντέλο και Μεταβλητές.....	45
4.2 Βασικά στατιστικά στοιχεία των μεταβλητών.....	47
4.3 Συσχέτιση μεταβλητών.....	48
4.4 Ανάλυση γραφημάτων.....	48
4.5 Πολλαπλή παλινδρόμηση (OLS).....	57
4.6 Ετεροσκεδαστικότητα.....	58
4.7 Πολυσυγγραμμικότητα.....	60
4.8 Διόρθωση ετεροσκεδαστικότητας.....	61
4.9 Μέθοδοι εκτίμησης δεδομένων πάνελ- ενδογένεια.....	62
4.10 Ανάλυση για κάθε τύπο πατέντας.....	66
4.11 : Ανάλυση ευαισθησίας (Robustness Analysis).....	67
ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	71
Σχόλια.....	71
Συμπεράσματα.....	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	74

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1 : Ποσότητα φορτωμένων φορτίων στο διεθνές θαλάσσιο εμπόριο 1970-2019).....	16
Διάγραμμα 2 : Επίδραση της παγκοσμιοποίησης στην αύξηση του παγκόσμιου ΑΕΠ, του θαλάσσιου εμπορίου, του παγκοσμίου εμπορίου και ο κύκλος εργασιών των εμπορευματοκιβωτίων πριν την οικονομική κρίση.....	19
Διάγραμμα 3 : Ποσοστό των συνολικών εκπομπών CO ₂ από διαφορετικές κατηγορίες πλοίων(2018).....	20
Διάγραμμα 4: Αύξηση των εκπομπών Co ₂ από τη διεθνή ναυτιλία.....	23
Διάγραμμα 5 : Πιθανές εκπομπές Co ₂ και εξοικονόμηση κόστους έως το 2030 από τον δείκτη EEDI.....	26
Διάγραμμα 6 : Ετήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε Co ₂ για διεθνείς μεταφορές (εκτός Μαύρου Άνθρακα).....	27
Διάγραμμα 7a : Συμφωνίες του IMO ανά τύπο περιβαλλοντικού ζητήματος.....	28
Διάγραμμα 7b : Έτος έκδοσης των περιβαλλοντικών συμφωνιών του IMO.....	28
Διάγραμμα 8 : Σύνολο διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας έναντι των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας που σχετίζονται με τα πλοία ή άλλα σκάφη.....	36
Διάγραμμα 9 : Κατηγορίες πατεντών για τις θαλάσσιες μεταφορές (2013-2017)	37
Διάγραμμα 10 : Πατέντες της κατηγορίας Y20 από το 1970	39
Διάγραμμα 11 : Ποσοστό αύξησης διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας για τα πλοία (1997-2012).....	41
Διάγραμμα 12 : Scatter Plot των μεταβλητών CO ₂ Emissions & GDP per capita.....	49
Διάγραμμα 13 : Scatterplot των μεταβλητών CO ₂ Emissions & Trade.....	49
Διάγραμμα 14 : Scatterplot των μεταβλητών CO ₂ Emissions & Energy use.....	50
Διάγραμμα 15 : Scatterplot των μεταβλητών CO ₂ Emissions & Alternative and nuclear energy as % of total Energy use.....	51
Διάγραμμα 16 : Εκπομπές CO ₂ ανά χώρα.....	52
Διάγραμμα 17 : Αριθμός πατεντών ανά χώρα.....	53
Διάγραμμα 18 : Boxplot CO ₂ emissions & countries.....	54
Διάγραμμα 19 : Boxplot number of marine patents.....	55
Διάγραμμα 20 : Διαχρονική πορεία εκπομπών CO ₂ στις χώρες του OECD (2000-2014).....	56
Διάγραμμα 21 : Διαχρονική πορεία αριθμού πατεντών της ναυτιλίας στις χώρες του OECD (2000-2014).....	57

Διάγραμμα 22 : Scatter ετεροσκεδαστικότητας.....	59
--	----

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1 : Τα πέντε κύματα των τεχνολογικών καινοτομιών στη ναυτιλία.....	33
Πίνακας 2 : Πατέντες στη ναυτιλία (1961-2012).....	40
Πίνακας 3 : Βασικά στατιστικά των μεταβλητών.....	47
Πίνακας 4 : Παλινδρόμηση OLS.....	58
Πίνακας 5 : Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity (ταυτόχρονη επίδραση).....	59
Πίνακας 6 : Αποτελέσματα ελέγχου Breusch-Pagan/ Cook-Weisberg test.....	60
Πίνακας 7 : Έλεγχος πολυσυγγραμικότητας.....	61
Πίνακας 8 : Πίνακας ετεροσκεδαστικότητας (WLS).....	61
Πίνακας 9 : Έλεγχος μεταξύ RE και OLS.....	63
Πίνακας 10 : Έλεγχος μεταξύ RE και FE.....	63
Πίνακας 11 : Διόρθωση της ετεροσκεδαστικότητας στο μοντέλο FE.....	64
Πίνακας 12 : Διόρθωση της ετεροσκεδαστικότητας στο μοντέλο RE.....	65
Πίνακας 13 : Ανάλυση για κάθε τύπο πατέντας.....	66
Πίνακας 14 : Ανάλυση Robustness πριν και μετά την οικονομική κρίση του 2008.....	68
Πίνακας 15 : LAG2 πατεντών.....	69

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1 : Παγκόσμιες εκπομπές Co2 ανά τομέα.....	18
Εικόνα 2 : Παγκόσμια κατανομή Co2 από τη ναυτιλία (2015).....	22

Κεφάλαιο 1 : Ναυτιλία

1.1 Διεθνής ναυτιλία και εμπόριο

Η διεθνής ναυτιλία είναι ζωτικής σημασίας για το παγκόσμιο εμπόριο. Μπορεί να χαρακτηριστεί ως η παλαιότερη διεθνής επιχείρηση και είναι ένας ουσιαστικός τομέας της παγκόσμιας οικονομίας. Οι θαλάσσιες μεταφορές αλλά και η ναυτιλία γενικότερα, κατέχουν όλα τα χρόνια την σημαντικότερη ανθρώπινη δραστηριότητα, ειδικά όταν η οικονομική ευημερία εξαρτάται κυρίως από το εμπόριο. Τα τελευταία 40 χρόνια οι θαλάσσιες μεταφορές έχουν αυξηθεί κατά 250% ταυτόχρονα με το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) και αυξάνονται πιο γρήγορα από την κατανάλωση ενέργειας (170%) και τον παγκόσμιο πληθυσμό (90%) (Eskeland & Lindstad, 2016).

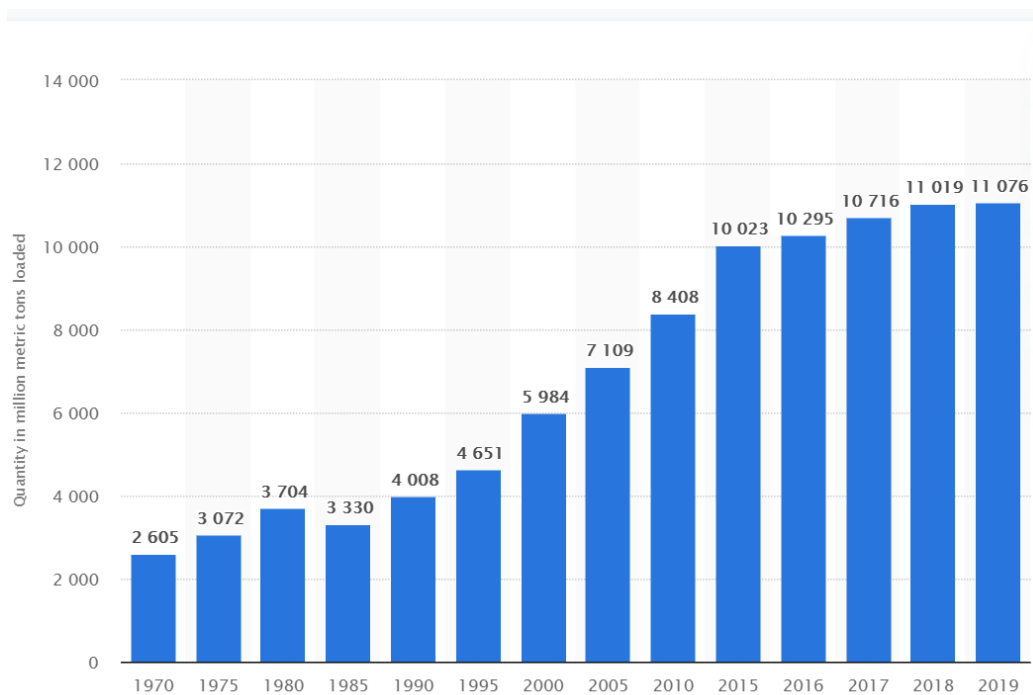
1.2 Θαλάσσιες μεταφορές και παγκοσμιοποίηση

Οι σύγχρονες θαλάσσιες μεταφορές κατέχουν βασικό ρόλο για την εξωτερική οικονομική ανάπτυξη μεταξύ όλων των χερσαίων χωρών. Το μέγεθος του παγκόσμιου εμπορίου έχει αυξηθεί σε σημαντικό βαθμό, σε συνδυασμό με την αύξηση δραστηριοτήτων σε πολλούς κλάδους παραγωγής. Αποτέλεσμα της παγκοσμιοποίησης και της εκβιομηχάνισης είναι η αύξηση του θαλασσίου εμπορίου καθώς ο συνολικός του όγκος έχει τριπλασιαστεί από το 1990 (Διάγραμμα 1). Το 2007 οι θαλάσσιες εμπορευματικές μεταφορές και το ποσό των φορτίων που μεταφέρονται μέσω της θάλασσας ξεπέρασε τους 8 δισεκατομμύρια τόνους. Το λιανικό εμπόριο, η ναυτιλία και η παγκόσμια οικονομία συνδέονται στενά. Λόγω του συνεχώς αυξανόμενου μεγέθους των θαλάσσιων σκαφών όπως και των τεχνολογικών βελτιώσεων, οι θαλάσσιες μεταφορές έχουν καταστεί ο πιο αποδοτικός τρόπος μεταφοράς (μεγάλων αποστάσεων) ανά τόνο- χιλιόμετρο μεταφερόμενου φορτίου (Cullinane & Bergqvist, 2014).

Οι μεταφορές γενικότερα, ανήκουν στους τέσσερις ακρογωνιαίους λίθους της παγκοσμιοποίησης μαζί με τις επικοινωνίες, τη διεθνή τυποποίηση και το ελεύθερο εμπόριο (Kumar & Hoffmann, 2002). Πριν από το μεγάλο πλήγμα που υπέστη το πετρέλαιο τη δεκαετία του εβδομήντα, οι χαμηλές τιμές ενέργειας έδιναν ελπίδα για την ευημερία της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Το 1980 ξεκίνησε η συρρίκνωση της ναυτιλίας και με την τιμή του πετρελαίου να διπλασιάζεται. Μετά από αυτή την κρίση το θαλάσσιο εμπόριο ξεκίνησε

και πάλι να ακμάζει. Η μεταφορά των εμπορευμάτων μέσω θαλάσσης, είναι ένας από τους πιο φθηνούς τρόπους μεταφοράς και αυτό έχει ως αποτέλεσμα, σήμερα το θαλάσσιο εμπόριο να αποτελεί περίπου το 80% των παγκόσμιων μεταφορών και στην Ευρώπη το 40%.

Διάγραμμα 1 : Ποσότητα φορτωμένων φορτίων στο διεθνές θαλάσσιο εμπόριο από το 1970 έως το 2019



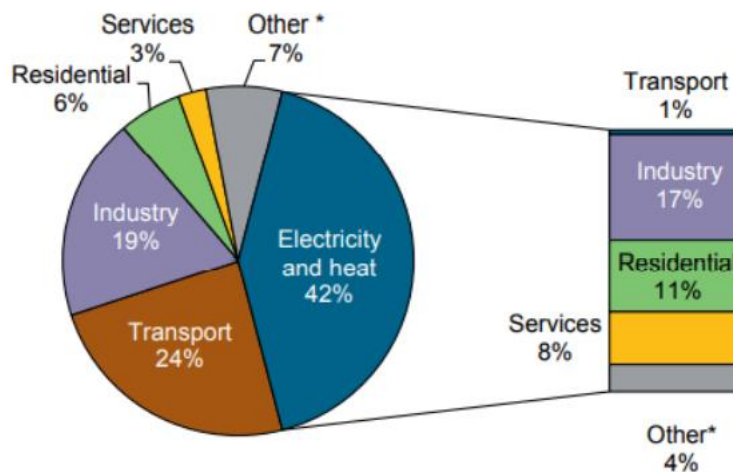
Πηγή : Statista Research Department (2021)

Κεφάλαιο 2 : Μόλυνση και ναυτιλία

2.1 Μεταφορές

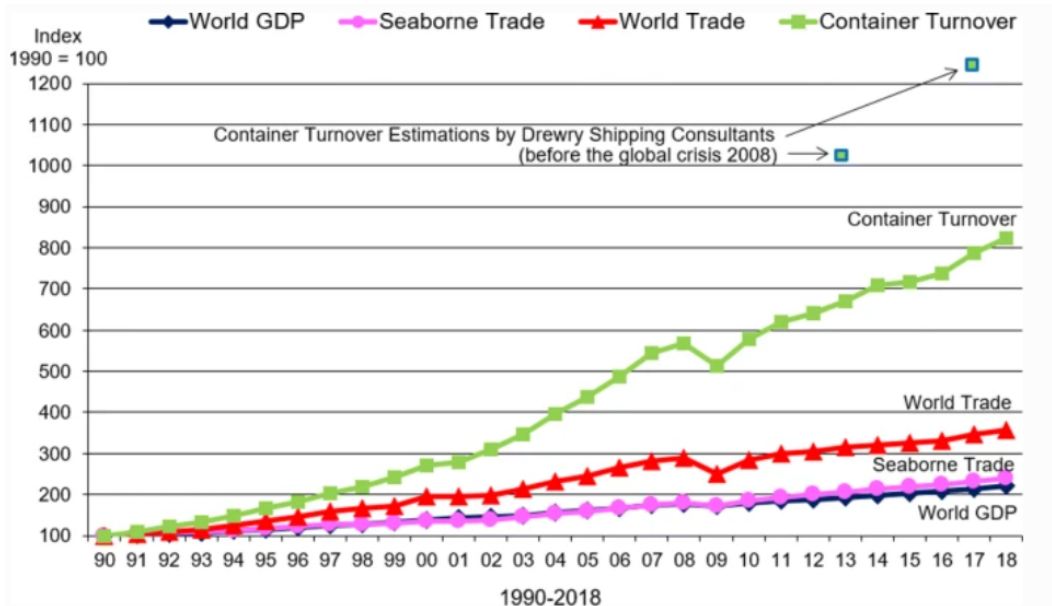
Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία που εξέδωσε ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (International Energy Agency-IEA), οι εμπορευματικές μεταφορές αποτελούν έναν από τους μεγαλύτερους και πιο αναπτυσσόμενους κλάδους παγκοσμίως στην κατανάλωση πετρελαίου. Συγκεκριμένα, (εικόνα 2) είναι ο δεύτερος μεγαλύτερος κλάδος μετά τον κλάδο παραγωγής ενέργειας, ο οποίος είναι υπεύθυνος για το 24% των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως (IEA 2012) τη στιγμή που η ανθρωπότητα κάνει προσπάθειες για να δημιουργήσει ένα πιο βιώσιμο μέλλον. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα των μεταφορών αυξάνονται ενώ σε άλλους τομείς έχουν σταθεροποιηθεί ή ακόμα και σε πολλές περιπτώσεις έχουν μειωθεί. Σύμφωνα με στοιχεία, οι παγκόσμιες εκπομπές προβλέπεται να αυξηθούν κατά το 38% από το 2006 έως το 2030. Από το 1990 στην Ευρώπη οι εκπομπές των μεταφορών αυξάνονται διαρκώς και δυστυχώς είναι ο μοναδικός τομέας που συμβαίνει αυτό.

Εικόνα 1 : Παγκόσμιες εκπομπές CO₂ ανά τομέα



Η αλόγιστη χρήση ενέργειας συμβαίνει διότι η μεταφορά των εμπορευμάτων πρέπει να γίνει γρήγορα καθώς στο εμπόριο ο παράγοντας του χρόνου είναι μεγάλης σημασίας και αξίας. Το παρακάτω διάγραμμα(2) μας δείχνει την αύξηση των φορτίων εξαιτίας της παγκοσμιοποίησης.

Διάγραμμα 2: Επίδραση της παγκοσμιοποίησης στην αύξηση του παγκόσμιου ΑΕΠ, του θαλάσσιου εμπορίου, του παγκοσμίου εμπορίου και ο κύκλος εργασιών των εμπορευματοκιβωτίων πριν την οικονομική κρίση.



Πηγή : United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD)–Secretariat (2019)

2.2 Θαλάσσιες μεταφορές

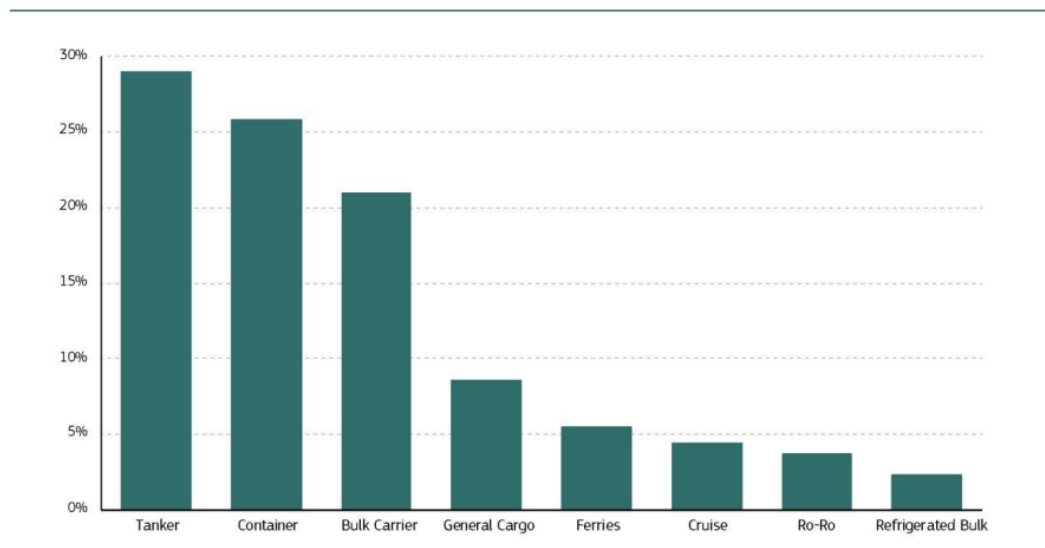
Σε σύγκριση με τις εναέριες και τις οδικές μεταφορές, η ναυτιλία προκαλεί τη λιγότερη μόλυνση, βλάπτοντας όμως σημαντικά το περιβάλλον. Ρόλο σε αυτό παίζει ότι οι θαλάσσιες μεταφορές στο παρελθόν δεν υποβαλλόταν σε σημαντικό περιβαλλοντικό έλεγχο λόγω του διεθνούς χαρακτήρα του κλάδου και σε μη συμφωνία των κανονισμών που υπόκεινται σε αυτόν. Η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και της παγκόσμιας κοινότητας για το μέλλον των θαλάσσιων μεταφορών άλλαξε και δόθηκε ιδιαίτερη σημασία σε τομείς της βιώσιμης ανάπτυξης δηλαδή σε οικονομική ανάπτυξη, σε μια ανοιχτή αγορά με δίκαιο ανταγωνισμό περιβαλλοντικές και κοινωνικές προδιαγραφές , με ιδιαίτερη προσοχή και σημασία στην επιβάρυνση της κλιματικής αλλαγής από τις θαλάσσιες μεταφορές.

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί ζήτημα ανησυχίας στον ναυτιλιακό κλάδο. Παρ' όλο που υπάρχουν ομοιότητες της ναυτιλίας με άλλες βιομηχανίες, υπάρχουν αρκετές διαφορές που κάνουν τον κλάδο της ναυτιλίας ακόμη πιο δύσκολο να μπορέσει να αντιμετωπίσει τις

εκπομπές αερίων. Πολλές από τις επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στον κλάδο της ναυτιλίας έχουν στην κατοχή τους και εκμεταλλεύονται επιβατικά πλοία, αλιευτικά σκάφη και φορτηγά πλοία. Στο παγκόσμιο εμπόριο τα εμπορικά πλοία μεταφέρουν 5,4 τόνους το χρόνο και καταναλώνουν 140-150 εκατομμύρια τόνους καυσίμων ([Fearnleys, 2002) και η κυκλοφορία στις παγκόσμιες αγορές γίνεται βάση των κανονισμών του Διεθνή Ναυτιλιακού Οργανισμού.

Το κύριο καύσιμο που χρησιμοποιείται στη ναυτιλία είναι το βαρύ καυσίμελαιο (HFO-Heavy Fuel Oil) το οποίο είναι το κατακάθι που προκύπτει από την διύλιση του πετρελαίου. Είναι η πιο οικονομική λύση για επιλογή καυσίμου, καθώς το κόστος για τα καύσιμα του πλοίου συνήθως φτάνει το 50-70% του λειτουργικού κόστους. Τα πλοία από μόνα τους καταναλώνουν το 10-20% της παγκόσμιας ενέργειας αντιπροσωπεύοντας το 20-30% των παγκόσμιων εκπομπών (Corbett et al., 1999 , Deniz et al., 2010). Το παρακάτω διάγραμμα(3) μας δείχνει το ποσοστό εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται από κάθε κατηγορία πλοίου.

Διάγραμμα 3 : Ποσοστό των συνολικών εκπομπών CO₂ από διαφορετικές κατηγορίες πλοίων(2018)



Πηγή : IMO 2020

Οι δραστηριότητες από τις θαλάσσιες μεταφορές προκαλούν επιπτώσεις στο περιβάλλον με διάφορους τρόπους ,όπως η κατανάλωση φυσικών πόρων(κατανάλωση καυσίμων), η απόρριψη αποβλήτων από εργασίες πλοίων(νερό έρματος και πετρέλαιο) και με πιο

σημαντικό και επιβλαβές για το περιβάλλον τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και συγκεκριμένα τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), τα καύσιμα των πλοίων περιέχουν μεγάλες ποσότητες θείου (SO₂) 3-4%, οξείδιο του αζώτου (NO_x) 11-12% και άλλες πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC), οι οποίες δεν είναι τόσο βλαβερές για το περιβάλλον.

Με βάση τα στοιχεία έρευνας του IMO, τα πλοία που πραγματοποιούν υπερπόντια ταξίδια εκπέμπουν κάθε χρόνο 2,3 εκ. tn διοξειδίου του Θείου, 3,3 εκ. tn οξειδίων του αζώτου και περίπου 2500 tn μικροσωματίδια. Το μέγεθος των εκπομπών επηρεάζεται από το μέγεθος των δεμάτων που υπάρχουν στο πλοίο, από τον τύπο του πλοίου και από τους τρόπους λειτουργίας του πλοίου. Επίσης, η κατανομή των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη ναυτιλία διαφέρει σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με την τοποθεσία, τα χαρακτηριστικά του λιμανιού και του τύπου του πλοίου (Dalsøren et al., 2009).

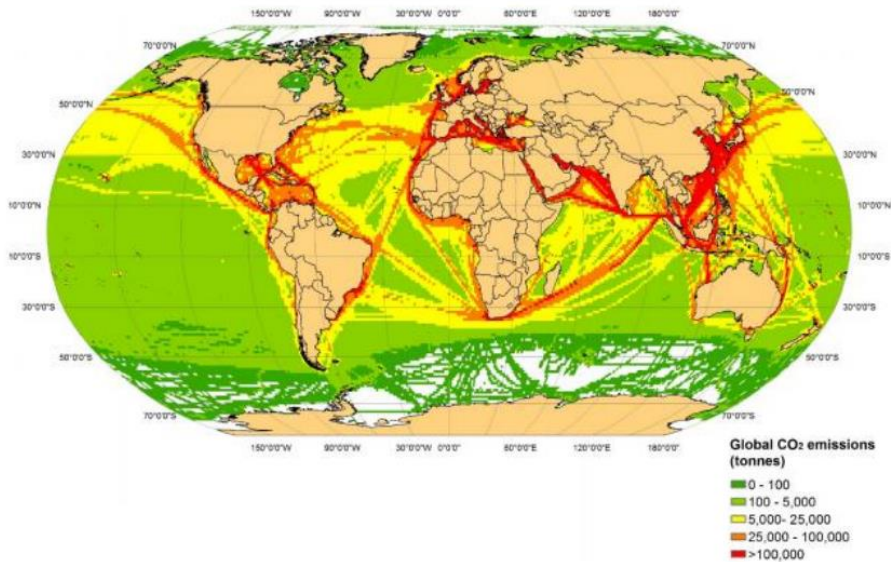
2.3 CO₂

Τα προβλήματα που μπορεί να προκαλέσει το διοξείδιο του άνθρακα άργησαν να γίνουν φανερά. Κάποιοι επιστήμονες το 1965 είχαν προβλέψει ότι η αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα θα είναι ραγδαία τα επόμενα χρόνια, χωρίς όμως η άποψη αυτή να είναι κοινά αποδεκτή από τους περισσότερους επιστήμονες. Έτσι, το 1970 η επιστημονική κοινότητα διαπίστωσε, ότι μέσω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων εκπέμπεται διοξείδιο του άνθρακα που προκαλεί αλλαγές και προβλήματα στο κλίμα αλλά και στο περιβάλλον γενικότερα.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι αέριο συστατικό της γήινης ατμόσφαιρας, ανήκει στην κατηγορία των αερίων του θερμοκηπίου και έχει καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μας (Μαλλιάρος 2000). Είναι ένα άχρωμο, άοσμο και μη-εύφλεκτο αέριο, το οποίο προκύπτει από την καύση των ορυκτών καυσίμων. Στη λειτουργία των πλοίων προκύπτει ως υποπροϊόν καύσης των ορυκτών καυσίμων και μέσω των εκπομπών του προκαλεί μείωση στο pH των ωκεανών. Το διοξείδιο του άνθρακα συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στην ακτινοβολία, επηρεάζοντας την επίδραση των αερίων του θερμοκηπίου στο κλίμα (Myhre et al., 2013). Από το 1990 έως και το 2012, η ακτινοβολία αυξήθηκε κατά 32%, εκ των οποίων το CO₂ αντιστοιχούσε στο ~ 80% (NOAA-ESRL, 2014). Η Τρίτη μελέτη του IMO για τα αέρια του θερμοκηπίου έδειξε ότι το 2012 τα αέρια της ναυτιλίας ήταν 938 Mt CO₂, αντιπροσωπεύοντας το 2,6% των παγκόσμιων εκπομπών

διοξειδίου του άνθρακα. Στην παρακάτω εικόνα(2) παρουσιάζεται η παγκόσμια κατανομή των εκπομπών CO₂ από τη ναυτιλία.

Εικόνα 2 : Παγκόσμια κατανομή CO₂ από τη ναυτιλία (2015)

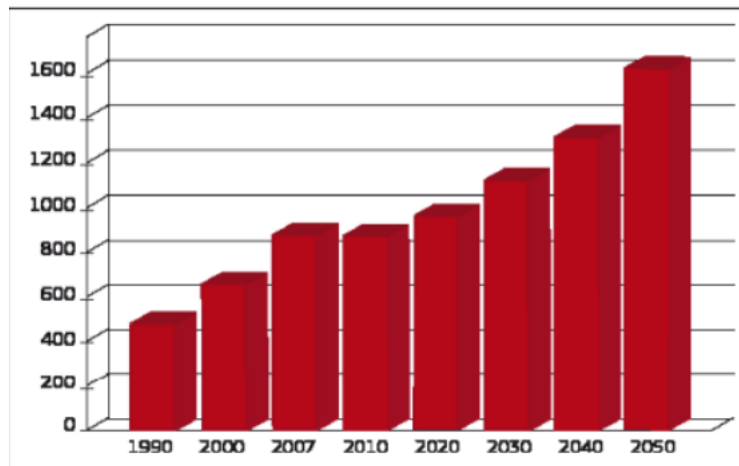


Οι συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα(CO₂) που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα, δεν έχουν άμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, αποτελούν όμως αιτία για το πιο σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα, το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες προκαλούν εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα από τη χρήση ορυκτών καυσίμων και από την παραγωγή τσιμέντου. Από αυτές τις εκπομπές, μισές απορροφώνται από την επίγεια βιόσφαιρα και τον ωκεανό και οι άλλες μισές παραμένουν στην ατμόσφαιρα. Επίσης, οι εκπομπές CO₂ αποτελούν τον πιο επιβλαβή ρύπο που εκπέμπουν τα πλοία.

Οι θαλάσσιες μεταφορές αντιπροσωπεύουν περίπου το 15% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ και εάν το παγκόσμιο εμπόριο συνεχίσει να αυξάνεται χωρίς μέτρο, οι εκπομπές αναμένεται να αυξηθούν μεταξύ 50%-250% έως το 2050 (Διάγραμμα 4). Περίπου 1000 εκατομμύρια τόνους CO₂ ετησίως εκπέμπονται από τις θαλάσσιες μεταφορές και σε παγκόσμιο επίπεδο είναι υπεύθυνες για το 2,5% των εκπομπών. Συγκεκριμένα, το 2012 οι εκπομπές της διεθνούς ναυτιλίας ήταν 2,2% του παγκόσμιου CO₂. Στο χρονικό διάστημα μεταξύ 2007-2012, η ναυτιλία στις παγκόσμιες εκπομπές CO₂, κατείχε το 3,1% των εκπομπών. Σχεδόν το 70% των εκπομπών των πλοίων πραγματοποιούνται σε ακτίνα 400 χλμ (Eyring et al. 2010). Στόχος, όμως είναι να διατηρηθεί η υπερθέρμανση του πλανήτη

κάτω από τους 2 °C και για να συμβεί αυτό οι παγκόσμιες εκπομπές πρέπει να μειωθούν στο μισό από τα επίπεδα του 1990 έως το 2050.

Διάγραμμα 4 : Αύξηση των εκπομπών CO₂ από τη διεθνή ναυτιλία



2.4 Κλιματική αλλαγή και επιπτώσεις στη διεθνή ναυτιλία

Με τον όρο της κλιματικής αλλαγής αναφερόμαστε στη μεταβολή του παγκόσμιου κλίματος και ειδικότερα σε μετεωρολογικές μεταβολές μεγάλης χρονικής κλίμακας. Οι μεταβολές αφορούν διακυμάνσεις ως προς τη μεταβλητότητα του κλίματος. Οι κλιματικές αλλαγές οφείλονται σε φυσικές διαδικασίες αλλά και σε ανθρώπινες δραστηριότητες με επιπτώσεις στο κλίμα. Ο ΟΗΕ στη Σύμβαση-Πλαίσιο για τις κλιματικές αλλαγές όρισε την κλιματική αλλαγή ως μεταβολή στο κλίμα που οφείλεται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες.(United Nations Framework Convention on Climate Change, United Nations, 1992).

Ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μια διαδικασία κατά την οποία η ατμόσφαιρα του πλανήτη συγκρατεί τη θερμότητα και συμβάλει στην αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειάς του. Το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη έχει αυξηθεί σημαντικά εξαιτίας των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων.

Εξαιτίας της αλόγιστης χρήσης ορυκτών καυσίμων δημιουργούνται τα αέρια του θερμοκηπίου (SO₂, NO_x, CO₂) , τα οποία συμβάλουν ως ενδογενείς παράγοντες στην κλιματική αλλαγή. Απορροφούν μεγάλο μέρος της γήινης ακτινοβολίας και επανεκπέμπουν θερμική ακτινοβολία θερμαίνοντας την επιφάνεια της γης. Το πιο βλαβερό αέριο του θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα.

Η κλιματική αλλαγή και συνεπώς η υπερθέρμανση του πλανήτη που σε μεγάλο ποσοστό προέρχεται από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπουν τα πλοία φέρει αρνητικές συνέπειες και στην ίδια την ναυτιλία.

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας εξαιτίας της υπερθέρμανσης του πλανήτη θα έχει ως αποτέλεσμα σοβαρές και τεράστιες επιπτώσεις στα λιμάνια αλλά και στις παράκτιες περιοχές. Ακόμα οδηγεί και στο λιώσιμο των πάγων .

Η έντονη απορροή και η κατακρήμνιση αυξάνουν το φορτίο ιζημάτων στα ποτάμια. Καθώς επίσης και η αύξηση των τροπικών καταιγίδων κάνει τη διαδρομή των πλοίων πιο δύσκολη και πιο επικίνδυνη.

2.5 Κανονισμοί

Παρά τον τεράστιο παγκόσμιο χαρακτήρα των θαλάσσιων μεταφορών και της τεράστιας ανάπτυξής του, οι συμφωνίες για τη μείωση των εκπομπών των πλοίων άργησαν πάρα πολύ να πραγματοποιηθούν και βασικό ρόλο σε αυτό έπαιξε η παγκόσμια φύση της ναυτιλίας. Ένα ακόμα σημαντικό πρόβλημα για τις συμφωνίες και τους κανονισμούς είναι η αργοπορία τους στο να ξεκινήσει η ισχύ της. Από την έγκριση τους έως την επικύρωση και την ισχύ τους τους μεσολαβούν μεγάλες χρονικοί περίοδοι, κάνοντας τη συμμόρφωση της διεθνής ναυτιλιακής κοινότητας ακόμα πιο αργή.

Κατά τη λειτουργία τους τα πλοία μέσω της λειτουργίας της μηχανής του κινητήρα εκπέμπουν υψηλές ποσότητες ρύπων, αέρια του θερμοκηπίου αλλά και ουσίες που είναι υπεύθυνες για σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα.

Τα προβλήματα αυτά δημιούργησαν ανησυχία στη διεθνή ναυτιλιακή κοινότητα, στον ΟΗΕ και σε άλλους αρμόδιους φορείς και αυτό είχε ως αποτέλεσμα μέσα από πλαίσια,

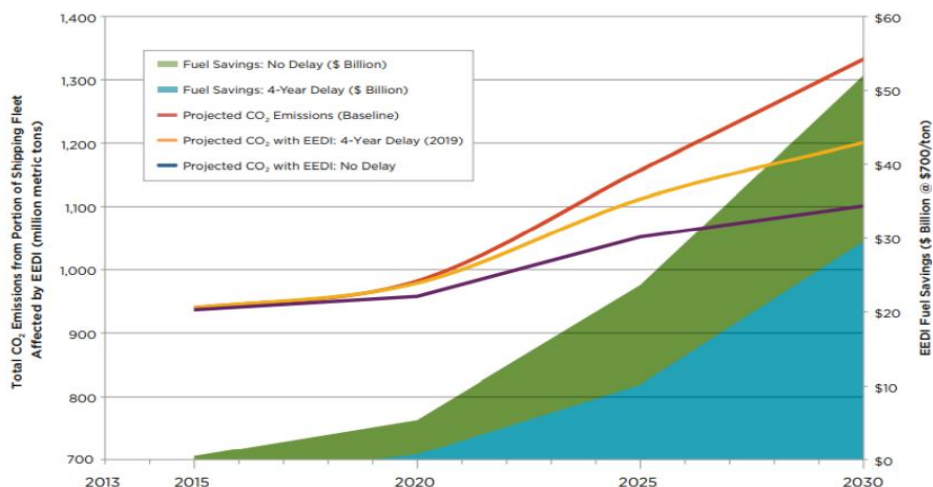
συμβάσεις, κανονισμούς να εισάγουν μέτρα και κανόνες με σκοπό την πρόληψη της ρύπανσης από τη ναυτιλία, τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και συγκεκριμένα του διοξειδίου του άνθρακα και γενικότερα την εφαρμογή πράσινων λειτουργιών στον ναυτιλιακό κλάδο.

Η MARPOL (Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από τα Πλοία 1973), τροποποιήθηκε από το Πρωτόκολλο του 1978 και είναι μία από τις πιο σημαντικές διεθνείς συμβάσεις για το θαλάσσιο περιβάλλον (MARPOL 73/78). Αναπτύχθηκε από τον IMO(International Maritime Organisation) και ως στόχο είχε τη μείωση της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος και της μείωσης της ρύπανσης του αέρα που προκαλείται από τις ναυτιλιακές δραστηριότητες.

Ο Κανονισμός της MARPOL αποτελείται από έξι παραρτήματα, που το καθένα αφορά συγκεκριμένες εκπομπές πλοίων. Η συχνή τροποποίηση των παραρτημάτων ανά τα χρόνια είχε ως αποτέλεσμα να γίνονται πολύπλοκα. Το παράρτημα VI αναφέρεται στην πρόληψη της αέριας ρύπανσης και τέθηκε σε ισχύ στις 19 Μαΐου 2005.

Με βάση το παράρτημα VI της MARPOL δημιουργήθηκε ο Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (EEDI), ο οποίος έγινε υποχρεωτικός για τα νέα πλοία και στοχεύει στη χρήση ενός πιο ενεργειακού αποδοτικού εξοπλισμού κινητήρων που θα είναι λιγότερο ρυπογόνοι. Σε πρώτη φάση και σύμφωνα με το δείκτη EEDI το επίπεδο μείωσης CO2 ορίζεται σε 10% και κάθε πέντε χρόνια γίνεται πιο αυστηρό. Μέχρι το 2025 απαιτείται μείωσης 30% (IMO). Τα πιθανά αποτελέσματα των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αλλά και η εξοικονόμηση κόστους έως το 2030 από την εισαγωγή του δείκτη EEDI βρίσκονται στο διάγραμμα(5) .

Διάγραμμα 5 : Πιθανές εκπομπές CO₂ και εξοικονόμηση κόστους έως το 2030 από τον Δείκτη EEDI.



Πηγή: IMO

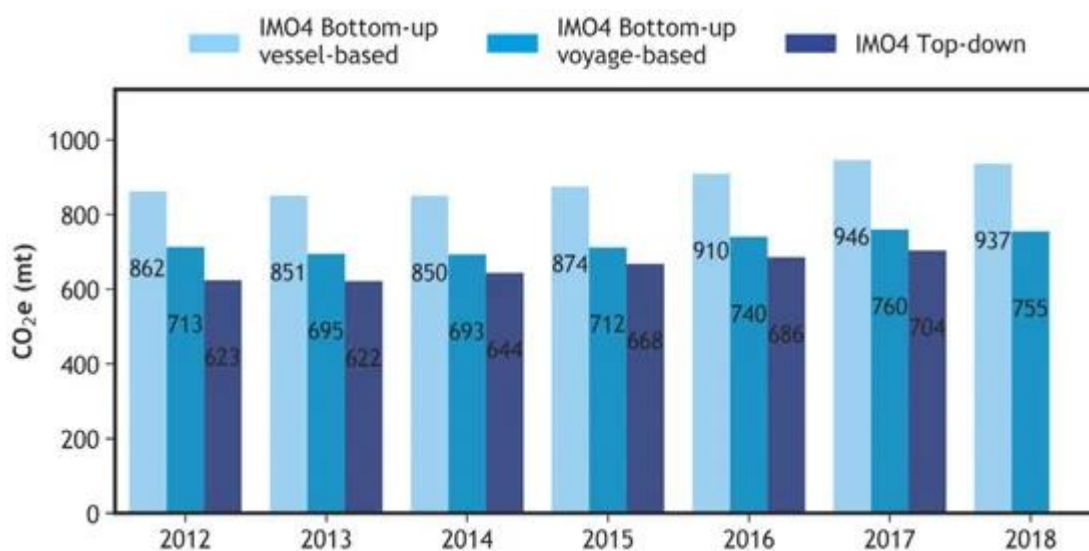
Στη Διάσκεψη του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) για την Κλιματική Αλλαγή που πραγματοποιήθηκε στο Ρίο Ντε Τζανέιρο το 1992 ξεκίνησαν οι συζητήσεις ενός διεθνούς πλαισίου για τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Το πλαίσιο, τέθηκε σε ισχύ το 1997 και υιοθετήθηκε από το Πρωτόκολλο του Κιότο (1997). Στο Πρωτόκολλο ορίστηκαν δεσμευτικές διαδικασίες για τη μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου και οι ανεπτυγμένες χώρες δεσμεύτηκαν να μειώσουν τις εκπομπές τους από το 2008 έως 2012 σε 5,2% σε σχέση με το 1990. (ΑΜ.Κοτρίλα 2015)

Όσον αφορά τη ναυτιλία αρχικά δεν συμπεριλήφθηκε στη συμφωνία λόγω της κατανομής των εκπομπών της και συγκεκριμένα εξαιτίας της μη εισαγωγής των δεδομένων στα εθνικά στοιχεία. Τελικά, η ναυτιλία συμπεριλήφθηκε στο Πρωτόκολλο του Κιότο στο Άρθρο 2.2 και έτσι οι ανεπτυγμένες χώρες σε συνεργασία με τον IMO (International Maritime Organization), θα πρέπει να επιδιώξουν μείωση στις εκπομπές του θερμοκηπίου.

Ο IMO το 2000 σύστησε επιτροπή μελέτης για τα αέρια του θερμοκηπίου και το 2003 σε συνεργασία με τη MEPC (Marine Environment Protection Committee) δημιούργησαν ομάδα εργασίας για το συγκεκριμένο θέμα. Γνωρίζοντας, ότι το κύριο καυσαέριο που παράγεται από τη μηχανή ενός πλοίου και επιβαρύνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι το CO₂, δημιούργησαν πλαίσιο για τη μείωση των εκπομπών που παράγονται από αυτό. Από το 2000 έως το 2020 έχουν δημοσιευθεί πολλές μελέτες του IMO για την εκτίμηση και την πορεία των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Η τελευταία μελέτη του IMO σχετικά με τις

θαλάσσιες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κυκλοφόρησε τον Ιούλιο του 2020 και εγκρίθηκε το Νοέμβριο του 2020. Τα αποτελέσματα ήταν απογοητευτικά καθώς οι εκπομπές αυξήθηκαν από 997 εκατομμύρια τόνους το 2012 σε 1076 εκατομμύρια τόνους το 2018. Η αύξηση υπολογίζεται στο 9,6% και περίπου το 98% προέρχεται από εκπομπές CO₂. Το παρακάτω διάγραμμα(6) βασίζεται στην τέταρτη μελέτη του IMO και είναι βασισμένο σε τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις: σε πλοίο από κάτω προς τα πάνω, σε ταξίδια από κάτω προς τα πάνω και από άνω προς τα κάτω.

Διάγραμμα 6: Ετήσιες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου σε CO₂ για διεθνείς μεταφορές (εκτός Μαύρου Άνθρακα)



Πηγή : IMO Fourth IMO GHG Study 2020

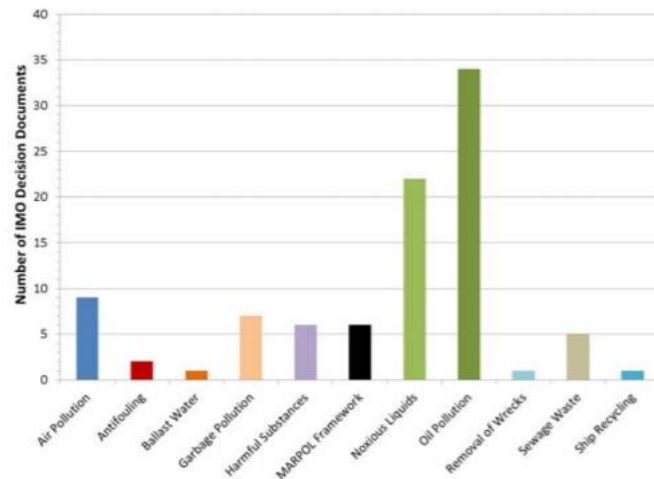
Το 2013 ο IMO κατέστησε ως βασική προτεραιότητα την ενεργειακή απόδοση των πλοίων. Ο δείκτης σχεδιασμού ενεργειακής απόδοσης και το σχέδιό του για τη διαχείριση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων έχουν ως στόχο να μειώσουν τις εκπομπές CO₂ μέσω αυστηρότερων τεχνικών απαιτήσεων στους κινητήρες και τον εξοπλισμό και στα συστήματα συντήρησης

Ο IMO τον Απρίλιο του 2018, σχεδίασε τη σταδιακή κατάργηση των αερίων του θερμοκηπίου με στόχο τη μείωση περιβαλλοντικού αποτυπώματος ή μηδενικών

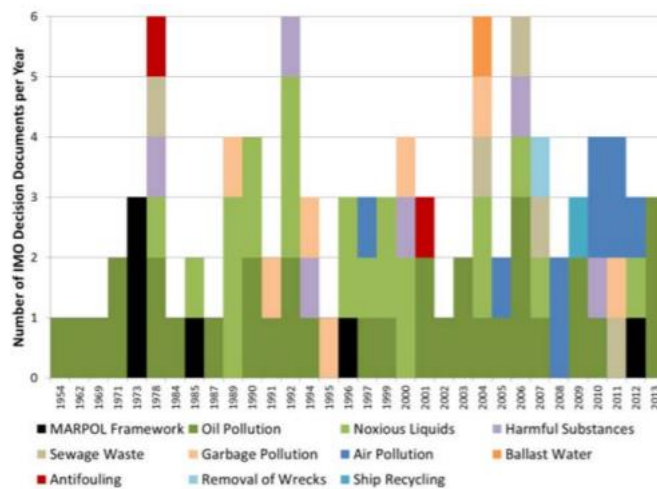
ανθρακούχων εκπομπών (LoZec) έως το 2100 και τη μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων από τους παγκόσμιους στόλους στο μισό έως το 2050 (IMO 2018)

Τελευταία σημαντική συμφωνία για περαιτέρω μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα επιτεύχθηκε τον Οκτώβριο του 2020 από τον IMO. Η συμφωνία προβλέπει την τροποποίηση της MARPOL και απαιτείται από τα πλοία να συνδυάσουν τεχνική και επιχειρησιακή προσέγγιση για τη μείωση των εκπομπών. Όσον αφορά την τεχνική προσέγγιση για τη μείωση των εκπομπών του άνθρακα, τα πλοία θα βασίζονται σε ένα νέο δείκτη, τον Δείκτη Πλοίων Ενεργειακής Απόδοσης (EEXI) και για την λειτουργική προσέγγιση σε έναν άλλο νέο δείκτη, το Δείκτη Λειτουργικής Έντασης Άνθρακα (CII).

Διάγραμμα 7α : Συμφωνίες του IMO ανά τύπο ζητήματος



Διάγραμμα 7β : Έτος έκδοσης των περιβαλλοντικών συμφωνιών του IMO



Τα διαγράμματα παρουσιάζουν συνοπτικά τις περιβαλλοντικές συμφωνίες και τις τροποποιήσεις των συμφωνιών του IMO (IEA dataset).

Το 7a διάγραμμα μας δείχνει συνοπτικά τις συμφωνίες ανά τύπο περιβαλλοντικού ζητήματος και το 7b διάγραμμα το έτος έκδοσης των συμφωνιών.

Κεφάλαιο 3 : Καινοτομία και Ναυτιλία

3.1 Καινοτομία

Η αύξηση των κλιματικών και περιβαλλοντικών συνθηκών έχουν καταστήσει σαφές την ανάγκη για αλλαγή στην κατανάλωση και την παραγωγή ενέργειας που έχουν ως βάση τα ορυκτά καύσιμα. Ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών με τους στόχους για την αειφόρο ανάπτυξη (2019) και η Συμφωνία του Παρισιού (2015) τονίζουν τις αλλαγές που πρέπει να γίνουν για τη μετάβαση σε καθαρές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Για να πραγματοποιηθούν αυτές οι αλλαγές, χρειάζεται μια σειρά μέτρων που θα δώσουν έμφαση στην επένδυση για την ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογιών για την εξοικονόμηση της ενέργειας αλλά και για την αποφυγή της μόλυνσης του περιβάλλοντος.

Καινοτομία, σύμφωνα με τον ορισμό που πρότεινε ο OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) στο «Frascati Manual», είναι η μετατροπή μιας ιδέας σε εμπορεύσιμο προϊόν ή υπηρεσία, για μια νέα βελτιωμένη λειτουργία, μέθοδο παραγωγής ή διανομής ή ακόμη και σε μια νέα μέθοδο παροχής μιας κοινωνικής υπηρεσίας (OECD 2002). Οι περιβαλλοντικές πολιτικές και η καινοτομία από μια πλευρά, έχουν ένα ισχυρό δεσμό μεταξύ τους καθώς οι περιβαλλοντικοί κανόνες και τα πρότυπα που δημιουργούνται είναι παράγοντες οι οποίοι μπορούν να ενθαρρύνουν τη δημιουργία καινοτομιών (Beereroot & Beereroot, 2007; Lee et al., 2010) αλλά από μια αντίθετη πλευρά κάποιες φορές η συμμόρφωση με την περιβαλλοντική πολιτική μπορεί να οδηγήσει σε περιορισμένη καινοτομία (Rothwell, 1980, 1992).

Μια καινοτομία κατά την διαδικασία ανάπτυξης και υιοθέτησης χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα, δυναμισμό και βεβαιότητα. Πολύπλοκη χαρακτηρίζεται γιατί ασχολείται με πολλούς παράγοντες που αλληλοεπηρεάζονται (Hall et al., 2012a), καθώς η φύση και οι συνδέσεις των παραγόντων μπορούν εύκολα να χαθούν ή να παρεξηγηθούν (Anderson, 1999). Δυναμική, επειδή οι παράγοντες αλλάζουν και εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μεταβαλλόμενα πλαίσια που μπορεί να καταστήσουν μια καινοτομία μη βιώσιμη ή μπορεί να παράγει ακούσια αποτελέσματα μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα (Utterback, 1994). Ως αποτέλεσμα των παραπάνω χαρακτηριστικών η διαδικασία της καινοτομίας χαρακτηρίζεται και αβέβαιη (Freeman, 1982).

Η καινοτομία για τη βιώσιμη ανάπτυξη είναι ένα νέο φαινόμενο, όπως και η ανάπτυξη και η εφαρμογή τους είναι ταυτόχρονα πολύπλοκες, δυναμικές και αβέβαιες με άλλους τύπους καινοτομιών (Seyfang & Smith, 2007).

Οι καινοτομίες ανήκουν στις κοινωνικοτεχνικές μεταβάσεις, δηλαδή σε δομικές αναδιατάξεις τομιακών συστημάτων που εκπληρώνουν ορισμένες κοινωνικές λειτουργίες όπως η ενέργεια και οι μεταφορές (Geels, 2002, Geels, 2004, Geels, 2005). Στη μετάβαση για τη βιωσιμότητα, το τροποποιημένο σύστημα χρησιμοποιεί πιο βιώσιμους τρόπους για τις κοινωνικές του λειτουργίες, λαμβάνοντας πάντα υπόψη την οικολογική τους απόδοση. Οι μεταβάσεις αυτές, δεν είναι μόνο μια τεχνολογική αλλαγή, καθώς για να πραγματοποιηθούν όλες αυτές οι μεταβάσεις πρέπει να αναπτυχθούν και να διαδοθούν πολλές διαφορετικές τεχνολογίες σε μεγάλη κλίμακα (Jacobsson & Bergek, 2004). Αφορά ταυτόχρονες και αλληλεπιδραστικές εξελίξεις στην έρευνα και την ανάπτυξη, στην εξειδικευμένη ανάπτυξη της αγοράς και της δημιουργίας μια μαζικής αγοράς, οι οποίες αλλαγές θα οδηγήσουν στην αναδιάρθρωση των ήδη συστημάτων παραγωγής και κατανάλωσης σε τομιακό επίπεδο (Hellsmark, 2014, Hellsmark et al., 2016b).

Στη ναυτιλία υπάρχουν πέντε «κύματα» καινοτομίας (Rodrigue & Notteboom 2015). Αυτά τα κύματα αφορούν τη μετάβαση της ναυτιλίας σε νέες καινοτομίες- τεχνολογίες ανά τα χρόνια.

Το πρώτο κύμα (1785-1845) ήταν βασισμένο στην υδραυλική ενέργεια. Οι καινοτομικές τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για το σχεδιασμό των πλοίων δημιούργησαν αξιοπιστία. Τα πλοία βασιζόταν στην αεολική ενέργεια και αυτό ήταν αρκετό για να λαμβάνει χώρα το θαλάσσιο εμπόριο μεταξύ των οικονομικών δυνάμεων. Η θαλάσσια παραγωγικότητα πήγασε από τον συνδυασμό βέλτιστων πρακτικών και ισχυρής οικονομικής ηγεσίας που περιείχε θεσμικές αλλαγές και τεχνικές βελτιώσεις (Lucassen & Unger 2011).

Το δεύτερο κύμα (1845-1900) αφορούσε τη χρήση του άνθρακα που προήλθε από την ανάπτυξη την ατμομηχανής και έδωσε χώρο σε πιο μεγάλα ατμόπλοια να χρησιμοποιηθούν για τις θαλάσσιες μεταφορές, ενισχύοντας έτσι το παγκόσμιο εμπόριο.

Το τρίτο κύμα (1900-1950) στράφηκε προς την ηλεκτροδότηση και αναπτύχθηκαν κινητήρες εσωτερικής καύσης βελτιώνοντας την απόδοση της ναυτιλίας (Rodrigue & Notteboom, 2015). Ειδικά, από το 1945 και μετά το θαλάσσιο εμπόριο άλλαξε, καθώς

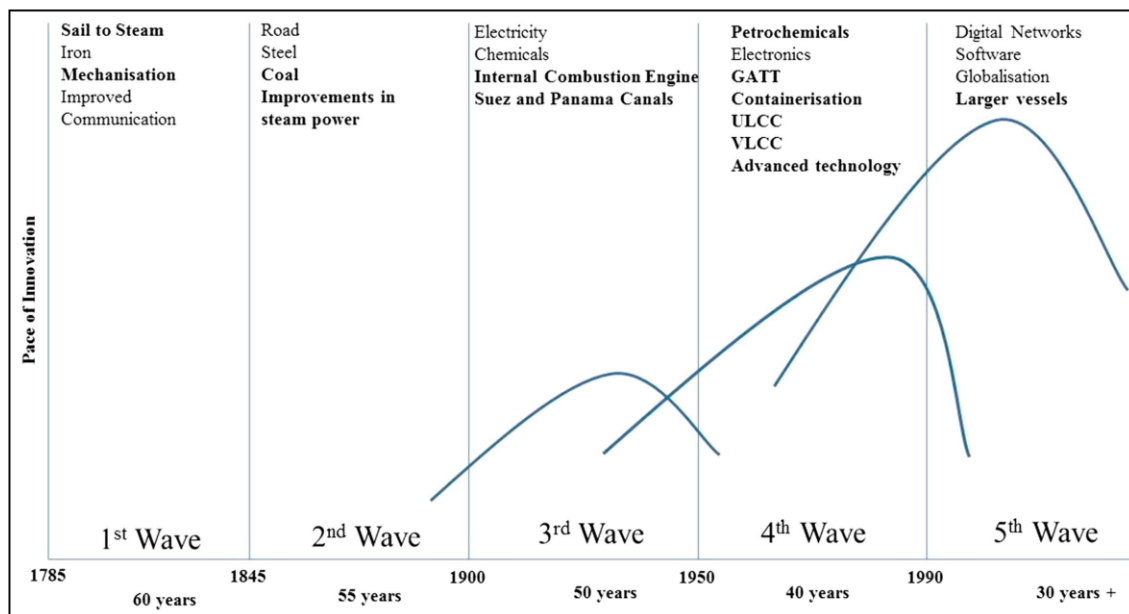
επηρεάστηκε από την μεταπολεμική ανοικοδόμηση αλλά και από την ίδρυση των Ηνωμένων Εθνών (Stopford, 2009 , Rodrigue & Notteboom, 2015).

Στο τέταρτο κύμα (1950-1990) σημειώθηκαν κινήσεις ώστε να δημιουργηθεί μια παγκόσμια οικονομία ελεύθερων συναλλαγών κατά τη Γενική Συμφωνία Δασμών και Εμπορίου (1948). Οι μεταφορές αυξήθηκαν, τα φορτία έγιναν εμπορευματοκιβώτια και υπήρξε ανάπτυξη στις εξειδικευμένες ναυτιλιακές δραστηριότητες. Αναπτύχθηκαν και μεγαλύτερα πλοία ξηρού φορτίου χύδην και δημιουργήθηκαν νέοι τύποι πλοίων για να μεταφέρουν υγρό χύδην, πετρέλαιο, χημικά προϊόντα, οχήματα και εμπορευματοκιβώτια.

Το πέμπτο κύμα (1990 έως σήμερα) λόγω της παγκοσμιοποίησης βασίζεται στην ανάπτυξη συστημάτων πληροφοριών που αποσκοπούν σε μια πιο ολοκληρωμένη παραγωγή και διανομή. Η ναυτιλία ενισχύθηκε με σκάφη μεγαλύτερου μεγέθους και στράφηκε στις εξαγωγές για να έχει πρόσβαση στις παγκόσμιες αγορές. Οι προτιμήσεις των καταναλωτών άλλαξαν και οδήγησαν σε συναλλαγές μεταξύ Ασίας και Ευρώπης (Estevadeordal, Frantz & Taylor 2002). Έτσι, οι θαλάσσιες μεταφορές έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια οικονομία.

Ο παρακάτω πίνακας(1) μας δείχνει συνοπτικά τα πέντε κύματα των τεχνολογικών καινοτομιών που συνέβησαν στην ναυτιλία.

Πίνακας 1 : Τα πέντε κύματα των τεχνολογικών καινοτομιών στη ναυτιλία



Πηγή : Hargroves and Smith, 2005 , Rodrigue and Notteboom, 2015

3.2 Πράσινη Καινοτομία

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν δημιουργήσει νέα δεδομένα στην κλιματική αλλαγή και στις επιπτώσεις του περιβάλλοντος. Αποτέλεσμα αυτών, είναι η δημιουργία Πράσινων Καινοτομιών. Η πράσινη καινοτομία, στοχεύει στην ανάπτυξη φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων και διαδικασιών (Albort-Morant et al., Cepeda-Carrión, 2016) μέσω της υιοθέτησης πρακτικών, δηλαδή με τη χρήση πιο πράσινων πρώτων υλών ή τη χρήση λιγότερων υλικών στο σχεδιασμό των προϊόντων, με στόχο τη μείωση των εκπομπών αλλά και γενικότερα στη μείωση όλων των ενεργειών που συμβάλλουν στη μόλυνση του περιβάλλοντος. Επιπλέον, αναφέρεται στην παραγωγή, την εφαρμογή ή την εκμετάλλευση ενός αγαθού, μιας υπηρεσίας, μιας διαδικασίας παραγωγής ή μιας μεθόδου διαχείρισης ή επιχείρησης που είναι νέα για την εταιρεία και έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του περιβαλλοντικού κινδύνου, της ρύπανσης και των αρνητικών επιπτώσεων της χρήσης πόρων, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης ενέργειας, σε σχέση με άλλες εναλλακτικές λύσεις (Kemp & Pearson, 2007).

Η πράσινη καινοτομία, χαρακτηρίζεται από πρωτοτυπία στον τρόπο δημιουργίας πράσινων προϊόντων. Η πρωτοτυπία θεωρείται συχνά ως η βασική πτυχή της καινοτομίας, αυτό ισχύει ιδιαίτερα όταν πρόκειται για περιβαλλοντική ή πράσινη καινοτομία, όπου μπορεί να είναι απαραίτητη η εκ νέου αποδοχή παλαιών υποθέσεων για την επίτευξη βελτιώσεων στη βιωσιμότητα (Hart & Milstein, 1999). Πρωτότυπες μπορούν να χαρακτηριστούν και οι διαδικασίες που μπορούν να ενισχύσουν μια περιβαλλοντική απόδοση ή να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις της προστασίας του περιβάλλοντος (Chen et al., 2006). Η εισαγωγή μιας πράσινης καινοτομίας επίσης, έχει διπλό όφελος καθώς εκτός ότι περιορίζει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, ταυτόχρονα συμβάλλει και στον τεχνολογικό εκσυγχρονισμό της οικονομίας (Rennings et al., 2006).

Σε μελέτες στο παρελθόν έχει αναφερθεί ότι η πράσινη καινοτομία συνδέεται με τη μείωση των εκπομπών των αερίων, συμπεριλαμβανομένης και της ναυτιλίας όπου για να επιτευχθεί η μείωση των εκπομπών που δημιουργούνται από τη ναυτιλιακή δραστηριότητα απαιτούνται νέες και βελτιωμένες τεχνολογίες. Άξιο αναφοράς είναι, ότι η ναυτιλιακή βιομηχανία θεωρείται ως ένας από τους πιο αργοπορημένους κλάδους στις διαδικασίες που αφορούν την περιβαλλοντική αναβάθμιση (Anderson & Bows, 2012, Lister et al., 2015), αλλά ταυτόχρονα η καινοτομία αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την εξέλιξη του

κλάδου. Το 2010 το ITF (Διεθνές Φόρουμ Μεταφορών για την Καινοτομία) σε ερευνά του δείχνει, ότι η

ναυτιλία χαρακτηρίζεται και ως συντηρητική, λόγω της δυσκολίας του κλάδου να δεχτεί την εισαγωγή νέων καινοτόμων ιδεών.

3.3 Πατέντες

Η ευρεσιτεχνία ή αλλιώς πατέντα, είναι ένα αποκλειστικό δικαίωμα χρήσης που δίνεται για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα στον εφευρέτη (φυσικό ή νομικό πρόσωπο) μιας νέας μεθόδου ή διαδικασίας, ουσίας ή μηχανισμού (WIPO). Το αποκλειστικό αυτό δικαίωμα χορηγείται για 20 έτη από την υποβολή της αίτησης και απαγορεύει σε άλλους να χρησιμοποιούν την κατοχυρωμένη μέθοδο, ουσία ή μηχανισμό χωρίς την άδεια του κατόχου του διπλώματος ευρεσιτεχνίας . Μια πατέντα πρέπει να δίνει λύση σε ένα συγκεκριμένο τεχνικό πρόβλημα και δεν πρέπει να αφορούν επιχειρηματικές μεθόδους ή μαθηματικές θεωρίες. Σε αντίθεση με τις καινοτομίες που είναι πιο πολύ προϊόν της βιβλιογραφίας, οι πατέντες είναι μέτρο μιας τεχνολογικής αλλαγής (Aghion et al., 2012; Dechezleprêtre et al., 2011; Johnstone et al., 2010; Popp, 2001, 2006). Οι πατέντες γενικά εκπροσωπούν τεχνολογίες από πολλούς διαφορετικούς κλάδους και η ομαδοποίησή τους γίνεται ώστε να αντιπροσωπεύουν συγκεκριμένους τύπους εφευρέσεων.

Κάθε πατέντα ταξινομείται αντίστοιχα στην κατηγορία που ανήκει. Σε κάθε πατέντα δίνεται τουλάχιστον ένα σύμβολο που υποδεικνύει το αντικείμενο στο οποίο αναφέρεται. Τα σύμβολα ταξινόμησης έχουν τη μορφή γραμμάτων και ενός αριθμού. Το γράμμα αντιπροσωπεύει το “τμήμα”, ο διψήφιος αριθμός την “κλάση” και το γράμμα μετά τον διψήφιο αριθμό αντιπροσωπεύει την “υποκατηγορία”. Η υποκατηγορία ακολουθείται από έναν μονοψήφιο με τρία ψηφία “ομάδα” και με έναν ακόμα αριθμό δύο τουλάχιστον ψηφίων που αντιπροσωπεύουν μια “κύρια ομάδα” ή “υποομάδα” .

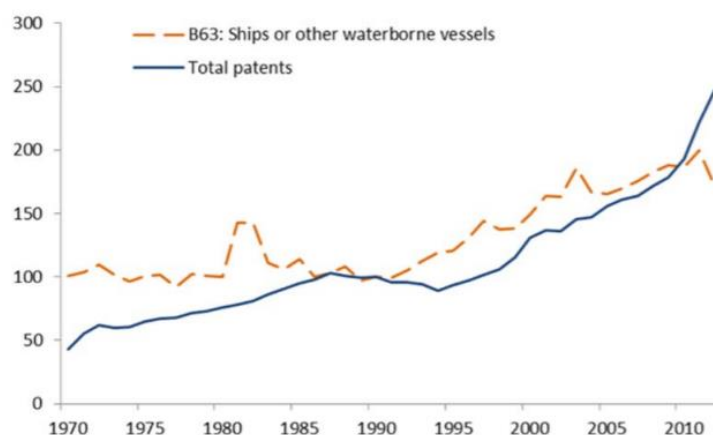
3.4 Πατέντες στη ναυτιλία

Τις τελευταίες δεκαετίες οι τεχνολογίες έχουν αυξηθεί, όπως και η ζήτηση της ενέργειας. Η ανάγκη για τη διατήρηση της ενέργειας και των καθαρών ενεργειακών πρακτικών αλλά και των εναλλακτικών τρόπων για να μπορέσουμε να μειώσουμε τις εκπομπές διοξειδίου

του άνθρακα και γενικότερα την κατανάλωση ενέργειας προκύπτει από το γεγονός ότι υπάρχει έλλειψη πόρων. Η διεθνής ναυτιλιακή κοινότητα δέχεται πίεση ώστε να μπορέσει να αντιμετωπίσει όλα τα προβλήματα που σχετίζονται με το περιβάλλον και την ενέργεια. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων έγιναν πολλές προσπάθειες σε επίπεδο πολιτικής αλλά μεγαλύτερη έμφαση δόθηκε στην τεχνολογία και την έρευνα με σκοπό να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά και για να γίνουν οι θαλάσσιες μεταφορές πιο βιώσιμες με την επίτευξη κάποιων στόχων βιωσιμότητας. Γι' αυτό το λόγο στράφηκε προς την υιοθέτηση πράσινων πατεντών.

Οι πράσινες πατέντες είναι μία κατηγορία πατεντών που αφορούν διάφορους τεχνολογικούς κλάδους της παγκόσμιας οικονομίας και εστιάζουν στην αντιμετώπιση της μείωσης της μόλυνσης του περιβάλλοντος και της κλιματικής αλλαγής. Συγκεκριμένα οι νέες τεχνολογίες πατεντών που εφαρμόζονται στον κλάδο της ναυτιλίας ανήκουν στις πράσινες πατέντες και έχουν ως σκοπό την προώθηση της έννοιας των πράσινων πλοίων και την αλλαγή στις θαλάσσιες μεταφορές ώστε να γίνουν πιο οικολογικές και πιο φιλικές προς το περιβάλλον, μειώνοντας και τις εκπομπές αερίων των πλοίων. Παρ' όλη την πίεση όμως για να αντιμετωπιστούν γρήγορα αυτά τα προβλήματα έκπληξη προκαλεί το γεγονός ότι η καταχώρηση των πατεντών που αφορούν τη ναυτιλία γίνεται με πιο αργό ρυθμό σε σύγκριση με την καταχώρηση πατεντών που αφορούν άλλους κλάδους της οικονομίας. Το παρακάτω διάγραμμα(8) μας δείχνει αυτή την επιβράδυνση.

Διάγραμμα 8: Το σύνολο των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας έναντι των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας που σχετίζονται με τα πλοία ή άλλα σκάφη.

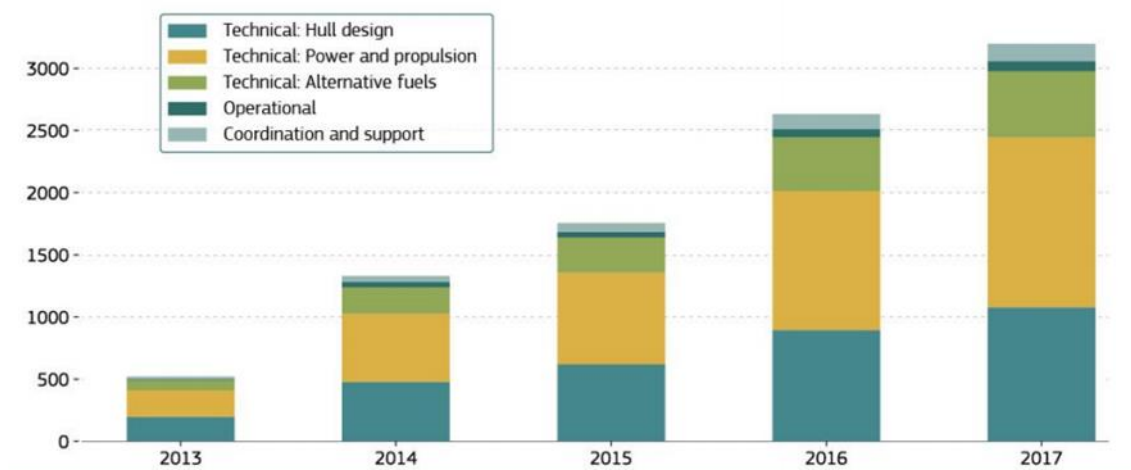


Πηγή: OECD based on Worldwide Statistical Patent Database

Η ανησυχητική αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα δημιούργησε ανησυχία στις ρυθμιστικές αρχές, σε οργανώσεις και σε πολλούς φορείς του ναυτιλιακού κλάδου, δημιουργώντας τους την ανάγκη για υιοθέτηση νέων πράσινων καινοτομιών.

Στη ναυτιλία οι πατέντες αναφέρονται σε φιλικές ενέργειες για το περιβάλλον, οι οποίες περιλαμβάνουν εμπορικές αλλά και μη θαλάσσιες δραστηριότητες που αφορούν τη μείωση των εκπομπών των αερίων και όλων των αρνητικών επιπτώσεων για το περιβάλλον. Σε σύγκριση με άλλους τρόπους μεταφοράς, οι θαλάσσιες μεταφορές θεωρούνται πιο πράσινες, επειδή εκπέμπουν λιγότερο CO₂ ανά τόνο-μίλι, αλλά παρ' όλα αυτά η συμβολή τους στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και στην κλιματική αλλαγή είναι μεγάλη. Το παρακάτω διάγραμμα(9) δείχνει το άθροισμα των πατεντών για τις θαλάσσιες μεταφορές για τον σχεδιασμό γάστρας, ισχύ και πρόωση, εναλλακτικά καύσιμα, λειτουργία και για τον συντονισμό και την στήριξη.

Διάγραμμα 9 : Κατηγορίες πατεντών για τις θαλάσσιες μεταφορές (2013-2017)



Πηγή : TRIMIS

Η ανάγκη για δημιουργία νέων πατεντών στις ναυτιλιακές μεταφορές βασίζεται στο γεγονός ότι οι εκπομπές που δημιουργούνται από τα πλοία κατά τη διέλευση τους μεταξύ των λιμανιών είναι μεγαλύτερες από την παραμονή τους στα λιμάνια.

Γι' αυτό το λόγο την τελευταία δεκαετία οι αιτήσεις για διεθνής πατέντες στον κλάδο της ναυτιλίας έχουν αυξηθεί και συγκεκριμένα για τον τομέα των πλοίων.

Το IPC (International Patent Classification) είναι ένα σύστημα ταξινόμησης διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας (πατεντών) που χρησιμοποιείται σε περισσότερες από 100 χώρες για την ταξινόμηση του περιεχομένου των πατεντών με ομοιόμορφο τρόπο.

Η αναγνώριση των πατεντών που εμπίπτουν στα αντίστοιχα TIS (Technological Innovation Systems), προκύπτουν από το IPC Green Inventory, το οποίο αναπτύχθηκε από την Επιτροπή Εμπειρογνομόνων της IPC και διευκολύνει στην αναζήτηση πατεντών που σχετίζονται με περιβαλλοντικές τεχνολογίες. Οι τεχνολογίες αυτές που έχουν σκοπό να εισαχθούν στις ναυτιλιακές δραστηριότητες, εστιάζουν στην ναυτιλιακή ενεργειακή αποτελεσματικότητα και σε προσπάθειες για να μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου.

Επίσης, υπάρχει και η CPC (Cooperative Patent Classification) που είναι ένα σύστημα ταξινόμησης διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, το οποίο αναπτύχθηκε από κοινού από το EPO (European Patent Office) και από το USPTO (United States Patent and Trademark Office) (WIPO).

Οι πατέντες του ναυτιλιακού κλάδου σύμφωνα με την ταξινόμηση του IPC ανήκουν στο τμήμα Β Εκτέλεση λειτουργιών, μεταφορά και στην κλάση 63 πλοία ή άλλα σκάφη νερού, σχετικός εξοπλισμός. Συγκεκριμένα οι κατηγορίες πατεντών που ανήκουν στις ναυτιλιακές τεχνολογίες και δημιουργήθηκαν για τη μείωση των εκπομπών των αερίων είναι οι : B63B, B63C, B63G, B63H, B63J. Στις ναυτιλιακές τεχνολογίες για τη μείωση των εκπομπών των αερίων ανήκει και μια κατηγορία πατέντας από το CPC. Σύμφωνα με την ταξινόμηση του CPC, το Υ αντιπροσωπεύει τις αναδυόμενες τεχνολογίες διατομής και είναι η κατηγορία πατεντών Y02T.

Αναλυτικά οι πατέντες που αφορούν τεχνολογίες του ναυτιλιακού κλάδου και συγκεκριμένα με τις καινοτομίες τους έχουν ως στόχο να μειώσουν την περιβαλλοντική ρύπανση των αερίων που προέρχεται από τις εκπομπές αερίων των πλοίων είναι οι ακόλουθες:

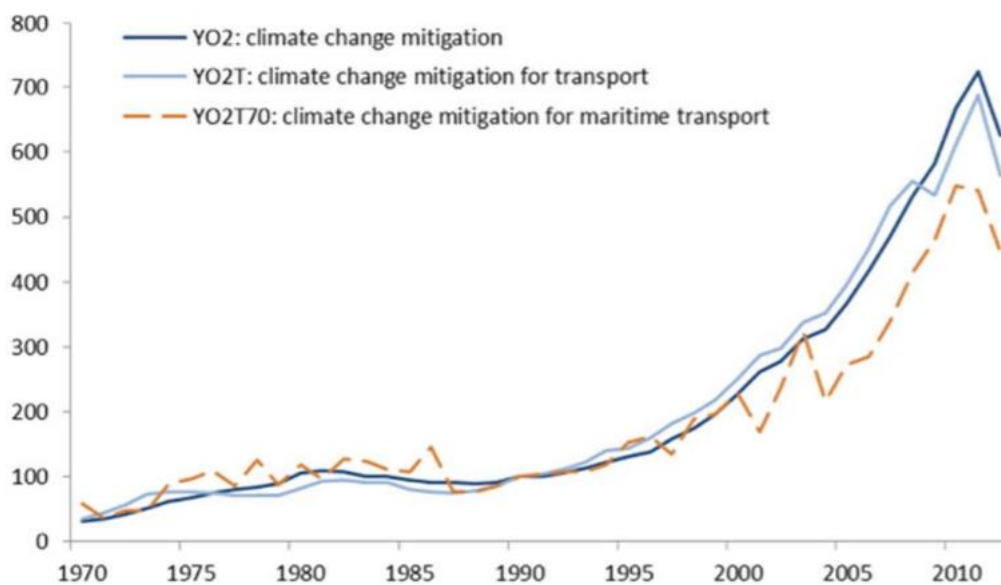
Η πατέντα B63B που αντιπροσωπεύει και το μεγαλύτερο μερίδιο στον τομέα των πλοίων 56,7%(2016) συμπεριλαμβάνει γενικές καινοτομίες που σχετίζονται με τα πλοία, ρυθμίσεις αερισμού θέρμανσης και ψύξης και γενικά τον εξοπλισμό των πλοίων.

Η κατηγορία των πατεντών που ανήκουν στο B63H περιλαμβάνει καινοτομίες για τη θαλάσσια πρόληψη , για τις προπέλες και για τους έλικες των πλοίων.

Οι πατέντες που ανήκουν στην κατηγορία B63J περιλαμβάνει βοηθητικά πλοίων, συσκευές δηλαδή που είναι ειδικά διατεταγμένες για την καλύτερη απόδοσή τους.

Η πατέντα Y02T αφορά τεχνολογίες μείωσης της κλιματικής αλλαγής σχετικές με τη μεταφορά. Περιλαμβάνει μέτρα για τη μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου που σχετίζονται με το σύστημα πρόωσης, λιγότερα καύσιμα υψηλής έντασης άνθρακα π.χ φυσικό αέριο, βιοκαύσιμα, ανανεώσιμες ή υβριδικές ηλεκτρικές λύσεις. Το παρακάτω διάγραμμα(10) μας δείχνει την καταχώρηση αυτή της κατηγορία πατεντών από το 1970 και μετά.

Διάγραμμα 10 : Πατέντες της κατηγορίας Y02 από το 1970 και μετά



Κατηγορία CPC, Y02: τεχνολογίες ή εφαρμογές για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.

Κατηγορία CPC, Y02T : τεχνολογίες μετριασμού της κλιματικής αλλαγής που σχετίζονται με τις μεταφορές.

Κατηγορία CPC Y02T70: διπλώματα ευρεσιτεχνίας για τεχνολογίες μετριασμού της κλιματικής αλλαγής που σχετίζονται με τις θαλάσσιες μεταφορές.

Πηγή: OECD from EPO 2015

Ο παρακάτω πίνακας(2) παρουσιάζει τον αριθμό των πατεντών της ναυτιλίας από το 1961-2012 και συγκεκριμένα στο δεύτερο μέρος του μας δείχνει ότι από το 1997 και μετά η καταχώρηση των πατεντών αυξήθηκε. Επίσης μας παρουσιάζει πατέντες ανά κατηγορία : γενικές πατέντες πλοίων B63, μόλυνση αέρα, κλιματική αλλαγή, εκπομπές, μεταχείριση νερού έρματος, πρόληψη διαρροής πετρελαίου και ανάκτηση , συνδυασμός όλων αυτών .

Πίνακας 2: Πατέντες στη ναυτιλία (1961-2012)

Data type	Ships B63 patents	Air pollution	Climate Change	Emissions (inclusive)	Ballast Water Treatment	Oil Spill Prevention and Recovery	Combined Issues
Patents (1961-2012)	80,843	323	5432	5755	3087	3003	11,845
Patents during (1997-2012)	33,984	217	3334	3551	1938	1879	7368
Percent	42%	67%	61%	62%	63%	63%	62%

Πηγή: Worldwide Statistical Patent Database at EPO

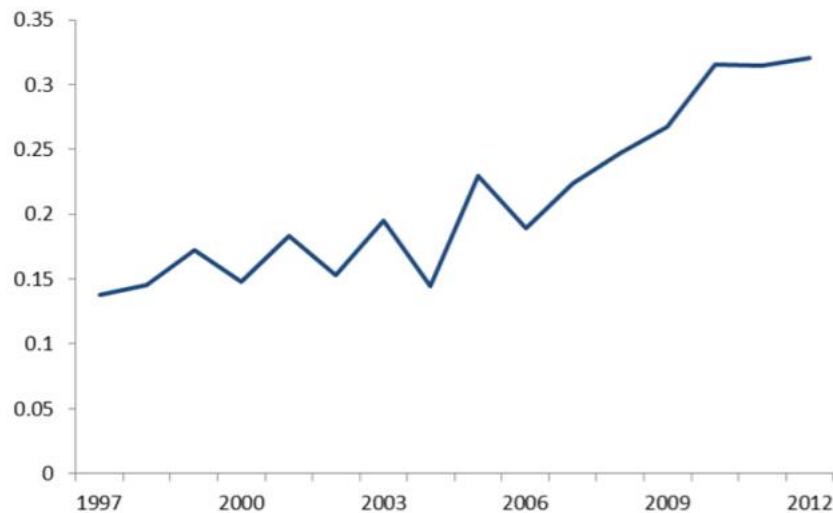
3.5 Εφαρμογή στα πλοία

Οι νέες τεχνολογίες που προκύπτουν από τη δημιουργία πράσινων καινοτομιών-πατεντών, εάν χρησιμοποιηθούν σωστά θα οδηγήσουν στη δημιουργία πιο πράσινων πλοίων, τα οποία θα είναι λιγότερο ρυπογόνα, μειώνοντας έτσι τις εκπομπές των αερίων τους. Παραδείγματα νέων τεχνολογιών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα πλοία για να τα καταστήσουν πιο πράσινα, είναι η χρήση ΥΦΑ(Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο), προηγμένο σύστημα πηδαλίου και έλικα, βαφή γάστρας, σύστημα ανάκτησης θερμότητας αποβλήτων.

Οι πατέντες αυτές με την εισαγωγή τους στις ναυτιλιακές δραστηριότητες, εστιάζουν στην ενεργειακή απόδοση και σε κάθε προσπάθεια και μέσο ώστε να μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αλλά και οι εκπομπές άλλων καταστροφικών αερίων. Η στροφή προς τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αποτελεί την πιο αποτελεσματική λύση καθώς μπορούν να εξασφαλίσουν καθαρά, αποτελεσματικά και αξιόπιστα ενεργειακά συστήματα που βασίζονται σε προηγμένες τεχνολογίες. Το παρακάτω

διάγραμμα(11) δείχνει το ποσοστό αύξησης των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας των πλοίων από το 1997 που ήταν στο 15% ως το 2012 που η αύξηση έφτασε στο 30%.

Διάγραμμα 11 : Ποσοστό αύξησης διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας για τα πλοία (1997-2012)



Πηγή :OECD

Η εφαρμογή όλων αυτών των πατεντών που αναλύσαμε παραπάνω εφαρμόζεται στα πλοία με διάφορους τρόπους και σε διάφορα μέρη του πλοίου. Κατασκευάζονται ειδικές πλατφόρμες για την τοποθέτηση ανεμογεννητριών για τη μείωση καύσης των ορυκτών καυσίμων με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ή υβριδικών και λύσεων. Όλες οι μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούν να εφαρμοστούν στα πλοία με τη μορφή αιολικής ενέργειας (ανεμογεννήτριες), ηλιακής (φωτοβολταϊκά), βιοκαύσιμα κυματική ενέργεια. Η εφαρμογή τους στα πλοία πραγματοποιείται με ανακατασκευές στις ήδη υπάρχουσες κατασκευές ή με την ενσωμάτωση νέων σχεδιασμών σε νέα πλοία. Ο ανασχεδιασμός και η βελτίωση σκαφών και πλοίων γίνεται βάση των τεχνολογιών των πατεντών για καλύτερη απόδοση. Άλλη μορφή πατέντας είναι η τοποθέτηση βελτιωμένων προπέλων ώστε να δημιουργηθούν αιωρούμενα πτερύγια, έλικες κινούμενου κύματος όπου τα προωστικά μέσα περιλαμβάνουν μια εύκαμπτη κυματοειδή δομή και μέσα για την αποφυγή ρύπων από τον έλικα. Η θαλάσσια πρόωση με την εφαρμογή της ανάλογης πατέντας παρέχεται απευθείας από την αιολική ενέργεια με τη βοήθεια ανεμοκινητήρων. Η εισαγωγή πανιών που σε συνδυασμό με άλλα μέσα πρόωσης μπορούν να βελτιώσουν την

οικονομία του καυσίμου. Επίσης, η χρήση βοηθητικών σε πλοία μπορεί να πραγματοποιήσει μια καλύτερη απόδοση των πλοίων.

Συγκεκριμένα όμως οι πατέντες αυτές του ναυτιλιακού κλάδου που στοχεύουν στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα βασίζονται και σε τρία ακόμη μέτρα. Σε τεχνικά μέτρα, σε λειτουργικά μέτρα και σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας.

Όσον αφορά τα τεχνολογικά μέτρα οι αλλαγές αφορούν το κύτος, τον έλικα και τη μηχανή του πλοίου. Στο κύτος στόχος είναι να μειωθεί η αντίσταση από την κίνηση του πλοίου. Για να συμβεί αυτό πρέπει να γίνουν βελτιώσεις στη γάστρα και θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση κατανάλωσης καυσίμου στο 9%. Η αλλαγή στο βάρος του κύτους επίσης, μπορεί να μειώσει την αντίσταση στο νερό και το δυναμικό μείωσης να φτάσει στο 7% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Μια ακόμα καινοτομία είναι η λίπανση του αέρα ώστε να μειωθεί η αντίσταση του πλοίου με τη χρήση φυσαλίδων αέρα. Το μέτρο αυτό αναμένεται να φέρει μείωση 10-15% στην κατανάλωση καυσίμων και συνεπώς μείωση των εκπομπών.

Οι βελτιώσεις στον έλικα μπορούν να πραγματοποιηθούν με υδροδυναμικό σχεδιασμό. Παράδειγμα αυτού του σχεδιασμού, είναι οι αντίθετα περιστρεφόμενες έλικες. Με αυτή την τεχνολογία μπορεί να πραγματοποιηθεί μείωση στην κατανάλωση καυσίμων περίπου 6-20%.

Στη μηχανή του πλοίου οι τεχνολογικές βελτιώσεις αφορούν τη διαδικασία της καύσης με σκοπό να μειωθεί η ποσότητα κατανάλωσης του καυσίμου. Η βελτιστοποίηση μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε ηλεκτρική και έτσι η κατανάλωση καυσίμου μειώνεται σε 8-10%.

Στα λειτουργικά μέτρα οι καινοτομίες βασίζονται στη μείωση της ταχύτητας, στη μείωση αντίστασης του πλοίου και σε γενικά μέτρα για τη βελτιστοποίηση του ταξιδιού.

Με τη μείωση της ταχύτητας των πλοίων μειώνεται και η κατανάλωση καυσίμων. Εάν η ταχύτητα μειωθεί κατά 10% και η κατανάλωση καυσίμου μειώνεται κατά 19% ανά τόνο-χιλιόμετρο.

Η αντίσταση του πλοίου μπορεί να μειωθεί με την κατανομή του φορτίου και του έρματος και η κατανάλωση καυσίμου να μειωθεί στο 0,5%. Η περιοδική στίλβωση του έλικα μπορεί να οδηγήσει σε 2-5% μείωση των εκπομπών. Το καθάρισμα των υφάλων του πλοίου μπορεί να φέρει μείωση στις εκπομπές 1-10%.

Η χρήση βιοκαυσίμων έχουν μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Από την άλλη οι εναλλακτικές μορφές ενέργειας που μπορούν χρησιμοποιηθούν είναι η αιολική, η ηλιακή και οι κυψέλες καυσίμου. Για παράδειγμα η αιολική μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τη χρήση χαρταετών και μπορεί να φέρει μείωση 10-35% στην ενεργειακή κατανάλωση. Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετη παροχή ενέργειας και με τη χρήση φωτοβολταϊκών να αποθηκεύεται η ηλιακή ενέργεια και να χρησιμοποιείται. Το LNG, το υδρογόνο σε συνδυασμό με κάποιο οξειδωτικό μέσο, μέσω της τεχνολογίας των κυψελών καυσίμου μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια, μειώνοντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι η δημιουργία πράσινων οικολογικών πλοίων με νέες καινοτόμες τεχνολογίες, που χαρακτηρίζεται ως η νέα γενιά πλοίων που σε σύγκριση με τα υπάρχοντα θα είναι πιο αποδοτικά προς τα καύσιμα, στο σχεδιασμό του κύτους, του κινητήρα, θα συμμορφώνονται με όλους τους κανονισμούς του IMO και της διεθνούς ναυτιλίας γενικότερα και θα έχουν ως σκοπό τη μείωση των εκπομπών των αερίων του διοξειδίου του άνθρακα και τη μείωση των επιπτώσεων τους στο περιβάλλον.

Κεφάλαιο 4 : Εμπειρική Ανάλυση

4.1 Μοντέλο και Μεταβλητές

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, μέσω του οικονομετρικού προγράμματος Stata 14, πραγματοποιείται εμπειρική ανάλυση της σχέσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) με διάφορες μεταβλητές ώστε και κατά πόσο οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μπορούν να επηρεαστούν από τη χρήση των πατεντών στον τομέα της ναυτιλίας. Η εμπειρική ανάλυση πραγματοποιείται με τη χρήση δεδομένων πάνελ μεταξύ 28 χωρών που ανήκουν στον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (OECD) για την χρονική περίοδο 2000-2014.

Το τελικό μοντέλο της ανάλυσης είναι το εξής :

CO₂ Emissions = GDP per capita + GDP² per capita + Trade + Energy use + Alternative and nuclear energy + Marine patents(B63B, B63C, B63G, B63H, B63J)

όπου

- CO₂ emissions : εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα co₂ (wdi_co2). Χρησιμοποιείται από τον Dong (et al. 2018a).
- GDP per capita : το κατά κεφαλήν Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (gdp). Οι Xu and Lin (2015a, 2015b) το χρησιμοποιούν. Η χρήση αυτής της μεταβλητής είναι απαραίτητη καθώς είναι αλληλένδετη με τις εκπομπές CO₂ σύμφωνα με τη βιβλιογραφία.
- GDP² per capita : το κατά κεφαλήν Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (gdp²). Σε επίπεδα χαμηλού εισοδήματος υπάρχει θετική σχέση μεταξύ εθνικού εισοδήματος και ρύπανσης , και σε υψηλά επίπεδα εισοδήματος υπάρχει μια αρνητική σχέση μεταξύ του εθνικού εισοδήματος και της ρύπανσης. Αυτή η ανεστραμμένη σχέση σχήματος U είναι γνωστή ως Περιβαλλοντική Καμπύλη Kuznets. Πολλές μελέτες δείχνουν ότι η Περιβαλλοντική Καμπύλη Kuznets περιγράφει τη σχέση μεταξύ εισοδήματος και αρκετών ρύπων όπως το διοξείδιο του θείου, τα αιωρούμενα σωματίδια, το οξείδιο του αζώτου και τους ρύπους του νερού. Αυτή η μεταβλητή χρησιμοποιείται από τους Grossman and Krueger (1993, 1995) and Selden and Song (1994).
- Trade : το εμπόριο (σε ποσοστό % του ΑΕΠ) (wdi_trade). Το εμπόριο ως μεταβλητή χρησιμοποιείται από τους Ang (2007), Jalil and Mahmud (2009) and Iwata et al. (2010).

- Energy use : η κατανάλωση ενέργειας (σε kg ισοδύναμου λαδιού κατά κεφαλήν) (wdi_eneuse). Οι Ang (2007), Jalil and Mahmud (2009) and Iwata et al. (2010) χρησιμοποιούν την κατανάλωση ενέργειας καθώς πιστεύουν ότι μπορεί να επηρεάσει τις εκπομπές CO₂.
- Alternative and nuclear use: η εναλλακτική και πυρηνική ενέργεια (σε ποσοστό % της συνολικής χρήσης ενέργειας) (wdi_ane). Αυτή η μεταβλητή χρησιμοποιείται από τους Richmond and Kaufmann (2006).
- Marine patents : οι κατηγορίες πατεντών που αφορούν τη ναυτιλία(B63B, B63C, B63G, B63H, B63J) (mpatents). Για κάθε πατέντα παίρνουμε τον αριθμό της προηγούμενης χρονιάς γιατί δεν βγαίνουν απευθείας στην αγορά.

Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν, αντλήθηκαν μέσα από σχετική βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα, από τα παρακάτω επιστημονικά άρθρα «Empirical study on the determinants of CO₂ emissions: evidence from OECD countries», «Determinants of the global and regional CO₂ emissions: What causes what and where?», « CO₂ emissions, energy consumption, and output in France». Η χρήση των συγκεκριμένων μεταβλητών έγιναν καθώς μέσα από τη βιβλιογραφία μαθαίνουμε ότι είναι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και επομένως είναι απαραίτητες για να καταλήξουμε σε ένα συμπέρασμα.

Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ως μεταβλητή, αναμένουμε να έχει αρνητική σχέση μεταξύ αυτών και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, καθώς μέσα από τη βιβλιογραφία γνωρίζουμε ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μειώνουν τις εκπομπές CO₂. Το μέγεθος του πληθυσμού μιας περιοχής, μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στις εκπομπές CO₂ και η σχέση αυτών των δύο μεταβλητών να είναι θετική. Το εμπόριο επίσης, είναι ένας παράγοντας που αναμένουμε να έχει θετική σχέση με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα καθώς επειδή αυξάνεται το εμπόριο, αυξάνονται και οι μεταφορές με αποτέλεσμα να αυξηθούν και οι εκπομπές CO₂. Και το ΑΕΠ κατά κεφαλήν αναμένουμε να έχει θετική σχέση με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Μια ακόμα μεταβλητή που περιμένουμε να έχει θετική σχέση με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα είναι κατανάλωση ενέργειας. Τέλος αρνητική σχέση αναμένουμε να δούμε από τη μεταβλητή που αφορά την εναλλακτική ενέργεια που προέρχεται από την πυρηνική και φυσικά την μεταβλητή των πατεντών.

4.2 Βασικά στατιστικά στοιχεία των μεταβλητών

Χρησιμοποιώντας την εντολή summarize προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας στον οποίο βλέπουμε για κάθε μεταβλητή, τον αριθμό των παρατηρήσεων, τον μέσο όρο, την τυπική απόκλιση, την ελάχιστη τιμή και την μέγιστη τιμή. Αυτό μας βοηθάει ώστε να έχουμε μια συγκεντρωτική εικόνα για τις μεταβλητές. Στην περίπτωση μας, όπως φαίνεται από την παρακάτω πίνακα (3), οι μεταβλητές μας εμφανίζουν missing values, καθώς ο συνολικός αριθμός των παρατηρήσεων θα έπρεπε να είναι 420 (οι χώρες που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι 28 και η χρονική περίοδος που εξετάζεται είναι τα 15 χρόνια). Ο μέσος όρος της εξαρτημένης μεταβλητής είναι θετικός και καταδεικνύει αύξηση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε βάθος χρόνου. Η ελάχιστη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής (wdi_co2) είναι 3,030 και η μέγιστη τιμή της μεταβλητής είναι 24,82. Ελλιπή στοιχεία παρατηρούμε στις μεταβλητές mpatents, mpatents_63B, mpatents_63C, mpatents_63G, mpatents_63H και mpatents_63J που ο μεγαλύτερος αριθμός παρατηρήσεων είναι 329 και ο μικρότερος 129. Η ελάχιστη τιμή για τις παραπάνω μεταβλητές είναι το 1 και η μέγιστη τιμή είναι το 148. Επίσης παρατηρείται ότι η μέγιστη τιμή της μεταβλητής wdi_gdp2010 είναι 111968,9 και όσον αφορά τη μεταβλητή wdi_ane η ελάχιστη τιμή της είναι 0,153.

Πίνακας 3 : Βασικά στατιστικά των μεταβλητών

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
wdi_co2	420	9.136774	4.027621	3.030782	24.82465
wdi_gdp~2010	420	37631.93	21486.71	7631.559	111968.3
wdi_trade	420	92.77013	57.54177	19.79813	392.8042
wdi_eneuse	420	4115.465	1815.583	1094.185	9428.811
wdi_ane	420	14.0588	12.26523	.1530904	49.59042
mpatents	329	23.93313	29.92127	1	148
mpatents~63B	307	16.69381	20.07431	1	95
mpatents~63C	214	5.163551	5.455443	1	28
mpatents~63G	129	3.488372	3.473373	1	19
mpatents~63H	265	7.649057	8.833554	1	44
mpatents~63J	132	2.825758	2.880565	1	16

4.3 Συσχέτιση μεταβλητών

Με την εντολή `pwcorr` θα παρατηρήσουμε τη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών. Ως πρώτο ζευγάρι έχουμε τις μεταβλητές `wdi_gdp~2010` και `wdi_co2`. Η συσχέτιση μεταξύ αυτών των δύο μεταβλητών είναι αρκετά μεγάλη (0,6133). Οι επόμενες μεταβλητές είναι οι `wdi_trade` και `wdi_co2` και παρατηρούμε ότι η μεταξύ τους συσχέτιση είναι αρκετά μικρή (0,3664). Όσον αφορά τις μεταβλητές `wdi_eneuse` και `wdi_co2` η συσχέτιση είναι μεγάλη και θετική (0,8491).

Αντίθετα η συσχέτιση αρνητική είναι η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών `wdi_ane` και `wdi_co2` (-0,1786). Μικρή είναι επίσης και η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών `mpatents` και `wdi_co2` (0,3723), όπως επίσης μικρή είναι και η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών `wdi_trade` και `wdi_2010` (0,3949). Αρκετά θετική είναι η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών `wdi_eneuse` και `wdi_2010` (0,7080). Σχεδόν μηδενική συσχέτιση έχουν οι μεταβλητές `wdi_ane` και `wdi_2010` (0,1261).

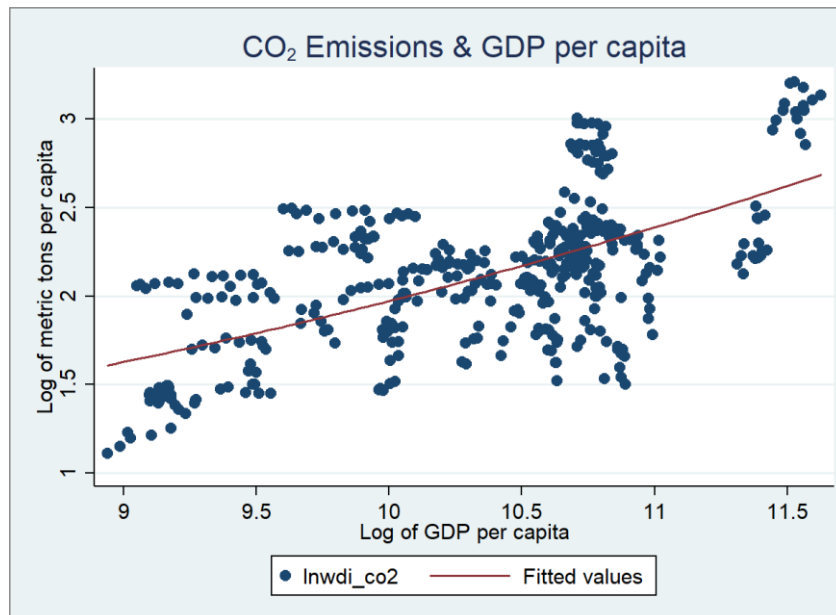
Συσχέτιση αρκετά μικρή παρατηρούμε και στις μεταβλητές `mpatents` και `wdi_2010` (0,2321). Οι `wdi_eneuse` και `wdi_tr` είναι δυο μεταβλητές που μεταξύ τους έχουν πολύ μικρή σχεδόν ελάχιστη συσχέτιση (0,2894). Από την άλλη οι μεταβλητές `wdi_ane` και `wdi_tr` έχουν τελείως αρνητική συσχέτιση (-0,0905) όπως και οι μεταβλητές `mpatents` και `wdi_tr` (-0,3686). Μικρές συσχετίσεις παρατηρούμε και στις μεταβλητές `wdi_ane` και `wdi_ane` (0,2864) και στις μεταβλητές `mpatents` και `wdi_en` (0,3709). Τέλος, πολύ μικρή έως ελάχιστη είναι και η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών `mpatents` και `wdi_ane` (0,1518).

4.4 Ανάλυση γραφημάτων

Ένα ακόμη σημαντικό και χρήσιμο διάγραμμα που έχουμε χρησιμοποιήσει στην εργασία είναι το διάγραμμα `Scatter Plot`. Είναι διάγραμμα συσχέτισης και μα δείχνει ποια είναι η σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών. Με τη βοήθεια των διαγραμμάτων `scatter plot` μπορούμε να παρατηρήσουμε την αιτιότητα μεταξύ των μεταβλητών, όπως επίσης και για τυχόν ενδογένεια. Στο παρακάτω διάγραμμα (12) βλέπουμε τη συσχέτιση ανάμεσα στο κατά κεφαλήν Ακαθόριστο Εθνικό Προϊόν και στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

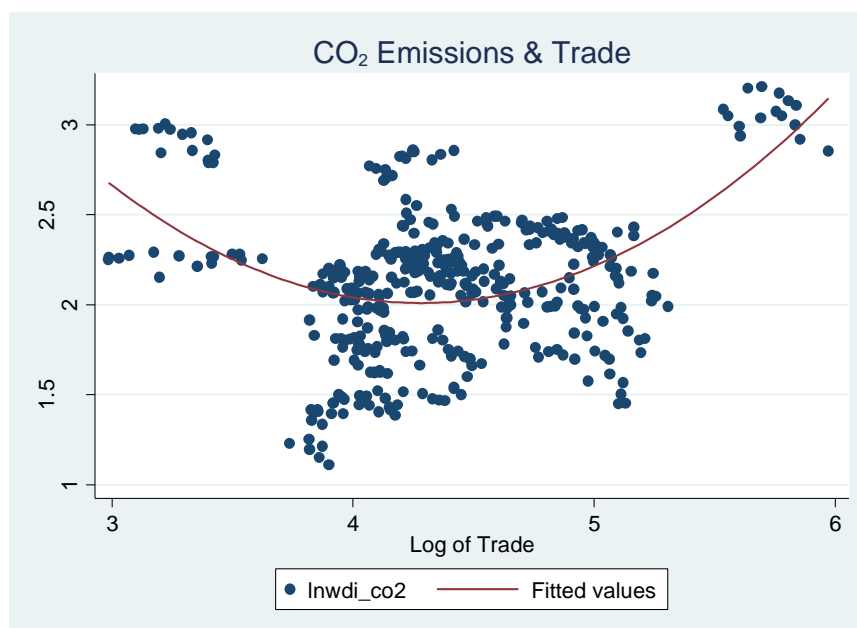
Παρατηρούμε ότι όσο ανεβαίνει το κατά κεφαλήν ΑΕΠ τόσο ανεβαίνουν και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα με αποτέλεσμα να δημιουργείται μεταξύ τους μια θετική συσχέτιση.

Διάγραμμα 12 : Scatterplot των μεταβλητών CO2 Emissions & GDP per capita



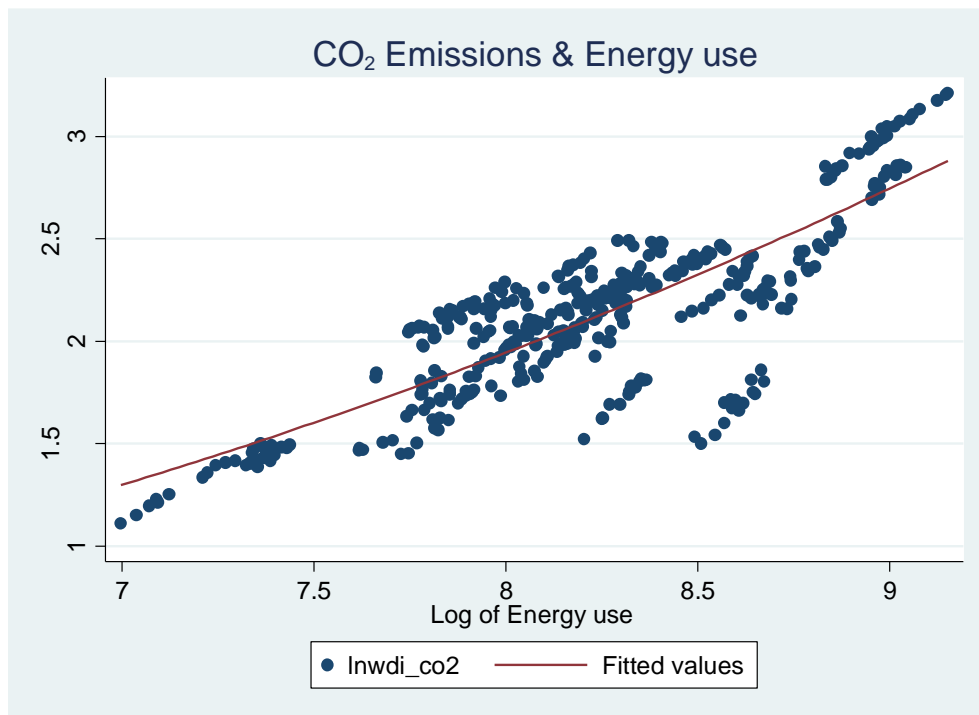
Στο παρακάτω διάγραμμα (13) βλέπουμε τη σχέση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και του εμπορίου. Και σε αυτό το διάγραμμα παρατηρούμε επίσης, ότι οι δυο αυτές μεταβλητές έχουν δυνατή συσχέτιση.

Διάγραμμα 13 : Scatterplot των μεταβλητών CO2 Emissions & Trade



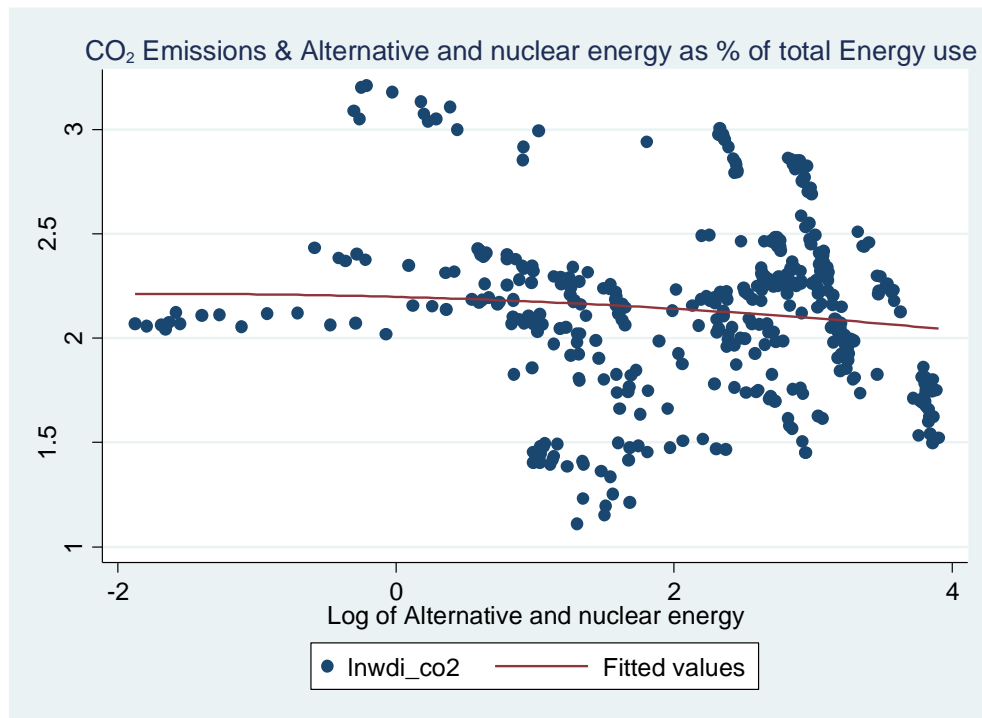
Στο διάγραμμα (14) παρατηρούμε τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών CO2 Emissions & Energy use. Και σε αυτές τις δύο μεταβλητές υπάρχει θετική συσχέτιση καθώς όσο αυξάνεται η κατανάλωση ενέργειας, αυξάνονται και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Διάγραμμα 14 : Scatterplot των μεταβλητών CO2 Emissions & Energy use



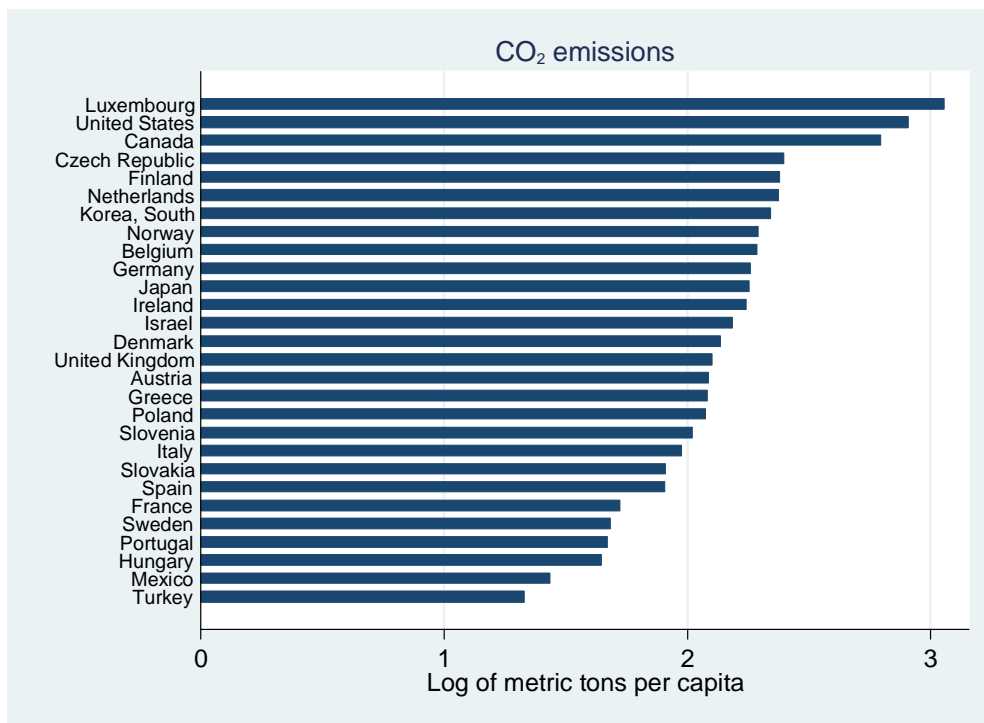
Στο παρακάτω διάγραμμα (15) παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ των μεταβλητών CO2 Emissions & Alternative and nuclear energy as % of total Energy use. Παρατηρούμε ότι η συσχέτιση αυτών των δύο μεταβλητών δεν είναι τόσο δυνατή και ότι όσο αυξάνεται η χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας και η ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από την πυρηνική, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, έχουν μια μικρή εξασθένιση.

Διάγραμμα 15 : Scatterplot των μεταβλητών CO2 Emissions & Alternative and nuclear energy as % of total Energy use



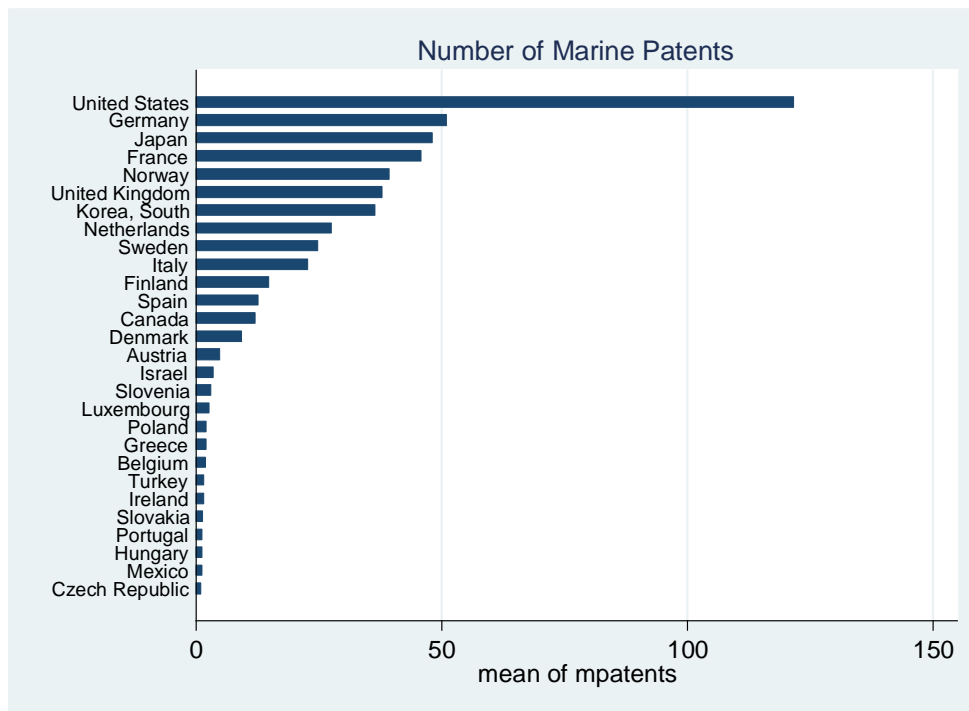
Ένα ακόμα χρήσιμο διάγραμμα που θα μας βοηθήσει στην ανάλυση μας είναι το διάγραμμα bar, το οποίο γίνεται με την εντολή “graph hbar” και μας δείχνει με σειρά κατάταξης τις χώρες με τη μεγαλύτερη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα έως και τις χώρες με τη μικρότερη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (διάγραμμα 16). Παρατηρούμε ότι η χώρα με το υψηλότερο ποσοστό εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, είναι το Λουξεμβούργο. Ως δεύτερη χώρα έρχονται οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και τρίτος ο Καναδάς. Άλλες μεγάλες χώρες όπως η Γερμανία και η Ιαπωνία, βρίσκονται σε κατώτερες θέσεις, στην 10 και 11 αντίστοιχα. Η Ελλάδα κατέχει την 17 θέση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ενώ την τελευταία θέση κατέχει η Τουρκία με σχεδόν μισές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την πρώτη χώρα το Λουξεμβούργο.

Διάγραμμα 16 : Εκπομπές CO2 ανά χώρα



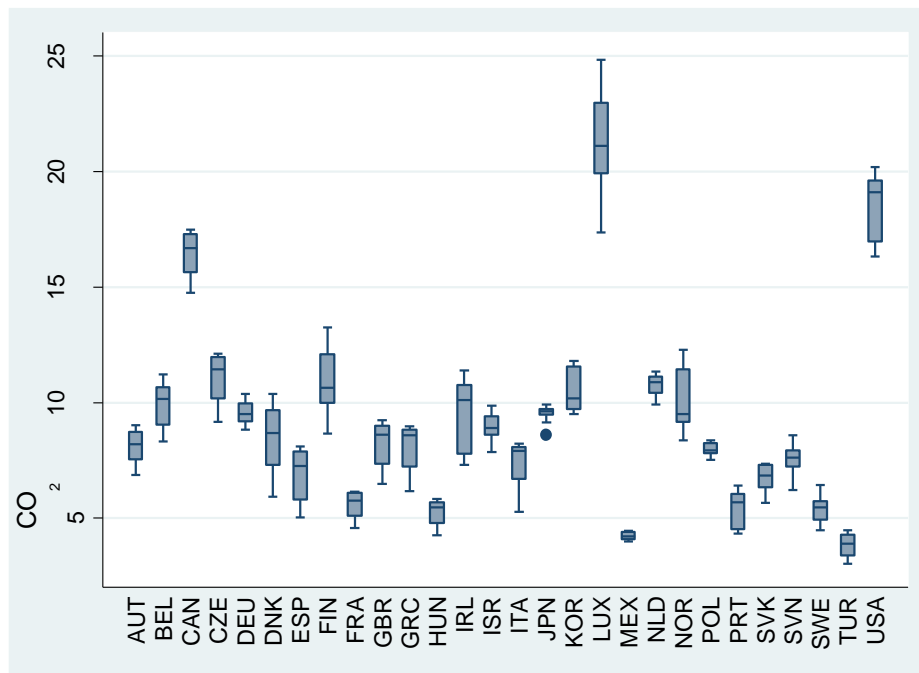
Το παρακάτω διάγραμμα (17) είναι εξίσου σημαντικό και μας δείχνει την κατάταξη των χωρών σε σχέση με τον αριθμό των πατεντών που έχουν. Πρώτη είναι οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής που σε αντίθεση με τη δεύτερη χώρα που είναι η Γερμανία, υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ τους στον αριθμό πατεντών. Στην Τρίτη θέση είναι η Ιαπωνία με μικρή διαφορά στον αριθμό πατεντών από τη Γερμανία. Η Ελλάδα βρίσκεται στην 20^η θέση καθώς ο αριθμός των πατεντών είναι πολύ μικρός. Στην τελευταία θέση βρίσκεται η Τσεχία με σχεδόν μηδενικό αριθμό πατεντών.

Διάγραμμα 17 : Αριθμός πατεντών ανά χώρα



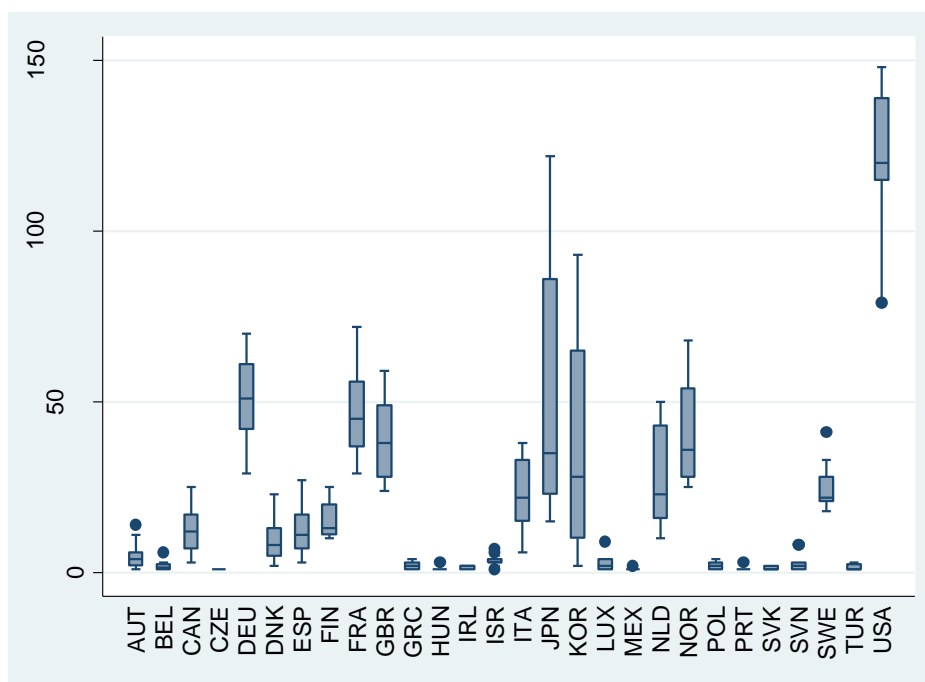
Με το θηκόγραμμα (boxplot), μπορούμε να δούμε την κατανομή των μεταβλητών. Το θηκόγραμμα αποτελείται από ένα κουτί ορθογώνιο, που έχει μήκος από το πρώτο έως το τρίτο τεταρτημόριο και μας δείχνει την ύπαρξη ακραίων τιμών. Το παρακάτω θηκόγραμμα (διάγραμμα 18), μας δείχνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα(σε μετρικούς τόνους κατά κεφαλήν) όλων των 28 χωρών και για τα 15 χρόνια του δείματός μας. Χαρακτηριστικά παρατηρούμε ότι το Λουξεμβούργο έχει ως διάμεση τιμή τους 21 τόνους με μέγιστη τιμή τους 25 τόνους και ελάχιστη τους 17, όντας αρκετά έντονες διακυμάνσεις ανά τα χρόνια. Οι ΗΠΑ ως διάμεση τιμή έχει τους 19 τόνους, μέγιστη τους 20 και ελάχιστη τιμή τους 16 τόνους, με όχι μεγάλες διακυμάνσεις. Η Ελλάδα ως διάμεση τιμή έχει τους 8 τόνους, ελάχιστη τιμή τους 6 τόνους και μέγιστη τους 8,5 τόνους με αποτέλεσμα να μην έχει πολλές διακυμάνσεις σε όλα τα χρόνια. Παρατηρούμε και χώρες όπως το Μεξικό που όλα τα χρόνια όλες του οι τιμές είναι περίπου στους 4 τόνους.

Διάγραμμα 18 : Boxplot CO2 emissions & countries



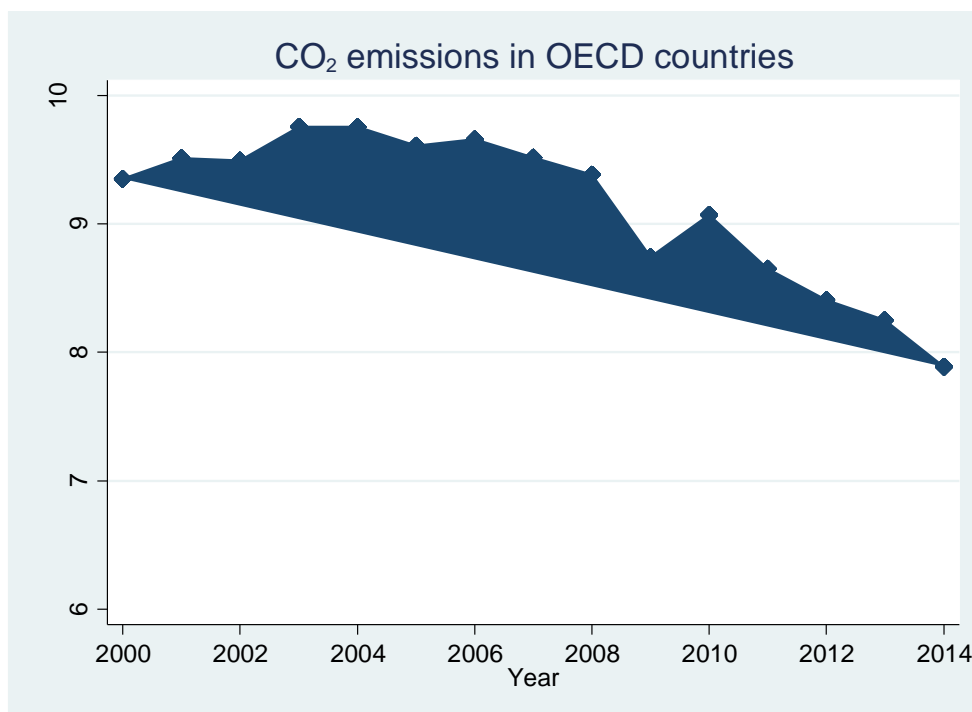
Στο παρακάτω θηκόγραμμα (διάγραμμα 19) βλέπουμε την μεταβολή στον αριθμό των πατεντών που αναφέρονται στη ναυτιλία και για τα 15 χρόνια του δείγματός μας και για τις 28 χώρες. Στις ΗΠΑ παρατηρούμε ότι ως διάμεση τιμή είναι οι 120 πατέντες, μέγιστη οι 149 και ελάχιστη οι 70, διαπιστώνοντας αρκετά μεγάλες διακυμάνσεις ανά τα χρόνια. Ακόμα μεγαλύτερες διακυμάνσεις όμως παρατηρούμε στην Ιαπωνία και την Κορέα παρόλη την μικρή διάμεση τιμή που έχουν. Η Ιαπωνία ως διάμεση τιμή έχει τις 30 πατέντες, μέγιστη τιμή τις 125 πατέντες και ελάχιστη τιμή τις 20 πατέντες. Η Κορέα έχει ως διάμεση τιμή τις 25 πατέντες, ως μέγιστη τιμή τις 90 πατέντες και ως ελάχιστη τιμή την 1 πατέντα. Και η Ελλάδα όλα αυτά τα χρόνια δεν έχει καθόλου διακυμάνσεις καθώς βρίσκεται σχεδόν σε μηδενικό αριθμό πατεντών.

Διάγραμμα 19 : Boxplot number of marine patents



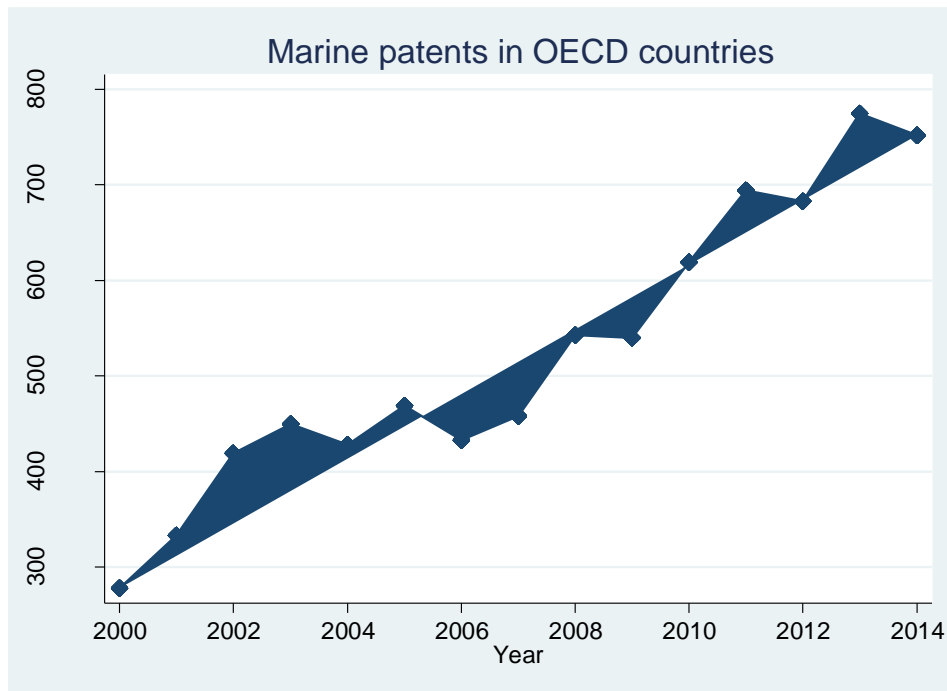
Με την εντολή “twoway connected” δημιουργούνται διαγράμματα που μας δείχνουν τη διαχρονική πορεία μιας μεταβλητής. Στο παρακάτω διάγραμμα (20), παρουσιάζεται η πορεία των εκπομπών CO₂ στις χώρες του OECD και για τα 15 χρόνια (2000-2014) του δείγματός μας. Η πορεία των εκπομπών CO₂ είναι αρκετά υψηλή από την αρχή του δείγματος μας και παρατηρούμε μια ακόμη μικρή αύξηση το 2003 έως το 2004. Από το 2004 και μετά παρατηρούμε μία μικρή μείωση μέχρι και το 2007 και μια πιο έντονη μείωση το 2007 έως το 2009 που βλέπουμε τη χαμηλότερη τιμή στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό ίσως οφείλεται στην έναρξη της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης που ξεκίνησε το 2009. Το 2010 υπάρχει μια μικρή αύξηση των εκπομπών CO₂ και μετά ξανά μέχρι και το 2014 παρατηρείται μία σταδιακή μείωση των εκπομπών με το μικρότερο ποσοστό όλων των χρόνων πραγματοποιείται το 2014.

Διάγραμμα 20 : Διαχρονική πορεία εκπομπών CO₂ στις χώρες του OECD (2000-2014)



Στο παρακάτω διάγραμμα (21) βλέπουμε τη διαχρονική πορεία (2000-2014) στον αριθμό των πατεντών που ανήκουν στη ναυτιλία για τις χώρες του OECD. Το 2000 παρατηρούμε ότι ο αριθμός των πατεντών είναι σχεδόν μηδενικός και από το 2001 έως και το 2003 υπάρχει μία μεγάλη αύξηση. Το 2004 παρατηρούμε μια μικρή μείωση στον αριθμό των πατεντών. Το 2005 αυξάνεται και πάλι ο αριθμός και το 2006 υπάρχει ξανά μείωση. Από το 2006 έως το 2008 βλέπουμε μία μικρή αύξηση, ενώ σταθερός παραμένει ο αριθμός για το 2008 και το 2009. Από το 2009 έως το 2010 ο αριθμός των πατεντών αυξάνεται αισθητά και μια μικρή μείωση σχεδόν μηδενική βλέπουμε το 2011 με 2012. Μεγάλη αύξηση έχουμε πάλι από το 2012 έως και το 2013 που μετά παρατηρείται και ξανά μία μικρή μείωση στον αριθμό των πατεντών που ανήκουν στη ναυτιλία.

Διάγραμμα 21 : Διαχρονική πορεία αριθμού πατεντών της ναυτιλίας στις χώρες του OECD (2000-2014)



4.5 Πολλαπλή παλινδρόμηση (OLS)

Την πολλαπλή παλινδρόμηση τη χρησιμοποιούμε για να προβλέψουμε την τιμή μιας εξαρτημένης μεταβλητής με βάση την τιμή δύο ή και περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών. Ξεκινάμε και χτίζουμε το μοντέλο, προσθέτοντας μεταβλητές ώστε να φτάσουμε στο τελικό. Στη δικής μας περίπτωση το μοντέλο αποτελείται από την εξαρτημένη μεταβλητή την $\ln wdi_co2$ και από ανεξάρτητες μεταβλητές τις gdp , $gdp2$, $\ln wdi_trade$, $\ln wdi_eneuse$, $\ln wdi_ane$. Ο αριθμός των παρατηρήσεων είναι 420. Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 της εξαρτημένης μεταβλητής στο τελικό μοντέλο ισούται με 0,858 ή 85,8 % . Χτίζοντας το μοντέλο παρατηρούμε ότι σε όλες τις μεταβλητές το πρόσημο παραμένει το ίδιο εκτός από τη μεταβλητή $\ln wdi_trade$ που στην αρχή το πρόσημο είναι θετικό (+) και μετά γίνεται αρνητικό (-). Είναι πολύ πιθανό το μοντέλο μας να πάσχει από ετεροσκεδαστικότητα.

Πίνακας 4 : Παλινδρόμηση OLS

VARIABLES	OLS
gdp	1.635*** (0.375)
gdp2	-0.0837*** (0.0183)
lnwdi_trade	-0.0408 (0.0148)
lnwdi_eneuse	0.991 (0.0278)
lnwdi_ane	-0.161*** (0.00709)
Observations	420
R-squared	0.858

Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

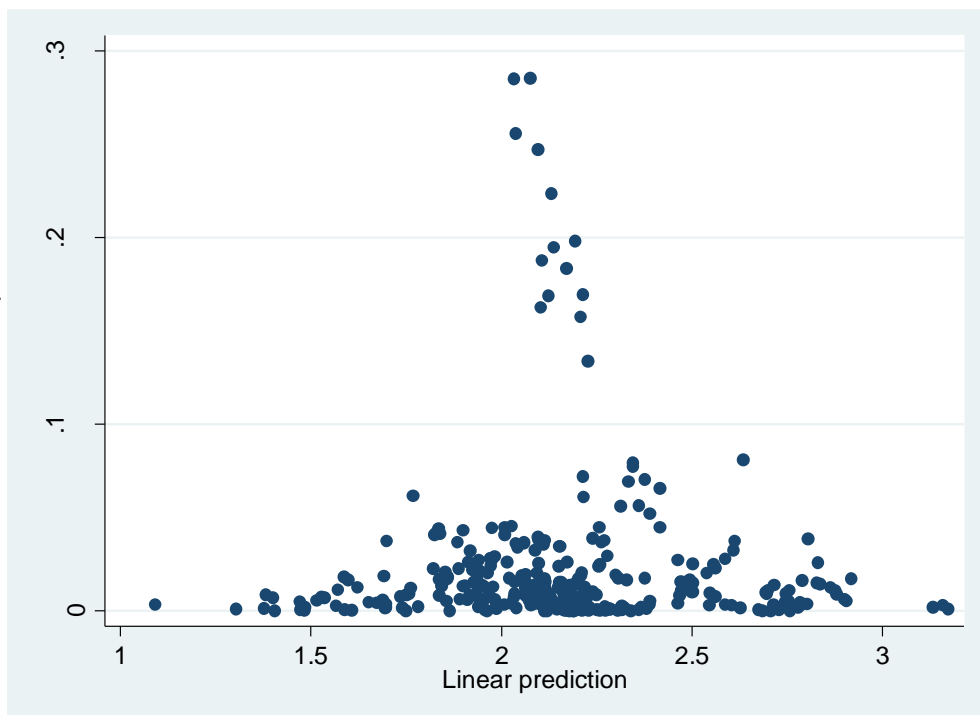
4.6 Ετεροσκεδαστικότητα

Σε ένα κλασικό μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης, ισχύει ότι ο διαταρακτικός όρος (σφάλμα) u_t είναι μια τυχαία μεταβλητή που έχει ως μέση τιμή το 0 και η σταθερή διακυμανσή της σ^2 , είναι ανεξάρτητη από το t . Ο διαταρακτικός όρος είναι μια τυχαία μεταβλητή, αλλά αυτό δεν μπορεί να εξεταστεί, καθώς ο στατικός έλεγχος της υπόθεσης δεν είναι δυνατός. Υπάρχει περιορισμός ότι στο μοντέλο πρέπει οι διαταρακτικοί όροι u_t να έχουν την ίδια διακύμανση, η οποία πρέπει να είναι σταθερή για κάθε τιμή του t , να χαρακτηρίζονται δηλαδή από ομοσκεδαστικότητα.

Η υπόθεση της ομοσκεδαστικότητας όταν παραβιάζεται ισχύει για τις διακυμάνσεις των σφαλμάτων $\text{Var}(u_t) = \sigma^2$, για $t = 1, 2, 3, \dots, T$. Η διαφορά είναι ότι ο δείκτης t που προσαρτάται στο σ^2 δηλώνει ότι η διακύμανση μπορεί να αλλάξει για κάθε διαφορετική παρατήρηση $t = 1, 2, 3, \dots, T$. Στο δικό μας δείγμα αρχικά παρατηρούμε ότι υπάρχει πρόβλημα άνισης διαφοράς στα υπολείμμάτα μας. Στη συνέχεια υπολογίζουμε την

προβλεπόμενη τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής, υπολογίζουμε τα υπολείμματα, υπολογίζουμε το τετράγωνο των υπολειμμάτων και στη συνέχεια τρέχουμε ένα scatter (διάγραμμα 22) μεταξύ του τετραγώνου των υπολειμμάτων και της προβλεπόμενης τιμής της εξαρτημένης μεταβλητής. Παρατηρούμε ότι υπάρχουν ακραίες τιμές που εμφανίζονται σε μοντέλα που έχουν ετεροσκεδαστικότητα.

Διάγραμμα 22 : Scatter ετεροσκεδαστικότητας



Όμως το διάγραμμα λειτουργεί εντελώς συμβουλευτικά και για να εντοπίσουμε εάν όντως υπάρχει ετεροσκεδαστικότητα θα το ελέγξουμε με το τεστ Breusch- Pagan και Cook-Weisberg. Τα αποτελέσματα και των δύο παρακάτω πινάκων μας δείχνουν ότι υπάρχει ετεροσκεδαστικότητα στο μοντέλο γιατί παρόλο που $\text{prob} > \chi^2 0.0000$, παρατηρούμε ότι η μεταβλητή `lnwdi_eneuse` έχει p-value μικρότερο από 0,05.

Πίνακας 5 : Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity (ταυτόχρονη επίδραση)

chi2 (6)	62.83
Prob > chi2	0.0000

Πίνακας 6 : Αποτελέσματα ελέγχου Breusch-Pagan/ Cook-Weisberg test

Variable	chi2	df	p
gdp	2.48	1	0.1153
gdp2	2.53	1	0.1116
lnwdi_trade	3.72	1	0.0539
lnwdi_eneuse	11.20	1	0.0008
lnwdi_ane	30.81	1	0.0000
lnmpatents			
L1.	16.21	1	0.0001
simultaneous	62.83	6	0.0000

4.7 Πολυσυγγραμμικότητα

Η ανάλυση ενός προβλήματος με την ανάλυση της πολλαπλής παλινδρόμησης πραγματοποιείται καλύτερα όταν οι ανεξάρτητες μεταβλητές δεν συσχετίζονται μεταξύ τους. Όταν πραγματοποιούνται έντονες συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών είναι αρκετά δύσκολο να γίνει αξιολόγηση της ανεξάρτητης μεταβλητής επί της εξαρτημένης. Συνεπώς, όταν στην πολλαπλή παλινδρόμηση δημιουργούνται μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών ισχυρές συσχετίσεις πραγματοποιείται η κατάσταση της πολυσυγγραμμικότητας. Στη δική μας περίπτωση θα χρησιμοποιήσουμε την εντολή “vif” λόγω των πολλών παρατηρήσεων για να δούμε εάν έχουμε πολυσυγγραμμικότητα. Εάν οι τιμές που δίνονται για το VIF είναι μεγαλύτερες του 10 ή οι τιμές για το $1/VIF$ είναι μικρότερες του 0,10 υπάρχει υψηλή πολυσυγγραμμικότητα. Στην περίπτωση μας, $VIF < 10$ και $1/VIF < 0,10$ άρα δεν έχουμε υψηλή πολυσυγγραμμικότητα.

Πίνακας 7 : Έλεγχος πολυσυσγγραμικότητας

Variable	VIF	1/VIF
gdp	863.76	0.001158
gdp2	863.22	0.001158
lnwdi_eneuse	2.28	0.438869
lnmpatents		
L1.	2.19	0.457186
lnwdi_trade	1.63	0.613255
lnwdi_ane	1.33	0.752460
Mean VIF	289.07	

4.8 Διόρθωση ετεροσκεδαστικότητας

Σε αντίθεση με τη μέθοδο Ordinary Least Squares (OLS), η Weighten Least Squares είναι ιδανική να χρησιμοποιηθεί όταν παραβιάζεται η υπόθεση περί σταθερής διακύμανσης των λαθών. Για να διορθώσουμε την ετεροσκεδαστικότητα χρησιμοποιούμε την εντολή robust και μας προκύπτει ο παρακάτω πίνακας με τα αποτελέσματα.

Πίνακας 8 : Πίνακας ετεροσκεδαστικότητας (WLS)

Variables	WLS
gdp	1.947*** (0.405)
gdp2	-0.0957 (0.0196)
lnwdi_trade	-0.135*** (0.0186)
lnwdi_eneuse	0.984*** (0.0251)
lnwdi_ane	-0.175*** (0.0109)
L.lnmpatents	-0.0332*** (0.00780)
Constant	-14.82*** (2.070)
Observations	306
R-squared	0.834

Robust standard errors in parentheses, *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Ο συντελεστής προσδιορισμού του κατά κεφαλήν ΑΕΠ2, του εμπορίου, των εναλλακτικών πηγών ενέργειας που προέρχονται από την πυρηνική ενέργεια και οι κατηγορίες πατεντών της ναυτιλίας έχουν αρνητική σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή και οι αστερίσκοι που βρίσκονται σε όλες τις μεταβλητές μας δείχνουν τη στατική σημαντικότητά τους.

4.9 Μέθοδοι εκτίμησης δεδομένων πάνελ- ενδογένεια

Με δύο μεθόδους μπορεί να γίνει μια εκτίμηση panel. Με τη μέθοδο Ελαχίστων Τετραγώνων (Pooled OLS) ή με Individual Panel που η εκτίμηση γίνεται είτε με τη Μέθοδο των Σταθερών Επιδράσεων είτε με τη Μέθοδο των Τυχαίων Επιδράσεων. Το Pooled είναι το πιο περιοριστικό μοντέλο καθώς ορίζει σταθερούς συντελεστές. Με την μέθοδο Pooled OLS, μπορεί να εκτιμηθεί το δείγμα μας εάν είναι σωστά ορισμένο και οι εκτιμητές δεν ορίζονται με το τυχαίο σφάλμα.

Πιθανό είναι το ενδεχόμενο, το τυχαίο σφάλμα να έχει συσχέτιση με το χρόνο για ένα δεδομένο άτομο (Individual) και τα τυπικά σφάλματα δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται καθώς μπορεί να μας δώσουν λάθος αποτελέσματα. Αν το μοντέλο των Σταθερών Επιδράσεων είναι το πιο κατάλληλο, ο εκτιμητής Pooled OLS θα είναι ασυνεπής. Για να εκτιμηθεί σωστά το δείγμα μας, πρέπει να γίνει διαχωρισμός ανάμεσα στην σταθερή επίδραση (fixed effect) και στην τυχαία επίδραση (random effect), που φυσικά πιο πριν είναι απαραίτητος ο καθορισμός της μη παρατηρούμενης ετερογένειας γ_i .

Στην σταθερή επίδραση (fixed effect) , η ετερογένεια θεωρείται σταθερή όταν η μεταβλητή που σχετίζεται με τις άλλες μεταβλητές του υποδείγματος υπολογίζεται ως μία επιπλέον παράμετρος εκτίμησης για κάθε μονάδα, ενώ στην τυχαία επίδραση (random effect) η ετερογένεια θεωρείται ως μια τυχαία μεταβλητή. Στη random effect , η ετερογένεια που δεν παρατηρείται μεταφράζεται ως τυχαία επίδραση και θεωρητικά δεν την συσχετίζουμε με τις άλλες μεταβλητές.

Επίσης, αποτελεί μέρος του σφάλματος και για αυτό το λόγο προκύπτει το υπόδειγμα error components model. Από την άλλη όταν χρησιμοποιούμε την fixed effect υποθέτουμε ότι συμβαίνει κάτι μέσα στη χώρα που μπορεί να επηρεάσει τις άλλες μεταβλητές. Στην σταθερή επίδραση η κάθε χώρα είναι μια διαφορετική οντότητα και το σφάλμα της κάθε χώρας , περιέχει ατομικά χαρακτηριστικά και δεν πρέπει να συσχετίζεται με τις υπόλοιπες χώρες. Τέλος εάν ο διαταρακτικός όρος (σφάλμα) και οι ανεξάρτητες μεταβλητές δεν

σχετίζονται μεταξύ τους το κατάλληλο μοντέλο είναι το Random effect model, ενώ εάν ο διαταρακτικός όρος και οι μεταβλητές συσχετίζονται μεταξύ τους είναι κατάλληλο το Fixed effect model καθώς δίνει πιο πολλά αξιόπιστα αποτελέσματα.

Για να γίνει σωστή επιλογή του μοντέλου αρχικά θα γίνει έλεγχος για να επιλέξουμε μεταξύ στο Pooled model (OLS) και στο Random effects model (RE) και παρατηρούμε ότι στο μοντέλο RE η P-value είναι μικρότερη του 0,05 άρα υπερέχει.

Πίνακας 9 : Έλεγχος μεταξύ RE και OLS

Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test for random effects		
$\ln wdi_co2[country,t] = Xb + u[country] + e[country,t]$		
Estimated results	Var	sd = sqrt(Var)
lnwdi_co2	0.1519286	0.3897802
e	0.0009652	0.310671
u	0.0535091	0.2313203
Test: Var(u) = 0		
chibar2(01) = 910.23		
Prob > chibar2 = 0.0000		

Στη συνέχεια θα πραγματοποιήσουμε το Hausman Test, που διαπιστώνουμε ότι μεταξύ του Random Effects model (RE) και του Fixed Effects model (FE), θα επιλέξουμε το FE, γιατί η p-value είναι μικρότερη του 0,05.

Πίνακας 10 : Έλεγχος μεταξύ RE και FE

variables	(b) FE_estimator	(B) RE_estimator	(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b- V_B)) S.E.
gdp	0.1351069	0.7630702	-0.6279633	0.1915093
gdp2	-0.0142584	-0.0448931	0.0306348	0.0099592
lnwdi_trade	0.0266894	0.0101155	0.0165739	0.0091515
lnwdi_eneuse	1.323553	1.253421	0.0701314	0.0128312
lnwdi_ane	-0.084231	-0.0950136	0.0107826	0.0017279
lnmpatents				
L1.	-0.0214291	-0.0217679	0.0003389	0.0003504

b = consistent under Ho and Ha, obtained from xtreg	
B = inconsistent under Ha, efficient under Ho, obtained from xtreg	
Test: Ho: difference in coefficients not systematic	
$\chi^2(6) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B)$	34.01
Prob>chi2	0.0000

Παρακάτω ακολουθούν οι πίνακες με τα αποτελέσματα διόρθωσης της ετεροσκεδαστικότητας μέσω της εντολής robust και στο μοντέλο FE και στο μοντέλο RE.

Πίνακας 11 : Διόρθωση της ετεροσκεδαστικότητας στο μοντέλο FE

Variables	FE estimator robust
gdp	0.135 (0.911)
gdp2	-0.0143 (0.0452)
lnwdi_trade	0.0267 (0.0228)
lnwdi_eneuse	1.324*** (0.0803)
lnwdi_ane	-0.0842*** (0.0180)
l.lnmpatents	-0.0214*** (0.00535)
Constant	-8.533* (4.496)
Observations	306
R-squared	0.909
Number of country	28

Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Πίνακας 12 : Διόρθωση της ετεροσκεδαστικότητας στο μοντέλο RE

Variables	RE estimator robust
gdp	0.763 (0.805)
gdp2	-0.0449 (0.0398)
lnwdi_trade	0.0101 (0.0193)
lnwdi_eneuse	1.253*** (0.0637)
lnwdi_ane	-0.0950*** (0.0141)
l.lnmpatents	-0.0218*** (0.00546)
Constant	-11.06* (4.062)
Observations	306
R-squared	
Number of country	28

Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Μετά από τις παραπάνω αναλύσεις που κάναμε καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το πιο σωστό μοντέλο για το δείγμα μας είναι το Fixed effects model (FE) καθώς υπάρχει εξάρτηση μεταξύ της εξαρτημένης και των ανεξάρτητων μεταβλητών και τα αποτελέσματα των εξαρτημένων μεταβλητών όπως gdp2, lnwdi_ane, lnmpatents είναι στατιστικά σημαντικά σε σχέση με την εξαρτημένη.

4.10 Ανάλυση για κάθε τύπο πατέντας

Ένα ενδιαφέρον κομμάτι στην εργασία είναι η ανάλυση του κάθε τύπου πατέντας ξεχωριστά για να δούμε ποια είναι η σχέση τους με την εξαρτημένη μεταβλητή (CO₂ emissions) και κατά πόσο η χρήση των διαφορετικών πατεντών στη ναυτιλία μπορεί να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Γενικά η μεταβλητή των πατεντών που ανήκουν γενικότερα στη ναυτιλία (Inmpatents) παρατηρούμε ότι έχει αρνητική συσχέτιση με την εξαρτημένη μεταβλητή (-0.0214) που σημαίνει ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα με τη χρήση των ναυτιλιακών πατεντών γενικότερα θα μειωθούν.

Πιο ειδικά η μεταβλητή που αφορά την κατηγορία πατεντών B63B βλέπουμε ότι θα μειώσει τις εκπομπές CO₂ (-0.00163), όπως επίσης, το ίδιο βλέπουμε ότι συμβαίνει και με την μεταβλητή της κατηγορίας πατεντών B63H (-0.00831). Αντίθετα, η μεταβλητή της κατηγορίας πατεντών B63G, παρατηρούμε ότι έχει θετική σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή (0.000630) και επομένως δεν θα επηρεάσει αρνητικά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Τέλος αρνητική σχέση παρατηρούμε και για τη μεταβλητή της κατηγορίας των πατεντών B63J(-0.00651)

Στον παρακάτω πίνακα εκτός από τη σχέση της εξαρτημένης μεταβλητής με τις μεταβλητές ανά κατηγορία πατεντών βλέπουμε και τον αριθμό των χωρών που χρησιμοποιούν τον κάθε τύπο πατέντας. Τον τύπο πατεντών B63B τον χρησιμοποιούν και οι 28 χώρες του δείγματός μας, τον τύπο B63C 26 χώρες, τον τύπο B63G 18 χώρες, τον B63H 24 χώρες και τον τύπο B63J 17 χώρες.

Πίνακας 13 : Ανάλυση για κάθε τύπο πατέντας

Variables						
gdp	0.135 (0.911)	0.430 (0.949)	-3.369* (1.661)	0.494 (7.139)	0.518 (1.607)	-2.804 (3.304)
gdp2	-0.0143 (0.0452)	-0.0292 (0.0471)	0.151* (0.0797)	-0.0325 (0.340)	-0.0343 (0.0521)	0.123 (0.157)
lnwdi_trade	0.0267 (0.0228)	0.0303 (0.0230)	-0.00326 (0.0316)	0.0188 (0.0457)	0.00655 (0.0311)	0.0398 (0.0418)

lnwdi_eneuse	1.324*** (0.0803)	1.315*** (0.0817)	1.422*** (0.107)	1.299*** (0.0997)	1.354** * (0.0864)	1.433** * (0.102)
lnwdi_ane	-0.0842*** (0.0180)	-0.0886*** (0.0163)	- 0.115*** (0.0143)	- 0.0957*** (0.00938)	- 0.0982* ** (0.0156)	- 0.104** * (0.0120)
l.lnmpatents	-0.0214*** (0.00535)					
l.lnmpatents_B63B		-0.0179*** (0.00534)				
l.lnmpatents_B63C			-0.00163 (0.00583)			
l.lnmpatents_B63G				0.000630 (0.00840)		
l.lnmpatents_B63H					- 0.00831 (0.0050 8)	
l.lnmpatents_B63J						- 0.00651 (0.0065 3)
Constant	-8.533* (4.496)	-9.925** (4.666)	9.284 (8.179)	-10.10 (37.51)	-10.53* (5.310)	6.169 (17.41)
Observations	306	286	196	118	245	120
R-squared	0.909	0.909	0.929	0.918	0.905	0.910
Number of country	28	28	26	18	24	17

4.11 : Ανάλυση ευαισθησίας (Robustness Analysis)

Ο πίνακας 14 με την ανάλυση Robustness μας δείχνει τη σχέση της εξαρτημένης μεταβλητής με τις ανεξάρτητες. Συγκεκριμένα το δείγμα αφορά, τις χώρες πριν την οικονομική κρίση του 2008 και τις χώρες μετά την κρίση του 2008. Η παγκόσμια κρίση του 2008 ήταν μια περίοδος οικονομικής ύφεσης παγκοσμίως. Μετά την οικονομική ύφεση του 1929 , το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο την έχει χαρακτηρίσει ως τη δεύτερη σοβαρότερη

οικονομική και χρηματοπιστωτική κρίση. Ως αποτέλεσμα η ύφεσης έλλειψη πολύτιμων πόρων και την κατάρρευση του χρηματοπιστωτικού παγκόσμιου οικονομικού συστήματος.

Πίνακας 14 : Ανάλυση Robustness πριν και μετά την οικονομική κρίση του 2008

Variables	Before Crisis	After Crisis
gdp	-0.423 (0.769)	-0.198 (1.304)
gdp2	0.0142 (0.0386)	0.00275 (0.0656)
lnwdi_trade	-0.0617 (0.0392)	-0.000828 (0.0316)
lnwdi_eneuse	1.256*** (0.124)	1.284*** (0.0745)
lnwdi_ane	-0.0563* (0.0276)	-0.0900*** (0.00884)
l.lnmpatents	-0.00972** (0.00394)	-0.00465 (0.00764)
Constant	-4.955 (3.552)	-6.502 (6.366)
observations	152	135
R-squared	0.804	0.886
Number of country	27	27

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Παρατηρούμε ότι η σχέση των μεταβλητών και πριν αλλά και μετά την οικονομική κρίση του 2008 έχει μείνει ίδια με διαφορά το εύρος των τιμών τους. Συγκεκριμένα, η μεταβλητή gdp και πριν αλλά και μετά το 2008 έχει αρνητική σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή lnwdi_co2, όμως μετά την κρίση η αρνητική σχέση των δύο μεταβλητών γίνεται πιο μικρή. Η lnwdi_trade είναι και αυτή μια μεταβλητή που και πριν αλλά και μετά την κρίση του 2008 έχει αρνητική σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή.

Όμως και σε αυτή την περίπτωση η σχέση των μεταβλητών μετά το 2008 γίνεται ακόμα πιο μικρή (-0.000828). Αντίθετα με τις δύο παραπάνω μεταβλητές, η μεταβλητή

Inwdi_eneuse έχει θετική σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή και χωρίς μεγάλες διαφορές πριν και μετά την οικονομική κρίση. Επίσης σαν μεταβλητή κρίνεται και στατιστικά σημαντική, δηλαδή ερμηνεύει ορθώς τη συμπεριφορά της εξαρτημένης μεταβλητής. Η μεταβλητή Inwdi_ane και πριν και μετά το 2008 έχει αρνητική σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή.

Η αρνητική σχέση μεταξύ τους γίνεται μεγαλύτερη μετά το 2008 και βλέπουμε ότι η μεταβλητή κρίνεται και στατιστικά σημαντική. Επίσης, η L.Inmpatents είναι και αυτή μία μεταβλητή που και πριν και μετά την οικονομική κρίση του 2008 έχει αρνητική σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή και μετά το 2008 παρατηρούμε ότι γίνεται λιγότερο αρνητική. Τέλος παρατηρούμε ότι οι παρατηρήσεις πριν το 2008 είναι 152 και μετά το 2008 έχουμε λιγότερες 135.

Στον παρακάτω πίνακα (15) με την ανάλυση Robustness έχουμε ένα δεύτερο lag των πατεντών με τη λογική ότι θα αργήσουν να βγουν στην αγορά πάνω από ένα χρόνο. Τα αποτελέσματα δεν είναι από πατέντες της προηγούμενης χρονιάς όπως στις άλλες περιπτώσεις. Τα αποτελέσματα που παίρνουμε και σε αυτή την περίπτωση παραμένουν όμοια. Η σχέση των περισσότερων κατηγοριών των πατεντών παραμένει αρνητική κάτι που μας δείχνει ότι η εισαγωγή τους στην αγορά θα αποφέρει μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Πίνακας 15 : LAG2 πατεντών

Variables						
gdp	-0.307 (0.937)	0.107 (0.921)	-4.199*** (1.473)	0.384 (7.215)	-0.473 (0.811)	-3.697 (3.130)
gdp2	0.00655 (0.0471)	-0.0147 (0.0460)	0.191** (0.0702)	-0.0272 (0.342)	0.0130 (0.0417)	0.157 (0.148)
Inwdi_trade	0.0418 (0.0233)	0.0423 (0.0250)	-0.00277 (0.0270)	0.0424 (0.0359)	0.0137 (0.0291)	0.0892* (0.0492)
Inwdi_eneuse	1.341*** (0.0824)	1.340*** (0.0868)	1.405*** (0.0959)	1.349*** (0.0999)	1.387*** (0.0900)	1.464*** (0.105)

lnwdi_ane	-0.0781 (0.0188)	-0.0833*** (0.0171)	-0.107*** (0.0134)	-0.0943*** (0.00699)	-0.0970*** (0.0163)	-0.0953*** (0.0101)
L2.lnmpatents	-0.0188 (0.00592)					
L2.lnmpatents_B63B		-0.0170*** (0.00552)				
L2.lnmpatents_B63C			0.00298 (0.00688)			
L2.lnmpatents_B63G				-0.00146 (0.00453)		
L2.lnmpatents_B63H					-0.00831 (0.00577)	
L2.lnmpatents_B63J						0.00118 (0.00582)
Constant	-6.428 (4.663)	-8.415* (4.523)	13.73* (7.431)	-10.06 (37.91)	-5.663 (3.934)	11.36 (16.26)
Observations	282	263	180	108	225	109
R-squared	0.910	0.912	0.925	0.934	0.910	0.908
Number of country	28	28	24	18	24	17

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

α) Σχόλια

Η ναυτιλία αποτελεί μεγάλο ποσοστό της παγκόσμιας οικονομικής κοινότητας. Οι διεθνείς μεταφορές στο μεγαλύτερο μέρος τους πραγματοποιούνται μέσω θαλάσσης. Η μεγάλη κινητικότητα των πλοίων στη θάλασσα λόγω του μεγάλου όγκου των μεταφορών αυξάνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Η αύξηση αυτή είναι απόρροια των καυσίμων που εκπέμπουν τα πλοία και των παλιών τεχνολογιών που έχουν τα περισσότερα από αυτά. Ο Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας (ΙΜΟ) και όλες οι αρμόδιες αρχές σε παγκόσμιο επίπεδο, αντιλαμβανόμενοι το τεράστιο πρόβλημα που προκαλούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στο περιβάλλον και συνεπώς και στον ίδιο τον άνθρωπο, μέσα από κανονισμούς και πρωτόκολλα επέβαλαν διάφορα μέτρα για τη μείωση τους.

Τα μέτρα αυτά κρίθηκαν αναγκαία καθώς οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής άρχισαν να γίνονται εμφανής. Το λιώσιμο των πάγων, η αύξηση στη στάθμη της θάλασσας και οι μη φυσιολογικές θερμοκρασίες για την κάθε εποχή είναι κάποιες από αυτές τις επιπτώσεις. Όμως η κλιματική αλλαγή δεν επηρεάζει άμεσα μόνο το περιβάλλον αλλά και τον ίδιο τον άνθρωπο, καθώς προκαλεί προβλήματα τόσο σωματική όσο και στην ψυχική του υγεία γενικότερα.

Η επιβολή των νέων μέτρων ανάγκασε τις χώρες και τις εταιρίες που ενεργοποιούνται στο κομμάτι της ναυτιλίας και των μεταφορών να υιοθετήσουν τα νέα μέτρα. Τα νέα μέτρα με τις σειρά τους δημιούργησαν νέες τεχνολογίες και καινοτομίες. Οι νέες αυτές τεχνολογίες χαρακτηρίστηκαν ως πράσινες και πιο φιλικές προς το περιβάλλον. Σκοπός των νέων πράσινων τεχνολογιών είναι η μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των πλοίων ώστε να μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Μία κατηγορία σε αυτές τις νέες πιο πράσινες τεχνολογίες είναι οι πατέντες και συγκεκριμένα οι πράσινες πατέντες. Η δημιουργία πράσινων πατεντών στον κλάδο της ναυτιλίας είναι ένα σημαντικό επίτευγμα καθώς η υιοθέτησή τους στα πλοία, δημιουργεί νέα δεδομένα για τις μεταφορές. Οι μεταφορές δια μέσω θαλάσσης γίνονται πιο πράσινες και λιγότερο επιβλαβής για το περιβάλλον. Η χρήση καυσίμων από ανανεώσιμες πηγές μειώνει τις εκπομπές των πλοίων και συνεπώς το διοξείδιο του άνθρακα που αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα.

Η εισαγωγή νέων πράσινων πατεντών, δημιουργεί και νέες τεχνολογίες στη λειτουργία των πλοίων. Τα πλοία εισάγοντας αυτές τις νέες τεχνολογίες στο μηχανισμό τους εκτός από την ατμόσφαιρα και τις εκπομπές CO₂, γίνονται και πιο φιλικά με την ίδια τη θάλασσα και τους οργανισμούς που ζούνε μέσα σε αυτή.

Βέβαια όλες αυτές οι νέες τεχνολογίες έχουν και αρκετά υψηλό κόστος με αποτέλεσμα πολλές χώρες και εταιρίες να μην συμμορφώνονται απόλυτα με τους νέους κανονισμούς. Είναι όμως επιτακτική ανάγκη η υιοθέτηση από όλους, ώστε να μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που αποτελεί βασικό παγκόσμιο πρόβλημα.

β) Συμπεράσματα

Πρωταρχικός στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η ανάλυση της σχέσης των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα με τη χρήση των πατεντών. Στην μελέτη μας, εφόσον η παλινδρόμηση έτρεξε κατόπιν επιλογής του μοντέλου σταθερών επιδράσεων (FE) , προέκυψε μία στατιστικά σημαντική σχέση αρνητικού πρόσημου, μεταξύ των δύο μεταβλητών. Το δείγμα μας αφορούσε χώρες που ανήκουν στον OECD, όπου ανήκουν χώρες με μεγάλα λιμάνια και μεγάλες ναυτιλιακές εταιρίες. Η χρονική περίοδος που μελετήσαμε ήταν το 2000-2014. Οι μεταβλητές που χρησιμοποιήσαμε για να βγάλουμε τα αποτελέσματα ήταν το ΑΕΠ, το εμπόριο, η κατανάλωση ενέργειας , και η χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας που προέρχονται από την πυρηνική ενέργεια. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι τα ακόλουθα :

- Η σχέση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα- πατεντών ήταν αρνητική για όλες τις χρονικές περιόδους του δείματός μας. Το βασικό μας συμπέρασμα είναι ότι οι εκπομπές CO₂ μπορούν να επηρεαστούν αρνητικά από τη χρήση καινοτομίας στη ναυτιλία. Η χρήση των νεών αυτών τεχνολογιών μπορεί να μειώσει τις εκπομπές CO₂ και να φέρει τα επίπεδα μόλυνσης που προέρχονται από τη ναυτιλία σε ένα πιο επιθυμητό αποτέλεσμα για τη μόλυνση του περιβάλλοντος.
- Αρνητική σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή παρατηρήθηκε με την μεταβλητή που αφορά τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας που προέρχονται από την πυρηνική ενέργεια.
- Στην ανάλυση για κάθε τύπο πατέντας σε σχέση με την εξαρτημένη μεταβλητή (εκπομπές CO₂) προέκυψε ότι η χρήση πατεντών που αφορούν τη ναυτιλία

μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Συγκεκριμένα αυτό μπορεί να συμβεί με τις κατηγορίες πατεντών B63B, B63H, B63J. Η κατηγορία B63B περιλαμβάνει γενικές καινοτομίες που σχετίζονται με τα πλοία, ρυθμίσεις στη θέρμανση και στην ψύξη και γενικότερα στον εξοπλισμό των πλοίων. Στην B63H κατηγορία πατεντών περιλαμβάνονται τεχνολογίες που αφορούν κυρίως τις προπέλες και τους έλικες των πλοίων. Και η κατηγορία B63J περιλαμβάνει τεχνολογίες με βοηθητικά πλοίων, συσκευές δηλαδή που είναι ειδικά διατεταγμένες για την καλύτερη απόδοσή τους.

- Στο διάγραμμα με τη διαχρονική πορεία των εκπομπών CO₂ στις χώρες του OECD (2000-2014), υπήρξε πτώση των εκπομπών με τη μεγαλύτερη να σημειώνεται το 2008.
- Αύξηση παρατηρήσαμε και στον αριθμό πατεντών από το 2000-2014 με μια μικρή πτώση την περίοδο της οικονομικής κρίσης το 2008.
- Δυσάρεστο ήταν το γεγονός ότι μέσα από την ερέυνα μας οι περισσότερες χώρες έχουν πολύ μικρό έως ελάχιστο αριθμό πατεντών
- Τέλος, στο βασικό μας μοντέλο χρησιμοποιούμε τον αριθμό των πατεντών της προηγούμενης χρονιάς (lag). Κάνοντας την ανάλυση Robustness για το συγκεκριμένο θέμα παίρνοντας (lag2) , με τη λογική ότι μπορεί να αργήσει να βγει στην αγορά μια πατέντα ακόμα και δυο χρόνια από την αίτηση της ,τα αποτελέσματα είναι όμοια με αυτά των προηγούμενων ετών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

<https://libertypress.gr/co2-naytilia/>

<https://m.naftemporiki.gr/story/1651394/sumfonia-gia-tis-ekpompes-co2-ston-imo>

Βάσσου, Μ. Ρ. (2014). Διαχείριση των Αέριων Ρύπων από τη Ναυτιλία.

Κοτρίκλα, Α. Μ. (2015). ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ.

Κοτρίκλα, Α. Μ. (2015). ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Ι-Υ ΤΗΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΣΥΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ (MARPOL 73/78).

Κούκης, Χ. (2018). Διερεύνηση απόβλητης θερμικής ενέργειας στη ναυτιλία.

Ξένη

Ang, J. B. (2007). *CO2 emissions, energy consumption, and output in France*. *Energy policy*, 35(10), 4772-4778.

Bach, H., Bergek, A., Bjørgum, Ø., Hansen, T., Kenzhegaliyeva, A., & Steen, M. (2020). *Implementing maritime battery-electric and hydrogen solutions: A technological innovation systems analysis*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 87, 102492.

Bhattar, Payal. (2019). *Green Shipping is the New Gold*. *Wärtsilä*. 2 July.

Chatzinikolaou, S. D., & Ventikos, N. P. (2011). *Sustainable maritime transport: An operational definition*. *Sustainable maritime transportation and exploitation of sea resources (IMAM 2011)*, 931-939.

Corbett, J. J., Johnstone, N., Strodel, K., & Daniel, L. (2016). *Environmental policy and technological innovation in shipbuilding*.

Cullinane, K., & Bergqvist, R. (2014). *Emission control areas and their impact on maritime transport*.

Dong, K., Dong, X., & Dong, C. (2019). *Determinants of the global and regional CO2 emissions: what causes what and where?*. *Applied Economics*, 51(46), 5031-5044.

Endresen, Ø., Sjørgård, E., Sundet, J. K., Dalsøren, S. B., Isaksen, I. S., Berglen, T. F., & Gravir, G. (2003). *Emission from international sea transportation and environmental impact*. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108(D17).

Grosso, M., Marques Dos Santos, F., Gkoumas, K., Ortega Hortelano, A., Stepniak, M., Tsakalidis, A., & Pekár, F. (2021). *Waterborne transport in Europe-the role of Research and Innovation in decarbonisation*.

Hoffmann, N., Stahlbock, R., & Voß, S. (2020). *A decision model on the repair and maintenance of shipping containers*. *Journal of Shipping and Trade*, 5(1), 1-21.

<https://www.statista.com/statistics/234698/loaded-freight-in-international-maritime-trade-since-1970/>

<https://www.wartsila.com/twentyfour7/environment/greenshipping-is-the-new-gold>

Işıklı, E., Aydın, N., Bilgili, L., & Toprak, A. (2020). *Estimating fuel consumption in maritime transport*. *Journal of Cleaner Production*, 275, 124142.

Iwata, H., Okada, K., & Samreth, S. (2012). *Empirical study on the determinants of CO2 emissions: evidence from OECD countries*. *Applied Economics*, 44(27), 3513-3519.

Jasmi, M. F. A., & Fernando, Y. (2018). *Drivers of maritime green supply chain management*. *Sustainable cities and society*, 43, 366-383.

- Jebli, M. B., & Belloumi, M. (2017). Investigation of the causal relationships between combustible renewables and waste consumption and CO₂ emissions in the case of Tunisian maritime and rail transport. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 820-829.
- Koukaki, T., & Tei, A. (2020). Innovation and maritime transport: A systematic review. *Case Studies on Transport Policy*, 8(3), 700-710.
- Lister, J. (2015). Green shipping: Governing sustainable maritime transport. *Global Policy*, 6(2), 118-129.
- Liu, X. (2005). Explaining the relationship between CO₂ emissions and national income—The role of energy consumption. *Economics Letters*, 87(3), 325-328.
- Lun, Y. V., Lai, K. H., Wong, C. W., & Cheng, T. C. E. (2016). Introduction to green shipping practices. In *Green Shipping Management* (pp. 3-15). Springer, Cham
- Maasoumi, E., Heshmati, A., & Lee, I. (2021). Green innovations and patenting renewable energy technologies. *Empirical Economics*, 60(1), 513-538.
- Malindretos, G., & Sklavakis, I. (2015, September). INNOVATION AND SUSTAINABILITY IN MARITIME TRANSPORT: GREEN SHIPPING. In *ICQQMEAS2013*.
- Michaelowa, A., & Krause, K. (2000). International maritime transport and climate policy. *Intereconomics*, 35(3), 127-136.
- Pettit, S., Wells, P., Haider, J., & Abouarghoub, W. (2018). Revisiting history: Can shipping achieve a second socio-technical transition for carbon emissions reduction?. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 58, 292-307.
- Poulsen, R. T., Ponte, S., & Sornn-Friese, H. (2018). Environmental upgrading in global value chains: The potential and limitations of ports in the greening of maritime transport. *Geoforum*, 89, 83-95.
- Psaraftis, H. N., & Kontovas, C. A. (2021). Decarbonization of Maritime Transport: Is There Light at the End of the Tunnel?. *Sustainability*, 13(1), 237.
- Raza, Z. (2020). Effects of regulation-driven green innovations on short sea shipping's environmental and economic performance. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 84, 102340.
- Rehmatulla, N., Calleya, J., & Smith, T. (2017). The implementation of technical energy efficiency and CO₂ emission reduction measures in shipping. *Ocean Engineering*, 139, 184-197.
- Rutkowski, G. (2016). Study of Green Shipping Technologies-Harnessing Wind, Waves and Solar Power in New Generation Marine Propulsion Systems. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 10(4), 627-632.
- Saether, E. A., Eide, A. E., & Bjørgum, Ø. (2021). Sustainability among Norwegian maritime firms: Green strategy and innovation as mediators of long-term orientation and emission reduction. *Business Strategy and the Environment*.
- Silvestre, B. S., & Țîrcă, D. M. (2019). Innovations for sustainable development: Moving toward a sustainable future. *Journal of Cleaner Production*, 208, 325-332.

- Silvestre, B. S., & Țîrcă, D. M. (2019). *Innovations for sustainable development: Moving toward a sustainable future. Journal of Cleaner Production*, 208, 325-332.
- Singh, S. K., Del Giudice, M., Chierici, R., & Graziano, D. (2020). *Green innovation and environmental performance: The role of green transformational leadership and green human resource management. Technological Forecasting and Social Change*, 150, 119762.
- Song, W., & Yu, H. (2018). *Green innovation strategy and green innovation: The roles of green creativity and green organizational identity. Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 25(2), 135-150.
- Tatar, V., & ÖZER, M. B. (2018). *The impacts of CO2 emissions from maritime transport on the environment and climate change. Uluslararası Çevresel Eğilimler Dergisi*, 2(1), 5-24.
- Valentine, V. F., Benamara, H., & Hoffmann, J. (2013). *Maritime transport and international seaborne trade. Maritime Policy & Management*, 40(3), 226-242.
- Wagner, N. (2018, May). *Bibliometric Analysis of Research on Green Shipping Practices. In TranSopot Conference (pp. 323-332). Springer, Cham.*
- Wan, Z., Zhu, M., Chen, S., & Sperling, D. (2016). *Pollution: Three steps to a green shipping industry. Nature News*, 530(7590), 275.
- Wang, Q., Qu, J., Wang, B., Wang, P., & Yang, T. (2019). *Green technology innovation development in China in 1990–2015. Science of the Total Environment*, 696, 134008.
- Zhu, C., & Yoshikawa-Inoue, H. (2015). *Seven years of observational atmospheric CO2 at a maritime site in northernmost Japan and its implications. Science of the Total Environment*, 524, 331-337.