

ΠΑΝΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ
ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΛΕΜΑ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2016

Ευχαριστίες

Η παρούσα διδακτορική εργασία δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί χωρίς την συμβολή σημαντικών ανθρώπων και συνεργατών οι οποίοι με υποστήριξαν καθ' όλη την διάρκεια της προσπάθειας μου.

Ιδιαίτερη μνεία αξίζει στον Καθηγητή κ. Δημήτρη Παπαιωάννου με τον οποίο ξεκινήσαμε αυτή τη διατριβή, αλλά δυστυχώς χάθηκε από τη ζωή πρόωρα, το 2014. Η καθοδήγηση και οι συμβουλές του, τόσο σε θεωρητικό, όσο και σε μεθοδολογικό επίπεδο αποτυπώνονται στο μεγαλύτερο μέρος αυτής της εργασίας και είμαι ευγνώμων για την ευκαιρία που μου έδωσε και για την συνολική συμβολή του.

Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω και στον τελικό επιβλέποντα της διατριβής μου, Αν. Καθηγητή κ. Αναστάσιο Καραγάνη σε για την αδιάκοπη συνεργασία του και την ολοκληρωμένη επιστημονική καθοδήγηση που μου παρείχε από την αρχή της διατριβής έως σήμερα. Η βοήθεια του ήταν πολύτιμη και καθοριστική για την πορεία και την ολοκλήρωσή της μελέτης, τόσο στο θεωρητικό όσο και στο ερευνητικό μέρος.

Επίσης, ευχαριστώ θερμά τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς επιτροπής της διατριβής μου, την Επ. Καθηγήτρια κα Ελπινίκη Παπαγεωργίου για την βοήθεια της στην ανάπτυξη του συστήματος ασαφούς λογικής και τον Καθηγητή κ. Μπίθα Κωνσταντίνο για το συνολικό ενδιαφέρον που επέδειξε κατά την εκπόνηση της διατριβής.

Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί πως η διατριβή εκπονήθηκε με υποτροφία από το Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών για το έτος 2011, στο οποίο και θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου, στους γονείς μου που όλα αυτά τα χρόνια ήταν πάντα δίπλα μου και στον σύζυγο μου που με στήριξε στην προσπάθεια μου. Η διατριβή αφιερώνεται στα παιδιά μου, Χρήστο και Δανάη, ως ελάχιστη ανταπόδοση για το χρόνο που με στερήθηκαν.

Περιεχόμενα

	Εισαγωγή	11
	Περίληψη	17
	Abstract	20
	ΜΕΡΟΣ 1^ο Παρουσίαση και θεωρητική ανάλυση των εργαλείων αντιμετώπισης των εκπομπών ρύπων της ναυτιλίας	21
	Κεφάλαιο 1 Η ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	21
1.1	Ιστορική αναδρομή	21
1.2	Η σημασία της ναυτιλίας στο παγκόσμιο εμπόριο	23
1.3	Οι αέριοι ρύποι που προκαλούνται από την ναυτιλία και οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον	26
1.3.1	Οι επιπτώσεις από τους αέριους ρύπους της ναυτιλίας στην κλιματική αλλαγή	26
1.3.2	Διακρίσεις των αέριων ρύπων της ναυτιλίας	29
1.3.3	Μέθοδοι υπολογισμού των εκπομπών	31
1.4	Το Θεσμικό πλαίσιο για τη ρύπανση που προκαλείται από τις ναυτιλιακές μεταφορές	34
1.4.1	Η MARPOL και οι Περιοχές Ελεγχόμενων Εκπομπών	36
1.4.2	Η Θέσπιση υποχρεωτικού EEDI και SEEMP	37
1.5	Αναγκαιότητα της διερεύνησης	44
1.6	Ερευνητικά ερωτήματα και προβλήματα	45
	Κεφάλαιο 2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΓΟΡΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ	47
2.1	Παρουσίαση των προτεινόμενων μέτρων και των αναμενόμενων αποτελεσμάτων τους	52
2.1.1	GHG FUND	52
2.1.2	Port State Leverage (PSL)	58

2.1.3	SECT	64
2.1.4	Global ETS	70
2.1.5	Rebate Mechanism	76
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	86
3.1	Θεωρητική ανάλυση του προβλήματος σύμφωνα με τις κυρίαρχες περιβαλλοντικές προσεγγίσεις	86
3.1.1	Το πρότυπο της αποδοτικότητας	89
3.1.2	Το πρότυπο της περιβαλλοντικής ασφάλειας	90
3.1.3	Η αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης	91
3.2	Ζητήματα κατανομής των ρύπων της ναυτιλίας	91
3.3	Θεωρητική ανάλυση των ζητημάτων κόστους και κατανομής των μέτρων	98
3.3.1	Ζητήματα κατανομής του κόστους των μέτρων	98
3.3.2	Μοντελοποίηση του οριακού κόστους λαμβάνοντας υπόψη την ανάπτυξη του στόλου και το όριο των εκπομπών CO ₂	101
3.4	Πολυπλοκότητα και αβεβαιότητα λόγω της ιδιαιτερότητας της ναυτιλιακής βιομηχανίας	104
3.4.1	Ιδιοκτησιακό καθεστώς- σημαίες ευκαιρίας	104
3.4.2	Παράγοντες που σχετίζονται με την ενίσχυση των κριτηρίων	106
3.4.3	Ο ρόλος της ταχύτητας	108
3.5	Συμπεράσματα	110
	ΜΕΡΟΣ 2^ο Ποσοτική προσέγγιση της παρούσας έρευνας: Μεθοδολογία, Ανάπτυξη Μοντέλου και συμπεράσματα	114
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΚΑΙ Η ΑΣΑΦΗΣ ΛΟΓΙΚΗ	114
4.1	Λήψη αποφάσεων	114
4.2	Μοντελοποίηση Περιβαλλοντικών προβλημάτων	118
4.3	Ασαφής λογική	121
4.4	Πλεονεκτήματα της μεθόδου	132
4.5	Παραδείγματα εφαρμογής της μεθόδου στον τομέα της ναυτιλίας	133

	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ	134
5.1	Εφαρμογή της μεθοδολογίας στο υπό εξέταση πρόβλημα	134
5.2	Κατασκευή του μοντέλου ασαφούς λογικής	134
5.2.1	Μεταβλητές Εισόδου	136
5.2.2	Μεταβλητές εξόδου	139
5.2.3	Ανάπτυξη ασαφών κανόνων	142
5.2.4	Απασαφοποίηση	146
5.2.5	Αποτελέσματα απασαφοποίησης	147
5.3	Αξιολόγηση της μεθόδου	149
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	155
6.1	Συμπεράσματα ως προς την χρήση της μεθόδου ασαφούς λογικής	157
6.2	Μια κριτική ματιά προς την επιλογή του καταλληλότερου μέτρου	158
6.3	Μελλοντικές κατευθύνσεις	161
	Γλωσσάρι	162
	Βιβλιογραφία	166

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1	Μοντελοποίηση του GHG Fund με βάση ένα στόχο μείωσης 10% κάτω από τα επίπεδα συνηθισμένων εργασιών (του 2007) με σενάριο ανάπτυξης ρύπων 2,8% έως το 2030, μέτρια τιμή άνθρακα, τη σημερινή τιμή καυσίμων και συνυπολογίζοντας επιπλέον 10% της τιμής καυσίμων για άλλες δραστηριότητες	55
Πίνακας 2	Μοντελοποίηση του PSL με βάση ένα στόχο μείωσης 10% κάτω από τα επίπεδα συνηθισμένων εργασιών (του 2007) με σενάριο ανάπτυξης 2,8% έως το 2030, τη σημερινή τιμή καυσίμων και μέτρια τιμή άνθρακα.	61
Πίνακας 3	Μοντελοποίηση του SECT με βάση ένα στόχο μείωσης 10% κάτω από τα επίπεδα συνηθισμένων εργασιών (του 2007) με σενάριο ανάπτυξης 2,8% έως το 2030, τη σημερινή τιμή καυσίμων και άνθρακα.	67
Πίνακας 4	Μοντελοποίηση του Global ETS με βάση ένα στόχο μείωσης 10% κάτω από τα επίπεδα συνηθισμένων εργασιών (του 2007) με σενάριο ανάπτυξης 2,8% έως το 2030, τη σημερινή τιμή καυσίμων και άνθρακα.	74
Πίνακας 5	Μοντελοποίηση του Rebate Mechanism με βάση ένα στόχο μείωσης 10% κάτω από τα επίπεδα συνηθισμένων εργασιών (του 2007) με σενάριο ανάπτυξης 2,8% έως το 2030, τη σημερινή τιμή καυσίμων και μέτρια τιμή άνθρακα.	80

Πίνακας 6	Συνολική παρουσίαση σύμφωνα με το A1B σενάριο	83
Πίνακας 7	Συνολική παρουσίαση των αναμενόμενων αποτελεσμάτων των μέτρων για το σύνολο των σεναρίων	84
Πίνακας 8	Οι 5 πρώτες χώρες με βάση τα ποσοστά ελέγχου του παγκόσμιου στόλου (σε πλοία και χωρητικότητας) το 2006	105
Πίνακας 9	Οι 10 πρώτες χώρες με βάση τον αριθμό των πλοίων του εθνικού νηολογίου τους	105
Πίνακας 10	Ασαφοποίηση των μεταβλητών εισόδου	138
Πίνακας 11	Ασαφοποίηση των μεταβλητών εξόδου	141
Πίνακας 12	οι κανόνες του μοντέλου ασαφούς λογικής	144
Πίνακας 13	Αποτελέσματα των μεταβλητών εξόδου μετά την ασαφοποίηση	150
Πίνακας 14	Αποτελέσματα αξιολόγησης για το ETS	149
Πίνακας 15	Αποτελέσματα αξιολόγησης για το GHG FUND	151
Πίνακας 16	Αποτελέσματα αξιολόγησης για το PSL	152
Πίνακας 17	Αποτελέσματα αξιολόγησης για το RM	153

Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 1	Δείκτες παγκόσμιας βιομηχανικής παραγωγής, παγκόσμιου ΑΕΠ παγκόσμιας θαλάσσιας μεταφοράς αγαθών και παγκόσμιου εμπορίου κατά τα έτη 1975- 2013	24
Σχήμα 2	Γεωγραφική κατανομή των ρύπων της ναυτιλία	28
Σχήμα 3	Η ετήσια κατανάλωση καυσίμου ανά τύπο πλοίου και τύπο κατανάλωσης (Κύρια μηχανή, Βοηθητικές μηχανές, Μπόιλερ) για το έτος 2012	30
Σχήμα 4	Η κατανάλωση καυσίμων σύμφωνα με στοιχεία δραστηριότητας ανά τύπο και μέγεθος πλοίου	33
Σχήμα 5	Αποτελέσματα της μελέτης για την κατανομή ρύπων στις χώρες, ανάλογα με την εθνικότητα του πλοιοκτήτη, της διαχειρίστριας εταιρίας, τη χώρα νηολόγησης του πλοίου, τη χώρα πώλησης καυσίμων και αναλογικά με τις συνολικές εκπομπές της χώρας	94
Σχήμα 6	Αποτελέσματα της μελέτης για την κατανομή των ρύπων σε γεωγραφικές περιοχές ανάλογα με τις συνολικές εκπομπές της περιοχής, την περιοχή πώλησης των καυσίμων, την προέλευση του πλοιοκτήτη, την περιοχή του κράτους σημαίας, τη περιοχή διαχείρισης, την περιοχή αποχώρησης και προορισμού των πλοίων και την περιοχή προορισμού των αγαθών.	96
Σχήμα 7	Αποτελεσματικότητα στον έλεγχο των εκπομπών των επιλογών 2, 3, 4a, 4b, 4c	97
Σχήμα 8	Κατανομή του κόστους της αύξησης της τιμής των καυσίμων	100

Σχήμα 9	Το κόστος μείωσης των εκπομπών CO ₂ για τα έτη 2010, 2020 και 2030	103
Σχήμα 10	Η τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής	125
Σχήμα 11	Η τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής	126
Σχήμα 12	Η γκαουσιανή συνάρτηση συμμετοχής	127
Σχήμα 13	Η σιγμοειδής συνάρτηση συμμετοχής	128
Σχήμα 14	Διαγραμματική απεικόνιση της μεθοδολογίας ασαφούς λογικής	135
Σχήμα 15	Ανάπτυξη των ασαφών κανόνων	144
Σχήμα 16	Τα αποτελέσματα του Συστήματος Ασαφούς Συμπερασμού όπως εμφανίζονται στο πρόγραμμα Fuzzy Toolbox, Matlab (R2011a)	147

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα έρευνα διερευνάται η θεσμοθέτηση μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος από τους αέριους ρύπους της ναυτιλίας, μέσω διάφορων οικονομικών μηχανισμών και προτείνεται ένα σύστημα αξιολόγησης των πιθανών μέτρων βασισμένο στα ασαφή συστήματα. Δεδομένου ότι πρόκειται για ένα καίριο κοινωνικό ζήτημα με αντικρουόμενες κοινωνικές θεωρήσεις, θα δοθεί βαρύτητα τόσο στην θεωρητική ανάλυση όσο και στην εμπειρική – ποσοτική προσέγγιση του προβλήματος.

Το πρόβλημα με το οποίο καταπιάνεται η παρούσα διατριβή εντάσσεται στον ευρύτερο κλάδο της οικονομικής περιβάλλοντος. Υπό αυτή την έννοια εμπεριέχει στοιχεία τόσο από τις κοινωνικές όσο και από τις φυσικές επιστήμες. Τα εργαλεία αντιμετώπισης των ρύπων της ναυτιλίας δεν είναι παρά οι μηχανισμοί (θεσμικοί και οικονομικοί) που σχετίζονται με την προσπάθεια μείωσης αυτών των ρύπων. Στο πρόβλημα αυτό λοιπόν, εμπλέκονται πολλοί παράγοντες από τη μια περιβαλλοντικοί και από την άλλοι, κοινωνικοί, οικονομικοί, τεχνολογικοί που έχουν σημαντική επίδραση στην παγκόσμια οικονομία, στο εμπόριο και κατ' επέκταση στην ευημερία των ανθρώπων. Δεδομένου ότι στα πλαίσια μια διατριβής είναι αδύνατο να εξεταστούν σε βάθος όλες οι παραπάνω διαστάσεις μεγαλύτερη βαρύτητα θα δοθεί στο κοινωνικό πλαίσιο και την αλληλεπίδραση των κοινωνικό-οικονομικών παραγόντων με τα πιθανά εργαλεία.

Έτσι η διατριβή εστιάζει στον εντοπισμό των παραγόντων που δυσχεραίνουν την λήψη απόφασης, όσο και στη διαπίστωση των πολύπλοκων διαστάσεων που έχει, (ή μπορεί να έχει), η θεσμοθέτηση μέτρων στην εν λόγω βιομηχανία. Σε αυτό το πλαίσιο χρησιμοποιούνται αναλυτικές έννοιες από την σύγχρονη οικονομική θεωρία ή αντιπαραβάλλονται διαλεκτικά με κοινωνικό- οικονομικά θέματα της οικονομικής περιβάλλοντος και του ευρύτερου κλάδου της πολιτικής οικονομίας. Από επιστημολογικής απόψεως, χρησιμοποιούνται κονστρουξιονιστικές αρχές και αυτό εκφράζεται τόσο με την δι-υποκειμενική παρουσίαση των εργαλείων όσο και με τη γενικότερη κριτική κοινωνική ανάλυση που συναντάται σε ολόκληρο το κείμενο.

Επιστημολογικό Πλαίσιο

Η υιοθέτηση ενός επιστημολογικού πλαισίου είναι κατά κάποιο τρόπο απαραίτητη προϋπόθεση για την εκπόνηση μιας διδακτορικής διατριβής αφού μέσα από αυτή επιχειρείται η απόκτηση νέας γνώσης. Τι είναι όμως η απόκτηση της γνώσης και πως επιτυγχάνεται; Η παρατήρηση της πραγματικότητας είναι το πρώτο βήμα, αφού η γνώση θεωρείται αντανάκλαση της πραγματικότητας που επιτυγχάνεται μέσα από μια πολύπλοκη διαλεκτική διαδικασία διείσδυσης του νου στην ουσία των πραγμάτων (Κουζελής 1996). Η γνώση συντελείται με την εμφάνιση και τη λύση αντιφάσεων και έχει ενεργητικό, δημιουργικό χαρακτήρα. Καθήκον της είναι η επίτευξη της αντικειμενικής αλήθειας¹, δηλαδή μιας γνώσης που το περιεχόμενό της να είναι ανεξάρτητο από την ανθρώπινη υποκειμενικότητα. Ο άνθρωπος ωστόσο δεν φτάνει μεμιάς στην απόλυτη αλήθεια. Αυτή σχηματίζεται από σχετικές αλήθειες οι οποίες αντανακλούν σωστά την πραγματικότητα, όχι όμως πλήρεια, αλλά σε ορισμένα όρια, σε καθορισμένες συνθήκες και σχέσεις.

Η παρούσα διατριβή στην προσπάθεια της αποτυπώσει τις σχετικές αλήθειες που διαπραγματεύονται το ζήτημα των ρύπων της ναυτιλίας χρησιμοποίησε το επιστημολογικό πλαίσιο του κοινωνικού κονστρουξιονισμού. Στον κοινωνικό κονστρουξιονισμό η ανθρώπινη πραγματικότητα κατασκευάζεται μέσω των διαδικασιών της ανθρώπινης επικοινωνίας μέσα σε ένα συγκεκριμένο ιστορικό πλαίσιο κάθε φορά (Von Schlippe & Schweitzer, 2008). Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο πολιτισμικό πλαίσιο μέσα στο οποίο διαμορφώνεται η ανθρώπινη εμπειρία. Η γνώση, σύμφωνα με τον κοινωνικό κονστρουξιονισμό, κατασκευάζεται κοινωνικά – δι-υποκειμενικά. Οι άνθρωποι σκέφτονται για τον κοινωνικό κόσμο ως μέλη κοινωνικών ομάδων σε διαρκή αλληλεπίδραση μεταξύ τους (Μπάκα 2004). Όλη η γνώση παράγεται και δεσμεύεται από

¹ Η αντικειμενική αλήθεια, στην πλήρη και ολοκληρωμένη μορφή της θεωρείται «απόλυτη αλήθεια» υπο την έννοια ότι δεν μπορεί να αναιρεθεί από την παραπέρα πορεία ανάπτυξης της επιστήμης και πράξης. Η απόλυτη αλήθεια υπάρχει όχι μόνο σαν όριο, προς το οποίο τείνει η γνώση μας και το οποίο, στην πραγματικότητα δεν το πετυχαίνει ποτέ.

ανθρώπινα νοήματα και κατασκευές που ποικίλλουν ανάλογα με το ιστορικό πλαίσιο και τον τρόπο ζωής.

Επιπλέον ο κοινωνικός κονστρουξιονισμός δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στη χρήση της γλώσσας για τον συντονισμό των ανθρώπων μεταξύ τους μέσω αυτής (Δαφέρμος 2008). Η ανθρώπινη, κοινωνική πραγματικότητα “κατασκευάζεται κοινωνικά” μέσω των διαδικασιών της ανθρώπινης επικοινωνίας μέσα σε ένα συγκεκριμένο ιστορικό πλαίσιο κάθε φορά (Von Schlippe & Schweitzer, 2008). Μέσα σε αυτό το πλαίσιο τα αντικείμενα, έχοντας οντολογική υπόσταση, μπαίνουν στην “εκφραστική” σφαίρα της επικοινωνίας και αναπαρίστανται με τη γλώσσα, οπότε αποκτούν “επιστημολογική υπόσταση”, αλλά συγχρόνως τους αποδίδεται μια “ηθική/ πολιτική υπόσταση” (Parker, 1992) μέσα σε μια κυρίαρχη κουλτούρα².

Από τις αρχές του 20ού αιώνα, οι φυσικές επιστήμες πραγματεύονταν την ιδέα του αναπόφευκτου της ασάφειας, της αβεβαιότητας και της σχετικότητας που σχετίζεται με τη χρήση της γλώσσας. Χαρακτηριστικό είναι το έργο του Foucault της δεκαετίας του 1960, από τον οποίο εμπνεύστηκαν και οι εκφραστές της πολιτικής οικολογίας (βλέπε Poli 2015), του Κουν, του Derida, αλλά και των νέο-μαρξιστών της σχολής της Φρανκφούρτης.

Η υιοθέτηση του κοινωνικού κονστρουξιονισμού ως επιστημολογική προσέγγιση έχει σημαντικές επιπτώσεις στο τρόπο που η παρούσα διατριβή αντιλαμβάνεται, επεξεργάζεται και παρουσιάζει το πρόβλημα της ρύθμισης των αερίων του θερμοκηπίου της ναυτιλίας. Σίγουρα η διατριβή λαμβάνει υπόψη τη βιβλιογραφία και τις κυρίαρχες τάσεις της εποχής. Αρκετοί μελετητές όμως έχουν επισημάνει ότι οι «ορθόδοξες» απόψεις και η εφαρμογή τους μπορεί να

² Αν και η σημασία της γλώσσας είναι μεγάλη, δεν είναι αποδεχτές οι ιδεαλιστικές διαστάσεις που έχει προσλάβει. Στον κοινωνικό κονστρουκτιονισμό του Gergen υιοθετείται η άποψη ότι οι γλωσσικές μορφές είναι συμβατικές και δεν έχουν αξιώσεις για γνώση της πραγματικότητας (Hibberd, 2001). Η ακραία συμβασιοκρατία του κοινωνικού Κονστρουξιονισμού οδηγεί στην πλήρη απόρριψη της ύπαρξης αλήθειας (Δαφέρμος 2008). Επιπλέον, η αποδοχή της αντίληψης σχετικά με τον καθοριστικό ρόλο της γλώσσας στην διαμόρφωση της συνείδησης και της πραγματικότητας οδηγεί σε ένα ιδιότυπο γλωσσικό ιδεαλισμό (Parker, 2003 ,Ιωσηφίδης, 2006)

έχουν ως αποτέλεσμα την άδικη επιβάρυνση των τελικών χρηστών (Forsyth 2003).

Η απλή παράθεση προβλημάτων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή όπως η καταστροφή της φύσης και η οικονομική τιμωρία του υπεύθυνου αυτή-καθαυτή δεν βοηθάει στην ολόπλευρη κατανόηση της κατάστασης εάν παράλληλα δεν αναδειχθούν οι σχέσεις μεταξύ των συμμετεχόντων στην περιβαλλοντική κρίση καθώς και τα προβλήματα που προϋπάρχουν από το κυρίαρχο κοινωνικό-οικονομικό πλαίσιο (Case et al., 2015). Στη διεθνή βιβλιογραφία άλλωστε υπάρχει πλήθος εργασιών που επισημαίνουν τόσο την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στους πιο ευάλωτους πληθυσμούς, όσο και την ανεπαρκή προσέγγιση των υπάρχοντων δομών στο θέμα της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Η εξέταση και η ανάδειξη αυτών των αντιφατικών χαρακτηριστικών των μέτρων θα μπορούσε να συμβάλλει στην διαδικασία λήψης απόφασης εισάγοντας στη συζήτηση νέα στοιχεία ή ακόμα και ριζοσπαστικές ή καινοτόμες λύσεις.

Επισημαίνεται ωστόσο ότι ο κοινωνικός κονστρουξιονισμός δεν μπορεί παρά να αντιμετωπίσει σε περιορισμένη έκταση τα μεγάλα θεωρητικά διλήμματα που σημαδεύουν την κοινωνική θεωρία από τις απαρχές της όπως το ζήτημα της δομής απέναντι στη δράση, δηλαδή, της παγίωσης ή της ρευστότητας των κοινωνικών σχέσεων (Μαυρίδης 2010).

Δεν θα πρέπει να παραβλέπεται, ότι η κοινή κατασκευή που εμφανίζεται ως «κοινωνική πραγματικότητα» είναι ένας κόσμος ιστορικά καθορισμένων σχέσεων εξουσίας μεταξύ υποκειμένων (ατομικών και συλλογικών). Αυτό σημαίνει ότι μέσα σ' αυτή την κατασκευή παρουσιάζονται οι αντιθέσεις και οι αντιφάσεις (κοινωνικές, οικονομικές, πολιτικές) της εκάστοτε ιστορικής συγκυρίας, και συνεπώς όλοι οι κοινωνικοί ανταγωνισμοί και ανισότητες που τους αντιστοιχούν. Μ' αυτή την έννοια δεν πρέπει ίσως να μιλάμε για μια «κοινωνική πραγματικότητα» αλλά για την κυρίαρχη σε κάθε κοινωνικό – ιστορική συγκυρία πραγματικότητα, η οποία στις νέο-κλασικές αναλύσεις εμφανίζεται ως η μόνη δυνατή κατασκευή, δηλαδή ως ο μόνος εφικτός κόσμος. Αυτό στην περίπτωση μας αποτυπώνεται με την ύπαρξη διαφορετικών αλλά

και ανταγωνιστικών μεταξύ τους προτεινόμενων μέτρων μέσα στην κατασκευής της υπάρχουσας κοινωνικής πραγματικότητας.

Θα πρέπει ωστόσο να επισημάνουμε ότι αυτό που σε κάθε εποχή και κάθε κοινωνία αναγνωρίζεται ως η κυρίαρχη «κοινωνική πραγματικότητα» δεν είναι προϊόν σχέσεων συναίνεσης και συνεργασίας αλλά και ιστορικών ανταγωνισμών μεταξύ κοινωνικών ταυτοτήτων. Δεν μπορεί λοιπόν να αντιμετωπίζεται σαν μια ενιαία και ομοιογενή ολότητα στο βαθμό που ενσωματώνει και συναρθώνει – προσπαθεί συνεπώς να συγκαλύψει υλοποιώντας - όλες τις αντιφάσεις και τους ανταγωνισμούς των κοινωνικών σχέσεων της εκάστοτε ιστορικής συγκυρίας (Μαυρίδης 2010).

Διάρθρωση διατριβής

Πιο συγκεκριμένα, η διατριβή αυτή έχει διαρθρωθεί σε δύο μέρη επιχειρώντας να προσεγγίσει το πρόβλημα τόσο μέσω ποιοτικής όσο και μέσω ποσοτικής ανάλυσης. Έχοντας ήδη προσδιορίσει το επιστημολογικό πλαίσιο που θα χρησιμοποιηθεί, στο πρώτο κεφάλαιο επιχειρείται μια ιστορική αναδρομή η οποία θα θέσει το μακρό- οικονομικό και νομικό πλαίσιο, και στη συνέχεια θα εξεταστεί πώς μέσα σε αυτό το μακρό-πλαίσιο επικράτησαν κάποια μέτρα για την αντιμετώπιση των ρύπων της ναυτιλίας. Τα μέτρα αυτά παρουσιάζονται στο δεύτερο κεφάλαιο, με κριτική ανάλυση και παρουσίαση των ποσοτικών τους αποτελεσμάτων. Στη συνέχεια, στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι βασικές θεωρητικές έννοιες της οικονομικής περιβάλλοντος προκειμένου ο αναγνώστης να έχει πλήρη εικόνα για το θεωρητικό υπόβαθρο με βάση το οποίο διαμορφώθηκαν τα προτεινόμενα μέτρα.

Στο δεύτερο μέρος επιχειρείται η ποσοτική διαχείριση του προβλήματος με μια μέθοδος που θα πρέπει να ενσωματώνει την αβεβαιότητα και την πολυπλοκότητα του εν λόγω ζητήματος. Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται εκτενώς το πρόβλημα λήψης αποφάσεων και η επιλογή της μεθόδου μέσα από ένα εύρος άλλων μεθόδων, ώστε να τεκμηριωθεί και η καταλληλότητα της για την έρευνα που επιτελείται. Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η μοντελοποίηση με την μέθοδο της ασαφούς λογικής, καθώς και η αξιολόγηση της μεθόδου. Ακολουθεί το κεφάλαιο 6, όπου συνάγονται τα συμπεράσματα από το σύνολο της ανάλυσης που προηγήθηκε.

Καινοτομία

Η πρωτοτυπία αυτής της εργασίας είναι η προσέγγιση η οποία υιοθετείται και περιλαμβάνει τόσο τη θεωρητική όσο και ποσοτική ανάλυση με επιστημονικά συνεπείς μεθόδους. Ξεκινώντας από τον απώτερο στόχο αυτής της διερεύνησης ο οποίος είναι η συμβολή στην κατανόηση των διεργασιών που επιτελούνται κατά την ανάπτυξη εργαλείων αντιμετώπισης ρύπων επιχειρείται μια κονστρουξιονιστική προσέγγιση των όρων και των κανόνων που διέπουν τη λειτουργία της τρέχουσας οικονομικής και περιβαλλοντικής πραγματικότητας.

Τα εργαλεία αντιμετώπισης των αερίων του θερμοκηπίου της ναυτιλίας αποτελούν ένα πολύπλοκο θέμα, ο χειρισμός του οποίου συνήθως γίνεται με υπερ-απλουστεύσεις μοντέλων, «κοινές παραδοχές», υποθέσεις και περιορισμούς (Psaraftis 2012). Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για τη ρύθμιση περιβαλλοντικών προβλημάτων, έχει κυριαρχήσει η προσέγγιση που βασίζεται στο νεοκλασικό μοντέλο κόστους - αποδοτικότητας. Η προσέγγιση αυτή ωστόσο εμπεριέχει προβλήματα τα οποία έχουν επισημανθεί από τη διεθνή βιβλιογραφία και αναλύονται σε αρκετά σημεία αυτής της διατριβής. Έτσι η διατριβή ακολουθεί μια στάση κριτικής κοινωνικής ανάλυσης, προσπαθώντας να από-συγκαλύψει τόσο τα περιβαλλοντικά προβλήματα όσο και τα θέματα κοινωνικής ανισότητας που εγείρονται από την εφαρμογή του εν λόγω προτύπου.

Με βάση αυτό το στόχο, η προσέγγιση η οποία υιοθετείται είναι διττή: στο πρώτο μέρος της παρέχεται μια λεπτομερής θεωρητική ανάλυση του πλαισίου μέσα στο οποίο τοποθετείται η ανάγκη λήψης κάποιου αγοροκεντρικού περιβαλλοντικού μέτρου, και στο δεύτερο παρουσιάζεται μια μέθοδος μοντελοποίησης η οποία θα μπορούσε να αντιμετωπίσει τα προβλήματα λήψης απόφασης.

Η καινοτομία λοιπόν εντοπίζεται και στη ποσοτική προσέγγιση του θέματος η οποία περιλαμβάνει μοντελοποίηση του προβλήματος με τη μέθοδο της ασαφούς λογικής. Ξεκινώντας από την κριτική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τις πιθανές μεθόδους που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στη διαδικασία λήψης απόφασης και με δεδομένη την πολυπλοκότητα και την

αβεβαιότητα που περιλαμβάνεται στο υπό εξέταση πρόβλημα, οι κλασικές οικογένειες τεχνικών κρίθηκαν ακατάλληλες. Επιπλέον, δεδομένου ότι ορισμένα από τα κριτήρια αξιολόγησης γίνονται αντιληπτά με υποκειμενικό τρόπο και είναι ποιοτικά ως προς τη φύση τους θα μπορούσαν να περιγραφούν καλύτερα με τη χρήση γλωσσικών όρων.

Χρησιμοποιείται λοιπόν η μέθοδος της ασαφούς λογικής η οποία όχι μόνο αναγνωρίζει τη σημασία της γλώσσας και της σχετικότητας της αλήθειας αλλά συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση των αλληλεπιδράσεων αποκαλύπτοντας (μέσω των κανόνων) τους μηχανισμούς που ενεργοποιούνται στο επίπεδο της συνεργασίας (Χατζηλεοντιάδου & Χατζηλεοντιάδης, 2005)

Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μια διαλεκτική πραγμάτευση του προβλήματος λόγω της ικανότητας της μεθόδου να προσομοιώσει την θεωρητική γνώση του πεδίου στο οποίο θα εφαρμοστεί το περιβαλλοντικό σύστημα, να αντιμετωπίσει τυχόν αμφιλεγόμενες/αντίθετες κοινωνικές έννοιες ή στάσεις και να ενσωματώσει ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά καθώς και την μεταξύ τους συνεργασία.

Η πορεία αυτή προσφέρει στη διατριβή μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση αφού προσφέρει τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά στοιχεία χωρίς να κινδυνεύει να χαρακτηριστεί από έλλειψη εμπειρικών δεδομένων, αλλά ούτε και ως υπερβολικά «τεχνοκρατική».

Περίληψη

Στην παρούσα έρευνα διερευνάται η θεσμοθέτηση μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος από τους αέριους ρύπους της ναυτιλίας, μέσω διάφορων οικονομικών μηχανισμών και προτείνεται ένα σύστημα αξιολόγησης των πιθανών μέτρων βασισμένο στα ασαφή συστήματα (fuzzy sets). Σημαντικό μέρος της διατριβής καταπιάνεται με την ανάλυση των παραγόντων που συμβάλλουν στην πολυπλοκότητα του ζητήματος και για την αποτύπωση αυτών χρησιμοποιήθηκε το επιστημολογικό πλαίσιο του κοινωνικού κονστρουξιονισμού. Σε μια προσπάθεια μοντελοποίησης ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός διεξήγαγε μια μελέτη όπου παρουσιάζει τα αναμενόμενα αποτελέσματα με βάση μια σειρά από σενάρια και κριτήρια.

Αφού λοιπόν η τιμή κάποιων κρίσιμων παραγόντων είναι γνωστή και έχουν προβλέψιμη οικονομική συμπεριφορά ως προς τη μείωση των εκπομπών και τη διαμόρφωση του κόστους, τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδο σε ένα σύστημα που με βάση κάποιους κανόνες θα προβλέπει την μείωση εκπομπών και το κόστος κάποιου «αγοροκεντρικού μέτρου». Η μέθοδος της ασαφούς λογικής κρίθηκε ως η καταλληλότερη για να ενσωματώσει τη γνώση από υπάρχοντα περιβαλλοντικά συστήματα λαμβάνοντας υπόψη και τη θεωρία των οικονομικών περιβάλλοντος. Με την χρήση των ασαφών συστημάτων επιτυγχάνεται μια δυναμική απεικόνιση που επιτρέπει την αλληλεπίδραση όλων των παραγόντων, την χρήση λεκτικών όρων καθώς και την ανάπτυξη κανόνων που βασίζονται στη θεωρία της οικονομικής περιβάλλοντος.

Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από 4 προτεινόμενα μέτρα (GHG Fund, Emission Trade System (ETS), Port State Leverage (PSL) και Rebate Mechanism (RM)) και κατά συνέπεια δημιουργήθηκαν 4 ασαφή συστήματα. Οι μεταβλητές που επιλέχθηκαν ήταν η «Ανάπτυξη Ρύπων», «Τιμή καυσίμων», «Τιμή άνθρακα», «Έξτρα αποτελεσματικότητα» και «Ανώτατο όριο εκπομπών». Τα αποτελέσματα μελετώνται μέσω των μεταβλητών εξόδου του συστήματος, δηλαδή τις μειώσεις εκπομπών και το κόστος αυτών. Οι ασαφείς

κανόνες που αναπτύχθηκαν είναι ο πυρήνας του μοντέλου ασαφής λογικής μιας και αυτοί καθορίζουν τη συμπεριφορά του συστήματος. Τέλος πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της μεθόδου και το μοντέλο ασαφούς λογικής είχε πολύ καλά αποτελέσματα που σε κάποιες περιπτώσεις ξεπερνούν το 90% συμφωνίας με την μελέτη του IMO.

Abstract

This study explores the process of regulating shipping GHG emissions through economic mechanisms (market-based measures) and suggests an evaluation system based on fuzzy sets. A substantial part of this study focuses on the complexity of the issue which was analyzed within a constructionist epistemological frame. In an attempt to model a possible mitigation of shipping CO₂ emissions, the International Maritime Organization carried out a study using many different scenarios and criteria.

Since the value of some crucial factors regarding emissions reductions and their cost is known and well predicted, they were used as inputs to a rule based system that could predict the results of a market – based system for shipping emissions. Fuzzy membership functions have been incorporated to capture the vagueness inherent in the scenarios (input) and criteria (output) variables. This modeling is more reasonable in representing the actual problem, due to the fact that the membership functions comprise the entire domain range and the rules are based on environmental economics theory. Additionally, fuzzy systems provide a more transparent representation of the system under study, which is mainly due to the possible linguistic interpretation in the form of rules.

For the purposes of the analysis and modeling we used the data of 4 market-based measures (GHG Fund, Emission Trade System (ETS), Port State Leverage (PSL) and Rebate Mechanism (RM)) and we developed 4 fuzzy sets. The input variables chosen were “Emission Growth”, “Oil price”, “Carbon price”, “Extra efficiency” and “Emission cap”. The output variables “emissions reduction” and “cost” were effectively manipulated and represented the variations of the input variables. The fuzzy rules were used to specify the behavior of the system under study and for this reason they consist the core of the system. Finally, a system validation was performed by comparing our results with the IMO study. The fuzzy expert system performed very well for some systems where the percentage agreement reached 90%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Η ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

1.1 Ιστορική αναδρομή

Η μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου αποτελεί έναν από τους πιο πολυσυζητημένους στόχους παγκοσμίως. Εξειδικευμένες επιστημονικές μελέτες αναφέρουν ότι τα αέρια του θερμοκηπίου λειτουργούν ως ένα στρώμα απορρόφησης θερμότητας, που μονώνει τη Γη και καθυστερούν την διαφυγή υπέρυθρης ακτινοβολίας στο διάστημα. Με αυτό τον τρόπο τα αέρια του θερμοκηπίου διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της μέσης θερμοκρασίας και συνεισφέρουν καθοριστικά στη θέρμανση της Γης και στην Κλιματική Αλλαγή (Stern 2007). Οι συνέπειες της υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι ήδη ορατές σε αρκετές περιοχές και περιλαμβάνουν ακραία καιρικά φαινόμενα, πλημμύρες και άνοδο της στάθμης της θάλασσας, μεγάλες περιόδους ξηρασίας, πλήττοντας κυρίως αναπτυσσόμενες χώρες. Επιπλέον, σύμφωνα με έρευνες, άλλοι αέριοι ρύποι (SO_x, NO_x) είναι υπεύθυνοι για το σχηματισμό νεφών σε περιοχές με έντονη βιομηχανική δραστηριότητα. Αυτό μπορεί να προκαλέσει μια σχετική μείωση της θερμοκρασίας, αλλά μπορεί να συνδέεται και με ακραία καιρικά φαινόμενα (Hansen et al. 2006).

Η ανάγκη αντιμετώπισης των παραπάνω φαινομένων οδήγησε στη δημιουργία της Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC). Το πρωτόκολλο του Κιότο αποτέλεσε την πρώτη προσπάθεια αντιμετώπισης των αερίων του θερμοκηπίου, εισάγοντας για πρώτη φορά την έννοια της εμπορίας αερίων ρύπων και την καταβολή αποζημίωσης στα αναπτυσσόμενα κράτη που πλήττονται από την κλιματική αλλαγή. Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο:

- Οι βιομηχανικές χώρες δεσμεύονται να μειώσουν, στη διάρκεια της περιόδου 2008-2012, τις εκπομπές των έξι αερίων του θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά 5% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990.
- Οι αναπτυσσόμενες χώρες δεν έχουν δεσμεύσεις ελάττωσης ή περιορισμού των εκπομπών τους κατά την περίοδο 2008 – 2012.

Το Πρωτόκολλο τέθηκε σε ισχύ σε παγκόσμιο επίπεδο στις 16 Φεβρουαρίου 2005. Οι ΗΠΑ, παρόλο που παράγουν τις περισσότερες εκπομπές παγκοσμίως, δεν έχουν υπογράψει το Πρωτόκολλο.

Ακολούθησε η Παγκόσμια Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (UNFCCC COP15) της Κοπεγχάγης η οποία είχε ως στόχο τη λήψη μέτρων για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και συγκεκριμένα του διοξειδίου του άνθρακα. Ο βασικός στόχος που διαμορφώθηκε από την εν λόγω συνδιάσκεψη είναι η διατήρηση της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασία σε επίπεδα κάτω των 2°C ετησίως. Παρόλο που συμφωνήθηκε πως οι συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα πρέπει να μειωθούν κατά 50% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 ως το 2050, δεν έχει επιτευχθεί παγκόσμια, δεσμευτική συμφωνία και συγκεκριμένα μέτρα προς αυτή την κατεύθυνση. Ο Γενικός Γραμματέας του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών παρουσίασε τη μελέτη του IPCC (2007), σύμφωνα με την οποία η κλιματική αλλαγή είναι ένα φαινόμενο όχι μόνο υπαρκτό αλλά και επιταχυνόμενο και για να αποτραπούν οι συνέπειες της, η χρήση καυσίμων θα πρέπει να εξαιρεθεί ως το 2100.

Μέχρι στιγμής, δεν υπάρχουν σαφείς ποσοτικοί περιορισμοί των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις διεθνείς θαλάσσιες μεταφορές στο πλαίσιο της Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) ή του Πρωτοκόλλου του Κιότο, ούτε από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO³). Αν και οι περισσότερες βιομηχανικοί τομείς, και τα περισσότερα μέσα

³Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, (IMO) δημιουργήθηκε ως ξεχωριστό όργανο εντός της δικαιοδοσίας των Ηνωμένων Εθνών το 1949 στη Γενεύη και συγκροτήθηκε ως σώμα στην πρώτη του συνέλευση το 1959. Σύμφωνα με το καταστατικό του, ιδρύθηκε για να παρέχει εργαλεία για τη συνεργασία των κυβερνήσεων στον τομέα των κυβερνητικών ρυθμίσεων και των πρακτικών που σχετίζονται με το θαλάσσιο εμπόριο, για να ενθαρρύνει και να την υιοθέτηση και την εφαρμογή των υψηλότερων προτύπων σε ότι αφορά στην ασφάλεια, την αποτελεσματικότητα της ναυσιπλοΐας και της πρόληψης της ρύπανσης από τα πλοία. Ο Οργανισμός χειρίζεται διοικητικά και νομικά θέματα που σχετίζονται με τις παραπάνω δραστηριότητες, και συνεργάζεται με άλλα όργανα για την ανταλλαγή στοιχείων και την ρύθμιση θεμάτων κοινού ενδιαφέροντος. Ειδικά για την πρόληψη της ρύπανσης από ναυτιλιακές δραστηριότητες, ο IMO προχώρησε στη σύσταση της Marine Environment Protection Committee (MEPC), η οποία μετά από απόφαση της UNFCCC ανέλαβε τη θέσπιση κανονισμών για τις εκπομπές αέριων ρύπων του θερμοκηπίου.

μεταφοράς έχουν συμπεριληφθεί στο Πρωτόκολλο του Κιότο, η ναυτιλία και η αεροπορία είχαν εξαιρεθεί λόγω έλλειψης στοιχείων.

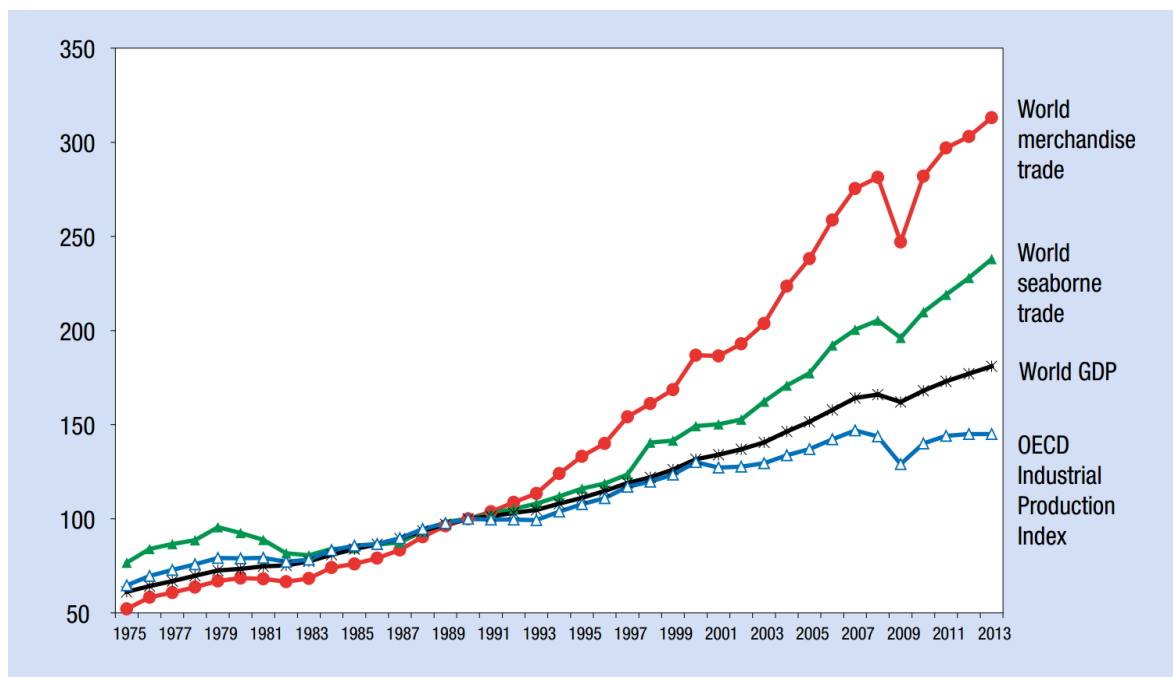
Οι μεταφορές γενικότερα είναι ένας από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας αντιπροσωπεύοντας το 20% με 25% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Βεβαίως η συνεισφορά των διαφόρων μέσων μεταφοράς στους αέριους ρύπους δεν είναι ίδια. Ειδικότερα η ναυτιλία φαίνεται πως είναι υπεύθυνη για το 2,1% των παγκόσμιων εκπομπών από ανθρώπινη δραστηριότητα, κάτι που οφείλεται στην προηγμένη τεχνολογία που ενσωματώνει η συγκεκριμένη βιομηχανία. Τα μοντέλα υπολογισμού των ρύπων όμως έχουν διάφορες αδυναμίες και περιορισμούς, λόγω των πολλών υποθέσεων στις οποίες βασίζονται (Mioia και Ciuffo 2011). Αυτό αποτελεί συχνά αφορμή για αμφισβήτηση των αποτελεσμάτων και μετάθεση της ανάγκης λήψης μέτρων σε μελλοντικό χρόνο.

1.2 Η σημασία της ναυτιλίας στο παγκόσμιο εμπόριο

Η ναυτιλιακή μεταφορά αγαθών έχει αναδειχθεί από πολλές μελέτες ως η καλύτερη μορφή μεταφοράς από άποψη κόστους- αποτελεσματικότητας. Η μεταφορά μέσω θαλάσσης είναι συμφέρουσα τόσο για την μεταφορά χύμα υλικών όπως μεταλλεύματα, πετρέλαιο, φυσικό αέριο και δημητριακά, που αποτελούν αντικείμενο της ελεύθερης (trump) ναυτιλίας, όσο και επεξεργασμένων ή συσκευασμένων προϊόντων, υψηλής αξίας που αποτελεί έργο κυρίως της liner ναυτιλίας. Το πλοίο χάρις στις μαζικές οικονομίες κλίμακας που παρουσιάζει, θεωρείται καταλληλότερο για την μαζική μεταφορά φορτίων απ' ό,τι τα άλλα μέσα μεταφοράς (Storford 2009). Ενδεικτικά αναφέρεται πως ένα πλοίο μπορεί να μεταφέρει 200.000 τόνους ξηρού φορτίου ενώ ένα αεροπλάνο ή ένα φορτηγό αυτοκίνητο μερικές δεκάδες τόνους.

Την τελευταία δεκαετία, η ναυτιλιακή ανάπτυξη ακολουθώντας τις τάσεις της παγκόσμιας οικονομίας πέρασε από τη φάση της οικονομικής ανάπτυξης στη φάση της ύφεσης αφού όπως είναι γνωστό η ζήτηση μεταφορικών υπηρεσιών είναι παράγωγος ζήτηση και εξαρτάται από τη ζήτηση αγαθών (Storford 2009). Ειδικά για την περίοδο 2004- 2008 οι ναυτιλιακές μεταφορές είχαν μέση ετήσια αύξηση πάνω από 6,5% και ήταν 2 με 3 φορές μεγαλύτερη από το ρυθμό της παγκόσμιας οικονομίας, εκφρασμένη σε όρους ΑΕΠ (ISL 2008.). Τα τελευταία

έτη ωστόσο, μετά την κρίση του 2008 οι ναύλοι έχουν μειωθεί και υπάρχει ακόμη και υπερπροσφορά πλοίων σε κάποιες αγορές (UNCTAD 2013).



Σχήμα 1: Δείκτες παγκόσμιας βιομηχανικής παραγωγής, παγκόσμιου ΑΕΠ παγκόσμιας θαλάσσιας μεταφοράς αγαθών και παγκόσμιου εμπορίου κατά τα έτη 1975- 2013 (εκφρασμένα σε δείκτη με 1990 =100)

ΠΗΓΗ: UNCTAD 2013

Στο Σχήμα 1 βλέπουμε την πορεία κάποιων δεικτών της παγκόσμιας οικονομίας παράλληλα με την πορεία της θαλάσσιας μεταφοράς αγαθών κατά την τελευταία 40ετία. Σύμφωνα με την μελέτη της UNCTAD (2013) τα τελευταία χρόνια έχουν εδραιωθεί νέες ισορροπίες στις γεωγραφικές ζώνες παραγωγής και κατανάλωσης με τις αναπτυσσόμενες χώρες του νότου να τροφοδοτούν τις οικονομίες της δύσης και να «ηγούνται» σε δείκτες ανάπτυξης. Αυτό βαθαίνει την εξάρτηση των εμπορικών σχέσεων μεταξύ των χωρών και δημιουργεί την ανάγκη επαναπροσδιορισμού κάποιων ροών εμπορίου.

Από τα παραπάνω είναι φανερό πως για το σύνολο της παγκόσμιας οικονομίας, η ομαλή συνέχιση της θαλάσσιας μεταφοράς είναι ζωτικής σημασίας, αφού από αυτή εξαρτάται τόσο η εισαγωγή ενέργειας και πρώτων

υλών όσο και μεταφορά τελικών αγαθών. Αναφέρεται μάλιστα πως κάποια διατάραξη της ισορροπίας στη διεξαγωγή της θαλάσσιας μεταφοράς (π.χ. καταστροφή κάποιου μεγάλου λιμανιού) θα είχε δραματικές συνέπειες για την παγκόσμια οικονομία (Berle 2011).

Πέρα όμως από την απόδοση του σε οικονομικούς όρους το πλοίο θεωρείται και σχετικά φιλικό προς το περιβάλλον μέσο μεταφοράς. Σε απόλυτους αριθμούς, οι εκπομπές CO₂ που προκαλούνται από τη ναυτιλία ανέρχονται σε 1.016 εκατομμύρια τόνους για τα έτη 2007- 2012 ή (IMO 2014)⁴. Σύμφωνα με την ίδια μελέτη, οι εκπομπές του συνόλου των GHG ρύπων της ναυτιλίας και συγκεκριμένα των CO₂, CH₄, N₂O ανέρχονται σε 1.038 εκατομμύρια τόνους εκφρασμένα σε όρους CO₂e (CO₂ Equivalent). Αυτές οι εκπομπές αποτελούν το 3.1% των παγκοσμίων εκπομπών CO₂ και το 2.8% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂e για τα έτη 2007- 2012 (IMO 2014).

Λόγω του σχετικά χαμηλού ποσοστού αέριων ρύπων CO₂ και της αδυναμίας εφαρμογής ενός μηχανισμού για την μείωση των ρύπων, η ναυτιλιακή βιομηχανία εξαιρέθηκε από την εφαρμογή του συστήματος που επιβλήθηκε στις χερσαίες βιομηχανίες. Η Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (UNFCCC) έκρινε πως οι ναυτιλιακές και οι αεροπορικές μεταφορές δεν μπορούν να συμπεριληφθούν στο πρωτόκολλο του Κιότο το οποίο ορίζει τους μηχανισμούς κατανομής και διαχείρισης των δικαιωμάτων ρύπανσης για τις βιομηχανίες της ξηράς, λόγω των ιδιαιτεροτήτων που παρουσιάζουν. Τονίστηκε μάλιστα πως τα όποια μέτρα δεν θα έπρεπε να πλήξουν την ναυτιλιακή μεταφορά και να οδηγήσουν σε άλλα, λιγότερο οικολογικά μέσα μεταφοράς. Σε επόμενες συσκέψεις της επιτροπής αποφασίστηκε τα μέτρα για τις εν λόγω βιομηχανίες να οριστούν από τα αρμόδια όργανα του ΟΗΕ, και συγκεκριμένα για την ναυτιλία από τον IMO, μετά από τη διεξαγωγή σχετικών μελετών.

⁴ Αφορά τη bottom up προσέγγιση για το σύνολο της ναυτιλίας.

1.3 Οι αέριοι ρύποι που προκαλούνται από την ναυτιλία και οι επιπτώσεις τους στο περιβάλλον

Η αλλαγή του κλίματος αποτελεί μια μακροπρόθεσμη επίδραση στην παγκόσμια ενεργειακή ισορροπία. Εν προκειμένω, οι διαστάσεις του φαινομένου, τα αποτελέσματα, και οι ανησυχίες ξεπερνούν το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Έχει αποδειχθεί πως το όζον μπορεί να διαδραματίσει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή ισορροπία του πλανήτη. Η μέση θερμοκρασία του πλανήτη παρουσιάζεται κατά 2 βαθμούς υψηλότερη σε σύγκριση με τα επίπεδα προ-βιομηχανοποίησης. Αυτό συμβαίνει διότι η δυνατότητά του να παγιδέψει την ενέργεια στην ατμόσφαιρα είναι σημαντική, παρόλο που πρόκειται για μια βραχύβια χημική ουσία.

Τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου, όπως ορίζονται από την UNFCCC είναι τα: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆, καθώς και άλλες σχετικές ουσίες που αναφέρονται ως NO_x, NMVOC, CO, PM, SO_x. Γενικά, τα πιο μακρόβια αέρια, και κυρίως το CO₂, κατέχουν πρωτεύοντα ρόλο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η αυξανόμενη χρήση των ορυκτών καυσίμων έχει οδηγήσει σε υψηλότερες συγκεντρώσεις του CO₂ και άλλων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα γι' αυτό και η μείωση των εκπομπών CO₂ είναι στο επίκεντρο της συζήτησης για τα επικείμενα μέτρα. Σημαντική επίδραση στην υπερθέρμανση του πλανήτη έχουν και τα Οξειδία του Αζώτου (NO_x) και οι VOC, τα οποία υπό ορισμένες συνθήκες μπορούν να αποτελέσουν συνθετικό για το O₃, αλλά και οι CFCs που προκαλούν λέπτυνση του όζοντος.

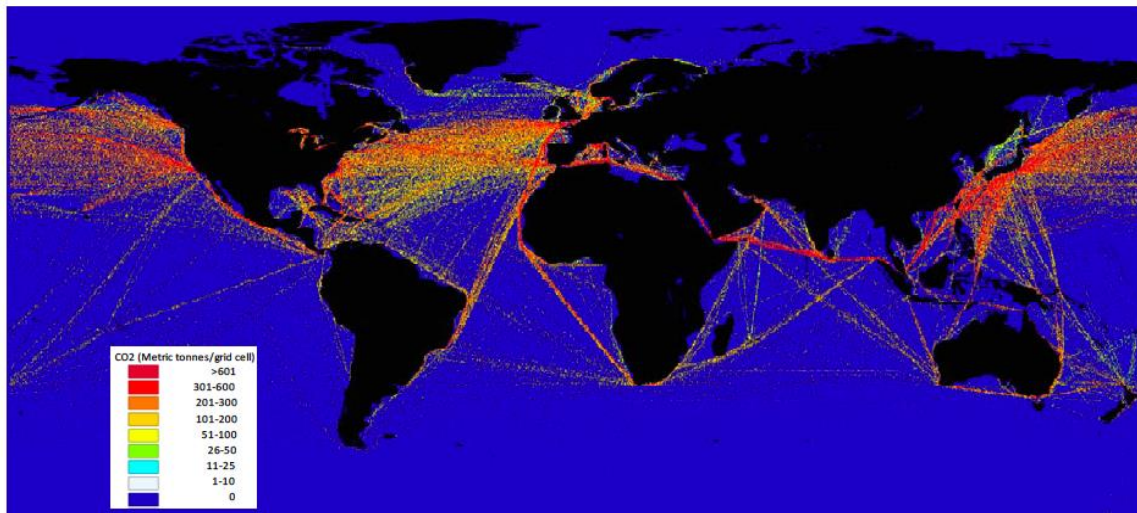
1.3.1 Οι επιπτώσεις από τους αέριους ρύπους της ναυτιλίας στην κλιματική αλλαγή

Ο σημαντικότερος μηχανισμός μέτρησης της αλλαγής του κλίματος είναι η ένταση ακτινοβολίας (radiative forcing, RF). Εκφράζει τη διαταραχή ή την αλλαγή στην ενεργειακή ισορροπία του συστήματος γη-ατμόσφαιρας σε Watt ανά τετραγωνικό μέτρο (W·m⁻²). Οι θετικές τιμές της ακτινοβολίας συνδέονται με θέρμανση της ατμόσφαιρας, ενώ οι αρνητικές τιμές με ψύξη.

Σύμφωνα με την δεύτερη μελέτη του IMO για τις επιπτώσεις των αερίων του θερμοκηπίου στο περιβάλλον (Buhaug, et al., 2009), οι εκπομπές της ναυτιλίας

συμβάλουν σημαντικά στην κλιματική αλλαγή με ποικίλους τρόπους. Η συνολική θετικής έντασης ακτινοβολία RF που προκλήθηκε από τη ναυτιλία για το 2007 υπολογίζεται σε $49 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ και αποτελεί το 2,8% της συνολικής RF ακτινοβολίας από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Θα πρέπει βέβαια να αναφερθεί ότι κάποιες από τις εκπομπές ρύπων της ναυτιλίας μπορεί να προκαλέσουν ανάπτυξη νεφικών συστημάτων και βροχοπτώσεις δηλαδή αρνητική ακτινοβολία (Buhaug et al., 2008, Fugletvedt et al. 2009) μετριάζοντας τα αποτελέσματα της υπερθέρμανσης σε τοπικό επίπεδο. Αυτό οφείλεται στο ότι οι εκπομπές θείου από τα πλοία παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό αερολυμάτων ή μικροσκοπικών άλλων ενώσεων με τα οποία το νερό συμπυκνώνεται για να σχηματοποιήσει νέφη.

Επιπλέον σύμφωνα με τους Corbett et al. (2007), επιδημιολογικές μελέτες συνδέουν σταθερά τις συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων (PM) με αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, όπως το άσθμα, καρδιακές προσβολές, και πρόωρη θνησιμότητα. Υπολογίστηκε μάλιστα ότι κοντά σε ακτές της Ευρώπης, Ανατολικής Ασίας και Νότιας Ασίας όπου υπάρχει αυξημένη συγκέντρωση πλοίων και κατά συνέπια αυξημένη συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων οι δείκτες αυτοί είναι υψηλότεροι. Στις περιοχές αυτές τα αποτελέσματά δείχνουν ότι οι εκπομπές σωματιδίων της ναυτιλίας, είναι υπεύθυνες για περίπου 60.000 θανάτους που σχετίζονται με καρκίνο του καρδιοαναπνευστικού συστήματος και των πνευμόνων σε ετήσια βάση.



Source: data from (Wang C. J., 2007), cartography ITF,

Σχήμα 2: Γεωγραφική κατανομή των ρύπων της ναυτιλίας

Πηγή: Wang et al. 2007

Τέλος, ένας από τους παράγοντες που θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη κατά την μελέτη των εργαλείων αντιμετώπισης των αέριων ρύπων της ναυτιλίας είναι πως σε αντίθεση με τους αέριους ρύπους των χερσαίων βιομηχανιών οι συγκεκριμένοι ρύποι δεν παρουσιάζουν ομοιόμορφη κατανομή σε ολόκληρο τον πλανήτη. Όπως εύκολα θα μπορούσε να συμπεράνει κανείς, οι αέριοι ρύποι που προέρχονται από ναυτιλιακές δραστηριότητες παρουσιάζουν μεγαλύτερη συγκέντρωση κοντά σε λιμάνια με μεγάλη εμπορική κίνηση και βέβαια κατά μήκος των θαλασσίων διαδρομών που χρησιμοποιούνται από τα εμπορικά πλοία. Οι παραπάνω παρατηρήσεις έχουν αποδειχθεί και από μελέτη των Wang et al. (2007) για την κατανομή των εκπομπών CO₂ με βάση στοιχεία της κυκλοφορίας των πλοίων για το 2001, τα αποτελέσματα της οποίας απεικονίζονται στο Σχήμα 2. Όπως είναι φανερό οι περιοχές με την εντονότερη κυκλοφορία και με τις μεγαλύτερες ποσότητες CO₂ είναι το βόρειο ημισφαίριο και συγκεκριμένα οι ανατολικές και δυτικές ακτές των ΗΠΑ, η Βόρεια Ευρώπη και ο Βόρειος Ειρηνικός Ωκεανός.

Επιπλέον, σύμφωνα με άλλες μελέτες (Crist, 2009), η γεωγραφική κατανομή των αερίων του θερμοκηπίου έχει σημαντικές επιπτώσεις στις περιοχές οι οποίες πλήττονται άμεσα, ιδιαίτερα από τις εκπομπές NO_x και SO_x οι οποίες έχουν πιο βραχυχρόνιες και τοπικές επιπτώσεις. Σε ότι αφορά το CO₂ το οποίο

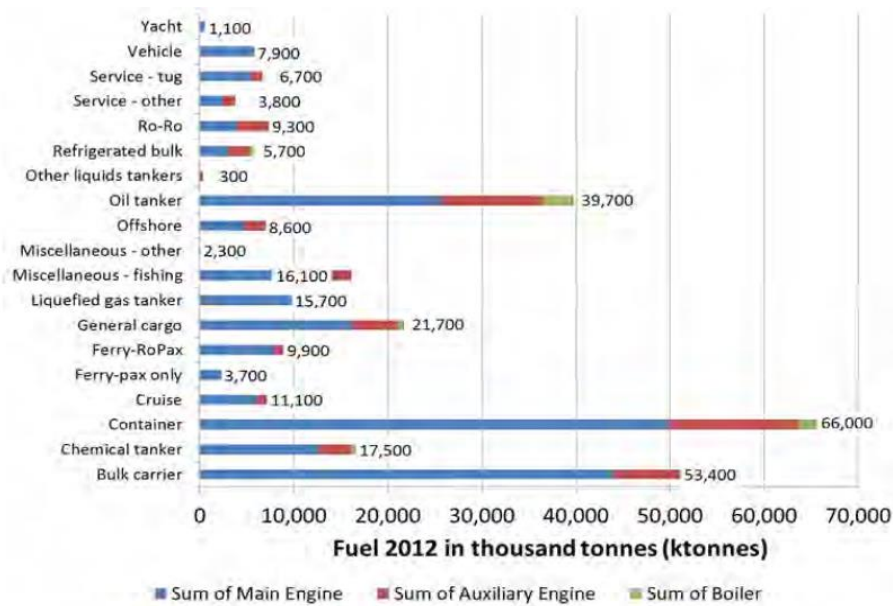
έχει μεγαλύτερο χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα, η γεωγραφική του κατανομή έχει μικρότερη σημασία αφού τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής που προκαλεί έχουν παγκόσμιες επιπτώσεις.

1.3.2 Διακρίσεις των αέριων ρύπων της ναυτιλίας

Οι εκπομπές των πλοίων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής (Buhaug et al., 2009):

1. Εκπομπές από την καύση
2. Εκπομπές από τα φορτία
3. Εκπομπές από συστήματα ψύξης
4. Άλλες εκπομπές

Οι εκπομπές που προέρχονται από την καύση στην κύρια και τις βοηθητικές μηχανές είναι οι σημαντικότερες. Η ναυτιλιακή βιομηχανία χρησιμοποιεί κυρίως Heavy Fuel Oil (HFO) ως καύσιμο. Το HFO είναι προϊόν βαριάς διύλισης και περιέχει μεγάλο αριθμό προσμίξεων με άλλα στοιχεία (οξυγόνο, θείο, νερό κλπ.). Λόγω της σχετικά χαμηλής του τιμής, αποτελεί το πιο διαδεδομένο από τα ναυτιλιακά καύσιμα (Marine bunkers) και συνήθως χρησιμοποιείται στην κύρια μηχανή του πλοίου ενώ στις βοηθητικές μηχανές χρησιμοποιούνται άλλα ελαφρότερα καύσιμα (diesel oils και gas oils) για τις διάφορες ανάγκες του πλοίου και του φορτίου (φωτισμός, κλιματισμός, άντληση και χειρισμός φορτίου). Η εκπομπή αερίων στην ατμόσφαιρα συνδέεται άμεσα με την ποσότητα και την ποιότητα των καυσίμων που έχουν καταναλωθεί συνολικά στις διάφορες μηχανές (Crist, 2009).



Σχήμα 3: Η ετήσια κατανάλωση καυσίμου ανά τύπο πλοίου και τύπο κατανάλωσης (Κύρια μηχανή, Βοηθητικές μηχανές, Μπόιλερ) για το έτος 2012

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται η σχετική κατανάλωση καυσίμου μεταξύ των τύπων πλοίων το 2012 και συγκεκριμένα η κατανάλωση καυσίμου της κύριας μηχανής (κυρίως για σκοπούς προώθησης), της βοηθητική μηχανή (συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας) και του λέβητα (για την παραγωγή ατμού). Όπως είναι φανερό, η συνολική κατανάλωση καυσίμων για την ναυτιλία κατά το 2012 κυριαρχείται από τρεις τύπους πλοίων: τα πετρελαιοφόρα, τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου και τα πλοία εμπορευματοκιβωτίων. Σε κάθε ένα από αυτούς τους τύπους πλοίων, η κύρια μηχανή καταναλώνει το μεγαλύτερο μέρος του καυσίμου. Συνολικά κατά την περίοδο 2007- 2012 η ετήσια κατανάλωση καυσίμου όλων των πλοίων υπολογίζεται μεταξύ 250 και 325 εκατομμύρια τόνους⁵. Ωστόσο για τις διεθνείς ναυτιλιακές μεταφορές η κατανάλωση καυσίμου κυμαίνεται μεταξύ 200 και 270 εκατομμύρια τόνους το χρόνο, ανάλογα με τη μέθοδο κατανομής των καυσίμων (IMO 2008).

Σε ότι αφορά τα ψυκτικά αέρια (HCFC) χρησιμοποιούνται κυρίως για την ψύξη και την κατάψυξη των φορτίων. Συνήθως απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα από διαρροές που συμβαίνουν κατά την διαδικασία φόρτωσης και συντήρησης του φορτίου ή κατά τη διαδικασία συντήρησης του εξοπλισμού. Οι εκπομπές

⁵ Οι υπολογισμοί αναφέρονται στις top-down και bottom-up μέθοδοι αντίστοιχα.

που προέρχονται από το φορτίο περιλαμβάνουν διάφορες διαρροές φορτίου, συμπεριλαμβανομένων των εκπομπών ψυκτικών αερίων από φορητά ψυγεία, των οργανικών συνθέσεων (NMVOCs) από υγρά φορτία κλπ. Οι εκπομπές αυτές υπολογίζονται μεταξύ 13.5 και 21.8 εκατομμύρια τόνους CO₂ equivalent.

1.3.3 Μέθοδοι υπολογισμού των εκπομπών

Για τον υπολογισμό των εκπομπών που προέρχονται από τα καυσαέρια των μηχανών των πλοίων έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα μοντέλα. Αυτά τα μοντέλα μπορούν είτε να χρησιμοποιήσουν τα στοιχεία από εκπομπές οι οποίες έχουν καταγραφεί σε μετρήσεις, είτε να βασιστούν σε θεωρητικούς παράγοντες που σχετίζονται με την συνολική κατανάλωση και την χημική αντίδραση που προκαλείται με την καύση των ναυτιλιακών καυσίμων. Γενικά ένα μοντέλο υπολογισμού των αέριων ρύπων των πλοίων θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη διάφορα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τον τύπο και τη μηχανή του πλοίου, το φορτίο, τη γεωγραφική περιοχή στην οποία δραστηριοποιείται το πλοίο και το χρόνο παραμονής στο λιμάνι, τα καύσιμα που χρησιμοποιεί. Η συνήθης πρακτική είναι η bottom-up προσέγγιση με την χρήση δεδομένων AIS⁶. Στη πλήρη bottom-up προσέγγιση καταγράφονται οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που εκπέμπονται από κάθε πλοίο σε λειτουργία και γίνεται ομαδοποίηση αυτών των εκτιμήσεων κατά τη διάρκεια του χρόνου για το σύνολο της κατηγορίας. Ακολουθεί η άθροιση των εκπομπών όλων των κατηγοριών πλοίων η οποία δίνει την εκτίμηση των συνολικών εκπομπών. Σχετικές μελέτες έχουν πραγματοποιήσει οι Endresen et al. (2003,2004, 2007), Corbett και Koehler (2003, 2004) και Eyring et al. (2005).

Αντίθετα η top-down προσέγγιση βασίζεται στην κατανάλωση ναυτιλιακού καυσίμου σε μια χρονική περίοδο. Σε αυτή την περίπτωση οι συνολικές

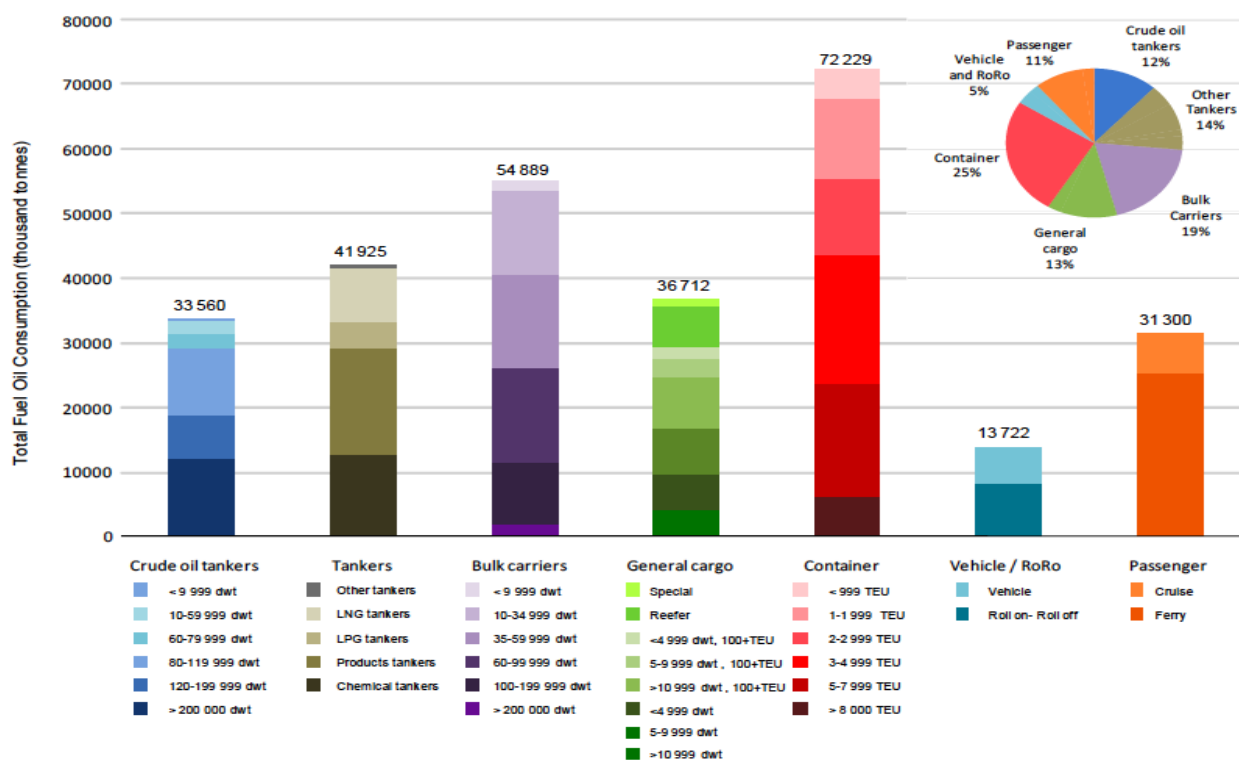
⁶ Το AIS εισήχθη από τον IMO στη Διεθνή Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS, βλ. IMO 1974), και αποτελείται από ένα σύστημα αναμεταδότη επάνω στο πλοίο εκπομπή στην οποία τα πλοία που μεταδίδουν συνεχώς τις ακόλουθες κατηγορίες δεδομένων (Ou και Zhu, 2008):

- Στατικά στοιχεία: ο αριθμό IMO, μήκος και πλάτος, διακριτικό κλήσης και το όνομα, τον τύπο του σκάφους
- Δυναμικές: θέση, ώρα, κατεύθυνση και ταχύτητα πάνω από το έδαφος, κλάσης, ταχύτητα στροφής
- Στοιχεία Ταξιδιού: πλάνο ταξιδιού, πιθανά επικίνδυνα φορτία, προορισμός.

εκπομπές υπολογίζονται χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα χαρακτηριστικά του κάθε πλοίου, και αργότερα αποδίδονται και κατανέμονται γεωγραφικά στα διάφορα πλοία (ή κατηγορίες πλοίων). Σχετικές μελέτες έχουν πραγματοποιήσει οι Corbett και Fischbeck (1997), Corbett et al. (1999), Skjølsvik et al.(2000) και Faber et al. (2009),

Στην προηγούμενη μελέτη του IMO (Buhaug et al., 2009), χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο το οποίο βασίστηκε σε Συντελεστές εκπομπής των καυσίμων (fuel-based emission factors). Οι συντελεστές είναι οι τιμές που προέκυψαν από την σύνδεση της κατανάλωσης καυσίμου με τις εκπομπές που παράγονται από την καύση. Οι εκπομπές υπολογίζονται πολλαπλασιάζοντας την κατανάλωση καυσίμου με τον συντελεστή εκπομπής του κάθε καυσίμου.

Στην top down προσέγγιση, ο υπολογισμός των ρύπων γίνεται με βάση τα στατιστικά των προμηθευτών ναυτιλιακών καυσίμων. Θα πρέπει να αναφερθεί πως σύμφωνα με την βιβλιογραφία, η συγκεκριμένη μέθοδος έχει αρκετές αδυναμίες. Καταρχήν αμφισβητείται η ακρίβεια των στοιχείων και υπάρχει η περίπτωση ελλιπούς καταγραφής και μεροληψίας. Επιπλέον θα πρέπει να ληφθεί υπόψη πως η διαθεσιμότητα των διαφόρων τύπων καυσίμων δεν είναι δεδομένη, αφού η τιμή, το είδος και η ποιότητα των καυσίμων διαφέρουν ανά προμηθευτή και ανά περιοχή. Η τελευταία μελέτη του IMO η οποία επιχείρησε να χρησιμοποιήσει και τα δύο μοντέλα προκειμένου να συγκρίνει τις τιμές, αναφέρει πως η προσέγγιση που βασίζεται σε στοιχεία λειτουργίας των πλοίων δίνει μεγαλύτερες τιμές κατανάλωσης καυσίμου σε σχέση με τα στατιστικά στοιχεία των προμηθευτών καυσίμων.



Πηγή Buhaug et al. 2008

Σχήμα 4: Η κατανάλωση καυσίμων σύμφωνα με στοιχεία δραστηριότητας ανά τύπο και μέγεθος πλοίου

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται οι κυριότερες κατηγορίες πλοίων και η κατανάλωση καυσίμου όπως προκύπτει με την τελευταία προσέγγιση της μελέτης του IMO που συνδυάζει στοιχεία δραστηριότητας και κατανάλωσης καυσίμων (IMO 2008). Όπως αναφέρθηκε και στην ανάλυση που προηγήθηκε τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων εμφανίζουν τα μεγαλύτερα ποσοστά κατανάλωσης καυσίμων, λόγω της ανάγκης ανάπτυξης υψηλών ταχυτήτων που παρουσιάζει η συγκεκριμένη αγορά (Psaraftis και Kontonas., 2010). Στην συγκεκριμένη αγορά το κόστος των καυσίμων το φέρει η εταιρία. Οι υψηλές τιμές των καυσίμων όμως πολλές φορές οδηγούν τις εταιρίες στην επιλογή φθηνότερων καυσίμων (όπως τα IFO 420, 500, 600 και 700 βαθμών) τα οποία όμως απαιτούν διαφορετικές μηχανές και δεν είναι κατάλληλα για τις μηχανές των παλαιότερων πλοίων (Notteboom and Vernimmen, 2009). Ακολουθούν τα πλοία μεταφοράς ξηρού φορτίου, στα οποία αναλογεί το 19% της συνολικής κατανάλωσης καυσίμων, ενώ υψηλή κατανάλωση

παρουσιάζουν και τα οχηματαγωγά, πιθανώς λόγω των μηχανών παλαιότερης τεχνολογίας που χρησιμοποιούν.

Μια διαφορετική προσέγγιση χρησιμοποιήθηκε από τους Dalsoren et al. (2008). Οι οποίοι χρησιμοποίησαν στοιχεία της βάσης δεδομένων για την πραγματική κίνηση των πλοίων (Lloyd's MIU). Τα αποτελέσματά τους σε ότι αφορά την εκπομπή CO₂ βρέθηκαν μικρότερα σε σύγκριση με την κοινή παραδοχή της μελέτης του IMO. Αξίζει να αναφερθεί πως σύμφωνα με την συγκεκριμένη μελέτη, οι εκπομπές κατά τον χρόνο παραμονής στο λιμάνι υπολογίζονται στο 5% των συνολικών εκπομπών από δραστηριότητες ναυσιπλοΐας.

1.4 Το Θεσμικό πλαίσιο για τη ρύπανση που προκαλείται από τις ναυτιλιακές μεταφορές

Γενικότερα το θεσμικό πλαίσιο στο οποίο υπόκειται το πλοίο σήμερα είναι αρκετά σύνθετο. Στην ανοιχτή θάλασσα το πλοίο υπόκειται στην Συνθήκη για τη Θάλασσα των Ηνωμένων Εθνών (UNCLOS) η οποία έχει εφαρμογή σε διεθνή ύδατα και ανεξάρτητα από τη σημαία του πλοίου. Στην αποκλειστική οικονομική ζώνη, δηλαδή σε απόσταση 200 μιλίων από τις ακτές το πλοίο έχει το δικαίωμα “αβλαβούς διέλευσης” εφόσον δεν παραβιάζει τους διεθνείς κανόνες, χωρίς να υπόκειται στην εθνική νομοθεσία του παράκτιου κράτους. Η UNCLOS δηλαδή δεν ρυθμίζει τις σχέσεις μεταξύ κρατών και πλοίων, αλλά μόνο τις σχέσεις μεταξύ των κρατών.

Το πλοίο εφαρμόζει τη νομοθεσία της χώρας στην οποία είναι νηολογημένο. Είναι πολύ συνηθισμένο το πλοίο να φέρει σημαία διαφορετικής χώρας από αυτή της προέλευσης του πλοιοκτήτη ή της έδρας της εταιρίας του. Κάποιες χώρες έχουν πιο αυστηρά κριτήρια για την νηολόγηση, που αφορούν στην χώρα κατασκευής του πλοίου, στην εθνικότητα του πλοιοκτήτη, στη σύνθεση και εθνικότητα του πληρώματος, ενώ άλλες είναι πιο “ανοιχτές” (“flag of convenience” ή “open registry”). Εάν πρόκειται για πλοίο που συμμετέχει στο παγκόσμια εμπόριο και κινείται σε διεθνή ύδατα το κράτος της σημαίας είναι υποχρεωμένο να διασφαλίσει ότι τηρούνται όλοι οι κανονισμοί οι οποίοι έχουν θεσπιστεί από τα Παγκόσμια όργανα στα οποία συμμετέχει ως μέλος.

Στο Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) συμμετέχουν 168 χώρες μέλη, οι οποίες αντιπροσωπεύουν το 99% της παγκόσμιας χωρητικότητας. Πρόκειται φυσικά για το σπουδαιότερο από τα παγκόσμια όργανα της ναυτιλίας αφού έχει δημιουργήσει περισσότερα από 50 συμβάσεις και πρωτόκολλα. Η διαδικασία εφαρμογής μια σύμβασης ξεκινάει με την επικύρωση της στα όργανα του IMO. Όταν μια χώρα μέλος του IMO επικυρώνει μια σύμβαση σημαίνει πως δέχεται να την ενσωματώσει στην εθνική νομοθεσία της. Με τον τρόπο αυτό η σύμβαση αυτή θα ρυθμίζει και τα θέματα των πλοίων που φέρουν την σημαία της.

Όταν κάποια σύμβαση του IMO επικυρώνεται από τα κράτη μέλη που φέρουν την πλειοψηφία της παγκόσμιας χωρητικότητας και τίθεται σε ισχύ, θεωρείται παγκόσμιος κανονισμός που εφαρμόζεται στο δικαίωμα αβλαβούς διέλευσης που ορίζει η UNCLOS. Συνεπώς στα κράτη που την έχουν επικυρώσει, έχει εφαρμογή σε όλα τα πλοία που δένουν στα λιμάνια τους, ανεξάρτητα από τη σημαία τους.

1.4.1 Η MARPOL και οι Περιοχές Ελεγχόμενων Εκπομπών

Η πιο σημαντική από τις συμβάσεις που έχει υιοθετήσει ο IMO είναι η σύμβαση MARPOL του 1973, στην οποία πραγματοποιήθηκαν επιπλέον προσθήκες και βελτιώσεις το 1978 και 1997. Η MARPOL εστιάζει στην πρόληψη της ρύπανσης από πετρελαιοειδή, από επικίνδυνες χημικές ουσίες που μεταφέρονται χύμα και από άλλες βλαβερές ουσίες που μεταφέρονται συσκευασμένες. Επιπλέον, αντικείμενο της αποτελεί η πρόληψη της ρύπανση από τα σκουπίδια και τα απόβλητα του πλοίου, από το μεταφερόμενο έρμα και φυσικά η πρόληψη από τους αέριους ρύπους. Η MARPOL έχει επιτύχει σημαντικά αποτελέσματα στην αντιμετώπιση των παραπάνω μορφών ρύπανσης και εφαρμόζεται στο 99% του παγκόσμιου τονάζ.

Ειδικά για την πρόληψη της ρύπανσης που προκαλείται από τις εκπομπές των πλοίων η MARPOL συμπεριέλαβε το 1997 έναν ειδικό πίνακα, τον Annex VI, όπου ορίζονται οι επιτρεπόμενες εκπομπές συγκεκριμένων αερίων (SOx, NOx) τα οποία θεωρούνται επιβλαβή για το περιβάλλον. Η ημερομηνία που τέθηκε σε ισχύ ο Annex VI ήταν στις 19 Μαΐου του 2005 και ακολούθησε αναθεώρησή του τον Οκτώβριο του 2008, όπου τα όρια περιεκτικότητας θείου μειώθηκαν 3.50% (από 4.50%) με την προοπτική να μειωθούν κι άλλο έως το 2018.

Ένα ειδικό θεσμικό καθεστώς περιορισμού των αέριων ρύπων που μπορεί να συναντηθεί είναι αυτό των Περιοχών Ελεγχόμενων Εκπομπών. Σύμφωνα με τον Annex VI της MARPOL, οι χώρες μέλη του IMO μπορούν κατόπιν αιτήσεως να ζητήσουν τη θέσπιση περιοχών ελεγχόμενων εκπομπών (Emission Control Areas -ECAs) εφόσον υπάρχει δικαιολογημένη ανάγκη που συνδέεται με αυξημένη ρύπανση στην περιοχή. Οι πρώτες περιοχές που θεσπίστηκαν το 2006 και 2007 αφορούσαν στον περιορισμό εκπομπών θειικού οξέος και ονομάστηκαν Sulphur Emission Control Area (SECA) και περιλάμβαναν την Βαλτική Θάλασσα και την Βόρεια Θάλασσα. Στην συνέχεια το 2008 μετά από βελτίωση του Annex VI έγινε επανασχεδιασμός και διευρύνθηκαν οι εκπομπές οι οποίες μπορούσαν να συμπεριληφθούν.

Σε ότι αφορά τις εκπομπές θειικού οξέος τα όρια που έχουν τεθεί στις ειδικές περιοχές είναι:

1. 1.00% m/m από την 1 Ιουλίου 2010; και
2. 0.10% m/m από την 1 Ιανουαρίου 2015.

Ο IMO καλεί τις χώρες μέλη να θεσπίσουν και Ειδικές περιοχές εκπομπών NO_x, SO_x και PM. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι και η North American ECA η οποία αναμένεται από τον Ιούλιο του 2012, να θεσπίσει όριο 1.00% σε εκπομπές SO_x και το 2015 το όριο θα γίνει 0,01%. Σημειώνεται ότι η US Environmental Protection Agency (EPA) πρότεινε να απαγορευθεί η πώληση καυσίμων υψηλής περιεκτικότητας Θείου στις ECA.

Στην μελέτη του IMO για τον περιορισμό των αέριων ρύπων (Buhaug Ø et al., 2009) τονίζεται ότι κάποιοι αέριοι ρύποι έχουν μειωθεί στις SECAs, ως αποτέλεσμα και της MARPOL Annex VI. Με βάση τα ποσά του 1998 και του 2006 που παρουσίασαν η UNEP Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee (RTOC) δείχνουν τα ακόλουθα:

CFC – μείωση 735 τόνων (98%)

HCFC – μείωση 10,900 τόνων (78%)

HFC – αύξηση 415 τόνων (315%).

Οι εκπομπές HFC αυξήθηκαν λόγω της χρήσης του HFC ως υποκατάστατου των CFC and HCFC. Σε ότι αφορά τις εκπομπές NOx η μείωση είναι της τάξης του 12–14% ανά τόνο κατανάλωσης καυσίμων.

Από τα παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα ότι κανένα μέτρο τοπικού χαρακτήρα δεν μπορεί να υποκαταστήσει την ανάγκη λήψης μέτρων σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα μέτρα τοπικού χαρακτήρα, που εφαρμόζονται σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή μπορούν να προκαλέσουν στρέβλωση του ανταγωνισμού, χωρίς να έχουν τα επιθυμητά αποτελέσματα της ανανέωσης του στόλου και της ενσωμάτωσης καινοτομιών για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου σε παγκόσμιο επίπεδο.

1.5 Οι εργασίες στον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό και στην Ναυτιλιακή Επιτροπή Προστασίας Περιβάλλοντος

Η ανάγκη ενσωμάτωση των αερίων ρύπων της ναυτιλίας, και συγκεκριμένα του CO₂ σε ένα παγκόσμιο θεσμικό πλαίσιο το οποίο θα ρυθμίζει τις εκπομπές έχει εξελιχθεί σε ένα μεγάλο πολιτικό και κοινωνικό-οικονομικό θέμα, με τις συζητήσεις στα πλαίσια του IMO να διαρκούν πάνω από 8 έτη. Όπως έχει τονιστεί και νωρίτερα το πρόβλημα της λήψης απόφασης για τη συγκεκριμένη βιομηχανία είναι ιδιαίτερα δύσκολο λόγω των ιδιαίτερα πολύπλοκων παραγόντων και των διαφορετικών συμφερόντων που εμπλέκονται στην κατάσταση.

Στον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό και πιο συγκεκριμένα στην MEPC, έχουν συζητηθεί διάφορα πιθανά μέτρα τα οποία θα μπορούσαν να συμβάλουν στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Η πρώτη μελέτη (MARINTEK et al, 2000) παραδόθηκε το 2000 και εστίαζε σε θέματα παρουσίασης της υπάρχουσας κατάστασης, στην παροχή ποσοτικών στοιχείων για τα αέρια του θερμοκηπίου που προέρχονται από τα πλοία και τη διερεύνηση της δυνατότητας λήψης κάποιων μέτρων. Τα συμπεράσματα της μελέτης ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά για τα αποτελέσματα των τεχνικών και λειτουργικών μέτρων που μελετήθηκαν.

Τα μέτρα αυτά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

1. **Τεχνικής φύσεως μέτρα:** που εστιάζουν στην ενεργειακή αποδοτικότητα των νεότευκτων πλοίων μέσα από την εισαγωγή καινοτομιών.
2. **Λειτουργικά μέτρα:** με τα οποία επιδιώκεται η περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των υπάρχοντων πλοίων και των νέων μέσα από την αποτελεσματικότερη χρήση των πόρων του πλοίου, τον καλύτερο προγραμματισμό, την επιλογή βέλτιστης ταχύτητας και βέλτιστης διαδρομής κλπ.
3. **Αγοροκεντρικά μέτρα:** μέτρα τα οποία είναι εδραιωμένα στη βάση της λειτουργίας της αγοράς (Market Based Measures) για τη μείωση των αέριων εκπομπών από τα πλοία.

Αναλυτικότερα, το σημαντικότερο από τα τεχνικής φύσεως μέτρα είναι ο **Σχεδιαστικός Δείκτης Ενεργειακής αποδοτικότητας (Energy Efficiency Design Index, EEDI)** ο οποίος είναι ένα εργαλείο πιστοποίησης της ενεργειακής αποδοτικότητας ενός πλοίου και είχε σε πρώτη φάση προαιρετική εφαρμογή στα νεότευκτα πλοία. Για να επιτευχθεί η πιστοποίηση του EEDI θα πρέπει ο δείκτης να υπολογίζεται σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του IMO. Συγκεκριμένα η επαλήθευση διενεργείται σε δύο στάδια: προκαταρκτική επαλήθευση στο στάδιο του σχεδιασμού, και τελική επαλήθευση σε δοκιμή στη θάλασσα.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά τα οποία μελετώνται περιλαμβάνουν:

1. Το Νεκρό βάρος (DWT) ή τη μεικτή χωρητικότητα (GT) για τα επιβατικά και τα RO/RO πλοία, την ισχύ των κύριων και βοηθητικών μηχανών, την ταχύτητα του πλοίου στα ανοιχτά νερά, κατά τη μέγιστη φόρτωση και με 75% της μέγιστης συνεχούς λειτουργίας (MCR) για την κύρια μηχανή, τη συγκεκριμένη κατανάλωση καυσίμων (SFC) της κύριας μηχανής στο 75% της ισχύος MCR, την κατανάλωση των βοηθητικών μηχανών στο 50% MCR, και τον πίνακα ηλεκτρικής ισχύος για ορισμένους τύπους πλοίων.
2. Τις καμπύλες ισχύος (KW - κόμβος) που υπολογίζονται στο στάδιο σχεδίασης σε πλήρη φόρτωση και κατά τη θαλάσσια δοκιμή .

3. Τις κύριες λεπτομέρειες και την επισκόπηση του συστήματος προώθησης και του συστήματος παροχής ηλεκτρισμού εν πλω .
4. Τη διαδικασία εκτίμησης και την μεθοδολογία των καμπυλών ισχύος στο στάδιο σχεδιασμού
5. την περιγραφή του εξοπλισμού εξοικονόμησης ενέργειας και
6. την υπολογισμένη αξία του EEDI.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά, καθώς και άλλα τα οποία μπορεί να ζητήσει ο επιθεωρητής είναι η βάση για τον υπολογισμό της ενεργειακής αποδοτικότητας του πλοίου. Ο δείκτης έχει ένα ενιαίο όριο αποδεκτών τιμών που έχει εφαρμογή σε όλους τους τύπους πλοίου και η πιστοποίηση δίνεται εφόσον οι τιμές του δείκτη είναι σε οποιοδήποτε σημείο κάτω του ορίου.

Στα λειτουργικά μέτρα περιλαμβάνεται η ανάπτυξη ενός **Διαχειριστικού Σχεδίου Ενεργειακής Αποδοτικότητας του πλοίου (Ship Energy Efficiency Management Plan, SEEMP)**(Βλάχος και Λέμα, 2013), για τα νέα και τα υπάρχοντα πλοία, στο οποίο ενσωματώνονται οι βέλτιστες πρακτικές για την ενεργειακά αποδοτική λειτουργία των πλοίων. Το SEEMP επιδιώκει να βελτιώσει την ενεργειακή αποδοτικότητα ενός πλοίου μέσω τεσσάρων βημάτων: προγραμματισμός, εφαρμογή, έλεγχος, και αυτό-αξιολόγηση /βελτίωση. Συγκεκριμένα κατά τον προγραμματισμό η εταιρία μπορεί να θέσει ξεχωριστό πρόγραμμα για κάθε πλοίο, να θέσει συγκεκριμένους στόχους για την κατανάλωση καυσίμων ή την ενεργειακή αποδοτικότητα του πλοίου και να εκπαιδεύσει κατάλληλα το εργατικό δυναμικό του γραφείου και της ξηράς. Στο στάδιο της εφαρμογής η εταιρία θα καθιερώσει το σύστημα με το οποίο θα εφαρμόσει τον παραπάνω σχεδιασμό καθώς και το σύστημα που θα επιλέξει για την καταγραφή. Ο έλεγχος θα πρέπει να γίνεται από κατάλληλα όργανα και να υπάρχει συνεχής καταγραφή και έλεγχος των δεδομένων. Τέλος για την αυτό-αξιολόγηση της διαδικασίας θα πρέπει να γίνεται αξιολόγηση των αποτελεσμάτων όλων των παραπάνω σταδίων και να δίνεται το κατάλληλο feedback που θα επιτρέψει τη βελτίωση στον επόμενο κύκλο. Για την εξοικονόμηση καυσίμων προτείνονται μεταξύ άλλων τα εξής:

- Η βέλτιστη διαδρομή και η βελτίωση της αποδοτικότητας που μπορούν να επιτευχθούν μέσω του προσεκτικού προγραμματισμού και της προσεκτικής εκτέλεσης των ταξιδιών.
- Η επιλογή διαδρομής λαμβάνοντας υπόψη τις καιρικές συνθήκες
- Η συνεννόηση με τον λιμένα για την άφιξη just in time, έτσι ώστε να αποφευχθεί η συμφόρηση και να μειωθεί ο χρόνος παραμονής στο λιμάνι
- Η βελτίωση της αποδοτικότητας των εργασιών στο λιμάνι
- Η επιλογή της βέλτιστης ταχύτητας
- Η βέλτιστη χρήση των συστημάτων ελέγχου πηδαλίων
- Η βέλτιστη επιλογή έρματος
- Η βέλτιστη επιλογή προπέλας και συστήματος πρόωσης
- Η σωστή διατήρηση της γάστρας του πλοίου
- Η μείωση της απώλειας θερμότητας
- Η βελτίωση της διαχείρισης του στόλου
- Η βελτίωση του χειρισμού του φορτίου

Τέλος μπορούν να εφαρμοστούν και άλλες βελτιώσεις στις υπάρχουσες δομές του πλοίου ή να εισαχθούν καινοτομίες (Vlachos et al. 2014). Ένα παράδειγμα είναι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ο αέρας, η τεχνολογία ηλιακών (ή φωτοβολταϊκών) κυττάρων, ή ακόμα και η χρήση εναλλακτικών καυσίμων όπως το biodiesel, οι οποίες έχουν βελτιωθεί πάρα πολύ τα τελευταία χρόνια (Lai et al. 2011, Popovicheva et al 2009, Righi 2010).

Ένα άλλο λειτουργικό μέτρο είναι ο **Δείκτης Ενεργειακής Λειτουργικής Αποδοτικότητας του Πλοίου (Ship Energy Efficiency Operational Indicator, EEOI)** για τα νέα και τα υπάρχοντα πλοία, που επιτρέπει στους διαχειριστές τη μέτρηση της αποδοτικότητας των καυσίμων του πλοίου κατά τη λειτουργία του. Αυτή η οδηγία παρουσιάζει την έννοια ενός δείκτη μέτρησης της

ενεργειακής αποδοτικότητας ενός πλοίου σε λειτουργία, ως συνάρτηση των εκπομπών CO₂ ανά μονάδα μεταφορικού έργου. Ο ΕΕΟΙ αποτελεί μια αντιπροσωπευτική τιμή της ενεργειακής αποδοτικότητας της λειτουργίας του πλοίου κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης περιόδου. Για την πιστοποίηση ΕΕΟΙ, τα κύρια βήματα που απαιτούνται είναι: .

1. Καθορισμός της περιόδου για την οποία θα υπολογιστεί ο ΕΕΟΙ .
2. Καθορισμός των πηγών για τη συλλογή δεδομένων .
3. Συλλογή των στοιχείων .
4. Μετατροπή των στοιχείων στη κατάλληλη μορφή και .
5. Υπολογισμός ΕΕΟΙ.

Ιδανικά, η μέθοδος καταγραφής στοιχείων θα πρέπει να είναι ομοιόμορφη έτσι ώστε οι πληροφορίες να μπορούν εύκολα να αναλυθούν. Η συλλογή των στοιχείων από τα πλοία περιλαμβάνει την απόσταση που διανύεται, την ποσότητα και τον τύπο καυσίμων και όλες τις πληροφορίες καυσίμων που μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται. Είναι σημαντικό οι πληροφορίες που συλλέγονται για το πλοίο να είναι ακριβείς έτσι ώστε να μπορεί να παραχθεί μια ρεαλιστική αξιολόγηση. Το ποσό και ο τύπος καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν θα πρέπει να δίνονται με βάση τις σημειώσεις παράδοσης και η απόστασης που διανύθηκε να υπολογίζεται σύμφωνα με το ημερολόγιο του πλοίου.

Το πακέτο των τεχνικών και λειτουργικών μέτρων είναι ένα σημαντικό βήμα για να διασφαλιστεί πως η ναυτιλιακή βιομηχανία μπορεί μέσω των συγκεκριμένων εργαλείων να μειώσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Είναι όμως αρκετά; Οι υψηλοί ρυθμοί ανάπτυξης και η ραγδαία ανάπτυξη του στόλου επέφερε ανησυχία για τις μελλοντικές εκπομπές στην παγκόσμια κοινότητα. Έτσι η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος θεώρησε ότι αυτά τα μέτρα λόγω και του αρχικά εθελοντικού τους χαρακτήρα δεν επαρκούν για την μείωση των εκπομπών, δεδομένης της περαιτέρω αύξησης του στόλου που προβλέπεται με βάση μελέτες του WTO. Προχώρησαν λοιπόν στην εξέταση

κάποιων επιπλέον μηχανισμών αγοροκεντρικού χαρακτήρα, οι οποίοι έχουν στόχο:

- την εξισορρόπηση των ρύπων που παράγονται από την ναυτιλία με την αγορά δικαιωμάτων ρύπων από βιομηχανίες εκτός του τομέα
- την παροχή κινήτρων για επένδυση σε αντιρρυπαντικές τεχνολογίες
- τη λειτουργία του πλοίου με πιο αποδοτικό τρόπο
- την προτίμηση λιγότερο ρυπογόνων καυσίμων

Τα εξεταζόμενα αγοροκεντρικά μέτρα έχουν διάφορες μορφές. Κάποιες από τις προτάσεις περιλαμβάνουν την επιβολή κάποιας συνεισφοράς ή φόρου που θα συλλέγεται από τους προμηθευτές ναυτιλιακών καυσίμων και θα μεταφέρεται σε ένα παγκόσμιο ταμείο. Ο φόρος ίσως συμβαδίζει με κάποιες από τις απαιτήσεις που εφαρμόζονται στα πλοία στα οποία εφαρμόζεται ο δείκτης EEDI. Συζητείται ακόμα η υλοποίηση ενός μηχανισμού εμπορίας δικαιωμάτων ρύπανσης, παρόμοιο με αυτό που εφαρμόζεται στις χερσαίες βιομηχανίες. Υπάρχουν ακόμα προτάσεις για την δημιουργία ενός μηχανισμού αποζημίωσης των χωρών με μειωμένες κοινωνικοοικονομικές δυνατότητες μέσα από το Ταμείο που θα δημιουργηθεί, καθώς και προτάσεις για την χρήση αυτών των πόρων για δράσεις έρευνας και ανάπτυξης στις τεχνολογίες της ναυτιλίας.

1.4.2 Η Θέσπιση υποχρεωτικού EEDI και SEEMP

Τα πρώτα υποχρεωτικά μέτρα για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) από τη διεθνή ναυτιλία εγκρίθηκαν από τα Μέρη της MEPC στην 62η σύνοδό της 11- 15 Ιουλίου 2011, στην έδρα του IMO στο Λονδίνο. Οι τροπολογίες έγιναν στο παράρτημα VI της MARPOL για την πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία. Στο νέο κεφάλαιο 4 του παραρτήματος VI που αναφέρεται στους κανονισμούς για την ενεργειακή απόδοση για τα πλοία και καταστεί υποχρεωτική τον δείκτη EEDI, για νέα πλοία, και το Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (SEEMP) για όλα τα πλοία. Άλλες τροποποιήσεις στο παράρτημα VI προσθέτουν νέους ορισμούς και απαιτήσεις για την εξέταση και την πιστοποίηση, συμπεριλαμβανομένου του τύπου για το Διεθνές Πιστοποιητικό Ενεργειακής

Απόδοσης. Οι κανονισμοί ισχύουν για όλα τα πλοία 400 κοχ και άνω, και αναμένεται να τεθούν σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2013.

Τονίζεται πως ο EEDI είναι μη δεσμευτικό τεχνικό μέτρο, που βασίζεται σε ένα μηχανισμό απόδοσης και αφήνει περιθώρια επιλογής των τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε συγκεκριμένο σχεδιασμό πλοίου. Εφόσον οι απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση επιτυγχάνονται, οι σχεδιαστές του πλοίου και οι κατασκευαστές θα είναι ελεύθεροι να χρησιμοποιούν τις πιο οικονομικά αποδοτικές λύσεις ώστε το πλοίο να συμμορφωθεί με τους κανονισμούς.

Σε ότι αφορά στην εφαρμογή του EEDI, κάποιοι φορείς έχουν ήδη εγείρει αντιδράσεις και πιστεύεται ότι ο EEDI με την παρούσα διατύπωση δεν θα ισχύει για όλα τα πλοία. Στην παρούσα του μορφή ο στόχος της ενεργειακής αποδοτικότητας που θα πρέπει να καλύπτεται από τα νέα πλοία έχει τη μορφή μιας μειούμενης καμπύλης η οποία είναι κοινή για όλους τους τύπους πλοίων. Η καμπύλη ορίζει μια ελάχιστη απαίτηση ανά έτος, η οποία σταδιακά αυξάνεται.

Υποστηρίζεται ωστόσο ότι η συγκεκριμένη καμπύλη δεν είναι κατάλληλη για όλους τους τύπους πλοίων (ιδιαίτερα για εκείνα που δεν έχουν σχεδιαστεί για τη μεταφορά εμπορευμάτων) ή για όλους τους τύπους των συστημάτων πρόωσης (π.χ., τα πλοία με πετρέλαιο-ηλεκτρική, τουρμπίνα ή για πλοία με υβριδικά συστήματα κίνησης).

Ο EEDI έχει σκόπιμα αναπτυχθεί για μεγαλύτερες και πιο ενεργοβόρες κατηγορίες του παγκόσμιου εμπορικού στόλου, περιλαμβάνοντας έτσι το 72 τοις εκατό των εκπομπών από τα νέα πλοία που καλύπτουν τους ακόλουθους τύπους πλοίων: δεξαμενόπλοια πετρελαίου και φυσικού αερίου, πλοία χύδην ξηρού φορτίου, πλοία γενικού φορτίου, πλοία ψυγεία και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Για τους τύπους πλοίων που δεν καλύπτονται από το σημερινό τύπο, ο IMO αναφέρει πως θα αναπτυχθούν κατάλληλοι τύποι, εν ευθέτω χρόνο.

Στην σημερινή του μορφή, καθιερώνει απλά την ελάχιστη απαίτηση ενεργειακής απόδοσης για τα νέα πλοία, ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος του πλοίου και παρέχει ένα μηχανισμό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αύξηση της

ενεργειακής απόδοσης των πλοίων, ώστε να συμβαδίζουν με τις τεχνολογικές εξελίξεις για τις επόμενες δεκαετίες.

1.5 Αναγκαιότητα περαιτέρω διερεύνησης

Όπως προκύπτει από τη μέχρι τώρα ανάλυση, η συνεισφορά της ναυτιλίας στην κλιματική αλλαγή αν και ποσοστιαία κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Πολλά από τα αέρια του θερμοκηπίου που εκπέμπονται από τα εμπορικά πλοία έχουν ρυθμιστεί με σχετικούς κανονισμούς που επιβάλλουν όριο στην περιεκτικότητα των εκπομπών. Η αναγκαιότητα λήψης μέτρων σε παγκόσμιο επίπεδο για το CO₂, αν και έχει συμφωνηθεί, έχει προς το παρόν μερικώς μόνο εφαρμοστεί, με τη λήψη τεχνικών μέτρων και λειτουργικών μέτρων. Η ναυτιλιακή βιομηχανία ωστόσο πιέζεται να λάβει το ταχύτερο δυνατό κάποια αγοροκεντρικά μέτρα, κάτι για το οποίο μάλιστα φαίνεται να έχει παρουσιάσει σημαντική καθυστέρηση, δεδομένου ότι αντίστοιχα μέτρα εφαρμόζονται στις χερσαίες πηγές ρύπανσης από το 2003. Η αιτία αυτής της καθυστέρησης είναι η δυσκολία λήψη απόφασης σχετικά με το καταλληλότερο εργαλείο.

Όπως έχει επισημανθεί πολλές φορές στα πλαίσια των διασκέψεων της MEPC πρόκειται για ένα πραγματικά πολύ σύνθετο ζήτημα λήψης απόφασης. Τα βασικότερα προβλήματα που δυσχεραίνουν τη διαδικασία λήψης απόφασης είναι η πολυπλοκότητα των μηχανισμών του θαλάσσιου εμπορίου, η αβεβαιότητα σε ότι αφορά στα μελλοντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά μεγέθη και οι πολλαπλοί (και πολλές φορές συγκρουόμενοι) στόχοι και διαφορετικές οπτικές ανάμεσα στους λήπτες της απόφασης. Η έλλειψη εξειδικευμένων στοιχείων και πληροφοριών για όλα τα παραπάνω προβλήματα καθώς και η αδυναμία συνδυασμού και αξιολόγησης αυτών με βάση τα επιλεγμένα κριτήρια αποτελούν σημαντική πρόκληση για μεγάλη μερίδα ερευνητών που ασχολούνται με το θέμα.

Ο IMO έχει κάνει προσπάθειες διευκόλυνσης της διαδικασίας λήψης απόφασης, ιδιαίτερα σε ότι αφορά την παροχή ποσοτικών στοιχείων. Την τελευταία δεκαετία έχει ζητήσει την διεξαγωγή διαφόρων μελετών με σκοπό την παροχή στοιχείων που αφορούν στην εφαρμογή αυτών των μέτρων. Οι μελέτες αυτές εκπονήθηκαν με δι-υποκειμενικό πρίσμα και περιορίζονται περισσότερο

στην ανάλυση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των διαφόρων πιθανών μέτρων, παρά στην θεμελίωση πρότασης για ένα συγκεκριμένο μέτρο. Είναι άλλωστε γνωστό πως οι λήπτες της απόφασης, και συγκεκριμένα οι χώρες που εκπροσωπούνται στα όργανα του IMO, έχουν διαφορετικά συμφέροντα και με βάση αυτά επιθυμούν την προώθηση συγκεκριμένων μέτρων.

Παρόλο που η δι-υποκειμενική ανάλυση των πιθανών μέτρων όπως προκύπτει μέσα από την ανάλυση των μελετών του IMO μπορεί να αποτελέσει σημαντική συνεισφορά, φαίνεται πως δεν μπορεί να προχωρήσει ένα βήμα παραπέρα και να προσδιορίσει ένα καταλληλότερο μέτρο, λόγω της αναγκαιότητα τήρησης ουδετερότητας. Η συνεισφορά της περιορίζεται σε ότι αφορά στην οργάνωση των πιθανών μέτρων και των κριτήριων αξιολόγησης αυτών των μέτρων. Ωστόσο, σημαντική κρίνεται η παροχή συγκεκριμένων ποσοτικών στοιχείων για τις “επιδόσεις” των πιθανών μέτρων σύμφωνα με τα προτεινόμενα κριτήρια, παρά τις υποθέσεις και τους περιορισμούς στους οποίους βασίζεται.

1.6 Ερευνητικά ερωτήματα και προβλήματα

Μετά και τη θέσπιση υποχρεωτικών μέτρων αποδοτικότητας με την υιοθέτηση των δεικτών EEDI και SEEMP η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι διχασμένη σχετικά με την ανάγκη λήψης επιπλέον μέτρων και συγκεκριμένα σε ότι αφορά την ανάγκη των αγοροκεντρικών μέτρων. Όλο και περισσότερες χώρες υποστηρίζουν την πρόταση των Bahamas, σύμφωνα με την οποία τα αγοροκεντρικά μέτρα αποτελούν “ποινή” για το παγκόσμιο εμπόριο και η ναυτιλία θα πρέπει να αφεθεί στην ελεύθερη λειτουργία της αγοράς η οποία σε συνδυασμό με τα τεχνικά και λειτουργικά μέτρα θα καταφέρει να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου σε επιθυμητά επίπεδα. Δεδομένης βέβαια και της οικονομικής συγκυρίας, που βρίσκει τις περισσότερες χώρες σε ύφεση ή σε περιορισμένη ανάπτυξη, η πρόταση αυτή τυχάνει μεγαλύτερης αποδοχής αφού η χαμηλή ανάπτυξη συνδέεται και με μικρότερη παραγωγικότητα για τη ναυτιλία, δηλαδή λιγότερους ρύπους. Παρόλο που με βάση τα τελευταία στοιχεία διαφαίνεται πως η ναυτιλία έχει ξεπεράσει την ύφεση, οι παγκόσμιοι ρυθμοί ανάπτυξης δεν αφήνουν μεγάλα περιθώρια αισιοδοξίας στον τομέα. Σημαντικό ρόλο προς την αυξημένη αποδοχή της πρότασης παίζει και η τιμή

των καυσίμων η οποία είχε ιδιαίτερα αυξητικές τάσεις και οδηγεί εν μέρει και αυτή σε μειωμένη κατανάλωση καυσίμων και κατά συνέπεια σε λιγότερους ρύπους. Τα τελευταία έτη βέβαια η τιμή του πετρελαίου έχει πέσει σημαντικά και αυτό μπορεί να αυξήσει και πάλι την κατανάλωση του και κατά συνέπεια τους ρύπους CO₂. Με βάση τα παραπάνω, αμφισβητείται η δυνατότητα ενός αγοροκεντρικού μέτρου να επιτύχει ως κίνητρο για επενδύσεις αντιρρυπαντικής τεχνολογίας στο πλαίσιο της υπάρχουσας οικονομικής αβεβαιότητας και πιστεύεται πως το πιθανότερο είναι πως το κόστος των όποιων μέτρων θα μετακινηθεί στους ναυλωτές ή στον καταναλωτή.

Αντίθετα προς αυτή την άποψη τάσσονται οι χώρες που υποστηρίζουν πως ακόμα και με τα μετριοπαθή σενάρια ανάπτυξης οι ρύποι CO₂ της ναυτιλίας θα αυξηθούν, λόγω της αύξησης του αριθμού των πλοίων. Πρόκειται για το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξε η πρώτη μελέτη του IMO και προχώρησε στην αναζήτηση αγοροκεντρικών μέτρων. Θα πρέπει ωστόσο να σημειωθεί πως η εν λόγω μελέτη βασίστηκε σε κάποιες “κοινές παραδοχές”, δηλαδή σε κάποιους συμβιβασμούς όσον αφορά στη μέθοδο μέτρησης και μελλοντικής πρόβλεψης των ρύπων CO₂ της ναυτιλίας. Αυτό επιφέρει κάποια ευαισθησία στην συνολική τεκμηρίωση της αναγκαιότητας και επιτείνει το σκεπτικισμό με τον οποίο αντιμετωπίζουν κάποιες χώρες τα αγοροκεντρικά μέτρα. Τονίζεται επίσης πως με βάση τη διάσκεψη UNFCCC του Κανκούν θα πρέπει να ληφθούν μέτρα το ταχύτερο δυνατό για τη διατήρηση της αύξησης της θερμοκρασίας στους 2 βαθμούς ετησίως.

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει και πάλι το ερώτημα, αν όντως τα αγοροκεντρικά μέτρα είναι απαραίτητα και πιο είναι το καταλληλότερο. Η απάντηση στα παραπάνω ερωτήματα δεν μπορεί παρά να περιλαμβάνει λεπτομερή θεωρητική ανάλυση των οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων των εργαλείων και αξιολόγηση αυτών με βάση τα κατάλληλα κριτήρια. Για το λόγο αυτό θα επιχειρηθεί η μελέτη του παραπάνω προβλήματος με τη βοήθεια ενός συστήματος λήψης αποφάσεων που θα λαμβάνει υπόψη την πολυπλοκότητα του προβλήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΓΟΡΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ

Σε αυτό το τμήμα της διατριβής γίνεται λεπτομερής παρουσίαση των μηχανισμών αντιμετώπισης των ρύπων CO₂ της ναυτιλίας όπως έχουν κατατεθεί οι σχετικές προτάσεις στα πλαίσια της διαδικασίας του IMO. Η παρουσίαση των μέτρων έχει βασιστεί στην επεξεργασία των σχετικών στοιχείων που προέκυψαν από τις προτάσεις των χωρών και τις μελέτες του IMO (Buhaug et. al. 2009, IMO Group of Expert Study) αλλά και από τα σχετικά έγγραφα- σχόλια και άρθρα σε επιστημονικά περιοδικά. Συγκεκριμένα τα μέτρα που θα παρουσιαστούν είναι:

- 1 Το διεθνές ταμείο για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία (Green House Gas Fund) Κύπρος, η Δανία, τα Νησιά Μάρσαλ, η Νιγηρία και η IPTA (MEPC 60/4/8).
- 2 Η επιβολή εισφοράς στο λιμάνι (Port State Leverage PSL) που προτείνεται από τη Τζαμάικα (MEPC 60/4/40).
- 3 Η δημιουργία συστήματος αποδοτικότητας και εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου των πλοίων (Ship Efficiency and Credit Trading, SECT) από τη διεθνή ναυτιλία, την (MEPC 60/4/12) που προτείνεται από τις ΗΠΑ.
- 4 Το παγκόσμιο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (Global Emission Trading System, ETS) για την διεθνή ναυτιλία που προτείνεται από τη Νορβηγία και τη Γαλλία (MEPC 60/4/22).
- 5 Το παγκόσμιο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ETS) για την διεθνή ναυτιλία που προτείνεται από το Ηνωμένο Βασίλειο (MEPC 60/4/26).
- 6 Η πρόταση που χαρακτηρίζει τα αγοροκεντρικά μέτρα ως “ποινή για το εμπόριο και ανάπτυξη” που υποστηρίχθηκε από τις Μπαχάμες (MEPC 60/4/10).

- 7 Ο μηχανισμός αποζημίωσης (Rebate Mechanism, RM) ως αγοροκεντρικό μέσο για τη διεθνή ναυτιλία που προτείνονται από το IUCN (MEPC 60/4/55).
- 8 Η πρόταση για τη δημιουργία κινήτρων Αποδοτικότητας (Efficiency Incentive Scheme- EIS, GHG-WG 3/3/2) που προέκυψε από τη συνένωση των προτάσεων Leverage Incentive Scheme (LIS) της Ιαπωνίας Vessel Efficiency System (VES) του WSC.

Επιπλέον παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης των προτεινόμενων μηχανισμών όπως προέκυψαν από την σχετική μελέτη του IMO (IMO 2011, Expert Group Feasibility Study,). Ωστόσο θα πρέπει να αναφερθεί πως τα αποτελέσματα δεν ήταν δυνατό να υπολογιστούν για όλα τα προτεινόμενα μέτρα αφού κάποιες προτάσεις δεν προσδιορίσουν σαφείς τιμές για την αντιστάθμιση των εκπομπών CO₂. Συγκεκριμένα οι προτάσεις οι οποίες δεν έχουν μοντελοποιηθεί είναι:

- Η πρόταση για το Efficiency Incentive Scheme που προέκυψε μετά από παράκληση του Γενικού Γραμματέα του IMO για συνένωση των προτάσεων προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία επιλογής. Η συγκεκριμένη πρόταση συνδυάζει στοιχεία από τις προτάσεις της Ιαπωνίας και του Παγκόσμιου Ναυτιλιακού Συμβουλίου και καταλήγει σε έναν απλό μηχανισμό μείωσης των εκπομπών που επιτρέπει στα πλοία να έχουν ακόμα και μηδενικές εισφορές εάν υιοθετήσουν κατάλληλες αντιρρυπαντικές τεχνολογίες. Η συγκεκριμένη πρόταση κατατέθηκε στο Intercessional Meeting (MEPC 62/5/1, 8 April 2011) μετά την ολοκλήρωση της μελέτης των ειδικών (IMO 2011, Expert Group Study) και δεν έχει ακόμα μοντελοποιηθεί ώστε να δώσει συγκρίσιμα αναμενόμενα αποτελέσματα. Σημειώνεται ωστόσο πως επειδή ουσιαστικά η πρόταση βασίζεται σε κίνητρα για την πραγματοποίηση επενδύσεων, ακόμα και στην περίπτωση που είχε κατατεθεί πριν την μελέτη θα ήταν δύσκολο να μοντελοποιηθεί αφού είναι δύσκολο να προβλεφθεί ο βαθμός πραγματοποίησης επενδύσεων.
- Η πρόταση των Bahamas που υποστηρίζει πως δεν απαιτείται η υλοποίηση κάποιου επιπλέον εργαλείου ή αγοροκεντρικού μέτρου, πέρα

από την αυστηρή εφαρμογή του δείκτη EEDI έτσι ώστε σε βάθος χρόνου να καλύπτει όλα τα πλοία. Η πρόταση (MEPC 60/4/10) αρχικά βασιζόταν στην υπόθεση ότι οι τιμές των καυσίμων θα συνεχίσουν να είναι υψηλές και εξαιτίας αυτού τα πλοία θα οδηγηθούν σε τεχνολογίες με χαμηλότερη κατανάλωση, με άμεση συνέπεια τη βελτίωση του δείκτη EEDI (MEPC 60/4/10). Ωστόσο για τη διασφάλιση των επιθυμητών περιβαλλοντικών αποτελεσμάτων η πρόταση που κατατέθηκε στο Intercessional Meeting (MEPC 62/5/1, 8 April 2011) προβλέπει την επιβολή αυστηρότερων τιμών για το δείκτη ανάλογα με την ηλικία του πλοίου. Η υλοποίηση προτείνεται να έχει 7ετής διάρκεια και να εφαρμοστεί σε τέσσερα στάδια. Συγκεκριμένα η πρόταση αναφέρει ως πρώτο στάδιο την συλλογή δεδομένων, ως δεύτερο την εθελοντική εφαρμογή, ως τρίτο την υποχρεωτική εφαρμογή και τέλος την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ως προς την επίτευξη του στόχου. Όπως είναι φανερό η πρόταση βασίζεται περισσότερο στην επίτευξη τεχνικών αποτελεσμάτων και δεν ήταν δυνατό να μοντελοποιηθεί από την Ομάδα Ειδικών του IMO.

- Οι προτάσεις - παραλλαγές του Emission Trading System. Η βασική πρόταση για την υιοθέτηση ενός συστήματος εμπορίας ρύπων ήταν αυτή της Νορβηγίας (MEPC 60/4/22). Ακολούθησαν ακόμη δύο παρόμοιες προτάσεις, από το Ηνωμένο Βασίλειο (MEPC 60/4/26) και από τη Γαλλία (MEPC 60/4/41). Η πρόταση του Ηνωμένου Βασιλείου διαφέρει ως προς τη μέθοδο κατανομής των δικαιωμάτων εκπομπής και ως προς την προσέγγιση για τον καθορισμό του ανώτατου ορίου εκπομπών αφού αναφέρει ότι τα δικαιώματα εκπομπής θα μπορούσαν να διατεθούν στις εθνικές κυβερνήσεις για δημοπράτηση. Προτείνει, επίσης, το καθαρό ανώτατο όριο εκπομπών να καθορίζεται με μακροπρόθεσμη πτωτική τάση. Η πρόταση της Γαλλίας διαφοροποιείται σε σημεία που αφορούν την δημοπρασία των δικαιωμάτων εκπομπών και προβλέπει μια ενιαία διεθνή δημοπράτηση δικαιωμάτων εκπομπών για τη ναυτιλία καθώς και μη ανταγωνιστικές δημοπρασίες για μικρές εταιρίες, όπου μονάδες δικαιωμάτων, για παράδειγμα 1 tCO₂, θα πωλούνται σε καθορισμένη τιμή. Η πρόταση της Γαλλίας ενσωματώθηκε στην πρόταση της Νορβηγίας συνιστώντας πλέον το Global ETS.

Σε ότι αφορά την μοντελοποίηση θα πρέπει να αναφερθεί πως βασίστηκε στην εφαρμογή συγκεκριμένων σεναρίων με υπολογισμό των σχετικών αποτελεσμάτων για τα έτη 2020 και 2030. Συγκεκριμένα η μελέτη του IMO (IMO 2011, Expert Group Study,) παρουσιάζει τα αναμενόμενα αποτελέσματα με βάση τα παρακάτω:

- 2 σενάρια ανάπτυξης της παγκόσμιας οικονομίας: A1B (που βασίζεται σε ανάπτυξη 2,8%) και B2 (που βασίζεται σε ανάπτυξη 1,65%)⁷
- 3 στόχους μείωσης των εκπομπών της ναυτιλίας: 0%, 10% και 20%, με βάση τις εκπομπές του 2007, όπως υπολογίστηκαν από την σχετική μελέτη του IMO (Buhaug et. al. 2009).
- 3 σενάρια αυστηρότητας για τα μέτρα που περιλαμβάνουν εφαρμογή τεχνικών και λειτουργικών βελτιώσεων (SECT): Μικρής, μέτριας και μεγάλης αυστηρότητας
- 2 σενάρια για την τιμή του άνθρακα: μέτριας και υψηλής τιμής αναλυτικότερα οι τιμές είναι

για το 2010 : \$20

για το 2020 : \$25 (μέτρια) \$40 (υψηλή)

για το 2030 : \$40 (μέτρια) \$100 (υψηλή)

- 2 σενάρια για την τιμή των καυσίμων: διατήρηση σημερινών τιμών και υψηλότερες τιμές

Στα πλαίσια της διατριβής επιλέχθηκε η παρουσίαση των αναμενόμενων αποτελεσμάτων του σεναρίου A1B με στόχο μείωσης 10% έως το 2030, τη σημερινή τιμή καυσίμων και μέτρια τιμή άνθρακα.

Άλλες υποθέσεις της μελέτης αφορούν:

- Το μέγεθος του στόλου, το οποίο βασίζεται σε στοιχεία του 2007. Τα στοιχεία και η κατηγοριοποίηση των πλοίων είναι η ίδια που είχε γίνει και

⁷ Συγκεκριμένα το Σενάριο A1 προβλέπει μια ταχέως αναπτυσσόμενη, παγκοσμιοποιημένη οικονομία, με ικανοποιητικό επίπεδο ατομικού βιοτικού επιπέδου και χρήση ποικίλων μορφών ενέργειας, ενώ το σενάριο B2 μια κοινωνία που εστιάζει σε τοπικές λύσεις για να πετύχει οικονομική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα, με συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό και μέτρια ανάπτυξη.

στη 2η μελέτη του IMO και η μελέτη υποθέτει πως οι εκπομπές του 2010 είναι ίσες με αυτές του 2007.

- Τα σενάρια που παρουσιάζονται περιλαμβάνουν ένα ποσοστό διάλυσης πλοίων της τάξεως του 4% για τα έτη 2007-2012 και 3% για τα έτη μετά το 2012.
- Για τους σκοπούς της μοντελοποίησης η έναρξη των μέτρων γίνεται το 2015 και τα αναμενόμενα αποτελέσματα παρουσιάζονται για το 2020 και το 2030.
- Η κατανάλωση καυσίμων έχει γίνει υποθέτοντας αναλογία 80% HFO και 20% MGO (από το 2015 έως 2019), και 100% MGO (από το 2020 και μετά).
- Για τον υπολογισμό του επιπλέον διοικητικού κόστους που θα προκληθεί λόγω φόρτου εργασίας του πληρώματος η μελέτη έχει διαμορφώσει ένα σχετικό μοντέλο υπολογισμού χρησιμοποιώντας ένα μέσο πλοίο και με βάση υψηλόμισθα πληρώματα από την Άπω Ανατολή.

Τέλος το κόστος του κάθε προτεινόμενου μέτρου υπολογίστηκε με βάση των τύπο (IMO 2011)

$$\text{Κόστος μειώσεων} = \frac{\text{συνολικό κόστος} - \text{αποζημιώσεις}}{\text{μειώσεις εντός τομέα} + \text{μειώσεις εκτός τομέα}}$$

ενώ η σχέση κόστους αποτελεσματικότητα ορίζεται από τη σχέση

$$\frac{\text{συνολικό κόστος} - \text{αποζημιώσεις}}{\text{μειώσεις εντός τομέα} + \text{μειώσεις εκτός τομέα}} + \frac{\text{εσοδα από μέτρα}}{\text{τιμή άνθρακα}}$$

z

2.1 Παρουσίαση των προτεινόμενων μέτρων και των αναμενόμενων αποτελεσμάτων τους

Όπως μπορεί εύκολα να συμπεράνει κανείς τα μοντέλα εμπεριέχουν μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας στην εκτίμηση των αναμενόμενων αποτελεσμάτων ειδικά στην παρούσα οικονομική κατάσταση που οι χώρες της Ευρώπης βρίσκονται σε ύφεση και οι ρυθμοί ανάπτυξης της Κίνας τείνουν να μειώνονται. Η επιλογή των σεναρίων έγινε το 2010, που αν και υπήρχε κάποια υποψία για το μέγεθος της ύφεσης, τα χειρότερα σενάρια (π.χ. αρνητικής ανάπτυξης) απορρίφθηκαν. Από την άλλη βέβαια, οι ναυτιλιακές μεταφορές φαίνεται να μην έχουν πληγεί σοβαρά από την ύφεση, οπότε είναι δύσκολο να προβλεφθεί με βεβαιότητα η μελλοντική πορεία του κλάδου. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε η παρουσίαση τόσο του αισιόδοξου σεναρίου (που χρησιμοποιείται κατά κόρον από τον IMO), όσο και των συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων όλων των σεναρίων στο τέλος αυτού του κεφαλαίου.

2.1.1 GHG FUND

Η πρόταση που αφορά την ίδρυση ενός Διεθνούς Ταμείου για τα Αέρια του Θερμοκηπίου βασίζεται σε ένα μηχανισμό επιβολής φόρου/εισφοράς που θα συλλέγεται μέσω των προμηθευτών καυσίμων. Πρόκειται στην ουσία για ένα σύστημα που έχει ως σκοπό την αντιστάθμιση των εκπομπών της ναυτιλίας με ένα διεθνή μηχανισμό που θα εγκαθιδρυθεί στα πλαίσια του IMO. Ο μηχανισμός περιλαμβάνει επίσης τον ορισμό ενός Παγκόσμιου στόχου μείωσης. Οι εκπομπές πάνω από το στόχο θα πρέπει να αντισταθμίζονται από τα πλοία.

Εφαρμογή

Η πρόταση αναφέρει πως οι προμηθευτές καυσίμων που βρίσκονται εντός της περιφέρειας ενός συμβαλλόμενου κράτους θα είναι υποχρεωμένοι να καταγραφούν σε ένα μητρώο Προμηθευτών. Οι προμηθευτές καυσίμων των μη συμβαλλόμενων κρατών θα μπορούν να εγγραφούν σε εθελοντική βάση. Κατά τη λήψη καυσίμων, οι διαχειριστές του πλοίου θα είναι υποχρεωμένοι να πληρώνουν και εισφορά προς το Ταμείο Αερίων του Θερμοκηπίου. Έπειτα η συνεισφορά θα μεταφέρεται στο Διεθνές Ταμείο αερίων του θερμοκηπίου από τον εγγεγραμμένο προμηθευτή καυσίμων. Εναλλακτικά, η πρόταση αναφέρει τη δυνατότητα απευθείας πληρωμής της εισφοράς από τον πλοιοκτήτη.

Ο παγκόσμιος στόχος μείωσης θα μπορούσε να τεθεί είτε από την UNFCCC ή από τον IMO. Ο στόχος θα είναι ουσιαστικής σημασίας για τα συμβαλλόμενα μέρη αφού θα καθορίζει το μέγεθος της εισφοράς. Η μείωση των εκπομπών πάνω από το όριο θα μπορούσε να επιτευχθεί σε μεγάλο βαθμό από την αγορά εγκεκριμένων πιστώσεων εκτός τομέα (credits) από projects όπως ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanism, CDM) ή άλλες πιστώσεις από την αγορά άνθρακα.

Η ποσότητα των πιστώσεων εκτός τομέα που θα αγοράζονται από το Ταμείο Αερίων του Θερμοκηπίου θα πρέπει να υπολογίζονται με βάση τη διαφορά μεταξύ των πραγματικών εκπομπών από τη διεθνή ναυτιλία (βάση των δεδομένων των καυσίμων) και του στόχου που συμφωνήθηκε. Με τον τρόπο αυτό οι πιστώσεις θα αγοράζονται για να αντισταθμίσουν τις εκπομπές που είναι πάνω από το όριο του στόχου.

Οι πιστώσεις αντιστάθμισης θα χρηματοδοτούνται από την εισφορά που θα καταβάλλεται από τα πλοία για κάθε τόνο καυσίμων που αγοράζεται. Το ποσοστό της εισφοράς θα πρέπει να προσαρμόζεται σε τακτά χρονικά διαστήματα (η MEPC 60/40/8 προτείνει κάθε 4 χρόνια) για να εξασφαλίζεται ότι υπάρχουν επαρκή διαθέσιμα κεφάλαια για την αγορά πιστώσεων για την επίτευξη του συμφωνηθέντος ορίου του στόχου. Εάν υπάρχουν επιπλέον διαθέσιμοι πόροι θα χρησιμοποιούνται για την προσαρμογή και τον μετριασμό των αποτελεσμάτων της κλιματικής αλλαγής μέσω των δραστηριοτήτων της UNFCCC καθώς και στην Έρευνα & Ανάπτυξη και την τεχνική συνεργασία στο πλαίσιο του IMO.

Αξιολόγηση Κόστους και Εσόδων

Σε γενικές γραμμές, το ποσοστό της εισφοράς θα είναι ένα μικρό ποσοστό της συνολικής τιμής των καυσίμων. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τις μέσες τιμές άνθρακα και τις τιμές των καυσίμων, και ένα στόχο μείωσης 10% κάτω από τα επίπεδα του 2007, το ποσοστό της εισφοράς είναι πιθανό να είναι μικρότερο του 2 τοις εκατό του κόστους των καυσίμων το 2020 και μικρότερο του 4 τοις εκατό του κόστους των καυσίμων το 2030. Το κόστος αυτό έχει υπολογιστεί πως για το 2030 θα είναι 25 εκατομμύρια δολάρια.

Επιπλέον κάποιες από τις δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα αναμένεται να προκαλέσουν πρόσθετες δαπάνες διοικητικής φύσεως. Οι δραστηριότητες αυτές περιλαμβάνουν την εγκατάσταση και λειτουργία του Ταμείου (σαν οργανισμός), την καταγραφή και τον έλεγχο των προμηθευτών καυσίμων πλοίων, τη σύνταξη αναφορών από τα συμβαλλόμενα μέρη, τη διαχείριση των εσόδων του Ταμείου και την ανάπτυξη νομοθεσίας η οποία θα πρέπει να ενσωματωθεί στην εθνική νομοθεσία των κρατών μελών. Για την χρηματοδότηση των παραπάνω θα χρησιμοποιείται μια επιπλέον εισφορά 10% που αποτελεί μέρος της πρότασης. Προβλέπεται επίσης μέρος της εισφοράς να χρησιμοποιείται σε άλλες δραστηριότητες μείωσης των επιπτώσεων του φαινομένου του Θερμοκηπίου καθώς και σε έρευνα και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών.

Πίνακας 1: Μοντελοποίηση του GHG Fund με βάση ένα στόχο μείωσης 10% κάτω από τα επίπεδα συνηθισμένων εργασιών (του 2007) με σενάριο ανάπτυξης ρύπων 2,8% έως το 2030, μέτρια τιμή άνθρακα, τη σημερινή τιμή καυσίμων και συνυπολογίζοντας επιπλέον 10% της τιμής καυσίμων για άλλες δραστηριότητες.

Παράγοντας μοντελοποίησης	Αναμενόμενα Αποτελέσματα το 2030
Εκπομπές BAU (Mt)	1511
Εκπομπές μετά την εφαρμογή του EEDI (Mt)	1295
Καθαρές εκπομπές (Net emissions) (Mt)	783
Μείωση εκπομπών εντός του τομέα (Mt)	11
Μείωση εκπομπών εκτός του τομέα (Mt)	501
Συνολικό ποσοστό μείωσης εκπομπών του μέτρου με βάση BAU (Mt)	34%
Συμπληρωματικές μειώσεις εκτός τομέα (Mt)	135
Χρηματοοικονομικό κόστος των μέτρων (\$ billion)	25
Αποζημιώσεις/ επιστροφές (\$ billion)	0
Κόστος Πιστώσεων (\$ billion)	20
Έσοδα Ταμείου (\$ billion)	5
Κόστος των μειώσεων (\$/tonne CO₂)	50
Μέγιστο όριο κόστους- αποτελεσματικότητας (\$ /tonne CO₂)	39
Επιπλέον διοικητικό κόστος για την εταιρεία (\$ billion)	0.1

IMO, Experts Group Feasibility Study, 2010

Παραπάνω, στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η Μοντελοποίηση του GHG Fund με βάση ένα στόχο μείωσης 10% κάτω από τα επίπεδα συνηθισμένων εργασιών και σύμφωνα με το σενάριο A1B έως το 2030. Στον πίνακα παρατίθενται αρχικά κάποια μεγέθη που έχουν υπολογιστεί για όλα τα μέτρα και συγκεκριμένα τα επίπεδα εκπομπών στα ίδια επίπεδα εργασιών (BAU) για τον κλάδο της ναυτιλίας, οι εκπομπές μετά την εφαρμογή του δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας και το όριο εκπομπών που τίθεται στον τομέα. Με βάση αυτά

υπολογίζονται οι πιθανές μειώσεις εκπομπών εντός και εκτός τομέα σε 11 και 501 εκ. τόνοι αντίστοιχα, καθώς και συμπληρωματικές μειώσεις που βασίζονται σε επιπλέον εισφορές και φτάνουν τους 135 εκ. τόνους. Για το GHG FUND συγκεκριμένα το χρηματοοικονομικό κόστος είναι 25 δις δολάρια, και το κόστος υπολογίζεται σε \$50 ανά τόνο CO₂ που απομακρύνεται. Τέλος η μελέτη υπολογίζει το μέγιστο όριο κόστους- αποτελεσματικότητας που για το GHG FUND είναι 39 δολάρια ανά τόνο.

Αξιολόγηση Κατανομής

Το βασικό στοιχείο της πρότασης για τη δημιουργία GHG FUND είναι ότι θέτει ένα όριο για το σύνολο της ναυτιλιακής βιομηχανίας και επιχειρεί να συγκεντρώσει εισφορές από όλα τα πλοία (βάση της κατανάλωσης καυσίμου) με σκοπό να αντισταθμίσει τις υπερβάλλουσες εκπομπές (άνω του ορίου) όλων των πλοίων. Το βασικό της πλεονέκτημα έναντι των άλλων προτάσεων είναι ότι καλύπτει τις βασικές αρχές και τα κριτήρια που θέτει ο IMO και η UNFCCC με σχετικά απλό τρόπο εφαρμογής. Οι αδυναμίες της αφορούν κυρίως την ανάγκη ελέγχου αλλά και ζητήματα κατανομής. Σε ότι αφορά στην κατανομή οι αδυναμίες εντοπίζονται σε δύο σημεία:

- Το γεγονός ότι όλα τα πλοία θα συμμετέχουν με βάση το καύσιμο που κατανάλωσαν είναι μια εκ πρώτης όψεως καλή, αλλά όχι άριστη μέθοδος κατανομής των ρύπων, αφού δεν λαμβάνει υπόψη τους πραγματικούς ρύπους των πλοίων. Ας ληφθεί υπόψη ότι τα πλοία μπορεί να ενσωματώνουν τεχνολογίες (φίλτρα) μείωσης των εκπομπών ή να διαθέτουν σύγχρονες μηχανές που επιτυγχάνουν μείωση των καυσαερίων. Σε αυτές τις περιπτώσεις, τα καλύτερα περιβαλλοντικά αποτελέσματα αυτών των πλοίων δεν αποτυπώνονται με κανένα τρόπο στις τελικές τους εισφορές με αποτέλεσμα να χάνουν την αξία τους. Κάτι τέτοιο μπορεί να αποτελέσει ακόμα και αντί- κίνητρο ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών.
- Η αγορά πιστώσεων εκτός τομέα με τα χρήματα που συγκεντρώθηκαν από τις εισφορές θα γίνεται με βάση τις ανάγκες του συνόλου των πλοίων. Συγκεκριμένα θα αγοράζονται όσες πιστώσεις απαιτούνται για την αντιστάθμιση των συνολικών εκπομπών που είναι πάνω από το όριο

που έχει θεσπιστεί για το σύνολο της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Με τον τρόπο αυτό, τα πλοία που ρυπαίνουν περισσότερο επωφελούνται περισσότερο αφού πετυχαίνουν την αντιστάθμιση όλων των εκπομπών τους με την κοινή συνεισφορά που βασίζεται στην κατανάλωση καυσίμου. Επιπλέον δεν υπάρχει κάποιο ανώτατο όριο ρύπων για κάθε πλοίο, με αποτέλεσμα οι πλοιοκτήτες να μην έχουν κίνητρο ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών.

Σε ότι αφορά λοιπόν στα ζητήματα κατανομής η πρόταση αποφεύγει επιμελώς να αποδώσει αναλογικές ευθύνες σε κάθε πλοίο επιλέγοντας την απλούστερη λύση αντιστάθμισης των συνολικών εκπομπών του τομέα. Με βάση τις έρευνες που έχουν διεξαχθεί στα πλαίσια του IMO (Buhaug et al. 2008) οι πλέον ευνοημένοι από ένα τέτοιο μέτρο θα ήταν οι εταιρίες πλοίων μεγάλης κατανάλωσης καυσίμων όπως τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και τα τάνκερ τα οποία και εμφανίζουν και τα μεγαλύτερα ποσοστά ρύπων. Δεν είναι τυχαίο άλλωστε πως αυτή η πρόταση ξεκίνησε από χώρες όπως η Δανία και η Κύπρος που κατέχουν σημαντικό αριθμό πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

Όσον αφορά στην κατανομή μεταξύ πλοιοκτητών, ναυλωτών και τελικών καταναλωτών, δεν μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια τι ποσοστό της εισφοράς θα μετακινηθεί στον καταναλωτή. Ωστόσο η μελέτη της ομάδας ειδικών του IMO (2011) αναφέρει πως η συγκεκριμένη μέθοδος της εισφοράς μπορεί να περάσει στους καταναλωτές ως μέρος του μεταφορικού κόστους.

Γενικότερα υποστηρίζεται πως η μέθοδος παρουσιάζει σημαντική εξάρτηση από παράγοντες που σχετίζονται με τις ορθές αναφορές και τον έλεγχο των πλοιοκτητών, χωρίς τα οποία δεν μπορούν να επιτευχθούν τα κατάλληλα έσοδα (Intertanko 2009).

Άλλες αδυναμίες της μεθόδου σχετίζονται με την τιμή του άνθρακα, τα projects πιστώσεων και τα κίνητρα επενδύσεων. Δεδομένου ότι το ποσοστό της συνεισφοράς συνδέεται με την τιμή του άνθρακα, οι διακυμάνσεις στην τιμή του άνθρακα θεωρούνται αδυναμία του εργαλείου ως προς την ώθηση πραγματοποίησης επενδύσεων. Αύξηση ή μείωση της τιμής του άνθρακα θα σημαίνει ότι το ποσοστό της εισφοράς θα χρειάζεται αναπροσαρμογή η οποία όμως θα πραγματοποιηθεί μετά την συμπλήρωση των 4 ετών. Τέλος η

εξάρτηση από τα projects πιστώσεων όπως ο CDM, θεωρείται άλλη μια αδυναμία της πρότασης.

2.1.2 Port State Leverage (PSL)

Η πρόταση αυτή στηρίζεται στην συλλογή ενός τέλους από κάθε πλοίο που καταπλέει σε κάποιο λιμάνι, με βάση ένα μοντέλο που συνδυάζει δεδομένα κυκλοφορίας, ενεργειακής αποδοτικότητας και περιβαλλοντικών συνεπειών. Έχει μελετηθεί πως σε περιπτώσεις όπου η παρουσία ρύπων παρουσιάζει σταθερή οριακή ζημιά και όπου το οριακό κόστος μείωσης είναι άγνωστο, ένας μηχανισμός ελέγχου, όπως η επιβολή ενός τέλους εκπομπής ρύπων, μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικός σαν μηχανισμός ελέγχου της ποσότητας ρύπων. Με βάση αυτό το σκεπτικό, η πρόταση (MEPC 60/4/40) υποστηρίζει πως αφού οι συνολικές εκπομπές CO₂ δεν έχουν ακόμα καθοριστεί και ακόμα και η μελέτη του IMO (IMO 2009) έχει ένα ποσοστό λάθους περίπου 20%, ένα σύστημα που θα χρεώνει κάθε πλοίο ανάλογα με τη ρύπανση που παρήγαγε είναι πιο κατάλληλο, απ' ό τι π.χ., ένα σύστημα ανώτατου ορίου και εμπορίας δικαιωμάτων ρύπων.

Εφαρμογή

Ο μηχανισμός που περιγράφεται στην πρόταση περιλαμβάνει την επιβολή ενός παγκοσμίου λιμενικού τέλους για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε όλα τα πλοία που καταπλέουν στους λιμένες όλων των κρατών μελών του IMO. Το τέλος θα συλλέγεται σε λιμένες των κρατών μελών με βάση την ποσότητα του καυσίμου που καταναλώνεται από το αντίστοιχο πλοίο στο εν λόγω ταξίδι. Η πρόταση δεν αναφέρεται σε στοιχεία προμηθευτών καυσίμων, αλλά σε στοιχεία που θα διατίθενται από τα ίδια τα πλοία κατόπιν ελέγχου. Έτσι κάθε πλοίο που καταπλέει σε κάποιο λιμάνι θα πρέπει να δηλώνει την ποσότητα του καυσίμου που κατανάλωσε κατά την διαδρομή του από το προηγούμενο λιμάνι ως εκεί και να πληρώσει το αντίστοιχο τέλος στην λιμενική αρχή.

Σύμφωνα με την πρόταση, η ποσότητα των καυσίμων που καταναλώνεται συνήθως ελέγχεται και καταγράφεται επί του πλοίου. Τα μεγαλύτερα πλοία διαθέτουν μετρητές ροής καυσίμου που μπορούν να καταγράψουν την κατανάλωση καυσίμου με ακρίβεια $\pm 0,2\%$ ενώ ακόμα και τα μικρότερα πλοία

στηρίζονται σε άλλες τεχνολογίες με λίγο χαμηλότερο επίπεδο ακρίβειας. Η πρόταση προβλέπει πως το μέτρο θα πρέπει να έχει εφαρμογή σε κάθε πλοίο από ένα ορισμένο μέγεθος και πάνω, σε όλα τα ορυκτά καύσιμα και σε κάθε λιμάνι.

Σημαντικό ρόλο στην εφαρμογή του εν λόγω μηχανισμού μπορεί να παίξουν και κάποια μοντέλα, όπως το μοντέλο ενέργειας και εκπομπών από την κυκλοφορία των πλοίων (Ship Traffic Energy and Environmental Model, STEEM), το οποίο θα μπορούσε να συνδυάζει στοιχεία από την κατανάλωση καυσίμων και την βελτίωση της αποδοτικότητας που δηλώνονται από πλοία, με την πρόκληση περιβαλλοντικής ζημιάς και κατά συνέπεια με την επιβολή του σχετικού τέλους. Το μοντέλο αυτό (Wang et al. 2007) μελετά την κυκλοφορία των πλοίων στις θαλάσσιες διαδρομές με βάση τις παρατηρούμενες χωρικές θέσεις του πλοίου, εκτιμά τη χρήση της ενέργειας, και αξιολογεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ναυτιλίας. Η κυκλοφορία των πλοίων καταγράφεται γεωγραφικά και χρονικά δημιουργώντας ένα εμπειρικό δίκτυο θαλάσσιων διαδρομών, με τα ιστορικά δεδομένα κίνησης των πλοίων, τους τύπους πλοίων και άλλα ειδικά χαρακτηριστικά

Σε ότι αφορά στα επίπεδα του τέλους, η πρόταση αναφέρει ότι θα πρέπει να «διαμορφωθεί έτσι ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι της παγκόσμιας μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου». Αυτό σημαίνει ότι το τέλος θα αποτελεί κίνητρο ενσωμάτωσης νέων τεχνολογιών και κάθε πλοίο με μέγεθος που θα καθοριστεί από τον IMO, θα συμμετέχει αναλογικά με βάση την ποσότητα του καυσίμου που κατανάλωσε στο τελευταίο του ταξίδι. Η πρόταση δεν περιλαμβάνει κάποιο στόχο ή όριο εκπομπών ή κάποιο δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας. Ωστόσο υπάρχει η πρόβλεψη ότι το «τέλος θα πρέπει να έχει και μια σχετική κλιμάκωση, υψηλότερη για τα βαρύτερα και πιο ρυπογόνα καύσιμα και χαμηλότερη για τα καθαρότερα καύσιμα όπως το φυσικό αέριο». Επιπλέον αναφέρεται ότι τα πλοία με υψηλή ενεργειακή αποδοτικότητα (σύμφωνα με τους δείκτες EEDI και EEOI) θα μπορούν να επιβραβεύονται.

Η πρόταση αναφέρει επίσης ότι τα έσοδα που θα συγκεντρώνονται από τις λιμενικές αρχές θα χρησιμοποιούνται σε δραστηριότητες έρευνας και αποκατάστασης του περιβάλλοντος. Οι λιμενικές αρχές αφού συγκεντρώσουν αυτά τα έσοδα θα τα μεταφέρουν σε κάποιο διεθνές σώμα που θα συσταθεί για

αυτό το σκοπό. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στις επιπτώσεις που αντιμετωπίζουν οι αναπτυσσόμενες και οι μικρές νησιωτικές χώρες, οι οποίες άλλωστε ζητούν και «κοινές αλλά διαφοροποιημένες ευθύνες».

Αξιολόγηση κόστους και εσόδων

Σε ότι αφορά στο κόστος και τα έσοδα από το συγκεκριμένο μέτρο η πρόταση δεν είναι αρκετά σαφής, αφού δεν προσδιορίζει ούτε τα επίπεδα του τέλους ούτε κάποιο όριο εκπομπών που θα πρέπει να επιτευχθεί. Ωστόσο, αν και δεν είναι ακόμη ξεκάθαρα διατυπωμένο, πιστεύεται ότι η πρόταση μπορεί να επιτύχει μειώσεις τόσο εντός όσο και εκτός τομέα αφού αναφέρει πως τα έσοδα από τα τέλη θα μπορούν να χρησιμοποιούνται για την βελτίωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούνται από τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου της ναυτιλίας.

Αναλυτικότερα οι μειώσεις εντός τομέα θα επιτευχθούν από τις επιχειρήσεις που θα επιλέξουν να αποφύγουν το τέλος του PSL με την ενσωμάτωση κατάλληλων τεχνολογιών μείωσης των ρύπων όταν κρίνουν ότι κάτι τέτοιο έχει καλή σχέση κόστους απόδοσης. Οι μειώσεις εκτός τομέα θα επιτευχθούν με τη χρήση των εσόδων που παράγονται από το PSL, χωρίς όμως η πρόταση να ορίζει με ακρίβεια συγκεκριμένες δραστηριότητες. Γενικότερα η χρήση των εσόδων σε δραστηριότητες βελτίωσης και αποκατάστασης του περιβάλλοντος έχει αναλυθεί ικανοποιητικά σε άλλες προτάσεις και οι ίδιες διαδικασίες θα μπορούσαν να έχουν εφαρμογή και στην προκειμένη περίπτωση. Εξαιρεση αποτελεί η έρευνα για την αποκατάσταση ευρύτερων περιβαλλοντικών επιπτώσεων που προκαλούνται από την ναυτιλία (πέρα από τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου), που δεν έχει αναλυθεί σε καμιά άλλη πρόταση.

Αναφορικά με την μοντελοποίηση, η μελέτη του IMO (Focal Group) αναφέρει πως ο μηχανισμός καθορισμού του τέλους του PSL δεν περιγράφεται με σαφήνεια στην πρόταση (MEPC 60/4/40), και αυτό θα μπορούσε να επηρεάσει αρνητικά την ανταπόκριση του τομέα ως προς την πραγματοποίηση επενδύσεων. Σε γενικές γραμμές, αν η διαδικασία καθορισμού της τιμής έχει μόνιμο και σταθερό χαρακτήρα ή / και δημιουργεί προσδοκίες αύξησης της τιμής του άνθρακα με την πάροδο του χρόνου αυτό θα μπορούσε να ενισχύσει την ενσωμάτωση κάποιων οικονομικά αποδοτικών μέτρων αφού θα παράσχει ασφάλεια για την περίοδο αποπληρωμής της επένδυσης σε τεχνολογίες

μείωσης εκπομπών. Αντίθετα, αν η τιμή θεωρηθεί απρόβλεπτη και παροδική, η ανταπόκριση θα μειωθεί.

Η μοντελοποίηση δυσκολεύεται και από το γεγονός ότι οι διαδικασίες μετριασμού και αποκατάστασης του περιβάλλοντος δεν περιγράφονται με ακρίβεια και δεν μπορούν να υπολογιστούν. Με βάση τις παραδοχές για τις μέσες τιμές του άνθρακα και των καυσίμων που έκανε η ομάδα εμπειρογνομόνων του IMO, η τιμή του τέλους θα αποτελεί ένα μικρό ποσοστό του συνολικού κόστους των καυσίμων (6 τοις εκατό το 2020 και 9 τοις εκατό το 2030).

Πίνακας 2: Μοντελοποίηση του PSL με βάση ένα στόχο μείωσης 10% κάτω από τα επίπεδα συνηθισμένων εργασιών (του 2007) με σενάριο ανάπτυξης ρύπων 2,8% έως το 2030, τη σημερινή τιμή καυσίμων και μέτρια τιμή άνθρακα.

Παράγοντας μοντελοποίησης	Αποτέλεσμα το 2030
Εκπομπές BAU (Mt)	1511
Εκπομπές μετά την εφαρμογή του EEDI (Mt)	1295
Καθαρές εκπομπές(Mt)	1232
Μείωση εκπομπών εντός του τομέα (Mt)	64
Μείωση εκπομπών εκτός του τομέα (Mt)	0
Ποσοστό μείωσης εκπομπών του μέτρου με βάση BAU (Mt)	4
Συμπληρωματικές μειώσεις εκτός τομέα (Mt)	0
Χρηματοοικονομικό κόστος των μέτρων (\$ billion)	49
Αποζημιώσεις/ επιστροφές (\$ billion)	0
Κόστος Πιστώσεων (\$ billion)	0
Έσοδα Ταμείου (\$ billion)	49
Κόστος των μειώσεων (\$ / tonne CO2)	770
Μέγιστο όριο κόστους- αποτελεσματικότητας (\$ /tonne CO2)	38
Επιπλέον διοικητικό κόστος για την εταιρεία (\$ billion)	0,8

IMO 2011, Expert Group Feasibility Study

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται η Μοντελοποίηση του προτεινόμενου μέτρου PSL με βάση ένα στόχο μείωσης 10% κάτω από τα επίπεδα συνηθισμένων εργασιών και σύμφωνα με το σενάριο A1B έως το 2030. Όπως και στον προηγούμενο πίνακα βλέπουμε τα επίπεδα εκπομπών υπολογισμένα για τα συνήθη επίπεδα εργασιών (BAU) για τον κλάδο της ναυτιλίας, οι εκπομπές μετά την εφαρμογή του δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας και του προτεινόμενου μέτρου (καθαρές εκπομπές), καθώς και το όριο εκπομπών που τίθεται στον τομέα. Με βάση αυτά υπολογίζονται οι πιθανές μειώσεις εκπομπών εντός τομέα σε 64 εκ. τόνοι. Για το συγκεκριμένο μέτρο δεν προβλέπονται μειώσεις από projects εκτός τομέα και συμπληρωματικές μειώσεις από επιπλέον εισφορές. Το συνολικό χρηματοοικονομικό κόστος είναι 49 δις δολάρια, και το κόστος υπολογίζεται σε \$770 ανά τόνο CO₂ που απομακρύνεται το οποίο σε σύγκριση με άλλα μέτρα είναι μάλλον υψηλό. Τέλος η μελέτη υπολογίζει το μέγιστο όριο κόστους- αποτελεσματικότητας που για το PSL είναι 38 δολάρια ανά τόνο.

Αξιολόγηση Κατανομής

Αρχικά θα πρέπει να σημειωθεί πως η πρόταση της Τζαμάικα είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για την αντιμετώπιση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της ναυτιλίας, και αντιμετωπίζει τα ζητήματα κατανομής καλύτερα από ένα σύστημα εμπορίας εκπομπών. Το ίδιο το πλοίο θα αποδίδει το τέλος που αντιστοιχεί στην ποσότητα των εκπομπών του, καθώς φτάνει στο λιμάνι, ανεξάρτητα από τον ιδιοκτήτη, τον διαχειριστή ή των ναυλωτή, με βάση έναν απλό θεσμικό μηχανισμό. Ο μηχανισμός αυτός έχει πολλά πλεονεκτήματα αφού χρεώνει με βάση τις μονάδες ρύπανσης, είναι γενικής εφαρμογής σε όλες τις χώρες και όλα τα λιμάνια, έχει ομοιόμορφη δομή, δίνει μια ευελιξία αυστηρότερης εφαρμογής στους πιο ρυπογόνους τύπους καυσίμου, και από τα έσοδα του θα επιφέρει βελτιώσεις σε τομείς που έχει επέλθει περιβαλλοντική ζημία.

Αν και η αρχή των κοινών αλλά διαφοροποιημένων ευθυνών δεν εφαρμόζεται αυστηρά, κάποια από τα χαρακτηριστικά της πρότασης μπορούν να ευνοήσουν τις αναπτυσσόμενες χώρες αφού μεγάλο μέρος του παγκόσμιου εμπορίου διεξάγεται μεταξύ των αναπτυσσόμενων χωρών, οι οποίες έτσι θα αναλάβουν το κόστος σε άμεση αναλογία προς τις εκπομπές τους. Η πρόταση μάλιστα

αναφέρει πως τα έσοδα που θα συγκεντρωθούν θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μεριμνώντας ιδιαίτερα για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ναυτιλίας στις αναπτυσσόμενες χώρες (MEPC 59).

Επιπλέον το γεγονός ότι το τέλος θα εφαρμόζεται στο πλοίο και όχι στα καύσιμα διαχωρίζει το έξοδο και είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις περιπτώσεις που το κόστος των καυσίμων πληρώνεται από το ναυλωτή. Έτσι το τέλος θα πληρώνεται από τον πλοιοκτήτη/διαχειριστή του πλοίου ο οποίος έχει μικρότερη ικανότητα να το περάσει στο ναύλο και μεγαλύτερο κίνητρο να πραγματοποιήσει επενδύσεις σε αντιρρυπαντικές τεχνολογίες.

Ωστόσο ο μηχανισμός έχει κάποιες αδυναμίες. Σε αντίθεση με άλλες προτάσεις που κατατέθηκαν στον IMO, η επιβάρυνση τόσο για την εφαρμογή όσο και για την επιβολή αυτού του μηχανισμού τίθεται στο φορέα διοίκησης του λιμένα. Οι εργασίες που πρέπει να αναληφθούν από το λιμένα δεν είναι οι παραδοσιακές δραστηριότητες που παρέχονται συμπληρωματικά στα πλαίσια της επιβολής του νόμου. Ειδικότερα, θα πρέπει να ελέγξει τις προδιαγραφές του πλοίου, την απόσταση από το λιμάνι αναχώρησης έως το τρέχον λιμάνι, την ποσότητα και τον τύπο των καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν στο τελευταίο ταξίδι του πλοίου, και να καθορίζουν το ποσό του τέλους εκπομπών που πρέπει να εισπραχθεί από το πλοίο. Αυτό συνεπάγεται τη χρήση ανθρώπινων πόρων για να μειωθεί η πιθανότητα της απάτης και η διαρροής διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον οι φορείς διοίκησης του λιμένα θα πρέπει να αναπτύξουν μηχανισμούς για να μεταφέρουν τα τέλη εκπομπών, σε ένα διεθνές διοικητικό όργανο. Σε περίπτωση ασυμφωνίας ή απάτης, οι φορείς διοίκησης θα πρέπει να διεξάγουν έρευνες καθώς επίσης να αναλάβουν τις απαραίτητες ενέργειες επιβολής του νόμου.

Αν και δεν αναφέρεται πως θα καλύπτεται το διοικητικό κόστος που προκύπτει από το μηχανισμό, δηλαδή το κόστος για την δημιουργία διοικητικού φορέα, για την διατήρηση αρχείων και για το σώμα εκλεκτών που θα πραγματοποιούν τις μετρήσεις, η ομάδα ειδικών προχώρησε στην υπόθεση πως τα έξοδα αυτά θα καλύπτονται από τα έσοδα που θα συγκεντρώνονται από το τέλος, πριν αυτά διατεθούν σε δράσεις περιβαλλοντικής αποκατάστασης.

Ωστόσο και η είσπραξη των τελών από τις κυβερνήσεις και το διοικητικό φορέα του λιμένα δημιουργεί κάποιο προβληματισμό για τη δημοσιονομική αξιοπιστία

του προτεινόμενου μηχανισμού καθώς πολλά κράτη μπορεί να αξιοποιήσουν τα έσοδα σε άλλους σκοπούς. Έτσι οι δράσεις του διαχειριστή του ταμείου μπορεί να περιορίζονται από πολιτικές και κυβερνητικές πιέσεις αντί των περιβαλλοντικών και οικονομικών αναγκαιοτήτων.

Γενικά η πρόταση δεν εμφανίζει σημαντικά προβλήματα δίκαιης κατανομής μεταξύ των ρυπογόνων πλοίων. Ο μηχανισμός της χαρακτηρίζεται από ομοιομορφία αλλά και χρέωση ανάλογη με τη ρύπανση που προκλήθηκε και μπορεί να πετύχει τα επιθυμητά αποτελέσματα δηλαδή τη χρέωση με βάση την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Επιπλέον, αν και δεν έχουν δοθεί συγκεκριμένες τιμές ή κατευθύνσεις όσον αφορά τα επίπεδα του τέλους, με βάση την τιμή άνθρακα και καυσίμων συμπεραίνουμε ότι μπορεί να αποτελέσει ισχυρό κίνητρο για επενδύσεις σε τεχνολογίες απορρύπανσης. Μοναδικά της μειονεκτήματα είναι οι σχετικά υψηλά διοικητικές απαιτήσεις και ο υψηλός φόρτος εργασίας για το πλήρωμα.

2.1.3 SECT

Η πρόταση αυτή περιγράφει ένα μηχανισμό πιστώσεων που βασίζεται στην ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων και συγκεκριμένα στο δείκτη EEDI. Η πρόταση του SECT, έχει σχεδιαστεί για να επιτευχθεί σχετική μείωση των εκπομπών της ναυτιλίας, δηλαδή μείωση ανά τόνο -μίλια. Δεν επιχειρεί να θέσει ένα ανώτατο όριο, ή κάποιο στόχο συνολικής εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου για όλο τον τομέα της ναυτιλίας. Το SECT θα περιλαμβάνει κάποια πρότυπα αποδοτικότητας και θα ισχύει για όλα τα πλοία, τόσο τα νέα όσο και τα υπάρχοντα, για τα οποία θα καθοριστεί ένα ελάχιστο όριο EEDI και διαφορετικές απαιτήσεις για τις νέες ναυπηγήσεις και "τα υπάρχοντα πλοία". Τα πλοία που πετυχαίνουν ή υπερβαίνουν το στόχο του EEDI θα κερδίζουν πιστώσεις τις οποίες θα μπορούν να διαθέτουν σε πλοία που δεν επιτυγχάνουν το στόχο τους. Σκοπός του συγκεκριμένου μηχανισμού είναι να παράσχει ένα οικονομικό κίνητρο για τους πλοιοκτήτες να προχωρήσουν σε επενδύσεις.

Εφαρμογή

Καταρχήν η πρόταση προϋποθέτει την θέσπιση ενός υποχρεωτικού δείκτη αποδοτικότητας όπως ο EEDI, για όλα τα πλοία. Θα πρέπει να διευκρινιστεί

πως η εφαρμογή του EEDI είναι ήδη υποχρεωτική για τα νέα πλοία από το 2013 και ορίζει ένα όριο ενεργειακής αποδοτικότητας για όλα τα πλοία. Στην πρόταση του SECT το όριο του EEDI που θα πρέπει να καλύπτει κάθε πλοίο θα διαφέρει ανά κατηγορία και θα γίνεται αυστηρότερο με το πέρασμα του χρόνου, ιδιαίτερα για τα νέα πλοία. Τα υπάρχοντα πλοία θα πρέπει να προβούν στις απαραίτητες τροποποιήσεις για να βελτιώσουν το σκορ τους, ή να λειτουργούν πιο αποδοτικά στη βάση των τόνο- μιλίων. Επιπλέον υπάρχει και η δυνατότητα αγοράς πιστώσεων από πλοία που ο EEDI τους υπερβαίνει το όριο που έχει θεσπιστεί για την κατηγορία τους. Η πρόταση δεν προβλέπει τη δυνατότητα αγοράς πιστώσεων από άλλους τομείς και αφορά μόνο τις εκπομπές από τον τομέα της ναυτιλίας (in sector).

Η δυνατότητα να συναλλάσσονται πιστώσεις αποδοτικότητας αποτελεί σημαντικό στοιχείο της πρότασης, διότι παρέχει έναν εναλλακτικό μηχανισμό συμμόρφωσης αλλά και κίνητρο για κάποια πλοία να υπερβαίνουν το όριο του EEDI. Έτσι τα πιο αποδοτικά πλοία θα μπορούν να πωλούν τις επιπλέον πιστώσεις τους, αποκομίζοντας καθαρά κέρδη ή να τις κρατούν για μελλοντική χρήση.

Ο αριθμός των συνολικών πιστώσεων που θα διατίθενται στην αγορά θα καθορίζεται κυρίως από την αυστηρότητα των κανόνων. Στην ουσία, ένα λιγότερο απαιτητικό όριο σημαίνει ότι περισσότερα πλοία θα μπορούν να δημιουργήσουν πιστώσεις ενώ αυστηρότερα όρια ενδεχομένως να παράγουν λιγότερες πιστώσεις. Η τιμή των πιστώσεων θα επηρεάζεται τόσο από τον αριθμό των διαθέσιμων πιστώσεων όσο και από το κόστος συμμόρφωσης με το όριο του EEDI. Ο πλοιοκτήτης θα πρέπει να λάβει την απόφαση με βάση το τι αποτελεί την πλέον οικονομικά αποδοτική λύση.

Ωστόσο δεν είναι βέβαιο αν οι ναυτιλιακές εταιρείες θα εμπορεύονται τις τυχόν επιπλέον πιστώσεις που δημιουργούνται ή αν θα επιλέξουν να τις κρατήσουν για μελλοντική χρήση τους. Σε κάθε περίπτωση, οι πιστώσεις θα διατηρούν την αξία τους και θα υπάρχει οικονομικό κίνητρο για να χρησιμοποιούνται κατά τρόπο που να μεγιστοποιεί το οικονομικό όφελος για τον κάτοχο. Το SECT έχει σχεδιάσει μια ειδική πλατφόρμα συναλλαγής πιστώσεων για την προώθηση της εμπορίας.

Αξιολόγηση κόστους και εσόδων

Όπως είναι φανερό η πρόταση έχει σχεδιαστεί με σκοπό να αποτελέσει κίνητρο για την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών και κατά συνέπεια δεν προβλέπεται η δυνατότητα αγοράς πιστώσεων εκτός τομέα. Έτσι δεν προβλέπεται και η δημιουργία ταμείου ή η συγκέντρωση κάποιων εσόδων και τα σχετικά ποσά είναι μηδενικά.

Κάποια από τα άμεσα ή έμμεσα κόστη του μέτρου που θα πρέπει να συνυπολογιστούν είναι το διοικητικό κόστος από τη δημιουργία και τη λειτουργία ενός φορέα, το κόστος που θα προκύψει από τους ελέγχους Port State Control και το κόστος από την ανάγκη πραγματοποίησης αναφορών και μελετών σχετικά με τα επίπεδα του EEDI.

Αναλυτικότερα το κόστος εφαρμογής του μέτρου περιλαμβάνει

1. Τον καθορισμό και την πιστοποίηση του δείκτη ενεργειακής απόδοσης για όλα τα πλοία με βάση την πραγματική απόδοση του πλοίου,
2. Τον έλεγχο των αρχείων του πλοίου, συμπεριλαμβανομένων των πιστοποιητικών ενεργειακής απόδοσης, τις δραστηριότητες, την πιστωτική ισορροπία.
3. Την δημιουργία μητρώου αποδοτικών πλοίων και την εγγραφή αυτών σε κεντρικό μητρώο για τις συναλλαγές πιστώσεων
4. Τη διαχείριση μιας ηλεκτρονικής πλατφόρμας συναλλαγής πιστώσεων, συμπεριλαμβανομένου του κόστους ελέγχου των πιστώσεων
5. Τις ενέργειες εξακρίβωσης και ελέγχου των φορέων πιστοποίησης
6. Τις αναφορές για την πορεία και την ανάγκη θέσπισης του SECT

Πίνακας 3: Μοντελοποίηση του SECT με βάση ένα στόχο μείωσης 10% κάτω από τα επίπεδα συνηθισμένων εργασιών (του 2007) με σενάριο ανάπτυξης ρύπων 2,8% έως το 2030, τη σημερινή τιμή καυσίμων και άνθρακα.

Παράγοντας μοντελοποίησης	Αποτέλεσμα το 2030
Εκπομπές BAU (Mt)	1511
Εκπομπές μετά την εφαρμογή του EEDI (Mt)	1295
Καθαρές εκπομπές (Net emissions) (Mt)	1154
Μείωση εκπομπών εντός του τομέα (Mt)	142
Μείωση εκπομπών εκτός του τομέα (Mt)	0
Ποσοστό μείωσης των εκπομπών από την εφαρμογή EEDI με βάση BAU (Mt)	14%
Ποσοστό μείωσης εκπομπών από την εφαρμογή του μέτρου με βάση BAU (Mt)	9%
Συνολικό ποσοστό μειώσεων από SECT με BAU	23%
Συμπληρωματικές μειώσεις εκτός τομέα (Mt)	0
Χρηματοοικονομικό κόστος των μέτρων (\$ billion)	ΔΕΝ ΥΠΟΛΟΓΙΖΕΤΑΙ
Αποζημιώσεις/ επιστροφές (\$ billion)	0
Κόστος Πιστώσεων (\$ billion)	0
Έσοδα Ταμείου (\$ billion)	0
Κόστος των μειώσεων (\$ /tonne CO ₂)	ΔΕΝ ΥΠΟΛΟΓΙΖΕΤΑΙ
Μέγιστο όριο κόστους- αποτελεσματικότητας (\$ /tonne CO ₂)	ΔΕΝ ΥΠΟΛΟΓΙΖΕΤΑΙ
Επιπλέον διοικητικό κόστος για την εταιρεία (\$ billion)	ΔΕΝ ΥΠΟΛΟΓΙΖΕΤΑΙ

IMO 2011, Expert Group Feasibility Study

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται η Μοντελοποίηση του SECT με βάση ένα στόχο μείωσης 10% κάτω από τα επίπεδα συνηθισμένων εργασιών και σύμφωνα με το σενάριο A1B έως το 2030. Για το SECT οι πιθανές μειώσεις εκπομπών εντός του τομέα της ναυτιλίας υπολογίζονται σε 142 εκ. τόνους. Συμπληρωματικές μειώσεις που βασίζονται από επιπλέον εισφορές και μειώσεις από projects

εκτός τομέα δεν προβλέπονται. Δεδομένου ότι η τιμή των πιστώσεων στην παρούσα πρόταση είναι δύσκολο να υπολογιστεί, δεν μπορεί να υπολογιστεί και το συνολικό οικονομικό κόστος της πρότασης. Για τον ακριβή υπολογισμό του κόστους θα πρέπει να οριστικοποιηθούν.

- Ο τρόπος υπολογισμού του δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας ενός πλοίου
- Το χρονικό διάστημα που θα μεσολαβεί έως την επόμενη μέτρηση και ανανέωση του δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας
- Ο τρόπος υπολογισμού των πιστώσεων αποδοτικότητας
- Ο σχεδιασμός του μηχανισμού συναλλαγής πιστώσεων
- Η διάρκεια της περιόδου συμμόρφωσης
- Η αγορά συναλλαγής πιστώσεων

Σε ότι αφορά τα έμμεσα κόστη που θα φέρουν οι εταιρίες αυτά θα περιλαμβάνουν την ανάγκη πραγματοποίησης περιοδικών θαλάσσιων δοκιμών κατά τη διάρκεια της ζωής του πλοίου (για τη μέτρηση του δείκτη ενεργειακής αποδοτικότητας) που θα επιφέρουν και πρόσθετο κόστος, όπως η απώλεια μίσθωσης και το κόστος της μελέτης για τη συνολική μέτρηση του δείκτη. Επιπλέον η έλλειψη επαρκούς αριθμού πιστώσεων από την αγορά ίσως οδηγήσει στην αναγκαστική ενσωμάτωση τεχνολογιών μείωσης των εκπομπών ακόμα και αν αυτές δεν έχουν ικανοποιητική σχέση κόστους- απόδοσης.

Σημειώνεται ότι στα πλαίσια της πρότασης, ο υπολογισμός των πιστώσεων γίνεται έτσι ώστε τα μεγαλύτερα πλοία να κερδίζουν περισσότερες πιστώσεις, σε σχέση με τα άλλα. Έτσι, η βελτίωση της αποδοτικότητας σε ένα μεγαλύτερο πλοίο θα αποφέρει μεγαλύτερη μείωση των εκπομπών, σε απόλυτους όρους, από μια βελτίωση της αποδοτικότητας σε ένα μικρότερο πλοίο (Lindstad et al. 2011). Το πρόβλημα αυτό έχει εντοπιστεί και στα πλαίσια της εφαρμογής του EEDI και ήδη ο IMO ερευνά τρόπους αντιμετώπισης του, όπως π.χ. η χρήση κατάλληλων συντελεστών.

Αξιολόγηση κατανομής

Η πρόταση για την συναλλαγή πιστώσεων ενεργειακής αποδοτικότητας, αν και δεν μπορεί να μοντελοποιηθεί ως προς τις οικονομικές επιπτώσεις της δεν εμφανίζει αδυναμίες ως προς την κατανομή του κόστους. Συγκεκριμένα η θέσπιση διαφορετικού ορίου EEDI ανά κατηγορία πλοίου είναι μια καλή βάση αφού αν διαμορφωθεί αμερόληπτα και με βάση π.χ. την ανάγκη μείωσης των εκπομπών κατά 10% σε κάθε κατηγορία, θα αποτελέσει πιο δίκαιο μέτρο σε σχέση με την εφαρμογή ενιαίου ορίου EEDI που ισχύει τώρα για τα νέα πλοία. Βεβαίως αυτό μπορεί να μην φέρει άμεσα τα επιθυμητά αποτελέσματα για το σύνολο της ναυτιλιακής βιομηχανίας, αλλά υπάρχει πάντα η δυνατότητα θέσπισης πιο αυστηρού ορίου σε κάποιες κατηγορίες έως ότου επιτευχθεί ο στόχος.

Επίσης θετικό από περιβαλλοντικής απόψεως κρίνεται το ενδεχόμενο να απαγορευθεί η κυκλοφορία στα πλοία που δεν συμμορφώνονται στις απαιτήσεις του Δείκτη ή δεν έχουν τις απαραίτητες πιστώσεις για την αντιστάθμιση των εκπομπών τους. Αυτό δημιουργεί ένα επιπλέον κίνητρο για επενδύσεις σε αντιρρυπαντικές τεχνολογίες αφού αποτελεί πιο σίγουρη κίνηση σε σχέση με την αναζήτηση πιστώσεων που μπορεί ανά περιόδους να είναι περιορισμένες. Θα πρέπει να τονιστεί πως το κόστος των επενδύσεων το φέρει συνήθως η πλοιοκτήτρια εταιρία η οποία έχει μικρές δυνατότητες μετακίνησης του στους ναυλωτές. Εξαιρεση θα αποτελούσε η περίπτωση κατά την οποία μεγάλος αριθμός πλοίων θα αποσύρονταν από την αγορά, λόγω μη συμμόρφωσης με αποτέλεσμα οι πλοιοκτήτριες/ διαχειρίστριες εταιρείες να είναι σε θέση να εφαρμόσουν ολιγοπωλιακή τιμή.

Όπως είναι φανερό το πιο κρίσιμο σημείο αυτής της πρότασης είναι η διαθεσιμότητα των ναυπηγικών εργασιών και των πιστωτικών μονάδων. Όπως έχει αναφερθεί και κατά την απόφαση εφαρμογής του EEDI, τα εν λόγω μέτρα θα έχουν ιδιαίτερα ευνοϊκές επιπτώσεις για την ναυπηγική και επισκευαστική βιομηχανία.

2.1.4 Global ETS

Το Παγκόσμιο Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών (Global ETS- Norway MEPC 60/4/22) για τη διεθνή ναυτιλία, στοχεύει στην ανάγκη για ακριβή έλεγχο των εκπομπών μέσω της καθιέρωσης ενός ανώτατου ορίου για τις συνολικές εκπομπές, και παράλληλα επιτρέπει στους πλοιοκτήτες/ διαχειριστές να επιλέξουν τα μέτρα με την καλύτερη σχέση κόστους -απόδοσης για την μείωση των εκπομπών και την επίτευξη του ανώτατου ορίου. Το παγκόσμιο σύστημα τηρεί τις αρχές του IMO, αφού προβλέπει και τη δημιουργία ενός Ταμείου συγκέντρωσης εσόδων, το οποίο θα βοηθήσει τις αναπτυσσόμενες χώρες να αντιμετωπίσουν τις ανάγκες τους στην απάντησή τους στην κλιματική αλλαγή. Η πρόταση δεν προβλέπει κάποια κατανομή των εκπομπών στα συμβαλλόμενα μέρη, ή σε μεμονωμένα πλοία αλλά ένα όριο για το σύνολο των εκπομπών του τομέα, καθώς και ένα στόχο (για μια περίοδο δέσμευσης).

Εφαρμογή

Η εφαρμογή του συγκεκριμένου προτεινόμενου μέτρου ακολουθεί αρκετούς από τους παραδοσιακούς τρόπους ελέγχου και ρύθμισης της ναυτιλίας. Τα πλοία για τα οποία εφαρμόζεται το σύστημα, θα πρέπει να εγγραφούν και να διατηρούν ένα λογαριασμό σε ένα διεθνές μητρώο εμπορίας ρύπων από όπου θα αποκτούν δικαιώματα εκπομπών τα οποία θα παραδίδουν περιοδικά ως αντιστάθμιση των εκπομπών τους. Η αντιστάθμιση θα γίνεται με βάση τις εκπομπές CO₂ του πλοίου οι οποίες θα καταγράφονται σε μια ετήσια έκθεση και θα πρέπει να υποβάλλονται σε ένα Διοικητικό σώμα ή στο Κράτος της σημαίας τους για έγκριση. Επιπλέον τα πλοία θα πρέπει να τηρούν αρχείο της κατανάλωσης καυσίμων το οποίο θα ζητείται σε ελέγχους του λιμένα (Port State Control) σύμφωνα με τις καθιερωμένες διαδικασίες. Μέσα από τις επιθεωρήσεις και τις πιστοποιήσεις δικαιωμάτων ρύπων θα εξασφαλίζεται ότι τα πλοία συμμορφώνονται στις απαιτήσεις του μέτρου.

Τα δικαιώματα εκπομπής θα δημοπρατούνται (πωλούνται) στην αγορά από ένα διεθνή φορέα που θα συσταθεί από τον IMO. Τα πλοία θα έχουν εύκολη πρόσβαση στα συγκεκριμένα δικαιώματα εκπομπής αλλά και πρόσβαση σε

άλλα προγράμματα εκπομπών του ΟΗΕ, όπως προγράμματα άλλων τομέων και προγράμματα CDM που διατίθενται από τις αναπτυσσόμενες χώρες. Στόχος του μηχανισμού είναι να διασφαλιστεί πως η ναυτιλία θα έχει πάντα πρόσβαση στα φθηνότερα δικαιώματα εκπομπής έτσι ώστε όχι μόνο να συμβάλει αποτελεσματικά στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής αλλά να μπορεί να αναπτυχθεί περαιτέρω επωφελούμενη από τη δυνατότητα επιλογής των πιο οικονομικώς αποδοτικών μέτρων.

Για τη δημοπράτηση των δικαιωμάτων εκπομπής θα συσταθεί ένα Φορέας/ Ταμείο. Δεδομένου ότι τα δικαιώματα εκπομπής θα πρέπει να διατίθενται στην αγορά από ένα διεθνή φορέα, τα έσοδα θα πάνε απευθείας στην εν λόγω οντότητα. Το Ταμείο αερίων του θερμοκηπίου θα διοικείται από τον Διεθνή φορέα ο οποίος θα είναι υπό τον έλεγχο των Κρατών μερών του συστήματος. Τα έσοδα του Ταμείου αερίων του θερμοκηπίου μπορούν να χρησιμοποιούνται για τον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και την προσαρμογή των αναπτυσσόμενων χωρών καθώς και σε δραστηριότητες τεχνικής συνεργασίας στο πλαίσιο του IMO.

Το Παγκόσμιο Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών για τη διεθνή ναυτιλία θα ορίσει ανώτατο όριο για τις καθαρές εκπομπές από τη διεθνή ναυτιλία και θα θεσπίσουν μηχανισμό εμπορίας ρύπων για τη διευκόλυνση των αναγκαίων μειώσεων εκπομπών, τόσο εντός όσο και εκτός του τομέα. Το ανώτατο όριο για τις καθαρές εκπομπές του τομέα για την πρώτη περίοδο ανάληψης υποχρεώσεων θα καθορίζεται από τη Διάσκεψη υιοθέτησης της Σύμβασης, και για τις επόμενες περιόδους ανάληψης υποχρεώσεων θα πρέπει να καθορίζεται από τα συμβαλλόμενα μέρη της Σύμβασης. Ο αριθμός των μονάδων εκπομπών, που αντιστοιχεί σε αυτό το ανώτατο όριο θα διατίθεται στην αγορά κάθε χρόνο. Προτείνεται οι μονάδες να κυκλοφορούν μέσα από τη διαδικασία δημοπράτησης. Δεδομένου ότι τα πλοία θα πρέπει να παραδίδουν μία μονάδα αντιστάθμισης εκπομπών ναυτιλίας, ή μια αναγνωρισμένη μονάδα αντιστάθμισης εκπομπών εκτός τομέα ή μια μονάδα αναγνωρισμένου project εκτός του τομέα για κάθε τόνο CO₂ που παράγουν, θα πρέπει εξ αρχής να μεριμνήσουν για την αγορά αυτών μέσα από τις δημοπρασίες ή άλλες διαδικασίες που σχετίζονται με την αντιστάθμιση εκπομπών εκτός τομέα.

Σε επίπεδο τομέα, ο βαθμός στον οποίο τα πλοία θα πρέπει να έχουν πρόσβαση σε μειώσεις εκτός τομέα θα εξαρτηθεί από το βαθμό στον οποίο οι εκπομπές από τη διεθνή ναυτιλία υπερβαίνουν τα ανώτατα όρια. Ανεξάρτητα από το πού εμφανίζονται οι μειώσεις, το ETS αποσκοπεί να εξασφαλίσει ότι κάθε τόνος εκπομπών από τη διεθνή ναυτιλία είτε αντιστοιχεί σε μια μονάδα των εκπομπών των πλοίων, ή αντισταθμίστηκε από μειώσεις σε άλλους τομείς.

Αξιολόγηση Κόστους και Εσόδων

Η απόφαση για το πώς το μέτρο θα συνδέεται με άλλα συστήματα εμπορίας εκπομπών ή με μηχανισμούς πιστωτικών μορίων θα έχει σημαντικό αντίκτυπο στην τιμή του άνθρακα και ως εκ τούτου, τον όγκο των ευκαιριών μείωσης των εκπομπών που είναι επικερδείς για τα πλοία που καλύπτονται από την ΚΟΑ. Η πρόταση MEPC 60/4/22 προβλέπει ένα πλήρως ανοικτό σύστημα εμπορίας ρύπων όπου θα μπορούν να χρησιμοποιούνται πιστώσεις και δικαιώματα άνθρακα από άλλα αναγνωρισμένα συστήματα εμπορίας ρύπων.

Συγκεκριμένα η πρόταση ETS προτίθεται να αναγνωρίσει δικαιώματα εκπομπής και πιστώσεις από μηχανισμούς του UNFCCC, όπως πιστοποιημένες μειώσεις εκπομπών (CER) που δημιουργούνται μέσω του Μηχανισμού Καθαρής Ανάπτυξης (CDM). Αυτό θα παρέχει στα πλοία άμεση πρόσβαση σε εκτός-τομέα μειώσεις για να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις συμμόρφωσης και για την αντιστάθμιση των εκπομπών που υπερβαίνουν το ανώτατο όριο εκπομπών. Σε γενικές γραμμές, τα πλοία θα έχουν πρόσβαση εκτός του τομέα όπου το κόστος των πιστώσεων άνθρακα ή των δικαιωμάτων ρύπανσης ενδεχομένως να είναι μικρότερο από το κόστος της εφαρμογής τεχνικών ή επιχειρησιακών μέτρων για τη μείωση των εκπομπών.

Γενικότερα ο τρόπος που θα συνδέεται η πρόταση με άλλα προγράμματα Εμπορίας ρύπων αναμένεται να έχει σημαντικές επιπτώσεις στη διαμόρφωση της τιμής των πιστώσεων του τομέα. Κάποιες από τις εναλλακτικές λύσεις που έχουν συζητηθεί περιλαμβάνουν την ύπαρξη μονομερώς ανοικτού συστήματος που οι εταιρίες θα μπορούν να αγοράζουν πιστώσεις εκτός τομέα δηλαδή πιστώσεις από συστήματα όπως το EU ETS καθώς και άλλα προγράμματα αντιστάθμισης εκπομπών. Μια άλλη εναλλακτική είναι η διμερής ανταλλαγή

μεταξύ των τομέων όπου και οι άλλοι τομείς θα μπορούν να αγοράζουν πιστώσεις ναυτιλίας, αλλά και η ναυτιλία θα μπορεί να αγοράζει πιστώσεις από αυτούς. Αυτό θα μπορούσε να επιφέρει σημαντικά έσοδα στο ταμείο μείωσης των ρύπων της ναυτιλίας, αλλά δεν φαίνεται να έχει πιθανότητες υλοποίησης αφού οι περισσότερες βιομηχανίες έχουν ήδη κάποιο σχετικό πρόγραμμα σε λειτουργία. Κάτι που δεν έχει ακόμα ξεκαθαριστεί είναι η δυνατότητα πώλησης κάποιων πιστώσεων που ενδεχομένως να περίσσεψαν σε κάποιες εταιρίες, όπως συμβαίνει σε άλλα συστήματα εμπορίας ρύπων.

Σε ότι αφορά στη μοντελοποίηση, σε απόλυτους όρους, οι μειώσεις εντός τομέα σύμφωνα με Global ETS είναι οι ίδιες όπως και για τους άλλους μηχανισμούς θεωρώντας δεδομένη ίση τιμή του άνθρακα. Μια υψηλότερη τιμή του άνθρακα (στην συνδεδεμένη αγορά άνθρακα, και ως εκ τούτου, στην πρόταση ETS) θα στρέψει ένα μεγαλύτερο μέρος των μειώσεων από τις εκτός του τομέα μειώσεις, στις εντός του τομέα. Για παράδειγμα, σύμφωνα με το πρότυπο σενάριο, οι εντός τομέα μειώσεις θα είναι 50% υψηλότερες το 2020 και 100% υψηλότερες το 2030 σύμφωνα με το σενάριο της υψηλότερης τιμής του άνθρακα.

Το αποτέλεσμα της συγκεκριμένης πρότασης σε ένα υψηλότερο ή χαμηλότερο ανώτατο όριο (π.χ., του 20 τοις εκατό σε επίπεδα του 2007) δεν φαίνεται να υπόκειται στις ίδιες αβεβαιότητες. Τα υψηλότερα ή χαμηλότερα ανώτατα όρια θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να τηρούνται και αυτό δε θα οδηγήσει σε κάποια διαφορά στο ποσό των εντός τομέα μειώσεων, καθώς η τιμή του άνθρακα θα είναι ανεξάρτητη από το ανώτατο όριο, αν το σύστημα είναι συνδεδεμένο με άλλα σχετικά προγράμματα άνθρακα. Επιπλέον η τιμή των καυσίμων θα μπορούσε να επηρεάσει επίσης την αναλογία των μειώσεων που επιτεύχθηκαν εντός τομέα, αλλά δεν θα άλλαζε τις συνολικές μειώσεις που έχουν επιτευχθεί από το MBM. Οι υψηλότερες τιμές των καυσίμων σημαίνει ότι κάποιες δράσεις μείωσης των εκπομπών θα πρέπει να υλοποιηθούν από την εταιρεία (π.χ. τεχνικές ή λειτουργικές) για την αντιμετώπιση των τιμών των καυσίμων, πράγμα που σημαίνει ότι όλο και λιγότερες πιστώσεις θα αγοράζονται από προγράμματα εκτός τομέα προκειμένου να επιτευχθεί το ανώτατο όριο.

Πίνακας 4: Μοντελοποίηση του Global ETS με βάση ένα στόχο μείωσης 10% κάτω από τα επίπεδα συνηθισμένων εργασιών (του 2007) με σενάριο ανάπτυξης ρύπων 2,8% έως το 2030, τη σημερινή τιμή καυσίμων και άνθρακα.

Παράγοντας μοντελοποίησης	Αποτέλεσμα το 2030
Εκπομπές BAU (Mt)	1511
Εκπομπές μετά την εφαρμογή του EEDI (Mt)	1295
Καθαρές εκπομπές (Net emissions) (Mt)	783
Μείωση εκπομπών εντός του τομέα (Mt)	60
Μείωση εκπομπών εκτός του τομέα (Mt)	452
Ποσοστό μείωσης εκπομπών του μέτρου με βάση BAU (Mt)	34%
Συμπληρωματικές μειώσεις εκτός τομέα (Mt)	783
Χρηματοοικονομικό κόστος των μέτρων (\$ billion)	49
Αποζημιώσεις/ επιστροφές (\$ billion)	0
Κόστος Πιστώσεων (\$ billion)	18
Έσοδα Ταμείου (\$ billion)	31
Κόστος των μειώσεων (\$ /tonne CO ₂)	96
Μέγιστο όριο κόστους- αποτελεσματικότητας (\$ /tonne CO ₂)	38
Επιπλέον διοικητικό κόστος για την εταιρεία (\$ billion)	0,7

IMO 2011, Expert Group Feasibility Study

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζεται η Μοντελοποίηση του Global ETS με βάση ένα στόχο μείωσης 10% κάτω από τα επίπεδα συνηθισμένων εργασιών και σύμφωνα με το σενάριο A1B έως το 2030. Εδώ το σύνολο των μειώσεων εκτός τομέα είναι 452 εκ. τόνοι και εντός του τομέα 60 εκ. τόνοι. Το χρηματοοικονομικό κόστος είναι των μέτρων είναι 49 δισεκατομμύρια δολάρια και το μέγιστο όριο αποτελεσματικότητας ανα τόνο είναι 38 δολάρια.

Αξιολόγηση Κατανομής

Θα πρέπει να αναφερθεί πως η πρόταση έχει κατηγορηθεί πως εισάγει σημαντικό όγκο εγγράφων και γραφειοκρατικών υπηρεσιών που συνεπάγεται φόρτο εργασίας για το προσωπικό των επιχειρήσεων και αυξημένα διοικητικά κόστη. Παρόλο που σκοπός της πρότασης είναι να επιβραβεύονται οι επιχειρήσεις με την καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση καθώς και οι επιχειρήσεις που θα έχουν επιλέξει την εφαρμογή με την καλύτερη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας, αυτό δεν είναι πάντα απλό.

Σε ότι αφορά τα κόστη, πέρα από το κόστος που προκύπτει από την αγορά των πιστώσεων η εταιρία θα έχει και σημαντικά έμμεσα κόστη που θα προκύψουν από τις διοικητικές απαιτήσεις εφαρμογής του μέτρου. Τα κόστη αυτά περιλαμβάνουν:

- Τη δημιουργία διοικητικού οργάνου
- Τη δημιουργία και τη διατήρηση του μητρώου εμπορίας ρύπων, συμπεριλαμβανομένου του κόστους προσωπικού και του κόστους των υποδομών
- Τη σύσταση και τη διοίκηση της αγοράς εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής (ένα ανοικτό σύστημα απαιτεί τη θέσπιση κανόνων και διαδικασιών που θα εξασφαλίζουν συμβατότητα με τα συστήματα εμπορίας εκπομπών σε άλλους τομείς)
- Τη διαδικασία εγγραφής πλοίων σε ένα μητρώο εκπομπών
- Τη καταγραφή της πώλησης (δημοπράτηση) των δικαιωμάτων εκπομπής
- Τη καταγραφή αγοράς και την παράδοση των δικαιωμάτων εκπομπής από τα
- Τη διαδικασία διαχείρισης του Ταμείου και την εκταμίευση
- Την τήρηση Αρχείου
- Την διαδικασία ελέγχου από κάποιο διεθνή φορέα

- Άλλες διαδικασίες επιβολής (έρευνα, την πιστοποίηση, έγκριση των εκθέσεων περί εκπομπών και έλεγχος) από τα συμβαλλόμενα κράτη.

Επιπλέον πρόσθετες διοικητικές δαπάνες για τα πλοία αναμένεται να προκύψουν από την ανάγκη διατήρησης αρχείων καυσίμων και αρχείων για την απόκτηση και παράδοση δικαιωμάτων εκπομπής. Εάν απαιτείται να παραδίδονται εκθέσεις για τις πιστώσεις μία φορά το χρόνο, μπορεί να υπάρξει επιπλέον φόρτος εργασίας για την εταιρεία διαχείρισης του πλοίου καθώς και επιπλέον κόστος αν η έκθεση πρέπει να ελέγχεται από ανεξάρτητο ελεγκτή. Τέλος οι φορείς μπορεί να χρειαστεί να παρακολουθούν στενά την αγορά όλο το χρόνο και να ενεργούν εγκαίρως για να εξασφαλίσουν την καλύτερη δυνατή τιμή των πιστώσεων εκπομπών τους. Το κόστος μπορεί να είναι συγκριτικά υψηλότερο για τους μικρότερους φορείς. Ωστόσο, οι υψηλότερες δαπάνες για τις μικρές επιχειρήσεις θα μπορούσαν να μετριαστούν με τη συγκεντρωτική αγορά των πιστώσεων τους.

2.1.5 Rebate Mechanism

Η πρόταση για τη δημιουργία ενός μηχανισμού αποζημίωσης, όπως προτείνεται από το International Union for Conservation of Nature (MEPC 60/4/55), έχει ως στόχο να συμβιβάσει τις διαφορετικές αρχές μεταξύ των οργανισμών και των φορέων της ναυτιλιακής βιομηχανίας και των οργανισμών για την προστασία του περιβάλλοντος. Μέσω του μηχανισμού οι αναπτυσσόμενες χώρες μπορούν να περιορίσουν το κόστος ή την επίδραση των μέτρων που θα εφαρμοστούν για την μείωση των αέριων ρύπων της ναυτιλίας. Ο μηχανισμός αποζημίωσης μπορεί να εφαρμοστεί σε συνδυασμό με κάθε μέτρο μείωσης (add on) των αέριων ρύπων για τη δημιουργία εσόδων, όπως π.χ το μέτρο που επιβάλλει εισφορά επί των καυσίμων ή την εμπορία ρύπων. Ωστόσο η πρόταση αναφέρει πως ο μηχανισμός αποζημίωσης μπορεί να εφαρμοστεί και αυτόνομα ως ολοκληρωμένο μέτρο (Integrated RM) μέσα από μια διαδικασία 6 βημάτων.

Η πρόταση του IUCN επικεντρώνεται κατά κύριο λόγο στην αποζημίωση των αναπτυσσόμενων χωρών για τις οικονομικές επιπτώσεις που απορρέουν από τα μέτρα. Η αποζημίωση μιας αναπτυσσόμενης χώρας μπορεί να υπολογίζεται βάσει του συνολικού κόστους που επιβαρύνεται η χώρα από την εφαρμογή του

μέτρου, χρησιμοποιώντας άμεσα διαθέσιμα στοιχεία όπως το μερίδιο των παγκόσμιων εισαγωγών σε αξία της χώρας (ή κάποιο άλλο στοιχείο μέτρησης, όπως η απόσταση και η κατανάλωση καυσίμων, εάν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα).

Εφαρμογή

Η πρόταση εστιάζει στη δημιουργία ενός απλού μηχανισμού συλλογής εισφορών από όλα τα πλοία και απόδοσης αποζημίωσης στις αναπτυσσόμενες χώρες. Εάν ο μηχανισμός συνδυαστεί με κάποιο άλλο μέτρο οι εισφορές μπορεί να συλλέγονται είτε μέσω της αγοράς πιστώσεων είτε μέσα από την επιβολή μιας συνολικής εισφοράς. Το ποσό που θα απομένει μετά την απόδοση αποζημίωσης στις αναπτυσσόμενες χώρες θα χρησιμοποιείται σε δράσεις μετριασμού της κλιματικής αλλαγής.

Στην ολοκληρωμένη του εκδοχή ο μηχανισμός θα συλλέγει αυτόνομα εισφορές με βάση την τιμή της μονάδας άνθρακα στην αγορά (χερσαίες μεταφορές) και θα υπολογίζει την αποζημίωση κατά top-down τρόπο, χρησιμοποιώντας τα συνολικά έσοδα και ένα απλό στοιχείο, για κάθε χώρα. Το προτεινόμενο στοιχείο είναι το παγκόσμιο μερίδιο των εισαγωγών της χώρας, υπολογισμένο σε αξία. Το στοιχείο αυτό επιλέχθηκε για να ενσωματώσει και τις πιθανές επιβαρύνσεις που έχουν υποστεί οι καταναλωτές από την εφαρμογή του μέτρου. Κάθε αναπτυσσόμενη χώρα θα μπορεί να παραιτηθεί της αποζημίωσης, ή μέρος αυτής, και να πιστωθεί διεθνώς για μια τέτοια δράση. Οι ανεπτυγμένες χώρες θα πιστώνονται αυτόματα το ποσό της αποζημίωσης που συγκεντρώθηκε μέσω του μέτρου με βάση το ίδιο στοιχείο, δηλαδή δεν θα λαμβάνουν άμεση χρηματική αποζημίωση. Κατά συνέπεια, τα καθαρά έσοδα που εισπράχθηκαν και απέμειναν αφού έχουν εκδοθεί οι αποζημιώσεις, θα προέρχονται μόνο από τις ανεπτυγμένες χώρες, σύμφωνα με τις αρχές και τις διατάξεις της UNFCCC. Τα έσοδα αυτά θα χρησιμοποιούνται σε δράσεις κατά της κλιματικής αλλαγής δίνοντας και πάλι προτεραιότητα στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Κατά τον εμπνευστή της πρότασης, επιδίωξη του συστήματος είναι να μειωθεί η επιβάρυνση της ναυτιλίας και να εξασφαλιστεί η ταχεία ανάπτυξη της σε παγκόσμιο επίπεδο (Stochniol, 2011). Για το λόγο αυτό επιλέγεται η χρήση ενός

ηλεκτρονικού συστήματος με απλές διαδικασίες. Το σύστημα βασίζεται σε ένα κεντρικό μητρώο εκπομπών (Emission Registry), ένα λογαριασμό εκπομπών για κάθε πλοίο, και ένα προκαθορισμένο παγκόσμιο τραπεζικό πρόγραμμα (BK), που θα παρέχει ένα λογαριασμό πληρωμών για κάθε πλοίο. Το σύστημα λειτουργεί μέσα από έξι βήματα:

1. Αναφορά των καυσίμων του πλοίου (από το διαχειριστή) στο κεντρικό αρχείο εκπομπών (ER)
2. Απευθείας πληρωμή της εισφοράς του πλοίου (από το ναυλωτή)
3. Έλεγχος της συμμόρφωσης του πλοίου (κεντρικό μητρώο εκπομπών), από το λιμάνι και από το κράτος σημαίας
4. Επιβολή συμμόρφωσης από το κράτος σημαίας
5. Πιστοποίηση της συμμόρφωσης του πλοίου, από το κράτος σημαίας
6. Εκταμίευση των εσόδων

Σημειώνεται πως η εκταμίευση των εσόδων θα γίνεται σε δύο βήματα. Το πρώτο βήμα περιλαμβάνει την εκταμίευση για την αποζημίωση των αναπτυσσόμενων χωρών που έχουν ζημιωθεί από την εφαρμογή του μέτρου. Το δεύτερο βήμα θα διανέμει τα υπόλοιπα έσοδα που θα έχουν συγκεντρωθεί σε περιβαλλοντικές οργανώσεις σύμφωνα με κάποια προσυμφωνημένη αναλογία. Σύμφωνα με την πρόταση, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η περιβαλλοντική αποτελεσματικότητα και η σχέση κόστους- αποτελεσματικότητας, προτεραιότητα θα δίνεται σε δραστηριότητες μετριασμού των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στις αναπτυσσόμενες χώρες και σε δραστηριότητες υιοθέτησης τεχνολογιών με χαμηλές εκπομπές άνθρακα.

Η πρόταση αναφέρει ότι, ο μηχανισμός αποζημίωσης θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε συνδυασμό με κάθε μέτρο (add on) υπό τον όρο ότι τα έσοδα που αποφέρει είναι τουλάχιστον 30% της παγκόσμιου κόστους του μέτρου (αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το 30% είναι το παγκόσμιο μερίδιο εισαγωγών που αποδίδεται στις αναπτυσσόμενες χώρες).

Αξιολόγηση Κόστους και Εσόδων

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, η πρόταση μπορεί να αποφέρει μειώσει τόσο εντός όσο και εκτός του τομέα. Αναλυτικότερα οι μειώσεις εντός τομέα θα επέλθουν μέσω της εισφοράς που θα πρέπει να καταβάλλεται από τα πλοία για το ποσό των καυσίμων κάθε τρίμηνο. Η πρόταση προβλέπει ότι η εισφορά θα πρέπει να καθορίζεται σταθερή για ένα τρίμηνο και να ανακοινώνεται τουλάχιστον 30 ημέρες πριν. Το ποσό της εισφοράς θα πρέπει να αναπροσαρμόζονται ανάλογα με την επικρατούσα τιμή του άνθρακα για τις χερσαίες μεταφορές ή με την τιμή του άνθρακα στην ευρύτερη οικονομία και σύμφωνα με τον κινητό μέσο όρο των τιμών της αγοράς για μια συγκεκριμένη περίοδο. Το ποσοστό δεν μπορεί να υπερβαίνει ένα ανώτατο όριο, ούτε να πέφτει κάτω από μια κατώτατη τιμή που θα προκαθορίζεται από έναν συγκεκριμένο μαθηματικό τύπο. Τα πλοία θα καταβάλουν την εισφορά σε κεντρικό σύστημα, σε ένα λογαριασμό μιας ή περισσότερων τραπεζών, για να παρακάμπτονται οι εθνικές δημοσιονομικές διαδικασίες.

Οι μειώσεις εκτός τομέα επιτυγχάνονται με τη χρήση ενός ποσοστού των εσόδων μετά από την απόδοση αποζημίωσης για τον μετριασμό των αποτελεσμάτων της κλιματικής αλλαγής στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η πρόταση για την ολοκληρωμένη εφαρμογή θα συλλέγει εισφορά που αντιστοιχεί στην τιμή διοξειδίου του άνθρακα για κάθε τόνο καυσίμου που καταναλώνεται από τη διεθνή ναυτιλία. Αυτό σημαίνει ότι τα ακαθάριστα εισπραχθέντα έσοδα θα αντιπροσωπεύουν ένα μεγάλο μέρος του συνολικού κόστους του μέτρου, παρέχοντας ένα σημαντικό ποσό εσόδων που θα χρησιμοποιηθούν για σκοπούς μη αποζημίωσης. Εάν ο μηχανισμός συνδέεται με ένα διαφορετικό μέτρο όπως π.χ. το ETS, διαφορετικό ποσό των εσόδων μπορεί να διατίθεται για αυτούς τους σκοπούς.

Ωστόσο συνολικά η πρόταση δεν έχει ορίσει στόχο μείωσης ή όριο των εκπομπών της ναυτιλίας. Συγκεκριμένα η πρόταση αναφέρει ότι ο καθορισμός του ποσοστού της εισφοράς βασίζεται στην επικρατούσα τιμή του άνθρακα, που κατά την γνώμη του IUCN σημαίνει ότι δεν θα απαιτείται παγκόσμιος στόχος μείωσης για τη διεθνή ναυτιλία. Βεβαίως, κάποιες μειώσεις εκπομπών θα πραγματοποιούνται κάθε χρόνο μέσω της διάθεσης των καθαρών εσόδων στους διάφορους περιβαλλοντικούς οργανισμούς.

Δύο παράγοντες που θα έχουν σημαντική επίδραση στις εισφορές στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης εφαρμογής του μέτρου είναι:

1. Η επιλογή του ETS ή της τιμής του άνθρακα στις χερσαίες βιομηχανίες
2. Η παρουσία κατώτατης και ανώτατης τιμής εισφοράς στο μηχανισμό.

Πίνακας 5: Μοντελοποίηση του Rebate Mechanism με βάση ένα στόχο μείωσης 10% κάτω από τα επίπεδα συνηθισμένων εργασιών (του 2007) με σενάριο ανάπτυξης ρύπων 2,8% έως το 2030, τη σημερινή τιμή καυσίμων και μέτρια τιμή άνθρακα.

Παράγοντας μοντελοποίησης	Αναμενόμενα Αποτέλεσμα το 2030
Εκπομπές BAU (Mt)	1511
Εκπομπές μετά την εφαρμογή του EEDI (Mt)	1295
Καθαρές εκπομπές (Net emissions) (Mt)	887
Μείωση εκπομπών εντός του τομέα (Mt)	64
Μείωση εκπομπών εκτός του τομέα (Mt)	345
Ποσοστό μείωσης εκπομπών του μέτρου με βάση BAU (Mt)	27%
Συμπληρωματικές μειώσεις εκτός τομέα (Mt)	517
Χρηματοοικονομικό κόστος των μέτρων (\$ billion)	49
Αποζημιώσεις/ επιστροφές (\$ billion)	15
Κόστος Πιστώσεων (\$ billion)	14
Έσοδα Ταμείου (\$ billion)	21
Κόστος των μειώσεων (\$/ tonne CO₂)	121
Μέγιστο όριο κόστους- αποτελεσματικότητας (\$/tonne CO₂)	53
Επιπλέον διοικητικό κόστος για την εταιρεία (\$ billion)	0,8

IMO 2011, Expert Group Feasibility Study

Παραπάνω, στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται η Μοντελοποίηση του προτεινόμενου Μέτρου Rebate Mechanism με βάση ένα στόχο μείωσης 10% κάτω από τα επίπεδα συνηθισμένων εργασιών και σύμφωνα με το σενάριο A1B έως το 2030.

Ο πίνακας δείχνει τις μειώσεις και το κόστος, σύμφωνα με τα σενάρια αναφοράς για το μηχανισμό αποζημίωσης. Οι μειώσεις εκτός τομέα υπολογίζονται σε 345 εκ. τόνοι και εντός τομέα σε 64 εκ. τόνοι. Σε ότι αφορά τα χρηματοοικονομικά μεγέθη αυτά παρουσιάζονται ως εξής: Πρώτον, το κόστος των πιστωτικών μορίων εκπομπών, το οποίο στην περίπτωση του μηχανισμού αποζημίωσης αγοράζονται από το κεντρικό ταμείο και θα έχουν συνολικό κόστος 14 δισεκατομμύρια δολάρια. Δεύτερον, οι αποζημιώσεις οι οποίες αποτελούν μέρος του ακαθάριστου κόστους που παρέχονται στις αναπτυσσόμενες χώρες για την αντιστάθμιση των δαπανών που απορρέουν από το σύστημα και υπολογίζονται σε 15 δισεκατομμύρια δολάρια. Τρίτον, τα καθαρά έσοδα του ταμείου που αντιπροσωπεύουν το υπόλοιπο ποσό που θα χρησιμοποιηθούν για άλλους σκοπούς αφού αγοραστούν οι πιστώσεις και αφού έχουν αποδοθεί οι αποζημιώσεις και φτάνουν τα 21 δισεκατομμύρια δολάρια. Έτσι το μέτρο έχει κόστος 121 δολάρια ανά τόνο CO₂ που απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα και το μέγιστο όριο κόστους αποτελεσματικότητας είναι 53 δολάρια ανα τόνο.

Αξιολόγηση κατανομής

Στόχος της πρότασης είναι να συμβαδίζει με τις αρχές της UNFCCC, συμπεριλαμβανομένης της αρχής των κοινών αλλά διαφοροποιημένων ευθυνών. Για την επίτευξη αυτού του στόχου θα πρέπει οι αναπτυσσόμενες χώρες να επιβαρύνονται αναλογικά λιγότερο από τις ανεπτυγμένες χώρες. Στη συγκεκριμένη πρόταση αυτό επιτυγχάνεται μέσω της παροχής αποζημίωσης στις αναπτυσσόμενες χώρες. Το γεγονός μάλιστα ότι η αποζημίωση μπορεί να συνδέεται με ένα στοιχείο όπως η αξία των εισαγωγών της χώρας κάνει το σύστημα πιο δίκαιο για τους καταναλωτές των αναπτυσσόμενων χωρών, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις των Μικρών Νησιωτικών Κρατών όπου λόγω ανελαστικότητας στη ζήτηση κάποιων προϊόντων, σημαντικό μέρος του κόστους του μέτρου μπορεί να έχει μετακινηθεί προς τους καταναλωτές.

Για την εξασφάλιση της αναλογικότητας στην συνεισφορά της ναυτιλίας στην προσπάθεια καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής, η εισφορά συνδέεται με την επικρατούσα τιμή της μονάδας του άνθρακα για τις εκπομπές των οδικών μεταφορών, ή με τον κινητό μέσο όρο της τιμής του άνθρακα στην παγκόσμια αγορά. Βάση αυτής της τιμής όλα τα πλοία θα πληρώνουν μια εισφορά ανάλογα

με την κατανάλωση καυσίμου του τελευταίου τριμήνου. Η εισφορά θα συγκεντρώνεται σε κεντρικό επίπεδο, παρακάμπτοντας εθνικά ταμεία, και θα μεταφέρεται στο ταμείο με τα ακαθάριστα έσοδα του συστήματος.

Το γεγονός ότι η εισφορά θα συνδέεται με την κατανάλωση καυσίμου κάνει το σύστημα πιο δίκαιο ως προς την αναλογική χρέωση των εκπομπών των πλοίων αφού όπως έχει σημειωθεί η κατανάλωση καυσίμου συνδέεται με την πρόκληση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η πρόταση μάλιστα τονίζει πως η τιμή του άνθρακα στην οποία θα βασίζεται η εισφορά θα πρέπει να παραμένει σταθερή για ένα τρίμηνο και να ανακοινώνεται τουλάχιστον 30 ημέρες πριν από την έναρξη κάθε τριμήνου. Επιπλέον προκειμένου να αυξηθεί η ασφάλεια των επενδύσεων, η εισφορά θα έχει προκαθορισμένη ανώτατη και κατώτατη τιμή.

Ωστόσο ένα από τα μειονεκτήματα του συστήματος είναι πως δεν έχει θέσει κάποιο στόχο μείωσης ή όριο εκπομπών. Αν και λαμβάνεται υπόψη ο γενικός στόχος μείωσης των εκπομπών CO₂ κατά 10% του επιπέδου του 2007, ο μηχανισμός δεν ενσωματώνει συγκεκριμένα όρια εκπομπών σε ετήσια ή κάποια άλλη περιοδική βάση. Αντί αυτού, υπολογίζει πως αυτό θα επιτευχθεί αυτόματα με βάση την διαμορφωμένη τιμή του άνθρακα στην αγορά η οποία και θα αποτελέσει και κίνητρο για επενδύσεις. Αυτό εισάγει μια επιπλέον αβεβαιότητα για την περιβαλλοντική αποτελεσματικότητα του μέτρου η οποία όμως αντισταθμίζεται σε κάποιο βαθμό από την πραγματοποίηση έρευνας για νέες τεχνολογίες και την υλοποίηση δράσεων κατά της κλιματικής αλλαγής.

Σε ότι αφορά την δίκαιη εφαρμογή και την αποφυγή στρεβλώσεων κατά την υλοποίηση, ένα σχετικό μειονέκτημα του μέτρου είναι πως απαιτούνται πολλά και ακριβή στοιχεία. Έτσι, ο χρόνος ανάπτυξης κάποιου μέτρου είναι πιθανό να επεκταθεί ως αποτέλεσμα των συζητήσεων που απαιτούνται όσον αφορά την ενσωμάτωση του μηχανισμού αποζημίωσης. Εάν υπάρχουν ακριβή και άμεσα διαθέσιμα στοιχεία εισαγωγών (από τη θάλασσα) για κάθε χώρα, η πρόταση θα είναι πιο εύκολο να εφαρμοστεί. Ωστόσο, η ποσότητα των δεδομένων που θα πρέπει να αναλυθούν για να εξασφαλιστεί ότι το σύστημα δεν είναι υπερβολικά επαχθής, είναι μεγάλη αφού θα πρέπει να αντιμετωπιστούν κάποιες διαφορές σχετικά με τα επίσημα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των αποζημιώσεων. Τέλος είναι πιθανό να υπάρξουν απαιτήσεις ελέγχου από τον κεντρικό φορέα πριν δοθεί το ποσό χρηματικής αποζημίωσης στα μέρη που

εμπλέκονται σε αυτό το σύστημα. Οι απαιτήσεις ελέγχου θα πρέπει να εξεταστούν με ιδιαίτερη προσοχή για να μην έχουν αντίκτυπο στην ευκολία και την πρακτική εφαρμογή της πρότασης.

Πίνακας 6: Συνολική παρουσίαση σύμφωνα με το A1B σενάριο

	GHG Fund	PSL	ETS	SECT	Rebate Mechanism
Εκπομπές BAU (Mt)	1,511	1,511	1,511	1,511	1,511
Εκπομπές μετά την εφαρμογή του EEDI (Mt)	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295
Καθαρές εκπομπές (Net emissions) (Mt)	870	1,232	870	1,154	887
Μείωση εκπομπών εντός του τομέα (Mt)	8	64	60	142	64
Μείωση εκπομπών εκτός του τομέα (Mt)	418	0	365	0	345
Ποσοστό μείωσης εκπομπών του μέτρου με βάση BAU (Mt)	28%	4%	28%	9	27
Συνολικές μειώσεις (Mt)	4,299	509	4,303	1410	5,297
Χρηματοοικονομικό κόστος των μέτρων (\$billion)	22	49	49	0	49
Αποζημιώσεις/ επιστροφές (\$billion)	0	0	0	0	15
Κόστος Πιστώσεων (\$billion)	17	0	15	0	14
Έσοδα Ταμείου (\$billion)	5	49	35	0	21
Κόστος των μειώσεων (\$/tonne CO₂)	50	770	96		126
Μέγιστο όριο κόστους-αποτελεσματικότητας (\$/tonne CO₂)	39	38	38		53
Επιπλέον διοικητικό κόστος για την εταιρεία (\$billion)	0,1	0,8	0,7		0.8

IMO 2011, Expert Group Feasibility Study

Πίνακας 7: Συνολική παρουσίαση των αναμενόμενων αποτελεσμάτων των μέτρων για το σύνολο των σεναρίων

	GHG Fund	PSL	ETS	SECT	REBATE MECHANISM
Υποχρεωτικό EEDI				123- 299	
Μειώσεις Εντός Τομέα	1-31	29- 119	27-114	106-142	29- 68
Μειώσεις Εκτός Τομέα	152-584		190-539		124- 345
Συνολικές μειώσεις (% BAU)	13- 40%	2-8%	13-40%	19-31%	13- 28%
Πιθανές Συμπληρωματικές Μειώσεις από τη χρήση εσόδων	104- 143	917- 1232	696- 870		187- 517
Έσοδα για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής το 2030	4-14	40-118	28-87	0	17-23

IMO 2011, Expert Group Feasibility Study

Όπως είναι φανερό από την παρουσίαση των αναμενόμενων αποτελεσμάτων των προτεινόμενων μέτρων (Πίνακας 7), υπάρχουν σημαντικές διαφορές λόγω των ποικίλων μηχανισμών που χρησιμοποιούνται. Μια πρώτη σημαντική διαφορά μπορεί να εντοπιστεί στην αποκλειστική λειτουργία του μηχανισμού στον τομέα της ναυτιλίας ή στην συνεργασία με μηχανισμούς άλλων τομέων. Η λειτουργία αυτή κρίνει σε μεγάλο βαθμό την βεβαιότητα επίτευξης των επιθυμητών αποτελεσμάτων η οποία συνδέεται με την ανάληψη επενδύσεων από πλευράς πλοιοκτητών και το μέγεθος των αποτελεσμάτων. Τα μέτρα GHG Fund, ETS και Rebate Mechanism που προβλέπουν μειώσεις από project κτός τομέα εμφανίζουν μεγαλύτερες συνολικές μειώσεις CO₂.

Σημαντική κρίνεται και η δυνατότητα συγκέντρωσης εσόδων τα οποία θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον μετριασμό των επιπτώσεων της

κλιματικής αλλαγής. Ωστόσο τα έσοδα και οι δράσεις αυτές, αν και βασίζονται σε μηχανισμούς που θεωρούνται αποτελεσματικοί για την επίτευξη περιβαλλοντικών στόχων, δεν παρουσιάζουν την ίδια βεβαιότητα με αυτή που παρουσιάζουν μηχανισμοί επιβολής τεχνολογικών βελτιώσεων. Στην περίπτωση της ναυτιλίας ένας τέτοιος μηχανισμός είναι ο δείκτης EEDI, στην επέκταση του οποίου βασίζεται η πρόταση SECT.

Ωστόσο, η παραπάνω μοντελοποίηση και τα αναμενόμενα αποτελέσματα των μέτρων δεν είναι αρκετά για να αποφασισθεί κάποιο μέτρο ως το πλέον κατάλληλο. Αντίθετα φαίνεται πως κάθε μέτρο παρουσιάζει καλή επίδοση σε κάποιο ζητούμενο στόχο και λιγότερο καλή σε άλλους. Για το λόγο αυτό επιβάλλεται η μελέτη των προτεινόμενων μηχανισμών σε συνδυασμό με κάποια κριτήρια που αξιολογούν την επίδοση των μέτρων ως προς τον ζητούμενο στόχο. Στην μελέτη του IMO τέθηκαν αρχικά 9 τέτοια κριτήρια, τα οποία αργότερα έγιναν 13 και έχουν οργανωθεί σε 4 ομάδες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

3.1 Θεωρητική ανάλυση του προβλήματος σύμφωνα με τις κυρίαρχες περιβαλλοντικές προσεγγίσεις

Η αντιμετώπιση ενός περιβαλλοντικού προβλήματος απαιτεί άριστη κατανόηση, ανάλυση και μεθοδολογική προσέγγιση όλων των συνιστωσών του προβλήματος για τον καθορισμό των καλύτερων δυνατών λύσεων. Για το λόγο αυτό, κατά την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων τα στάδια επίλυσης του προβλήματος ιεραρχούνται και αναλύονται με τη χρήση στόχων, πολιτικών, στρατηγικών και τακτικών (Παπαϊωάννου 1997). Ο στόχος εκφράζει την κατεύθυνση την οποία τα έθνη μέσα από νόμους και λοιπά κείμενα της κεντρικής ή περιφερειακής εξουσίας, σχεδιάζει να κινηθεί. Βεβαίως οι στόχοι δεν καθορίζονται μόνο από τις κυβερνητικές αρχές, καθορίζονται και από όλες τις ενδιαφερόμενες ομάδες οι οποίες προσπαθούν να εντάξουν αυτούς τους στόχους στα πλαίσια ενός κεντρικού ή περιφερειακού σχεδιασμού. Στην περίπτωση παγκόσμιων στόχων, το ρόλο συντονισμού των διαδικασιών αναλαμβάνει συνήθως κάποιος Παγκόσμιος φορέας, όπως το Παγκόσμιο Ταμείο για την κλιματική αλλαγή των Ηνωμένων Εθνών, ή άλλοι πιο εξειδικευμένοι οργανισμοί.

Οι στόχοι υλοποιούνται καταρχήν μέσα από πολιτικές, οι οποίες είναι δηλώσεις ή κείμενα τα οποία περιγράφουν σε γενικές γραμμές τον τρόπο που πρέπει να κινηθεί το έθνος ή η περιφέρεια, για να διεκπεραιώσει τους στόχους αυτούς. Ακολουθούν οι στρατηγικές και οι τακτικές που είναι ακόμα πιο ειδικά κείμενα ή ειδικές περιγραφές για το πώς θα διεκπεραιωθούν οι πολιτικές ώστε να φτάσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια και συνέπεια στους προκαθορισμένους στόχους. Στις τακτικές περιλαμβάνονται συνήθως διάφοροι μηχανισμοί και εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέτρα, για την επίτευξη των επιθυμητών στόχων. Βασικό ερώτημα για τη διαμόρφωση αυτών είναι «πόση ρύπανση θέλουμε να απομακρυνθεί».

Στην περίπτωση των αερίων του θερμοκηπίου, ο Παγκόσμιος στόχος όπως αναγνωρίστηκε από τη Παγκόσμια συνδιάσκεψη της UNFCCC της Κοπεγχάγης

αλλά και του Κανκούν το 2011, είναι να διατηρηθεί η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας σε επίπεδα κάτω των 2°C ετησίως. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος μελετητές έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει να μειωθούν οι εκπομπές όλων των αερίων του θερμοκηπίου κατά 50% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 ως το 2050. Για το διοξείδιο του άνθρακα συγκεκριμένα, αποφασίστηκε σε παγκόσμιο επίπεδο οι χερσαίες βιομηχανίες να μειώσουν τις εκπομπές τους κατά 30% σε σχέση με το 1990. Η προσαρμογή μπορεί να περιλαμβάνει, τόσο εθνικές, όσο και περιφερειακές στρατηγικές, καθώς και πρακτικά μέτρα σε κοινοτικό επίπεδο. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) ξεκίνησε τη λειτουργία του Ευρωπαϊκού συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από το 2005, θεωρώντας ότι ο μηχανισμός αυτός μπορεί να αποτελέσει ένα ιδιαίτερα αποτελεσματικό εργαλείο για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η πολιτική αυτή επικυρώθηκε από τις κυβερνήσεις των περισσότερων χωρών και πέρασε στην εθνική νομοθεσία τους.

Πως όμως τίθενται αυτοί οι στόχοι; Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο βασικός τους σκοπός είναι η μείωση ή η απομάκρυνση μιας συγκεκριμένης ποσότητας ρύπανσης. Ποιο είναι όμως το θεωρητικό μοντέλο στο οποίο βασίζονται και ποιες αρχές εκφράζει; Για κάποιους η ποσότητα ρύπανσης που θα πρέπει να αντιμετωπιστεί είναι αυτή που καθιστά το περιβάλλον «ασφαλές» ενώ για άλλους θα μπορούσε να είναι η ποσότητα που είναι η πιο αποδοτική σε όρους «κόστους - αποτελεσματικότητας». Για την απάντηση αυτών των ερωτημάτων θα πρέπει να γίνει μια σύντομη περιγραφή των κυρίαρχων προσεγγίσεων της περιβαλλοντικής κοινωνιολογίας και κυρίως της οικονομικής περιβάλλοντος που θεωρείται κλάδος της επιστήμης της οικονομίας.

Η περιβαλλοντική κοινωνιολογία εμφανίστηκε προς τα τέλη της δεκαετίας του '70 με κυριότερους εκφραστές τους Dunlap και Catton οι οποίοι υποστήριζαν την ανάγκη ύπαρξης μιας προσέγγισης που θα πηγαίνει πέρα από την «εξέταση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, ως κοινωνικών και πολιτικών θεμάτων και θα χρησιμοποιεί τις περιβαλλοντικές μεταβλητές για να εξετάσει τις σχέσεις μεταξύ κοινωνίας και περιβάλλοντος» (Dunlap 2002, όπως παρατίθεται από Μποτετζάγιας και Καραμίχας, 2008).

Η ενασχόληση με το θέμα της σχέσης μεταξύ ανθρώπου και φύσης είχε ωστόσο ξεκινήσει από πολύ νωρίτερα μέσα από τα έργα των Marx και Engels. Σ' αυτό το πλαίσιο για τον Marx η φύση αποτελεί το «ανόργανο σώμα στο βαθμό που η φύση είναι (1) το άμεσο μέσο διαβίωσης του και (2) το υλικό, το αντικειμενικό και το όργανο της δραστηριότητας του στη ζωή» (Parsons 1977). Τονίζει ωστόσο ότι οι σχέσεις ανθρώπου και φύσης δεν είναι σταθερές, δηλαδή αναλλοίωτες στο χώρο και στο χρόνο αλλά «ιστορικές» και εξαρτώνται από συγκεκριμένες κοινωνικές σχέσεις. Αυτές οι κοινωνικές σχέσεις σύμφωνα με την Μαρξιστική θεωρία είναι αποτέλεσμα των σχέσεων παραγωγής. Για το λόγο αυτό, οι σχέσεις ανθρώπου φύσης δεν θα πρέπει να εξετάζονται ως αποτέλεσμα μεμονωμένων ατομικών αντιλήψεων αλλά ως αποτέλεσμα της ταξικής δομής και του τρόπου με τον οποίο είναι δομημένη η παραγωγή στο υπό εξέταση σύστημα. Με την έλευση του καπιταλισμού και τον αναγκαστικό διαχωρισμό του εργάτη από τα μέσα της εργασίας και το υλικό για εργασία αλλάζουν τόσο οι σχέσεις ανθρώπου- φύσης όσο και οι σχέσεις μεταξύ των ανθρώπων αλλάζουν. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τόσο ο άνθρωπος όσο και η φύση γίνονται εμπορεύσιμα αγαθά και αποκτούν αποξενωμένες υποστάσεις (Burkett 1999).

Η οικονομική περιβάλλοντος αναπτύχθηκε στη δύση κατά τη δεκαετία το 1960, όταν άρχισαν να γίνονται ορατές οι συνέπειες της βιομηχανοποίησης στην Ευρώπη. Ξεκινώντας με την παραδοχή πως κάθε οικονομία αλληλοεπιδρά με το βιοφυσικό περιβάλλον στο οποίο είναι εγκατεστημένη τόσο για την άντληση φυσικών πόρων όσο και με την απόρριψη λυμάτων ή ρύπων. Οι φυσικοί πόροι χρησιμεύουν ως πρώτες ύλες για την παραγωγή των αγαθών που θα καταναλωθούν ενώ η ρύπανση επέρχεται ως επακόλουθο της παραγωγικής διαδικασίας. Υπό αυτή την έννοια η ρύπανση θεωρείται ένα αρνητικό εξωτερικό κόστος αφού δεν έχει ενσωματωθεί στην τιμή του αγαθού και δεν το φέρει ούτε ο πωλητής, ούτε ο αγοραστής. Ο Pigou (1920) ήταν ο πρώτος που αναφέρθηκε στο εξωτερικό κόστος και διαχώρισε το κόστος της παραγωγής και κατανάλωσης, από το κοινωνικό κόστος της παραγωγής και κατανάλωσης το οποίο το επωμίζεται η κοινωνία ως σύνολο.

Σύμφωνα με την άποψη αυτών των οικονομολόγων οι αγορές επιλέγουν την ρύπανση επειδή τα περιβαλλοντικά αγαθά είναι κοινά, δηλαδή δωρεάν ή στην

καλύτερη περίπτωση χαμηλά κοστολογημένα. Δεδομένου ότι αυτά δεν ανήκουν σε κανένα συγκεκριμένο άτομο, απουσίας κρατικού ελέγχου, οι επιχειρήσεις θα τα εκμεταλλευτούν αδιαφορώντας για το εξωτερικό κόστος που παράγεται κατά την παραγωγική διαδικασία.

Σήμερα έχει επικρατήσει οι παραπάνω δραστηριότητες να αξιολογούνται με όρους οικονομικούς και να ενσωματώνονται στην οικονομία τις αγορές εφαρμόζοντας την αρχή «ο Ρυπαίνων Πληρώνει». Το πρόβλημα στην σημερινή οικονομία της αγοράς είναι ότι η επίτευξη ενός στόχου μηδενικής ρύπανσης δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα, αφού κάτι τέτοιο θα ήταν ακριβό και αντί-παραγωγικό για τις επιχειρήσεις (Giddens 2009). Αναζητείται λοιπόν η εξεύρεση ενός σημείου ισορροπίας μεταξύ κόστους και ωφελειών από τη ρύπανση, το οποίο θα επιτυγχάνει ένα «αποδοτικό επίπεδο ρύπανσης».

3.1.1 Το πρότυπο της αποδοτικότητας

Με τον όρο αποδοτικό εδώ εννοείται κάτι περισσότερο από την μη σπατάλη πηγών. Πρόκειται για την κατάσταση που είναι γνωστή ως Pareto- efficient (Pareto, 1909) σύμφωνα με την οποία μπορείς να βελτιώσεις τη θέση κάποιου χωρίς να επιδεινώσεις τη θέση κάποιου άλλου. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στην ανάλυση του οριακού κόστους και της οριακής ωφέλειας του θύτη και του θύματος και τεκμηριώνει πως πέρα από το σημείο ισορροπίας είτε αυτός που μολύνει, είτε τα θύματα είναι σε καλύτερη θέση. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι βασίζεται στην υπάρχουσα διανομή εισοδημάτων και στο σημείο ισορροπίας, τα οικονομικά αποτελέσματα και συγκεκριμένα, τα χρηματοοικονομικά οφέλη, που παράγονται από την οικονομία μεγιστοποιούνται (Goodstein 1995). Συνήθως βέβαια υπάρχουν σχεδόν πάντα νικητές και χαμένοι από την όποια αλλαγή οικονομικής πολιτικής αφού το σημείο ισορροπίας δεν είναι απαραίτητα και το πιο δίκαιο ή το πιο ηθικό αλλά βασίζεται στην προ-υπάρχουσα διανομή εισοδήματος. Τέλος μια ενδιαφέρουσα πλευρά αυτού του προτύπου αναφέρει πως υπό συγκεκριμένες συνθήκες, οποιοδήποτε από τα δύο μέρη κι αν κατέχει τα αρχικά δικαιώματα επί του περιβάλλοντος, το τελικό αποτέλεσμα μετά τη διαπραγμάτευση θα είναι το ίδιο. Υπό αυτή την ερμηνεία το θύμα και ο ρυπαντής θα επέλθουν σε συμφωνία για

το επίπεδο ρύπανσης ανεξάρτητα από το αν η δυνατότητα ρύπανσης ήταν ήδη νόμιμη ή αν κάποιος κατείχε «ιδιωτικά» το περιβάλλον. Αυτό είναι γνωστό ως θεώρημα Coase και αναπτύχθηκε από τον νομπελίστα οικονομολόγο Ronald Coase το 1960. Υποστηρίχτηκε μάλιστα από οικονομολόγους ότι αφού δεν έχει σημασία ποιος κατέχει το περιβάλλον, δεν έχει σημασία και ποιος θα πληρώνει για την ρύπανση. Στην πραγματικότητα βέβαια αυτές οι συνθήκες είναι μάλλον αδύνατο να επιτευχθούν και η αρχή της αποδοτικότητας είναι πιο εύκολο να επιτευχθεί με την αρχή ο ρυπαίνων πληρώνει.

Η κριτική που δέχεται το συγκεκριμένο πρότυπο είναι πως βασίζεται στις καμπύλες οριακού κόστους και οριακού οφέλους που στην πράξη είναι δύσκολο να υπολογιστούν. Υποστηρίζεται λοιπόν πως η ισορροπία δεν μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια και καταλήγουμε απλά με μια «τεχνοκρατική» πρόταση σχετικά με το ποια ποσότητα ρύπανσης θα πρέπει να αντιμετωπιστεί.

3.1.2 Το πρότυπο της περιβαλλοντικής ασφάλειας

Πέρα από το πρότυπο της αποδοτικότητας τα τελευταία χρόνια έχει γενικευτεί και η χρήση των προτύπων περιβαλλοντικής ασφάλειας καθώς είναι πιο συνεπή προς την αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης και τη διατήρηση του φυσικού πλούτου προς όφελος των μελλοντικών γενεών. Τα πρότυπα αυτά βασίζονται στην ιδέα της προστασίας των δικαιωμάτων του ατόμου και των ατομικών του ελευθεριών. Έτσι περιγράφουν ένα σαφή στόχο που θα καταστήσει το περιβάλλον ασφαλές για την κοινωνία και τις μελλοντικές γενιές. Στη θεωρία αυτό θα πρέπει να συνάδει με μια πάρα πολύ μικρή πιθανότητα ζημιάς του ατόμου, της τάξης του 1 προς 1000000. Υπάρχει ωστόσο κάποιος σκεπτικισμός σχετικά με την ικανότητα πρόβλεψης των μελλοντικών αποτελεσμάτων από την εφαρμογή των προτύπων. Παρά την αβεβαιότητα του όμως έχει συχνή εφαρμογή σε χώρες όπως οι ΗΠΑ αφού συνοδεύεται με την εξίσου ασαφή οδηγία χρήσης των «καλύτερων διαθέσιμων πρακτικών»

Το πρότυπο ασφαλείας ενσωματώνει διάφορες μεθόδους αποτίμησης της ελάχιστης «ζημιάς» στον άνθρωπο και τις αναγκαίες δράσεις για την εξασφάλιση της βιωσιμότητας στο μακρό-επίπεδο (Goodstein 1995). Η

σημαντικότερη κριτική που δέχεται είναι πως δεν είναι «αποδοτικό» και αφού δεν βασίζεται στη σχέση «κόστους- αποτελέσματος» ίσως καταλήγουμε σε σπατάλη πόρων για την αντιμετώπιση κάποιας ίσως και μικρής ζημιάς.

3.1.3 Η αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης

Είναι κοινώς αποδεκτό πως ο άνθρωπος έχει ευθύνη σε ότι αφορά τον περιορισμό των ρύπων και τη διατήρηση των φυσικών πηγών του πλανήτη αφού θα πρέπει να τα παραδώσει στις μελλοντικές γενιές.

Η βιώσιμη ανάπτυξη λοιπόν προσδιορίζεται ως η δυνατότητα που δίνουμε στην κοινωνία του μέλλοντος να απολαύσει τα υλικά αγαθά αλλά και τον περιβαλλοντικό πλούτο που απολαμβάνουν και οι σημερινές γενιές.

Όπως προαναφέρθηκε τα περισσότερα βιοφυσικά αγαθά υπόκεινται είτε σε υπερβολική χρήση από τις σημερινές γενιές είτε σε ρύπανση από εκπομπές αερίων ή υγρών αποβλήτων. Οι οικονομολόγοι της νέο-κλασικής σχολής άλλα και της σχολής της οικολογικής οικονομίας συμφωνούν γενικά με τον ορισμό της βιωσιμότητας, αλλά διαφωνούν ως προς τα μέσα με τα οποία θα πρέπει να εφαρμοστεί. Μια βασική διαφωνία είναι πως οι πρώτοι πιστεύουν ότι το παραγόμενο κεφάλαιο μπορεί να αντικαταστήσει το φυσικό κεφάλαιο σε διευρυμένη βάση ενώ αντίθετα οι οπαδοί της οικολογικής οικονομίας πιστεύουν πως αυτά τα δύο είναι συμπληρωματικά. Η νεοκλασική οικονομία ωστόσο θεωρεί πως οι φυσικές πηγές οι οποίες επενδύονται σήμερα είναι παραγωγικές, και άρα θα υπάρχει κάποιο κόστος ευκαιρίας για τον επενδυτή και την κοινωνία εάν δεν προβεί κανείς σε αυτή την επένδυση, και αυτό υπολογίζεται με το επιτόκιο προεξόφλησης.

3.2 Ζητήματα κατανομής των ρύπων της ναυτιλίας

Οι εκπομπές ρύπων της ναυτιλιακής βιομηχανίας αποτελούν σημαντικό μέρος των συνολικών εκπομπών, που επηρεάζουν συνολικά την ποιότητα του αέρα, την αλλαγή του κλίματος και την ανθρώπινη υγεία. Ο σχεδιασμός και η εφαρμογή αποτελεσματικών πολιτικών δράσεων για τη μείωση των εκπομπών αυτών απαιτούν όχι μόνο την ακριβή καταγραφή και την εφαρμογή του κατάλληλου εργαλείου για την μείωση τους, αλλά και την πολιτική βούληση για την προώθηση του. Λόγω του ιδιαίτερου ιδιοκτησιακού καθεστώτος της

ναυτιλίας, ένα από τα μεγαλύτερα θέματα που εγείρονται κατά τη διαδικασία λήψης απόφασης είναι αυτό της κατανομής των ρύπων της ναυτιλίας. Στις συσκέψεις της MEPC συζητήθηκε εκτενώς η μέθοδος με την οποία θα κατανεμηθούν οι εκπομπές ρύπων και κατά συνέπεια και το κόστος απορρύπανσης. Οι επιλογές που όρισε η UNFCCC για την κατανομή των εκπομπών της ναυτιλίας το 1996 στην ανακοίνωση ήταν οι παρακάτω οκτώ:

1. Καμία κατανομή.
2. Κατανομή στα συμβαλλόμενα μέρη ανάλογα με τις εθνικές εκπομπές τους.
3. Κατανομή στα συμβαλλόμενα μέρη ανάλογα με τη χώρα όπου πωλούνται τα καύσιμα.
4. Κατανομή στα συμβαλλόμενα μέρη ανάλογα με την εθνικότητα της εταιρείας του μεταφορέα, ή της χώρα όπου έχει νηολογηθεί το πλοίο, ή τη χώρα του φορέα εκμετάλλευσης.
5. Κατανομή στα συμβαλλόμενα μέρη ανάλογα με τη χώρα αναχώρησης ή τον προορισμό του πλοίου. Εναλλακτικά, οι εκπομπές που σχετίζονται με το ταξίδι ενός πλοίου μπορούν να μοιράζονται μεταξύ της χώρας αναχώρησης και της χώρας άφιξης.
6. Κατανομή στα συμβαλλόμενα μέρη ανάλογα με τη χώρα αναχώρησης ή τον προορισμό των επιβατών ή εμπορευμάτων. Εναλλακτικά, οι εκπομπές που σχετίζονται με το ταξίδι των επιβατών ή του φορτίου θα μπορούσαν να επιμερίζονται μεταξύ της χώρας προέλευσης και της χώρας άφιξης.
7. Κατανομή σε συμβαλλόμενα μέρη ανάλογα με τη χώρα στην οποία ανήκει το φορτίου ή την προέλευση των επιβατών.
8. Κατανομή στο συμβαλλόμενο μέρος των εκπομπών που παράγονται στον εθνικό τους χώρο.

Οι επιλογές 2, 7 και 8 έχουν ήδη απορριφθεί από το SBSTA (Subsidiary Body for Scientific and Technical Advise). Διάφορες μελέτες (Den Elzen et al., 2007) και (Faber et al. 2009) έχουν αξιολογήσει την επιλογή 3 με βάση στοιχεία από την IEA, (IEA 2009), και τις επιλογές 5, 6 και τμήματα της 4 (κράτος σημαίας).

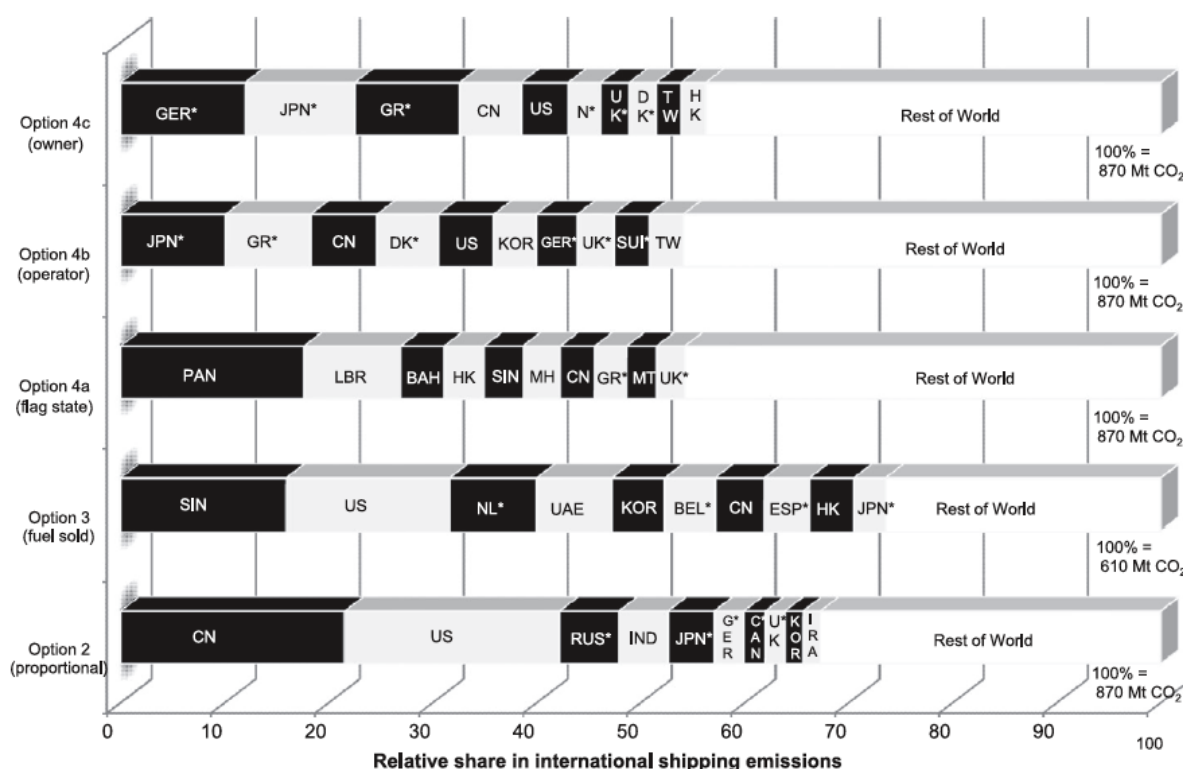
Μια από τις μεγαλύτερες μελέτες στο συγκεκριμένο πεδίο έγινε από τους Heitmann και Khalilian το 2011. Σκοπός της μελέτης ήταν να συγκρίνει τις διάφορες μεθόδους κατανομής ρύπων και μέσα από μοντέλα υπολογισμού ρύπων να υπολογίσει το μερίδιο ρύπων που θα αναλογούσε σε κάθε χώρα αν εφαρμοζόταν οι παραπάνω τρόποι κατανομής. Συγκεκριμένα ερευνήθηκαν οι επιλογές 2, 3, 4 ώστε να υπολογιστούν οι κατανομές ανά χώρα και σε μετέπειτα τρέξιμο συμπεριλήφθηκαν και οι επιλογές 5 και 6 υπολογίζοντας τις κατανομές με βάση ευρύτερες γεωγραφικές περιοχές. Πριν παρουσιαστούν τα αποτελέσματα κρίνεται σκόπιμη και μια σύντομη αναφορά στην κάθε πρότασης κατανομής έτσι ώστε να υπάρχει σαφέστερη εικόνα για την μεθοδολογία την οποία ενσωματώνει.

Η επιλογή 2 αναφέρεται σε κατανομή των αέριων ρύπων της ναυτιλίας σε όλα τα συμβαλλόμενα μέρη αναλογικά με τις συνολικές εθνικές τους εκπομπές (συμπεριλαμβανομένων και των εκπομπών από τη χερσαίας βιομηχανίας). Τα στοιχεία εδώ έχουν αντληθεί από τη δεύτερη μελέτη του IMO (Buhaug et al., 2009) που βασίζονται σε στοιχεία δραστηριότητας των πλοίων άνω των 100 gt. Στην επιλογή 3, προτείνεται η κατανομή των ρύπων με βάση τη χώρα όπου πωλούνται τα ναυτιλιακά καύσιμα. Πρόκειται για μια πολυσυζητημένη μεθοδολογία, που βασίστηκε σε στοιχεία που αφορούν τις εκπομπές CO₂ από την μελέτη της IEA (IEA, 2009). Η επιλογή 4 έχει υποδιαιρεθεί στις επιλογές 4a που αναφέρεται στην κατανομή των ρύπων με βάση τη σημαία του πλοίου, 4b με βάση την χώρα διαχείρισης του πλοίου και 4c με βάση τη χώρα του πλοιοκτήτη. Τα στοιχεία και για την επιλογή 4 προέρχονται από την έρευνα του IMO όσον αφορά στη δραστηριότητα των πλοίων, αλλά όσον αφορά την εθνικότητα, τη σημαία και τη χώρα διαχείρισης τα μόνα διαθέσιμα στοιχεία είναι αυτά του Institute of Shipping Economics and Logistics (ISL Data, 2008) που αναφέρονται σε πλοία άνω των 1000 gt. Για να υπολογιστούν οι συνολικές εκπομπές ανά χώρα χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία για τη μέση κατανάλωση καυσίμου κάθε τύπου πλοίου (με βάση τη δραστηριότητα του πλοίου) τα οποία πολλαπλασιάζονται με συντελεστές καυσαερίων (3,13 για HFO και 3,19 για MDO) και με τον αριθμό των πλοίων που έχει νηολογημένα, διαχειρίζεται ή κατέχει κάθε χώρα. Ο τύπος υπολογισμού των εκπομπών μιας χώρας είναι:

$$E_i = \varepsilon \sum_j q_{ij} c_j(d_{ij})$$

όπου το ε αντιπροσωπεύει τον συντελεστή εκπομπής καυσίμου, το q των αριθμό των πλοίων της χώρας i , το j την κατηγορία των πλοίων και τα $c_j(d_{ij})$ τον συντελεστή κατανάλωσης καυσίμου που δίνει την μέση ετήσια κατανάλωση καυσίμου και εξαρτάται από το μέγεθος d του πλοίου.

Το μοντέλο θέτει ως στόχο την απομάκρυνση 870 MtCO₂, όπως έχει υποδειχθεί από τον IMO. Τα αποτελέσματα ανά χώρα παρουσιάζονται στο Σχήμα 5 και ανά γεωγραφική περιοχή στο Σχήμα 6.



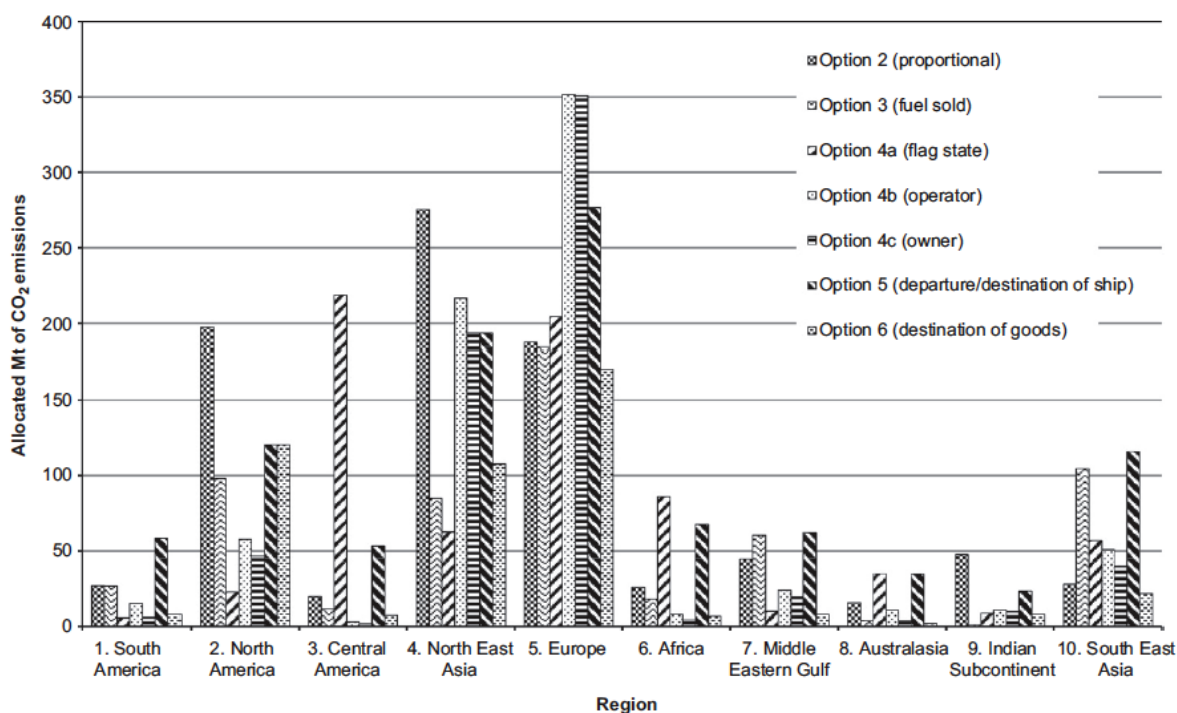
Σχήμα 5: Αποτελέσματα της μελέτης για την κατανομή ρύπων στις χώρες, ανάλογα με την εθνικότητα του πλοιοκτήτη, της διαχειρίστριας εταιρίας, τη χώρα νηολόγησης του πλοίου, τη χώρα πώλησης καυσίμων και αναλογικά με τις συνολικές εκπομπές της χώρας.

Πηγή: Heitmann & Khalilian, 2011

Τα αποτελέσματα ανά χώρα δείχνουν ότι και οι τρεις υποδιαιρέσεις της επιλογής 4 θα πετύχαιναν να κατανείμουν μόλις το 50% στις 10 μεγαλύτερες

ναυτιλιακές χώρες και το υπόλοιπο 50% θα κατανεμόταν στις υπόλοιπες χώρες. Αντίθετα οι επιλογές 3 και 2 πετυχαίνουν να κατανεύμουν μεγαλύτερα ποσοστά της τάξεως του 70% και 65% αντίστοιχα σε χώρες με ισχυρή ναυτιλιακή βιομηχανία.

Αξίζει βεβαίως να σημειωθεί ότι στην περίπτωση της επιλογής 4 οι κατανομές στις διάφορες χώρες διαφέρουν σημαντικά στις 3 υποδιαιρέσεις. Στην 4c όπου η κατανομή γίνεται με βάση την ιδιοκτησία πλοίων θα κατένειμε περισσότερες εκπομπές στη Γερμανία, Ιαπωνία και Ελλάδα, χώρες που έχουν και οι τρεις συμφωνήσει στο πρωτόκολλο του Κιότο. Στην περίπτωση 4b οι χώρες με τη μεγαλύτερα ποσοστά διαχείρισης πλοίων είναι η Ιαπωνία, η Ελλάδα και η Λαϊκή Δημοκρατία της Κίνας και ακολουθούν η Δανία και οι ΗΠΑ. Στην τρίτη περίπτωση ωστόσο οι πρώτες χώρες Παναμάς και Λιβερία είναι χώρες με μικρές οικονομίες. Συνολικά στην περίπτωση 4a μόνο οι 2 από τις 10 χώρες έχουν συμφωνήσει στο πρωτόκολλο του Κιότο.



Σχήμα 6: Αποτελέσματα της μελέτης για την κατανομή των ρύπων σε γεωγραφικές περιοχές ανάλογα με τις συνολικές εκπομπές της περιοχής, την περιοχή πώλησης των καυσίμων, την προέλευση του πλοιοκτήτη, την περιοχή του κράτους σημαίας, τη περιοχή διαχείρισης, την περιοχή

αποχώρησης και προορισμού των πλοίων και την περιοχή προορισμού των αγαθών.

Πηγή: Heitmann & Khalilian, 2011

Στην κατανομή ρύπων ανά περιοχή που παρουσιάζεται στο Σχήμα 6, βλέπουμε πως η Ευρώπη επιμερίζεται περισσότερες εκπομπές απ' ό,τι στην περίπτωση της κατανομής ανά χώρα. Το αντίθετο φαίνεται πως συμβαίνει με την ΝΑ Ασία και την Β. Αμερική, που στην κατανομή με βάση τις γεωγραφικές περιοχές εμφανίζουν λιγότερες εκπομπές, απ' ό,τι στην κατανομή των χωρών. Σύμφωνα με τον συντελεστή διακύμανσης του μοντέλου η επιλογή με την μικρότερη διασπορά είναι η επιλογή 5 (επιτρέπει δηλαδή πιο ισότιμη κατανομή των ρύπων μεταξύ των περιοχών) και ακολουθούν οι επιλογές 3 και 2.

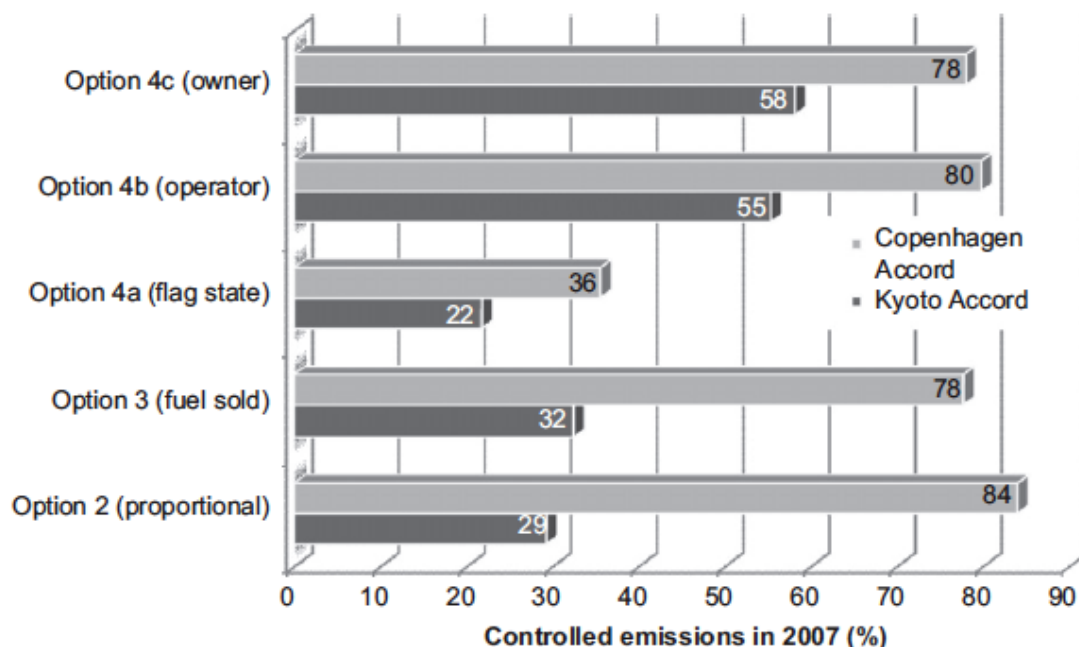
Πέρα από την κατανομή η μελέτη προχωράει στη συνολικότερη εξέταση των προσεγγίσεων που βασίζονται στις παραπάνω προσεγγίσεις. Για την πιο ολοκληρωμένη αξιολόγηση των μεθόδων κατανομής εξετάζονται 3 κριτήρια:

Το πρώτο κριτήριο αφορά την αποτελεσματικότητα στην μείωση των ρύπων, δηλαδή στην πραγματική μείωση των ρύπων της ναυτιλίας σύμφωνα με τον στόχο του IMO.

Το δεύτερο αφορά την αποτελεσματικότητα στην νομική εφαρμογή, δηλαδή στην αξιολόγηση όλων των πολύπλοκων μηχανισμών που σχετίζονται με την εφαρμογή. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη πως ένα μεγάλο πρόβλημα που σχετίζεται με την εφαρμογή είναι οι χώρες που έχουν συμφωνήσει με το σύμφωνο της Κοπεγχάγης ή το σύμφωνο του Κιότο. Ακόμα θα πρέπει να αποκλειστεί η δυνατότητα μετακίνησης των "ρυπαίνοντων" προκειμένου να αποφύγουν τα μέτρα και θα πρέπει να εφαρμοστεί ένα απλό σύστημα παρακολούθησης.

Το τρίτο κριτήριο αναφέρεται στη δίκαιη κατανομή με βάση την αρχή ο ρυπαίνων πληρώνει. Οι χώρες που θα εξεταστούν εδώ χωρίζονται σε δύο κατηγορίες α) στις χώρες που εισάγουν και εξάγουν αγαθά και κατά συνέπεια επωφελούνται από το θαλάσσιο εμπόριο και β) στις χώρες που συνδέονται με την δραστηριότητα των πλοίων δηλαδή τα κατέχουν και τα διαχειρίζονται αποκομίζοντας κέρδος από αυτά.

Σύμφωνα με υπολογισμούς των συγγραφέων η αποτελεσματικότητα στην μείωση ρύπων των χωρών που συμφώνησαν στο Πρωτόκολλο της Κοπεγχάγης και του Κιότο θα ήταν μεγαλύτερη στην επιλογή 2, δηλαδή σε μια αναλογική κατανομή με βάση τους συνολικούς ρύπους.



Σχήμα 7: Αποτελεσματικότητα στον έλεγχο των εκπομπών των επιλογών 2, 3, 4a, 4b, 4c

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης καταλήγουν πως δεν υπάρχει μια και μοναδική επιλογή η οποία να συνδυάζει περιβαλλοντική αποτελεσματικότητα, νομική αποτελεσματικότητα και δίκαιη κατανομή με βάση την αρχή “ο ρυπαίνων πληρώνει”. Το πιο απλό, πιο αποτελεσματικό περιβαλλοντικά και πιο δίκαιο μέτρο είναι η επιλογή 2 (κατανομή με βάση τις συνολικές εκπομπές μιας χώρας), γιατί στοχεύει τις χώρες με μεγάλες οικονομίες, αν και επιβαρύνει κάποιες χώρες που δεν σχετίζονται με την ναυτιλία. Ωστόσο δεδομένου ότι οι προσπάθειες συμμόρφωσης στο πρωτόκολλο της Κοπεγχάγης έχουν τελειώσει, επιχειρείται πλέον συμφωνία με βάση τους στόχους του πρωτόκολλου του Κιότο. Σε αυτή την περίπτωση, η πιο απλή, περιβαλλοντικά αποτελεσματική και δίκαιη επιλογή είναι η 4b και η 4c. Σημειώνεται μάλιστα πως η επιλογή 4b είναι πιο δίκαιη, αφού ο διαχειριστής του πλοίου είναι αυτός που

αποφασίζει για την ταχύτητα, την διαδρομή, τα καύσιμα και άλλα στοιχεία που σχετίζονται με τις εκπομπές.

3.3 Θεωρητική ανάλυση των ζητημάτων κόστους και κατανομής των μέτρων

Όπως προκύπτει και από την ανάλυση των θεωρητικών προσεγγίσεων των οικονομικών περιβάλλοντος η ποσότητα της ρύπανσης η οποία θα πρέπει να μειωθεί είναι συνήθως το μείζον ζήτημα για τον ορισμό κάποιου περιβαλλοντικού μέτρου. Παρόλο που το πρωτόκολλο του Κιότο έθεσε έστω και αδρά, κάποιους στόχους με βάση την προσέγγιση της περιβαλλοντικής ασφάλειας, στην ναυτιλιακή βιομηχανία έχει επικρατήσει η προσέγγιση του κόστους. Η σχέση κόστους αποτελεσματικότητας είναι ένα από τα κριτήρια που έχει αποφασιστεί εξ αρχής στα πλαίσια του IMO. Η σχέση βασίζεται στη ποσότητα καυσίμου που καταναλώνεται και στην ποσότητα φορτίου που μεταφέρεται και συνδέεται με το επιχείρημα ότι δεν θα πρέπει να “τιμωρηθεί” το θαλάσσιο εμπόριο το οποίο είναι ο φιλικότερος τρόπος μεταφοράς αγαθών.

Ανακαλώντας τα προτεινόμενα μέτρα που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια γίνεται φανερό ότι υπάρχουν πολλοί και διαφορετικοί μηχανισμοί για την μείωση των ρύπων της ναυτιλίας. Ακόμα και στην περίπτωση που επιλεγεί κάποιο αγοροκεντρικό μέτρο με βάση τη σχέση κόστους αποτελεσματικότητας, υπάρχουν διάφορες απόψεις για το πως θα γίνεται ο καθορισμός και η συλλογή του «ποσού» ή η αγοροπωλησία των πιστώσεων εκπομπών. Οι παρακάτω παράγραφοι θα επιχειρήσουν να συνδέσουν το κόστος με τα ζητήματα κατανομής και τις επιπτώσεις που προκύπτουν από αυτές τις επιλογές.

3.3.1 Ζητήματα κατανομής του κόστους των μέτρων

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η κυρίαρχη προσέγγιση στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων βασίζεται στην αρχή ο ρυπαίνων πληρώνει. Σε τι βαθμό όμως είναι αυτό εφικτό στη ναυτιλιακή βιομηχανία; Είναι γνωστό πως οι μεταφορές είναι ένα «ενδιάμεσο στάδιο» και το κόστος τους μετακυλιείται σε κάποιο βαθμό στην τελική τιμή του προϊόντος. Πόσο όμως θα «πληρώσουν» οι πλοιοκτήτες, οι εισαγωγείς- εξαγωγείς και οι τελικοί καταναλωτές; Το κόστος μείωσης των εκπομπών έχει αναλυθεί στη μελέτη “Vivid economics,

Assesement of the Economic impact of market- based measures, 2010” που διεξήχθη από ομάδα ειδικών που ορίστηκε από τον IMO προκειμένου να διερευνηθούν οι επιπτώσεις σε συγκεκριμένα φορτία και διαδρομές. Συγκεκριμένα η ανάλυση περιελάμβανε:

- Τη μεταφορά σιδηρομεταλλεύματος από την Λαϊκή Δημοκρατία της Κινάς με τη χρήση πλοίων Capesize
- Τη μεταφορά αργού πετρελαίου από τον κόλπο, στην Νότια Κορέα και στις ΗΠΑ, με τη χρήση πλοίων VLCC
- Τη μεταφορά δημητριακών σε έξι αναπτυσσόμενες χώρες με τη χρήση πλοίων Panamax
- Τη μεταφορά κοντέινερ από Ασία σε Ευρώπη

Η μελέτη περιελάμβανε τον υπολογισμό της ελαστικότητας των ναύλων ως προς την μεταβολή της τιμής των καυσίμων για τα παραπάνω πλοία και στη συνέχεια τον υπολογισμό της αύξησης των ναύλων από την εν λόγω αύξηση της τιμής των καυσίμων. Στόχος της μελέτης είναι η σύνθεση του σκηνικού που θα διαμορφωθεί από την επιβολή φόρου όσον αφορά στις μεταβολές των τιμών, των διακινούμενων ποσοτήτων και των μεριδίων αγοράς. Η ελαστικότητα υπολογίστηκε σε 0.37 για τα VLCCs, 0.25 για τα Panamax, 0.96 για τα Capesize και 0.11 για τα πλοία μεταφοράς container. Όπως είναι κατανοητό, η ελαστικότητα είναι ένας από τους κύριους καθοριστικούς παράγοντες για το μέγεθος των επιπτώσεων που προκαλούνται από μια αύξηση των τιμών καυσίμων σε μια αγορά προϊόντος. Ο άλλος σημαντικός παράγοντας είναι το μέγεθος των ναύλων σε σχέση με την τιμή του προϊόντος.

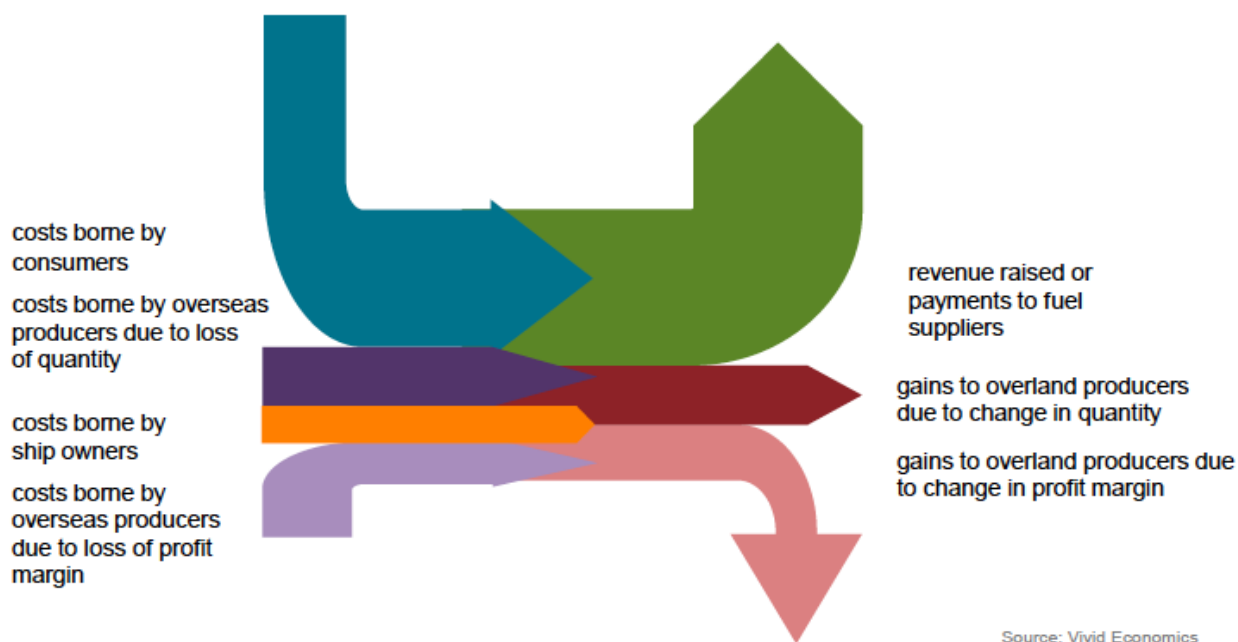
Εάν η ποσοστιαία αύξηση στην τιμή των ναύλων είναι μικρότερη από την αύξηση της τιμής καυσίμων, τότε κάποιο μέρος του κόστους των μέτρων τελικά θα επιβαρύνει τους πλοιοκτήτες. Η κατανομή των επιπτώσεων των μέτρων μεταξύ των εγχώριων και των διεθνών εισαγωγέων και των καταναλωτών συνδέεται με τη δυνατότητα μετακίνησης του κόστους, δηλαδή την ικανότητα των εισαγωγέων να μεταφέρουν το κόστος στους τοπικούς καταναλωτές. Αυτό εξαρτάται από το μερίδιο των εισαγωγέων στην κατανάλωση του συγκεκριμένου προϊόντος και την ανταγωνιστικότητα της αγοράς προορισμού, δηλαδή την ύπαρξη ανταγωνιστικού εγχώριου προϊόντος.

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η αγορά η οποία θα επηρεαστεί περισσότερο είναι αυτή της μεταφοράς σιδηρομεταλλεύματος με Capesize απο την Λαϊκή Δημοκρατία της Κίνας. Οι επιπτώσεις εξαρτώνται από την απόσταση που διανύεται και από την σχετική θέση κάποιων εταιρειών.

Οι αγορές πετρελαίου των ΗΠΑ και Ν. Κορέας, αναμένεται να έχουν μικρές επιπτώσεις και συγκεκριμένα μικρή μείωση στην μεταφερόμενη ποσότητα αλλά σχετικά υψηλή μετακίνηση του κόστους στους καταναλωτές που είναι απόλυτα εξαρτημένοι από την θαλάσσια μεταφορά.

Όσον αφορά τις αγορές δημητριακών οι επιπτώσεις ποικίλουν στις διάφορες χώρες, ανάλογα με την εξάρτηση από την θαλάσσια μεταφορά. Σε πολλές περιπτώσεις το κόστος από τη αύξηση των καυσίμων μεταφέρεται στους καταναλωτές, ή μοιράζεται μεταξύ παραγωγών (εξαγωγέων) και καταναλωτών.

Τέλος εξετάστηκαν οι επιπτώσεις στην μεταφορά επίπλων και άλλων αγαθών υψηλής αξίας με κοντέινερ. Γενικά οι μεταφορές και τα αγαθά που μεταφέρονται με κοντέινερ παρουσιάζουν χαμηλή ελαστικότητα και δεν επηρεάζονται από την μεταβολή στην τιμή των καυσίμων.



Σχήμα 8: Κατανομή του κόστους της αύξησης της τιμής των καυσίμων

Πηγή: Vivid Economics, 2010

Στο Σχήμα 8, βλέπουμε τη συνολική κατανομή του κόστους που θα προέκυπτε από μια αύξηση κατά 10% στην τιμή των καυσίμων. Όπως είναι φανερό από το εν λόγω σχήμα, το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης του κόστους θα το επιμεριστούν οι καταναλωτές και οι παραγωγοί λόγω της μείωσης της ζήτησης. Είναι όμως αυτό το μοντέλο δίκαιο; Η ναυτιλιακή μεταφορά είναι όχι μόνο η οικονομικότερη αλλά και η πιο φιλική προς το περιβάλλον σε όρους ρύπων ανά μεταφερόμενο τόνο φορτίου. Πέρα όμως από αυτό είναι και η μοναδική δυνατότητα μεταφορών, και συγκεκριμένα εισαγωγών, για τα μικρά νησιωτικά κράτη. Παρόλο που από κάποιους συγγραφείς υποστηρίζεται πως και οι καταναλωτές θα πρέπει να πληρώνουν για τις «κακές» περιβαλλοντικές τους επιλογές, είναι δίκαιο να πληρώνουν για αυτές όταν στην ουσία δεν έχουν άλλες επιλογές; Επιπλέον θα πρέπει να τονιστεί πως αυτοί οι φόροι έχουν συνήθως αντιστρόφως προοδευτικό χαρακτήρα (regressive) με αποτέλεσμα να πλήττουν περισσότερο τα άτομα χαμηλών εισοδημάτων. Τέλος σύμφωνα με το Σχήμα 8, οφέλη παρουσιάζουν και οι τοπικοί παραγωγοί, οι οποίοι πλέον θα προτιμώνται από τους καταναλωτές λόγω των λιγότερο ανταγωνιστικών τιμών των εισαγόμενων προϊόντων. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει και πάλι να τονιστεί η θέση των μικρών νησιωτικών κρατών ή των αναπτυσσόμενων χωρών, οι οποίες παρουσιάζουν έλλειψη πόρων για τοπική παραγωγή και ισχυρή εξάρτηση από τις εισαγωγές τους.

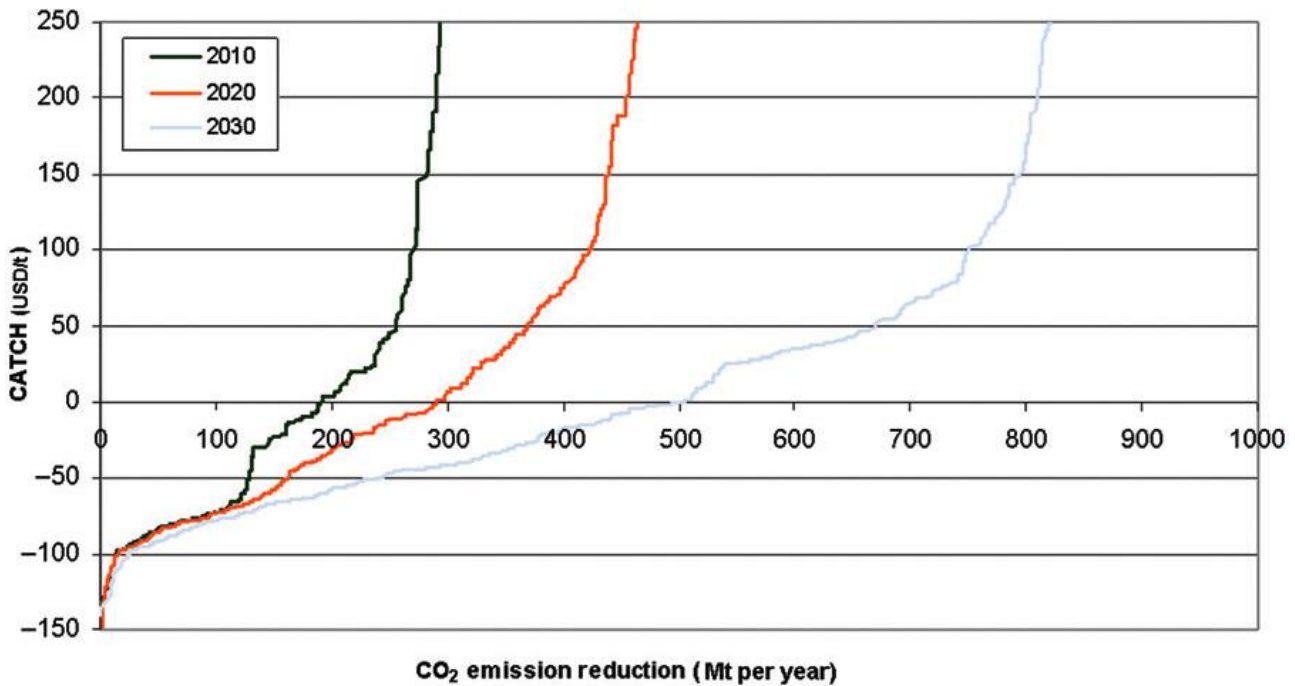
3.3.2 Μοντελοποίηση του οριακού κόστους λαμβάνοντας υπόψη την ανάπτυξη του στόλου και το όριο των εκπομπών CO₂.

Κατά τον προσδιορισμό της σχέσης κόστους –αποδοτικότητας στη μελέτη περιβαλλοντικών προβλημάτων μας ενδιαφέρει το οριακό κόστος απομάκρυνσης μιας μονάδας ρύπανσης. Για τη ναυτιλιακή βιομηχανία, το οριακό κόστος μείωσης της ρύπανσης μελετήθηκε από τους Eide et al. το 2011. Σε αυτή τη μελέτη, έχει υπολογιστεί μια συνολική εκτίμηση της δυνατότητας μείωσης των εκπομπών CO₂ της ναυτιλίας έως το 2030, καθώς και το σχετικό κόστος, προκειμένου να απαντηθεί το ερώτημα του πόσο μπορεί η ναυτιλία να μειώσει τις εκπομπές, και σε ποιο χρηματικό κόστος. Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν όλα τα πλοία άνω των 100 κόντων (GT) σε παγκόσμιο επίπεδο, εκτός των βοηθητικών σκαφών (μικρά πλοία εργασίας, πλοία εκβάθυνσης, ρυμουλκά, κ.λπ.) και των αλιευτικών σκαφών. Η μελέτη χρησιμοποιεί μια νέα

ολοκληρωμένη προσέγγιση μοντελοποίησης, που συνδυάζει τη μοντελοποίηση των εκπομπών με βάση τις δραστηριότητες, σε συνδυασμό με μέτρα μείωσης των εκπομπών και μια εκτίμηση ανάπτυξης του στόλου. Χρησιμοποιώντας όλα τα πιθανά μέτρα για τη μείωση των εκπομπών CO₂ κατά τα έτη 2010 - 2030, η παρούσα μελέτη έχει αναπτύξει προβλέψεις εκπομπών CO₂ του παγκόσμιου στόλου μέχρι το 2030. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως καμπύλες του οριακού κόστους που απαιτείται για τον περιορισμό των εκπομπών (Marginal Abatement Cost) για τον παγκόσμιο στόλο, και ως μελλοντικά σενάρια κόστους για τη μείωση του παγκόσμιου στόλου των εκπομπών CO₂. Η συνολική προσέγγιση μοντελοποίησης παρουσιάζει τα εξής βήματα:

- Ο παγκόσμιος στόλος αναπτύσσεται επαναληπτικά με την προσθήκη και την αφαίρεση των πλοίων από το στόλο.
- Υπολογίζεται ένα επίπεδο αναφοράς εκπομπών CO₂ χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση που βασίζεται στην δραστηριότητα.
- Στη συνέχεια, υπολογίζονται το σύνολο του παγκόσμιου στόλου σε ένα συγκεκριμένο έτος, το κόστος, τα οφέλη και οι δυνητικές επιπτώσεις μείωσης των εκπομπών, για όλα τα διαθέσιμα μέτρα μείωσης των εκπομπών και παράγεται η καμπύλη οριακού κόστους MAC.
- Υπολογίζονται το κόστος, τα οφέλη και οι δυνητικές επιπτώσεις μείωσης των εκπομπών για όλα τα μέτρα και για όλα τα έτη.
- Έπειτα επιλέγεται ένα επίπεδο-βάση (baseline) οριακού κόστους το οποίο καθορίζει ποια μέτρα μείωσης θα πρέπει να εφαρμοστούν στο παγκόσμιο στόλο, δίνοντας το σενάριο εκπομπών για το επιλεγμένο επίπεδο οριακού κόστους.

θα πρέπει βέβαια να ληφθεί υπόψη ότι περισσότερα από ένα μέτρα μείωσης των εκπομπών θα μπορούσαν να εφαρμοστούν παράλληλα σε ένα πλοίο και άρα η σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας κάθε μέτρου επηρεάζεται από τα μέτρα που έχουν ήδη εγκατασταθεί.



Σχήμα 9: Το κόστος μείωσης των εκπομπών CO₂ για τα έτη 2010, 2020 και 2030

Πηγή: Heitmann d Khalilian 2011

Το Σχήμα 9 δίνει τη μείωση των εκπομπών που μπορεί να επιτευχθεί σε διάφορα επίπεδα οριακού κόστους⁸. Τα κύρια συμπεράσματα από αυτές τις καμπύλες συνοψίζονται στον Πίνακα 8, που δίνει τις δυνατότητες μείωσης των εκπομπών σε διαφορετικά κατώτατα όρια οριακό κόστος για τον παγκόσμιο στόλο σε διαφορετικά έτη αναφοράς, που βρέθηκαν με την εφαρμογή της εξίσωσης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το 19% των εκπομπών αναφοράς για το 2010 μπορεί να μειωθεί με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Για το 2020 και το 2030, τα αντίστοιχα ποσοστά είναι 24% και 33%. Η αύξηση του οριακού κόστους στα 100 USD / τόνο δίνει μια πιθανή μείωση κατά 27% το 2010,

Σε σύγκριση με άλλες μελέτες η συγκεκριμένη παρουσιάζει σημαντικά αποτελέσματα στη μείωση των εκπομπών με κριτήριο τη σχέση κόστους

⁸Κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων των διαφόρων μέτρων ταυτόχρονα, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με τη μορφή μιας καμπύλης MAC. Η παραγωγή της καμπύλης MAC είναι μια επαναληπτική διαδικασία, όπου κάθε μέτρο εφαρμόζεται διαδοχικά με αύξηση της CATCH. Βλ. Μελέτη Vivid Economics

αποτελεσματικότητας. Αναλυτικότερα αυτή η μελέτη παρουσιάζει το στόχο απομάκρυνσης 1191 Mt CO₂ έως το 2020. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα είναι ελαφρώς υψηλότερα σε σχέση με αυτά των Eyring et al του 2005. Επιπλέον οι Buhaug et al. (2009), βρήκαν πως μια μείωση του 20% των στόχων για το 2020 θα είχε καλή σχέση κόστους αποτελεσματικότητας εάν η τιμή καυσίμων έφτανε τα 500 USD/t. Η μελέτη που παρουσιάστηκε όμως (Eide et al. 2011) έδινε μείωση του 24% του ορίου με τιμή καυσίμων στα 350 USD/t. Εάν επιλεγόταν μια πιο συγκρίσιμη προς την μελέτη των Buhaug et al τιμή καυσίμων π.χ. 525 USD/t η πιθανή μείωση φτάνει το 30% του στόχου για το 2020 δηλαδή είναι σημαντικά υψηλότερη.

3.4 Πολυπλοκότητα και αβεβαιότητα λόγω της ιδιαιτερότητας της ναυτιλιακής βιομηχανίας

3.4.1 Ιδιοκτησιακό καθεστώς, σημαίες ευκαιρίας

Είναι γνωστό πως η δομή και οι μηχανισμοί της ναυτιλιακής βιομηχανίας είναι ιδιαίτερα σύνθετοι, λόγω της παγκόσμιας φύσης της. Καταρχήν σε ότι αφορά το ιδιοκτησιακό καθεστώς, ενώ όλα τα πλοία είναι υποχρεωμένα να είναι εγγεγραμμένα σε ένα εθνικό νηολόγιο, δεν είναι πάντα εύκολο μέσω αυτού να τακτοποιηθεί η εθνική ταυτότητα του ιδιοκτήτη ή του διαχειριστή του πλοίου. Αυτό οφείλεται στην τάση προτίμησης κάποιων σημαιών τρίτων χωρών που επικρατούσε για πολλά χρόνια, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται αποφυγή κάποιων οικονομικών υποχρεώσεων και άλλων ρυθμίσεων, αλλά και μη συμμόρφωση σε διεθνείς συνθήκες που αφορούν τους όρους απασχόλησης των συντελεστών παραγωγής. Οι σημαίες αυτές αποκαλούνται σημαίες ευκαιρίας οι οποίες διακρίνονται κυρίως από την έλλειψη «γνήσιου δεσμού» (“genuine link”) μεταξύ της εθνικότητας της πλοιοκτησίας και της εθνικότητας που φέρει το πλοίο και σε σημαίες δεύτερων νηολογίων.

Πίνακας 8: Οι 5 πρώτες χώρες με βάση τα ποσοστά ελέγχου του παγκόσμιου στόλου (σε πλοία και χωρητικότητας) το 2006

Country	Number of ships	Country	Deadweight tonnage (in 1000)
Japan	3433	Greece	175 711
Germany	3189	Japan	160 722
Greece	3087	Germany	94 513
China	2975	China	83 064
Norway	1400	Norway	45 118

ΠΗΓΗ: ISL, Shipping Statistics Yearbook 2008

Η χώρα νηολόγησης του πλοίου, δηλαδή η χώρα της σημαίας του πλοίου, επηρεάζει σημαντικά την διαδικασία προσδιορισμού του καταλληλότερου συστήματος μείωσης των αέριων ρύπων, αφού η εκπροσώπηση των χωρών στον IMO γίνεται με βάση τον αριθμό πλοίων κάθε χώρας. Στον Πίνακα φαίνονται οι πέντε μεγαλύτερες χώρες, με βάση τον αριθμό και την χωρητικότητα που ελέγχουν. Οι χώρες νηολόγησης όμως διαφέρουν σημαντικά. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 9, η πλειοψηφία των χωρών με τα μεγαλύτερα εθνικά νηολόγια ανήκει στην κατηγορία των αναπτυσσόμενων χωρών και έχουν καταταχθεί σε διαφορετική ομάδα στην UNFCCC. Συγκεκριμένα οι αναπτυσσόμενες χώρες κατηγοριοποιήθηκαν με βάση τον ρυθμό ανάπτυξης τους σε Annex I, Annex I- Part B και Non Annex I. (Wang, 2010)

Πίνακας 9: Οι 10 πρώτες χώρες με βάση τον αριθμό των πλοίων του εθνικού νηολογίου τους

Flag of registration	Number of ships	Total tonnage (1,000 DWT)	Share of world total DWT (%)	% dwt growth 2007/08
Panama	7,616	252,564	22.6	8.8
Liberia	2,173	117,519	10.5	11.7
Greece	1,477	61,384	5.5	11.3
Bahamas	1,422	59,744	5.3	8.2
Marshall Islands	1,097	59,600	5.3	9.1
Hong Kong, China	1,238	59,210	5.3	9.0
Singapore	2,243	55,550	5.0	8.8
Malta	1,442	45,218	4.1	12.5
China	3,816	37,124	3.3	6.3
Cyprus	982	29,431	2.6	-0.7

Πηγή: ISL, Shipping Statistics Yearbook 2008

Η σημαία του πλοίου και η δυνατότητα μετακίνησης από ένα νηολόγιο σε άλλο, είναι καθοριστικός παράγοντας για τον ορισμό μέτρων περιορισμού των αέριων ρύπων. Σήμερα που η αλλαγή της σημαίας ενός πλοίου απαιτεί λίγες μόνο ημέρες για να ολοκληρωθεί, είναι σαφές ότι τα όποια μέτρα αποφασιστούν θα πρέπει να έχουν παγκόσμιο χαρακτήρα και να μην επιτραπεί σε καμία χώρα να εξαιρεθεί. Ωστόσο η πρόκληση για τον IMO είναι οι αναπτυσσόμενες χώρες (Non Annex I) οι οποίες ελέγχουν περίπου τα 2/3 του στόλου και ζητούν να τους αποδοθούν “κοινές αλλά διαφοροποιημένες ευθύνες” (IMO 2008, Common But Differentiated Responsibilities).

3.4.2 Παράγοντες που σχετίζονται με την ενίσχυση των κριτηρίων

Διαρροή άνθρακα

Η έννοια της διαρροής άνθρακα σχετίζεται με τα συστήματα εμπορίας ρύπων και την αδυναμία τους να αποτρέψουν τα ενδιαφερόμενα μέρη να αποφύγουν την συμμετοχή τους στο συγκεκριμένο σύστημα. Στην ναυτιλιακή βιομηχανία η διαρροή άνθρακα είναι αρκετά δύσκολο να αποτραπεί δεδομένων των διαφόρων τρόπων με τους οποίους τα εμπλεκόμενα μέλη μπορούν να προβούν σε ενέργειες που θα τους επέτρεπαν τη μη φορολόγηση/ καταβολή πιστώσεων. Για το λόγω αυτό, έχει επισημανθεί πως οποιοδήποτε σύστημα τεθεί σε λειτουργία θα πρέπει να είναι παγκόσμιο και απλό στη παρακολούθηση ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα όπως η αλλαγή σημαίας, ή η αγορά καυσίμων από μη εγκεκριμένους πωλητές.

Διαφορετική αποτελεσματικότητα ανά τύπο πλοίου

Είναι σαφές πως οι περισσότερες από τις προτάσεις που εξετάζονται αλληλοεπιδρούν με παράγοντες που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν κίνητρα ή αντί- κίνητρα για μια σειρά δράσεων για τη μείωση των εκπομπών από πηγές της ναυτιλίας. Στη θεωρία, οι περισσότερες προτάσεις θα μπορούσαν ενδεχομένως να τροποποιηθούν για να δημιουργηθούν κίνητρα (Johnson και Andersson, 2011). Σε ορισμένες περιπτώσεις, ωστόσο, οι απαραίτητες τροποποιήσεις ώστε να ενσωματωθούν τα κίνητρα για ορισμένες επιλογές μείωσης των εκπομπών είναι διοικητικά επαχθής και αναποτελεσματικές δημιουργώντας περισσότερο κόστος παρά οφέλη. Κάποια

από τα κίνητρα που δημιουργήθηκαν για την εφαρμογή των μέτρων μείωσης των εκπομπών είναι τα παρακάτω:

- Αλλαγή καυσίμων. Με τη μετάβαση στα καύσιμα που παράγουν λιγότερες εκπομπές (π.χ., καυσίμων χαμηλότερης περιεκτικότητας σε θείο, ή ίσως καυσίμων με ορισμένες πρόσθετες ύλες), οι πλοιοκτήτες μπορούν να μειώσουν εκπομπές ανά τόνο καυσίμου.
- Εγκατάσταση και λειτουργία του κινητήρα ή τεχνολογίες διάχυσης καυσίμου. Ποικίλες των τεχνολογιών που έχουν αναπτυχθεί που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση των εκπομπών από τους κινητήρες των πλοίων, είτε με τροποποίηση ίδιο τον κινητήρα, ή με την εγκατάσταση του εξοπλισμού για τη μείωση των εκπομπών περιεκτικότητας των καυσαερίων.
- Χρήση της ηλεκτροδότησης από την ξηρά. Κάνοντας χρήση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην ξηρά, τα πλοία μπορούν να μειώσουν ή να εξαλείψουν την ανάγκη να διατηρούν τις μηχανές τους αναμμένες, ενώ βρίσκονται στο λιμάνι. Αυτό είναι πιθανό να μειώσει τις καθαρές εκπομπές, με την προϋπόθεση ότι από την ξηρά παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπόκειται σε υψηλότερα πρότυπα εκπομπών από τους κινητήρες πλοίων.
- Αύξηση της λειτουργικής ή της τεχνικής αποτελεσματικότητας. Η μείωση της συνολικής κατανάλωσης καυσίμων ενός πλοίου με τη βελτίωση των καυσίμων και της ενεργειακής απόδοσης θα οδηγήσει στη μείωση του επιπέδου των εκπομπών. Σε γενικές γραμμές, η αποδοτικότητα μπορεί να βελτιωθεί με την τροποποίηση των χαρακτηριστικών του κινητήρα, αυξάνοντας τη συντήρηση των κινητήρων, μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, τη βελτίωση των πλοίων, το σχεδιασμό, τη χρήση υφαλοχρωμάτων, ή τη ρύθμιση της ταχύτητας του πλοίου χρησιμοποιώντας λιγότερα καύσιμα ανά μονάδα διανυόμενης απόστασης.
- Μείωση της παραγωγής. Εάν μια οικονομική πράξη γίνεται με υψηλότερο λειτουργικό κόστος, τα πλοία μπορούσαν να επιλέξουν να μειώσουν την παραγωγή, δηλαδή, να κάνουν λιγότερα ταξίδια ή μικρότερες αποστάσεις. Και πάλι βέβαια αυτό θα πρέπει να εξετάζεται σε συνάρτηση με την γενικότερη

ανάπτυξη και το ενδεχόμενο μετακίνησης των φορτίων σε άλλα μέσα μεταφοράς.

- Αλλαγή διαδρομής. Διαφορετικές διαδρομές μπορεί να είναι πιο αποδοτικές, εάν ορισμένες ναυτιλιακές περιοχές παρουσιάζουν περισσότερες συνέπειες που προκύπτουν από τις εκπομπές της ναυτιλίας, ή εάν ορισμένα λιμάνια βρίσκονται σε ιδιαίτερα ευαίσθητες περιοχές.

3.4.3 Ο ρόλος της ταχύτητας

Σαφώς, οι φορείς εκμετάλλευσης του πλοίου έχουν χρησιμοποιήσει τη μείωση της ταχύτητας ως απάντηση στο υψηλό κόστος των καυσίμων. Υπάρχουν ωστόσο όρια στις μειώσεις της ταχύτητας και του "κόστος" για τους φορείς και συνδέονται με το οριακό κόστος της μείωσης των εκπομπών CO₂ μέσω μείωσης της ταχύτητας. Κάποια πρώτα στοιχεία δείχνουν ότι η μείωση της ταχύτητας δεν είναι "απεριόριστη" και ότι το οριακό κόστος μείωσης των εκπομπών ενδέχεται να είναι της τάξης των \$ 20 - \$ 50 ανά τόνο CO₂ (για μείωση της ταχύτητας της τάξης του 10% -25% και με τιμή καυσίμων 300\$ ανά τόνο).

Θα πρέπει ωστόσο να διευκρινιστεί πως η βέλτιστη ταχύτητα του πλοίου από τη σκοπιά της κατανάλωσης καυσίμου δεν είναι απαραίτητα η πιο αργή ταχύτητα. Ωστόσο, υπάρχουν ενδείξεις ότι υπάρχει χάσμα μεταξύ βέλτιστης ταχύτητας ταξιδιού και της πραγματικής ταχύτητας. Σχετική έρευνα αποκάλυψε ότι η πραγματική κατανάλωση καυσίμου μπορεί να είναι έως και 26% μεγαλύτερη της "βέλτιστης" και οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στις διαφορές στην ταχύτητα ταξιδιού. Η στενή παρακολούθηση και ρύθμιση της ταχύτητας ταξιδιού (μεταξύ άλλων παραγόντων) μπορούν να μειώσουν αυτό το χάσμα σε περίπου 4%. Το υπόλοιπο οφείλεται στο λιμάνι και αφορά στις εργασίες φορτοεκφόρτωσης και τις καθυστερήσεις (Bond, 2008).

Η σημασία της ταχύτητας μελετήθηκε και από τους Lindstad et al. (2011) και συγκεκριμένα για τα κοντεινερ και ρο-ρο. Η βασική αρχή στην οποία βασίζονται τα αποτελέσματα της μείωσης της ταχύτητας είναι απλή: η παραγόμενη ισχύ που απαιτείται για πρόωση είναι συνάρτηση της ταχύτητας, και συγκεκριμένα η αύξηση της ταχύτητας πολλαπλασιάζει την κατανάλωση με ένα συντελεστή,

ανάλογα με την απόδοση της μηχανής. Ως εκ τούτου, όταν ένα πλοίο μειώνει την ταχύτητά του, η κατανάλωση καυσίμου του είναι μειωμένη. Για το λόγο αυτό, αρκετοί συγγραφείς έχουν ενσωματώσει τη βελτιστοποίηση της ταχύτητας κατά τη βελτιστοποίηση του στόλου (Bausch et al., 1998. Fagerholt et al. 2010. Norstad et al. 2007).

Ο προγραμματισμός των πλοίων και η δρομολόγηση αφορά τη βέλτιστη κατανομή των διαθέσιμα φορτίων σε ένα σύνολο των πλοίων του στόλου, όπου "βέλτιστο" σημαίνει είτε αυξημένη μεταφορά, όλων των φορτίων με παράλληλη ελαχιστοποίηση του κόστους ή μεγιστοποίηση του κέρδους από την ανάληψη μόνο κερδοφόρων φορτίων. Η μείωση της ταχύτητας επηρεάζει επίσης το μέγεθος και τη σύνθεση του στόλου των πλοίων που εξυπηρετούν ένα δίκτυο τακτικών γραμμών, και αυτό είναι γνωστό ως μίγμα το μέγεθος του στόλου και των προβλημάτων η δρομολόγηση (Christiansen et al., 2011. Fagerholt και Lindstad, 2007).

Ωστόσο, ακόμη και στην περίπτωση των φαινομενικά απλών λύσεων εξοικονόμησης καυσίμων, όπως η μείωση της ταχύτητας, πολλές εμπορικές ή λειτουργικές αναγκαιότητες μπορεί να αποδειχθούν πιο σημαντικές από τη μείωση του κόστους των καυσίμων και τις εκπομπές CO₂. Το πρώτο είναι ότι η αξία του φορτίου καθορίζει το σχετικό μερίδιο των καυσίμων έναντι του χρόνου για το συγκεκριμένο ταξίδι. Τα πλοία που μεταφέρουν φορτία υψηλής αξίας με ευαισθησία στον χρόνο παράδοσης θα είναι λιγότερο πιθανό να μειώσουν την ταχύτητα ακόμα και κάτω από αυξημένες τιμές των καυσίμων. Ένας δεύτερος παράγοντας που εξετάζεται είναι το κόστος καυσίμων ως συνάρτηση της συνολικής κίνησης του πλοίου ή της δρομολογημένης υπηρεσίας (στην περίπτωση των γραμμών μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων), συμπεριλαμβανομένων όλων των εξόδων λειτουργίας και το κόστος λιμάνι. Για παράδειγμα, η πιο αργή κίνηση μπορεί να συνεπάγεται άφιξη κατά τις νυχτερινές ώρες ή τα Σαββατοκύριακα, όταν το κόστος διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων μπορεί σε κάποιες θύρες να είναι πολύ υψηλότερο από ό, τι κατά τη διάρκεια των κανονικών ωρών. Η κυκλοφοριακή συμφόρηση στο λιμάνι μπορεί επίσης να διαδραματίσει ρόλο και να συνεπάγεται πιο γρήγορη ή πιο αργή ταχύτητα

Ένας άλλος παράγοντας που αφορά την έκταση των ωφελειών απο την οικονομία καυσίμου είναι το ποσοστό του κύκλου εργασιών στον παγκόσμιο στόλο. Τα πλοία αντιπροσωπεύουν σημαντική επένδυση κεφαλαίου και, έχουν ιδιαίτερα μεγάλη εμπορική ζωή. Από το 2006, η μέση ηλικία των σκαφών που αποσύρονται από την εμπορική υπηρεσία για την ανακύκλωση είχε ανέλθει σε περίπου 32 χρόνια από περίπου 27 χρόνια στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Η μεγάλη διάρκεια ζωής του πλοίου συνεπάγεται ότι μόνο ένα μικρό μέρος του συνολικού στόλου θα έχει αντικατασταθεί έως το 2020. Αυτό σημαίνει ότι οι επισκευές λειτουργίας και συντήρησης που συνδέονται με τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας θα κυριαρχήσουν στα νέα πλοία, καθώς επίσης και η προώθηση νέων τεχνολογιών που σχετίζονται με βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα κέρδη.

3.5 Συμπεράσματα

Ολοκληρώνοντας το 1^ο Μέρος της διατριβής, δηλαδή την ιστορική αναδρομή και την δι-υποκειμενική ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης διαφαίνεται πως το πρόβλημα της λήψης μέτρων για την μείωση των ρύπων CO₂ της ναυτιλιακής βιομηχανίας είναι ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο θέμα. Η αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων μέσω αγοροκεντρικών μέτρων είναι από μόνη της μια δύσκολη διαδικασία μιας και συνήθως εμπλέκονται πολλαπλοί (και πολλές φορές συγκρουόμενοι) στόχοι και διαφορετικές οπτικές και συμφέροντα ανάμεσα στους λήπτες της απόφασης.

Στη περίπτωση της ναυτιλίας, αν και έχει αποφασιστεί πως το όποιο μέτρο θα βασίζεται στο πρότυπο κόστους – αποδοτικότητας υπάρχουν ακόμα αρκετά ζητήματα που δεν έχουν λυθεί και τα ενδιαφερόμενα μέρη παρουσιάζουν αντικρουόμενες απόψεις. Το σημαντικότερο από αυτά είναι πως θα κατανέμονται οι τελικές απαιτήσεις μείωσης ρύπων και κατά προέκταση και το κόστος, μεταξύ των ρυπαίνοντων. Στην ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο υποκεφάλαιο 3.3.1 παρουσιάστηκαν οι πιθανές επιπτώσεις από την κατανομή του κόστους στα διάφορα μέρη. Αν και σκοπός κάποιου αγοροκεντρικού μέτρου είναι με την επιβολή κάποιου χρηματικού αντικινήτρου να οδηγήσει τους ρυπαίνωντες στην υιοθέτηση πράσινων τεχνολογιών στη ναυτιλιακή βιομηχανία αυτό δεν είναι εύκολο αφού υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες

μετακίνησης του κόστους στους καταναλωτές, οι οποίοι πολλές φορές δεν έχουν εναλλακτικές επιλογές και υφίστανται έτσι έναν αντιστρόφως προοδευτικό φόρο. Για το λόγο αυτό, οι αναπτυσσόμενες χώρες και τα μικρά νησιωτικά κράτη ζήτησαν με κάποιο τρόπο να εξαιρεθούν από την εφαρμογή του όποιο αγοροκεντρικού μέτρο ή να λάβουν κάποια αντιστάθμιση (Lema & Papaioannou 2013). Κάποια από τα μέτρα μάλιστα ανέφεραν για πιθανή αποζημίωση των χωρών αυτών.

Άλλα ζητήματα που συνεισφέρουν στην πολυπλοκότητα του ζητήματος είναι η πιθανότητα διαρροής άνθρακα λόγω αλλαγής σημαίας και η αδυναμία υπολογισμού κάποιων φιλικών περιβαλλοντικών τεχνολογιών ή άλλων πρακτικών. Η προσαρμογή της ταχύτητας και η πιθανή μείωση της συνολικής παραγωγικότητας του στόλου, σε βάρος και πάλι του παγκόσμιου εμπορίου, είναι ακόμη ένα πρόβλημα που μπορεί να προκύψει από τα αγοροκεντρικά μέτρα.

Επιχειρώντας μια κονστρουξιονιστική θεώρηση ως κριτική της διαδικασίας λήψης απόφασης θα πρέπει να τονίσουμε τους πολιτικούς τρόπους θέσπισης αυτής της πραγματικότητας αλλά και τους τρόπους της διαρκούς αναπαραγωγής και νομιμοποίησης της μέσα από τις καθημερινές σχέσεις, πρακτικές και λόγους. Ο IMO, αν και Οργανισμός που υπάγεται στη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών, εκφράζει τις χώρες με το μεγαλύτερο αριθμό πλοίων. Οι περισσότερες από αυτές είναι είτε ανεπτυγμένα κράτη είτε αναπτυσσόμενα που διατηρούν ισχυρούς δεσμούς με κάποιο ανεπτυγμένο κράτος. Δεν θα πρέπει λοιπόν να προξενεί έκπληξη το γεγονός ότι οι περισσότερες προτάσεις στρέφονται γύρω από χρηματο-οικονομικούς μηχανισμούς που θα ενίσχυαν τη χρηματοπιστωτική βιομηχανία των ανεπτυγμένων χωρών, προστατεύοντας παράλληλα, όσο είναι δυνατόν τους πλοιοκτήτες των χωρών τους.

Το πρόβλημα είναι πως, σύμφωνα με στοιχεία από τα εφαρμοσμένα προγράμματα πιστώσεων ρύπων, η αποτελεσματικότητα του εν λόγω μηχανισμού είναι μάλλον περιορισμένη. Κατά τον Bohm (2013) η αγορά άνθρακα, όπως διαμορφώθηκε από το πρωτόκολλο του Κιότο το 1997 μέχρι σήμερα επέφερε ελάχιστες μειώσεις των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) οι οποίες μπορούν να αποδοθούν στα μέτρα αυτά καθαυτά. Οι δύο πιο

σημαντικές αγορές άνθρακα μέχρι στιγμής - η ΕΕ με το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (EU-ETS) και το σύστημα αντιστάθμισης άνθρακα του ΟΗΕ, με το Μηχανισμό Καθαρής Ανάπτυξης (Clean Development Mechanism-CDM) –έχουν αποτύχει, αλλά παρόλα αυτά, νέες αγορές άνθρακα σχεδιάζονται με βάση αυτά τα συστήματα τόσο σε ανεπτυγμένες όσο και σε αναπτυσσόμενες χώρες (Böhm , 2013).

Το Ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας ρύπων -ETS αδυνατεί αυτή τη στιγμή να παρέχει τα αποτελέσματα για τα οποία είχε σχεδιαστεί, κυρίως λόγω της υπερπροσφοράς των δικαιωμάτων εκπομπής άνθρακα που υπάρχουν στο σύστημα. Η υπερπροσφορά αυτή έχει διαμορφώσει την τιμή του άνθρακα μεταξύ 5 και 8 ευρώ τον τόνο, ενώ το σύστημα έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί με τιμή 30 ευρώ ανά τόνο. Αυτό σημαίνει ότι έχουν διατεθεί περισσότερα δικαιώματα από ό, τι πραγματικά χρειάζεται και αυτό έχει επηρεαστεί και από τη σοβαρή ύφεση σε πολλές χώρες, αλλά και από την έντονη δραστηριότητα των λόμπι των βιομηχανιών. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η κατανάλωση του άνθρακα έχει αυξηθεί καθώς τα εργοστάσια με βάση τον άνθρακα προτιμώνται σε σχέση με τα πιο ακριβά που λειτουργούν με το φυσικό αέριο. Έτσι το σύστημα όχι μόνο δεν παρέχει κίνητρα επενδύσεων σε τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών άνθρακα αλλά δεν κατάφερε να μειώσει και τις ποσότητες ρύπων για τις οποίες είχε σχεδιαστεί.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα αυτά τα ζητήματα η επιβολή ενός μέτρου φαίνεται μάλλον προβληματική. Τα αίτια όλων αυτών των προβλημάτων είναι πολιτικά. Αφορούν εμπλεκόμενα μέρη με διαφορετικές δυνατότητες άσκησης επιρροής στην τελική απόφαση με αποτέλεσμα και τη συνεχή καθυστέρηση και υπεκφυγή της λήψης απόφασης. Εάν υπήρχε πολιτική βούληση για πραγματική προστασία του περιβάλλοντος θα είχε από καιρό επιβληθεί κάποιο τεχνολογικό μέτρο, χωρίς να αναζητούνται οι οικονομικότερες και αποδοτικότερες λύσεις προκειμένου οι πλοιοκτήτες να πληρώσουν όσο το δυνατόν λιγότερο. Το πρόβλημα όμως είναι ότι αυτό δεν παρουσιάζεται σαν επιλογή στο σημερινό συσχετισμό δυνάμεων και κατά συνέπεια θα πρέπει να επιλεγεί το μέτρο με την καλύτερη συμπεριφορά στα κριτήρια του IMO.

Αλλά όπως επιμένουν να μας θυμίζουν οι μαρξιστικές παραδόσεις, η κοινωνική πραγματικότητα των ύστερο-καπιταλιστικών κοινωνιών είναι, σε μεγάλο βαθμό, μια πραγματικότητα ανισότητας, κυριαρχίας και εκμετάλλευσης (Μαυρίδης 2010). Το πρόβλημα συνεπώς μέσα στην διαδικασία λήψης απόφασης έγκειται στην παραγνώριση των κοινωνικών ανταγωνισμών και της άνισης πρόσβασης στους πόρους της εξουσίας μέσα στην κοινωνική πραγματικότητα. Η επίκληση μάλιστα της «αντικειμενικότητας» αυτής της διαδικασίας (η επιλογή των προτεινόμενων μέτρων με βάση την σημερινή αντικειμενική πραγματικότητα) χρησιμεύει ως ιδεολογική νομιμοποίηση των υφιστάμενων οικονομικών, πολιτικών και κοινωνικών διευθετήσεων αποκρύπτοντας το γεγονός ότι σε διαφορετικές μορφές οργάνωσης των κοινωνικών σχέσεων άλλες λύσεις θα ήταν εξίσου εφικτές.

ΜΕΡΟΣ 2^ο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΛΗΨΗ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ ΚΑΙ Η ΑΣΑΦΗΣ ΛΟΓΙΚΗ

4.1 Λήψη αποφάσεων

Για την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων, ιδιαίτερα όταν απαιτείται η λήψη απόφασης για την υλοποίηση πολιτικών και τη λήψη μέτρων, τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορα αναλυτικά εργαλεία διευκόλυνσης της διαδικασίας λήψης απόφασης. Τα εργαλεία αυτά αναπτύχθηκαν λόγω της ανάγκης αντιμετώπισης της πολυπλοκότητας που παρουσιάζονταν κατά τη λήψη τέτοιων αποφάσεων, μιας και η εμπειρία έχει δείξει ότι οι συμμετέχοντες στη διαδικασία λήψης αποφάσεων εστιάζουν συνήθως σε ένα περιορισμένο σύνολο κριτηρίων επιλογής, βασίζονται σε ανεπαρκείς πληροφορίες και αδυνατούν να εκτιμήσουν την αβεβαιότητα των μελλοντικών γεγονότων (Beinat, 1997).

Ένα πρόβλημα λήψης απόφασης ορίζεται όταν παρουσιάζονται πληθώρα επιλογών μεταξύ διαφόρων δράσεων. Συνήθως η δυσκολία έγκειται στο γεγονός ότι το αποτέλεσμα της εφαρμογής της απόφασης δεν είναι γνωστό και δεν μπορεί να αποδοθεί ικανοποιητικά μέσα από ένα πλήθος πιθανών καταστάσεων που αναπαριστούν την πραγματικότητα. Επιπλέον κατά τη λήψη απόφασης οι αποφασίζοντάς βρίσκονται αντιμέτωποι με πολλαπλές και πολλές φορές αντικρουόμενες επιλογές. Κατά τον Zeleny (1982) ως λήψη απόφασης μπορεί να οριστεί η προσπάθεια επίλυσης των διλημάτων που προβάλλουν οι αντικρουόμενες επιδιώξεις. Κάποια χαρακτηριστικά προβλήματα που είναι δυνατό να προκύψουν είναι το δίλημμα για την μεγιστοποίηση των περιβαλλοντικών ωφελειών ή την μεγιστοποίηση της σχέσης κόστους-αποδοτικότητας. Αυτά τα προβλήματα μπορεί να γίνουν ακόμη περισσότερο πολύπλοκα εάν εμπλέκονται πάρα πολλά ενδιαφερόμενα μέρη και μάλιστα με αντικρουόμενους στόχους. Η βελτίωση της απόδοσης σε έναν από τους στόχους συχνά επιτυγχάνεται μόνο με μείωση της απόδοσης σε κάποιον από τους υπόλοιπους.

Προκειμένου να επιτευχθεί η αξιολόγηση των διαφόρων προτεινόμενων λύσεων, δεν επαρκεί η σύγκριση μιας κρίσιμης παραμέτρου. Η ανάλυση θα πρέπει να διατυπώνει πληροφορίες που θα διευκολύνουν την επιλογή των σχετικών μεταβλητών και τον προσδιορισμό της δομής του συστήματος. Ιδιαίτερα χρήσιμη σε αυτή τη περίπτωση μπορεί να είναι η γνώση των ειδικών, ειδικά εάν παρέχεται με τη μορφή σχέσεων αίτιου- αποτελέσματος και με ανάλυση της ευρυστικής σχέσης τους. Έτσι, για να γίνει η διαδικασία λήψης απόφασης πιο σαφής, θα πρέπει να προσδιορίσει το πλαίσιο των προσωπικών απόψεων των ενδιαφερομένων, τις αρχές τους, τις επιλογές και γενικά τους τρόπους συλλογισμού τους. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω της μελέτης βιβλιογραφίας, μέσω της γνωμοδότησης ειδικών του τομέα, μέσω της αναγνώρισης σημαντικών παραγόντων που σχετίζονται με την απόφαση, μέσω της συλλογής ποιοτικών και ποσοτικών πληροφοριών, μέσω της διαβούλευσης με τους ενδιαφερομένους, και - εάν υπάρχει ικανοποιητικό μέγεθος δεδομένων μέσω της στατιστική ανάλυση.

Κάτι που μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στη διαδικασία λήψης απόφασης είναι η θέσπιση και η βαθμολόγηση μιας σειράς κριτηρίων, με βάση τα οποία θα αξιολογηθούν οι προτεινόμενες λύσεις. Τα κριτήρια αυτά είναι κοινά για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια και επιλέγονται για την επίλυση του συγκεκριμένου κάθε φορά προβλήματος. Η επιλογή επαρκούς αριθμού, κατάλληλων και αντιπροσωπευτικών κριτηρίων είναι ιδιαίτερα σημαντική για την εξαγωγή των βέλτιστων συμπερασμάτων. Τα τελευταία χρόνια το επιστημονικό πεδίο που ασχολείται με την λήψη αποφάσεων έχει αναπτύξει διάφορες μεθόδους βασισμένες σε υπολογιστικό περιβάλλον που ενσωματώνουν μεταβλητές και κριτήρια.

Στη σχετική βιβλιογραφία ωστόσο αναφέρεται πως δεν υπάρχει μία μόνο μέθοδος ικανή να αντιμετωπίσει με συνέπεια πολλά και διαφορετικού περιεχομένου προβλήματα, σχέδια ή πολιτικές, που αφορούν στη λήψη σχετικών αποφάσεων (Rossi and Freeman, 1993). Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται από το ίδιο το αντικείμενο, τις συγκεκριμένες συνθήκες διαμόρφωσής του, το υπάρχον πληροφοριακό υπόβαθρο κ.λπ.

Η πολυκριτηριακή ανάλυση αποτελεί ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων που αναπτύχθηκε για να περιορίσει την σύγχυση που προκαλείται σε περιπτώσεις που εμπλέκονται μεταξύ τους πολλά και διαφορετικής φύσεως κριτήρια που αφορούν συγκεκριμένες επιλογές (Μαυρωτάς 2000) Πριν την ανάπτυξη των μεθόδων Πολυκριτηριακής ανάλυσης, η αξιολόγηση των δράσεων γίνονταν σύμφωνα με ένα μόνο κριτήριο. Αυτό αντιπροσωπεύεται από μία συνάρτηση (συνάρτηση χρησιμότητας - utility function) η οποία συνδέει την κάθε εναλλακτική δράση a με μία συνάρτηση $g(a)$, έτσι ώστε για κάθε επιλογή a που είναι 'καλύτερη' από την b , ισχύει $g(a) > g(b)$. Με τον τρόπο αυτό τα προβλήματα απόφασης μπορούν να οριστούν πλήρως σε μαθηματικό πλαίσιο, αφού ορίζοντας το σύνολο A των δυνατών εναλλακτικών δράσεων (alternatives) και τη συνάρτηση g , μπορούμε να κατασκευάσουμε έναν αλγόριθμο που να οδηγεί στην προτιμητέα πρόταση. Ωστόσο, είναι σπάνιο να βρεθεί μία συγκεκριμένη εφαρμογή όπου μόνο ένα κριτήριο θα μπορεί να συμπεριλάβει όλη την απαιτούμενη πληροφορία για την επιτυχή σύγκριση των στοιχείων του συνόλου A (σύνολο των δυνατών δράσεων). Οι μέθοδος αυτή λοιπόν δεν κρίνεται κατάλληλη στην περίπτωση των ρύπων της ναυτιλίας που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλά κριτήρια

Οι περισσότερες από τις προσεγγίσεις πολυκριτηριακής ανάλυσης αναπτύχθηκαν έτσι ώστε να κάνουν τις επιλογές και την συνεισφορά τους στα διάφορα κριτήρια συγκεκριμένα, και απαιτούν την άσκηση κρίσης. Συνολικά, οι μέθοδοι Πολυκριτηριακής Ανάλυσης μπορούν να ενισχύσουν τη διαφάνεια της διαδικασίας απόφασης και να συμβάλλουν στην εξοικείωση των ενδιαφερόμενων με τα σημαντικά σημεία του προς συζήτηση θέματος (Gregory and Keeney, 1994). Διαφέρουν, ωστόσο, ως προς τον τρόπο που συνδυάζουν τα στοιχεία προτίμησης των συμμετεχόντων. Οι βασικές τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης συνήθως παρέχουν ένα συγκεκριμένο σύστημα σχετικής βαρύτητας για τα διαφορετικά κριτήρια. Ο ρόλος αυτών των τεχνικών είναι να αντιμετωπίσουν τις δυσκολίες που μπορεί να αντιμετωπίζουν οι λήπτες αποφάσεων στο συνεπή και λογικό χειρισμό μεγάλου όγκου, πολύπλοκων πληροφοριών.

Ένα μειονέκτημα των κλασικών μεθόδων, είναι ότι έχουν αναπτυχθεί κυρίως για την επίλυση ενός προβλήματος απόφασης σε περιβάλλον τέλειας

πληροφόρησης. Πιο συγκεκριμένα, αυτές οι μέθοδοι αναπτύχθηκαν να αντιμετωπίσουν ακριβείς πιθανότητες ή ένα σύνολο κατανομών, αλλά σε ιδανικές καταστάσεις όπου παρέχονται ακριβή και τέλεια αποτελέσματα, δυαδικής λογικής, με σαφή διατύπωση προτιμήσεων. Η μοντελοποίηση που παρέχουν δεν είναι επαρκής για τα προβλήματα λήψης αποφάσεων με ατελή περιγραφή των σχετικών πληροφοριών και προτιμήσεων, τα οποία χαρακτηρίζονται από ασάφεια και ανακρίβεια. Εξάιρεση βεβαίως αποτελούν οι μέθοδοι που βασίζονται στα ασαφή συστήματα οι οποίες και ενσωματώνουν την ασάφεια και την πολυπλοκότητα των μεταβλητών.

Επιπλέον είναι γενικά αποδεκτό ότι η ανθρώπινη κρίση είναι συνήθως υποκειμενική και για το λόγο αυτό οι μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης εστιάζουν στην απόδοση αυτής της υποκειμενικότητας μέσω της χρήσης κριτηρίων. Σε πολλές πρακτικές περιπτώσεις ωστόσο, το μοντέλο προτίμησης είναι αβέβαιο αφού το άτομο μπορεί να είναι απρόθυμο ή ανίκανο να ορίσει ακριβείς αριθμητικές τιμές για να περιγράψει τις προτιμήσεις του (Chen και Tzeng 2001). Δεδομένου ότι ορισμένα από τα κριτήρια αξιολόγησης είναι υποκειμενικά και ποιοτικά ως προς τη φύση τους, περιγράφονται με τη χρήση γλωσσικών όρων και κατά συνέπεια είναι δύσκολο για τους αξιολογητές να εκφράσουν τις προτιμήσεις με ακριβείς αριθμητικές τιμές.

Με βάση τα παραπάνω και με δεδομένη την πολυπλοκότητα και την αβεβαιότητα που περιλαμβάνεται στην παρούσα έρευνα οι κλασικές οικογένειες τεχνικών κρίνονται ακατάλληλες για την μοντελοποίηση της διαδικασίας λήψης απόφασης. Βασικά τους μειονεκτήματα είναι η ανάγκη τοποθέτησης υποκειμενικών βαρών (Μέθοδος Πολυκριτηριακής χρησιμότητας) ή η ανάγκη υποκειμενικής κατάταξης των επιλογών (Μέθοδοι σχέσεων υπεροχής). Αντίθετα οι μέθοδοι του Πολυκριτηριακού Γραμμικού Προγραμματισμού και της Ασαφής λογικής εμφανίζονται πιο κατάλληλες σε σχέση με τις κλασικές για την αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας (Παπαδάκης και Αδαμίδης, 2004).

Λαμβάνοντας ωστόσο υπόψη πως τα υπό εξέταση μεγέθη (μεταβλητές) δεν έχουν πάντα γραμμική συμπεριφορά και περιλαμβάνουν σε σημαντικό βαθμό στοιχεία πολυπλοκότητας και αβεβαιότητας η μέθοδος της ασαφής λογικής κρίνεται η πλέον κατάλληλη.

4.2 Μοντελοποίηση Περιβαλλοντικών προβλημάτων

Στη βιβλιογραφία απαντώνται διάφορες μέθοδοι και προσεγγίσεις οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη διεθνών συστημάτων, θεσμών και κυβερνητικών σχημάτων (de Vos et al. 2013). Πιο συγκεκριμένα το υπό εξέταση ζήτημα απαιτεί μεθόδους μοντελοποίησης που θα μπορέσουν να ενσωματώσουν την γνώση από υπάρχοντα περιβαλλοντικά συστήματα λαμβάνοντας υπόψη και τη θεωρία των οικονομικών περιβάλλοντος. Η τιμή των καυσίμων και του άνθρακα, ο ορισμός ορίου εκπομπών και η ανάπτυξη των ρύπων είναι μεγέθη που σε γενικές γραμμές έχουν γνωστή οικονομική συμπεριφορά ως προς τη μείωση των εκπομπών και τη διαμόρφωση του κόστους. Αυτό που κάνει τη μοντελοποίηση τους δύσκολη είναι η πολυπλοκότητα που προκύπτει από την αλληλεπίδραση όλων των υπό εξέταση μεταβλητών. Η μέθοδος μοντελοποίησης που θα επιλεγεί, θα πρέπει εκτός από την ενσωμάτωση της πολυπλοκότητας να συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση των αλληλεπιδράσεων αποκαλύπτοντας τους μηχανισμούς που ενεργοποιούνται στο επίπεδο της συνεργασίας (Χατζηλεοντιάδου & Χατζηλεοντιάδης 2005)

Πέρα από την πολυκριτηριακή ανάλυση και τους διάφορους υπό-συνδυασμούς της, ιδιαίτερα γνωστές είναι και μέθοδοι μοντελοποίησης που περιλαμβάνουν κώδικα σε προγραμματιστικό περιβάλλον (Sprinz & Wolinsky-Nahmias 2004). Οι πιο γνωστές από αυτές είναι η μέθοδος Δυναμικής Μοντελοποίησης Συστημάτων, η προσομοίωση συστημάτων πρακτόρων (agent-based modelling), η Θεωρία Παιγνίων, Ανάλυση ποιοτικού ελέγχου. Επίσης από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι προσεγγίσεις κυρίως από το χώρο της τεχνητής νοημοσύνης, όπως π.χ. αναγνώριση προτύπων (pattern recognition), μηχανική μάθηση (machine learning), τα Μπεϋσιανά δίκτυα (Bayesian networks), τα δέντρα αποφάσεων (decision trees), κλπ., έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μοντελοποίηση και επεξεργασία των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων (Fayyad et al., 1996). Στη μοντελοποίηση περιβαλλοντικών προβλημάτων συχνά εφαρμόζονται και έμπειρα συστήματα όπως το έμπειρο Ασαφές Σύστημα Εξαγωγής Συμπερασμάτων (fuzzy inference system - FIS) (Zadeh, 1965). Το FIS επιχειρεί να μοντελοποιήσει τη γνώση ενός ειδικού που γνωρίζει το προς

μοντελοποίηση σύστημα και μπορεί να το περιγράψει γλωσσολογικά με μια σειρά από ασαφείς κανόνες τύπου IF/THEN.

Κατά την επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου θα πρέπει να ληφθούν υπόψη μια σειρά χαρακτηριστικών όπως:

1. Η ικανότητα της μεθόδου να προσομοιώσει την θεωρητική γνώση του πεδίου στο οποίο θα εφαρμοστεί το περιβαλλοντικό σύστημα
2. Να αντιμετωπίσει τυχόν αμφιλεγόμενες κοινωνικές έννοιες ή στάσεις
3. Να ενσωματώσει ποιοτικά και ποσοτικά στοιχεία από διάφορες πηγές, καθώς και ελλιπή στοιχεία ή αβεβαιότητα
4. Να επιτρέψει την ύπαρξη συνεργασίας (incorporation) που μπορεί να υπάρχει μεταξύ των βασικών μεταβλητών

Η δυναμική μοντελοποίηση συστημάτων περιγράφει και προσομοιώνει πολύπλοκα συστήματα τα οποία απαιτούν την ενσωμάτωση της ανατροφοδότησης του συστήματος (Sterman, 2000). Τέτοιου είδους μοντέλα έχουν χρησιμοποιηθεί για την μελέτη της αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπου και περιβάλλοντος (Anderies 2000; Good and Reuveny, 2006) αλλά και για μεγαλύτερης κλίμακας περιβαλλοντικά προβλήματα που περιλαμβάνουν κοινωνικό- πολιτικές δομές και διεργασίες (Hughes, 2001). Ανάλογα με την πολυπλοκότητα και την λεπτομέρεια που απαιτείται αυτού του είδους η μοντελοποίηση μπορεί να είναι επίσης χρήσιμη σε προβλήματα στα οποία υπάρχουν διαθέσιμα ποσοτικά στοιχεία για την ανάπτυξη και την ανατροφοδότηση. Η μέθοδος είναι επίσης χρήσιμη σε περιπτώσεις όπου θα πρέπει να συμπεριληφθούν πληροφορίες σχετικά με την ετερογένεια των φορέων και την ποικιλομορφία των σχέσεων και των συμπεριφορών τους στη μοντελοποίηση των κοινωνικών συστημάτων. Πέρα από τους περιορισμούς των δεδομένων, η μέθοδος κρίνεται ακατάλληλη για τους σκοπούς της μοντελοποίησης μας, αφού δεν διατίθεται η δυνατότητα κατασκευής κανόνων γνώσης οι οποίοι θα κρίνουν την αποτελεσματικότητα των υπό εξέταση συστημάτων.

Οι μέθοδοι μοντελοποίησης, όπως η θεωρία των παιγνίων και η μοντελοποίηση βάσει πρακτόρων δίνει ιδιαίτερη έμφαση στη συμπεριφορά των παραγόντων και των αμοιβαίων σχέσεων τους. Αυτές οι μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί για να μελετήσουν πως το θεσμικό πλαίσιο περιορίζει τις διαθέσιμες επιλογές για τους φορείς ή πως επηρεάζει την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον τους (Gotts et al., 2003; Janssen and Ostrom, 2006) και πως η διαπραγμάτευση και η συνεργασία μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία συνασπισμών σε περιπτώσεις διαμόρφωσης παγκόσμιων περιβαλλοντικών συνθηκών (Finus, 2008; Kilgour and Wolinsky-Nahmias, 2004). Στην περίπτωση μας οι μέθοδοι δεν χρησιμοποιήθηκαν όχι μόνο λόγω ανυπαρξίας αντικρουόμενων μερών αλλά λόγω της ανάγκης έκφρασης τεχνο-οικονομικών μεταβλητών.

Η ανάλυση ποιοτικού ελέγχου παρέχει τα μέσα και τα εργαλεία για τη μοντελοποίηση προβλημάτων με ελλιπή, αβέβαιη γνώση που είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν. Η ποιοτική προσομοίωση χρησιμοποιεί «κοινή λογική» και εμπειρία σε συνδυασμό με την πάγια λογική. Έχει εφαρμοστεί στην έρευνα σχετικά με τα «σύνδρομα της παγκόσμιας αλλαγής», όπου οι πολύπλοκες διαδικασίες των κοινωνικών και περιβαλλοντικών αλλαγών που περιγράφονται ως σύνδρομα αποδίδονται με λιγότερο κατανοητές μεταβλητές (Biermann et al, 1999). Ο κύριος λόγος για τη μη εξέταση αυτών των μεθόδων μοντελοποίησης ήταν και πάλι η αδυναμία ενσωμάτωσης κανόνων γνώσης που είναι βασικό στοιχείο για τη μελέτη της αποτελεσματικότητας των μέτρων.

Ένας άλλος κλάδος των ποιοτικών μεθόδων συλλογιστικής, η οποία επικεντρώνεται λιγότερο στα δυναμικά χαρακτηριστικά του συστήματος - και είναι επομένως πιο κατάλληλη για το σκοπό μας - σχηματίζεται από τις μεθόδους που συνδυάζουν Μπεϋσιανά δίκτυα και συστήματα ασαφής λογικής (Fuzzy Logic). Αυτές οι μέθοδοι επικεντρώνονται σε μια πιο σφαιρική απόδοση του συστήματος, όσον αφορά τις σχέσεις μεταξύ των μερών / υποσυστημάτων, που συνδυάζουν ποσοτικά και ποιοτικά στοιχεία και τη χρήση κάποιας μορφής συμπερασματικών κανόνων. Αυτές οι μοντελοποιήσεις έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη του ρόλου και των επιπτώσεων των θεσμικών ρυθμίσεων σε πολύπλοκα ζητήματα διαχείρισης υδάτων (Saravanan, 2008). Για τη δημιουργία των Μπεϋζιανών δικτύων απαιτείται η γνώση να καταγραφεί με τη μορφή πιθανοτικών πινάκων, συμπληρώνοντας όλες τις πιθανές περιπτώσεις

με όρους πιθανοτήτων προκειμένου να υπάρξει ένα αξιόπιστο αποτέλεσμα. Δεδομένου ότι η διαθέσιμη γνώση δεν ήταν δυνατό να καταγραφεί από εμπειρογνώμονες με τη μορφή πιθανοτικών όρων, η μέθοδος δεν κρίνεται κατάλληλη για το υπό εξέταση πρόβλημα.

Αν και οι μεταβλητές που εμπλέκονται στη μοντελοποίηση του προβλήματος μας εμπεριέχουν στοιχεία πιθανοτήτων η μοντελοποίηση μας θα εστιάσει στην ανάπτυξη κανόνων που θα κρίνουν την απόδοση των πιθανών μέτρων. Οι κανόνες χρησιμοποιούνται για να ορίσουν την συμπεριφορά του συστήματος στις διάφορες περιπτώσεις σεναρίων που εκφράζονται μέσω των μεταβλητών. Για το λόγο αυτό κρίνεται καταλληλότερη η ανάπτυξη ενός συστήματος ασαφούς λογικής που θα ενσωματώνει με διαφάνεια την αβεβαιότητα που εμπεριέχεται στις μεταβλητές εισόδου και εξόδου. Στο μαθηματικό επίπεδο του FIS, λειτουργεί η ασαφής μηχανή συνεπαγωγής (fuzzy inference engine), η οποία εκτελεί τους μαθηματικούς υπολογισμούς για να εξάγει ένα συμπέρασμα (με βάση τη γνώση του ειδικού), σχετικά με τις τιμές που εισάγονται στο FIS.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι ευρεία εφαρμογή σε περιβαλλοντικά προβλήματα έχει και η μέθοδος των Ασαφών Νευρωνικών Δικτύων (Fuzzy Neural Networks, FNNs). Αντίθετα με τα ασαφή συστήματα, τα ασαφή νευρωνικά δίκτυα δεν προϋποθέτουν την ύπαρξη της γνώσης, αλλά την εξάγουν από ποσοτικά δεδομένα (Kazabof, 1998). Πιο συγκεκριμένα, τα FNNs χρησιμοποιούν ένα τροποποιημένο FIS για τη μοντελοποίηση του συστήματος, χρησιμοποιώντας μια μέθοδο μάθησης μέσα από τα δεδομένα για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του (Χατζηλεοντιάδου & Χατζηλεοντιάδης 2005). Στην περίπτωσή μας, λόγω της έλλειψης αρκετών ποσοτικών δεδομένων που απαιτούνται για την αξιόπιστη κατασκευή ενός FNN δεν χρησιμοποιήθηκε αυτή η μέθοδος.

4.3 Ασαφής λογική

Τα ασαφή σύνολα εισήχθησαν από Zadeh (1965) ως μια επέκταση της κλασσικής έννοιας των συνόλων. Η θεωρία του έχει αποδείξει με ισχυρή μαθηματική θεμελίωση πως μια έννοια μπορεί να κατέχει ένα βαθμό αλήθειας οπουδήποτε ανάμεσα στο διάστημα 0 και 1. Σημειώνεται πως σύμφωνα με την κλασσική λογική οι έννοιες θεωρούνται είτε ολοκληρωτικά αληθείς (τιμή 1) είτε

ολοκληρωτικά λανθασμένες (τιμή 0). Αυτή η γενίκευση κάνει αδύνατο το χειρισμό κάποιων ασαφών όρων όπως «μικρός», «μέτριος», οι οποίοι μπορεί να παίρνουν τιμές που ανήκουν ταυτόχρονα σε δύο ή και περισσότερα σύνολα τιμών.

Ασαφές Σύνολο είναι οποιοδήποτε σύνολο το οποίο επιτρέπει στα μέλη του να έχουν διαφορετικούς βαθμούς συμμετοχής (συνάρτηση συμμετοχής) στο διάστημα $[0,1]$.

Για κάθε ασαφές σύνολο μπορεί να οριστεί μία συνάρτηση, η οποία ονομάζεται *Συνάρτηση Συμμετοχής* (Membership Function).

Τα ασαφή σύνολα συχνά αναπαρίστανται από σύνολα διατεταγμένων ζευγών (orderedpairs) ως εξής

$$A = \int \{ \mu_A(x) / x \} \quad \eta \quad \sum \{ \mu_A(x) / x \} \quad \text{για } x \in X$$

Τα σύμβολα \int και \sum εκφράζουν το σύνολο και όχι το κλασικό ολοκλήρωμα ή το άθροισμα. Σε πιο απλή μορφή η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφεί ως

$$\mu_A(x) = \{ \mu_1(x) / x_1, \mu_2(x) / x_2, \dots, \mu_n(x) / x_n \}$$

ΑΣΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η θεωρία των ασαφών συστημάτων, έχει δημιουργήσει μια υπολογιστική μέθοδο η οποία μπορεί να χειριστεί προβλήματα όπου χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα, αβεβαιότητα και υποκειμενική πληροφόρηση. Βασικό μέρος της έρευνας του Zadeh άλλωστε είχε εστιάσει στην ανάπτυξη μηχανισμών αναπαράστασης και χειρισμού των γλωσσικών όρων. Σύμφωνα με τον Zadeh, οι άνθρωποι επικοινωνούν χρησιμοποιώντας ασαφείς όρους και όχι σύμβολα ή αριθμούς. Οι ασαφείς αυτοί όροι αναπαριστούν γενικές κατηγορίες και όχι καθορισμένα εκ των προτέρων σύνολα. Κατέληξε λοιπόν στην ανάπτυξη συστημάτων που στηρίζονται στην ασαφή λογική τα οποία βασίζονται σε ασαφείς συναρτήσεις συμμετοχής και ασαφής κανόνες της μορφής AN...-TOTE... (IF-THEN).

Η εισαγωγή των ασαφών συνόλων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων έγινε το 1970 από τους Bellman και Zadeh (Bellman and Zadeh, 1970). Εδώ το πρόβλημα της λήψης απόφασης σε ένα ασαφές περιβάλλον αντιμετωπίζεται με τη χρήση μεταβλητών που εκφράζουν τα κριτήρια- στόχους καθώς και τους περιορισμούς του προβλήματος. Οι μεταβλητές αυτές είναι ασαφή σύνολα που χαρακτηρίζονται από τις αντίστοιχες συναρτήσεις συμμετοχής. Από την κλασσική θεωρία της λήψης αποφάσεων ορίζεται ότι η απόφαση πρέπει να ικανοποιεί τόσο τους περιορισμούς όσο και τους στόχους του προβλήματος. Οι Bellman και Zadeh προσάρμοσαν τον ορισμό αυτό έτσι ώστε η έννοια «απόφαση» να θεωρείται ένα ασαφές σύνολο που προκύπτει από την ταυτόχρονη ικανοποίηση στόχων και περιορισμών, η όποια μαθηματικά εκφράζεται με την τομή (λογικό «και») των αντίστοιχων ασαφών συνόλων.

Έστω D το ασαφές σύνολο που εκφράζει την απόφαση, G το ασαφές σύνολο που εκφράζει το στόχο και C το ασαφές σύνολο που εκφράζει τον περιορισμό του προβλήματος. Ισχύει ότι:

$$D = G \cap C \text{ και } \mu_D(x) = \min(\mu_G(x), \mu_C(x))$$

Το ασαφές σύνολο D περιέχει συνήθως περισσότερα του ενός στοιχεία. Προκειμένου να επιλεγεί κάποιο συγκεκριμένο στοιχείο (λύση) από το ασαφές σύνολο D είναι λογικό να αναζητηθεί αυτό με το μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής στο D, το οποίο συμβολίζεται με $\max(x)$:

$$\max(x) = \{x \mid \mu_D(x) = \max(\min(\mu_G(x), \mu_C(x)))\}$$

όπου $\mu_D(x)$ είναι η συνάρτηση συμμετοχής του x στο ασαφές σύνολο D, δηλαδή την απόφαση

Η παραπάνω σχέση γενικεύεται και για περισσότερους από έναν στόχους και περιορισμούς.

Ήδη από την πρώτη τους εργασία οι Bellman και Zadeh αναγνώρισαν τους εναλλακτικούς τρόπους αντιμετώπισης ασαφών προβλημάτων. Ένα από τα στοιχεία που επισήμαναν ήταν ότι προκειμένου να δηλωθεί η σύμπλευση στόχων και περιορισμών, η τομή των αντίστοιχων ασαφών συνόλων μπορεί να μην είναι ο μόνος τρόπος, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθούν και άλλες πράξεις

ανάλογα με την περίπτωση. Ακόμη επισήμαναν ότι μπορεί στόχοι και περιορισμοί να μην έχουν την ίδια σημαντικότητα οπότε η χρήση συντελεστών βαρύτητας θα ήταν χρήσιμη.

Στην επίλυση ενός προβλήματος με τη χρήση της λογικής της ασάφειας χρησιμοποιούνται τα ασαφή σύνολα και οι λεκτικές μεταβλητές για να αποδώσουν την ανθρώπινη γνώση. Τα βασικά στοιχεία ενός ασαφούς συστήματος και τα οποία περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια, είναι τα ακόλουθα:

- Ασαφοποίηση των δεδομένων εισόδου
- Ανάπτυξη των κανόνων
- Επεξεργασία των κανόνων
- Απασαφοποίηση των αποτελεσμάτων

Με τον όρο Ασαφοποίηση περιγράφεται η διαδικασία μετατροπής των αρχικών αριθμητικών τιμών των μεταβλητών σε λεκτικές μεταβλητές (linguistic variables - οι εκφράσεις των οποίων είναι ασαφείς αριθμοί, δηλαδή ασαφή σύνολα ορισμένα σε ένα διάστημα, τα οποία αναπαριστούν γλωσσικούς όρους όπως μικρό, μέσο, μεγάλο κ.λπ.) με τη βοήθεια των συναρτήσεων συμμετοχής. Οι αριθμοί που αντιστοιχούν στις μεταβλητές, αντικαθίστανται από λεκτικούς όρους (terms) και δημιουργούνται συναρτήσεις συμμετοχής αντίστοιχα για κάθε κριτήριο. Σε αυτό το στάδιο προσδιορίζονται οι υποκλάσεις και η μεταξύ τους επικάλυψη, καθώς και η χρησιμοποιούμενη συνάρτηση. Οι συναρτήσεις συμμετοχής των ασαφών αριθμών θα πρέπει να παίρνουν την τιμή 1 σε ένα σημείο ή το πολύ σε ένα διάστημα. Αριστερά του διαστήματος αυτού είναι αύξουσες και δεξιά φθίνουσες. Με τη βοήθεια των λεκτικών μεταβλητών διαμερίζουμε τα διαστήματα των τομών με ασαφή τρόπο και προσεγγίζουμε τη συνάρτηση του συστήματος. Στην περίπτωση μας δηλαδή μπορούμε να ορίσουμε π.χ. την ποσότητα ρύπων που θα απομακρύνει ένα προτεινόμενο μέτρο ως χαμηλή, μέτρια ή υψηλή, μέσω τριών διαφορετικών συναρτήσεων συμμετοχής.

Ο καθορισμός της συνάρτησης συμμετοχής αποτελεί μια υποκειμενική διαδικασία η οποία αντικατοπτρίζει τη γνώση ενός ή περισσότερων ειδικών, μπορεί δε να υποβοηθηθεί από διάφορες μεθόδους όπως: η μέθοδος του μέσου όρου.

Υπάρχουν ωστόσο κάποιες μορφές συναρτήσεων συμμετοχής οι οποίες εφαρμόζονται με μεγάλη συχνότητα στις διάφορες εφαρμογές και αποτελούν κατά κάποιο τρόπο τις πρώτες επιλογές των ερευνητών στην απεικόνιση φυσικών προβλημάτων. Τέτοιες συναρτήσεις συμμετοχής είναι:

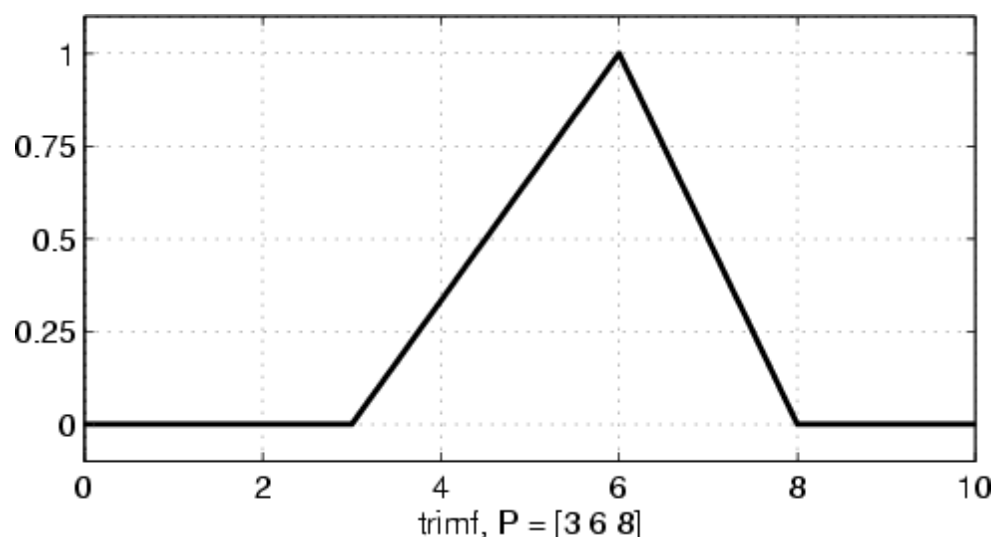
- Η **τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής** (Σχήμα 10). Η μαθηματική έκφραση της συνάρτησης αποδίδεται από την ακόλουθη σχέση. Στη σχέση αυτή a , b , και c είναι οι κορυφές το τριγώνου.

$$0, \quad x \leq a$$

$$(x-a)/(b-a), \quad a \leq x \leq b$$

$$f(x,a,b,c) = \{ (c-x)/(c-b), \quad b \leq x \leq c$$

$$0, \quad c \leq x$$

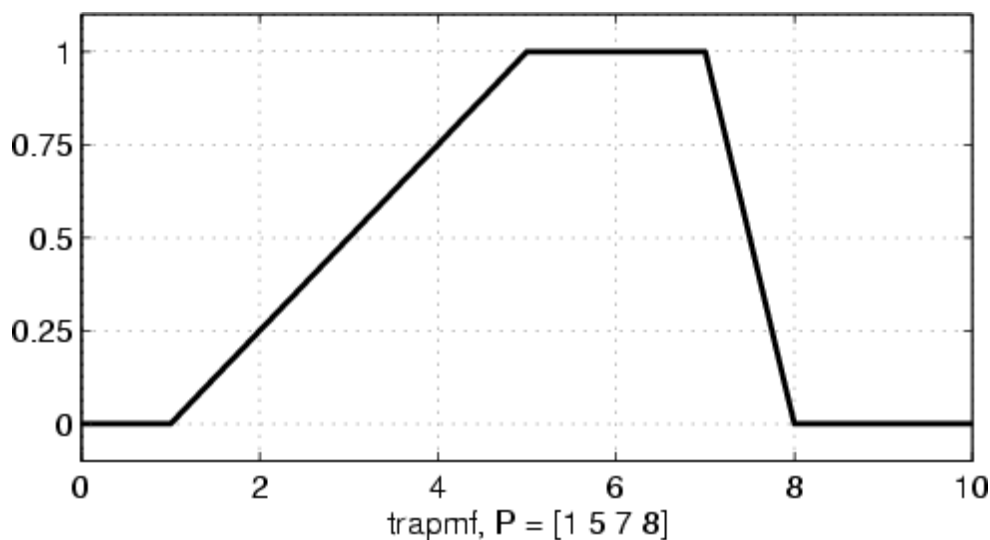


Πηγή: Παπαδάκης και Αδαμίδης, 2004

Σχήμα 10: Η τριγωνική συνάρτηση συμμετοχής

- Η **τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής** (Σχήμα 11). Η μαθηματική έκφραση της συνάρτησης αποδίδεται από την ακόλουθη σχέση.

$$f(x,a,b,c,d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ (x-a)/(b-a), & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c), & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases}$$



Πηγή: Παπαδάκης και Αδαμίδης, 2004

Σχήμα 11: Η τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής

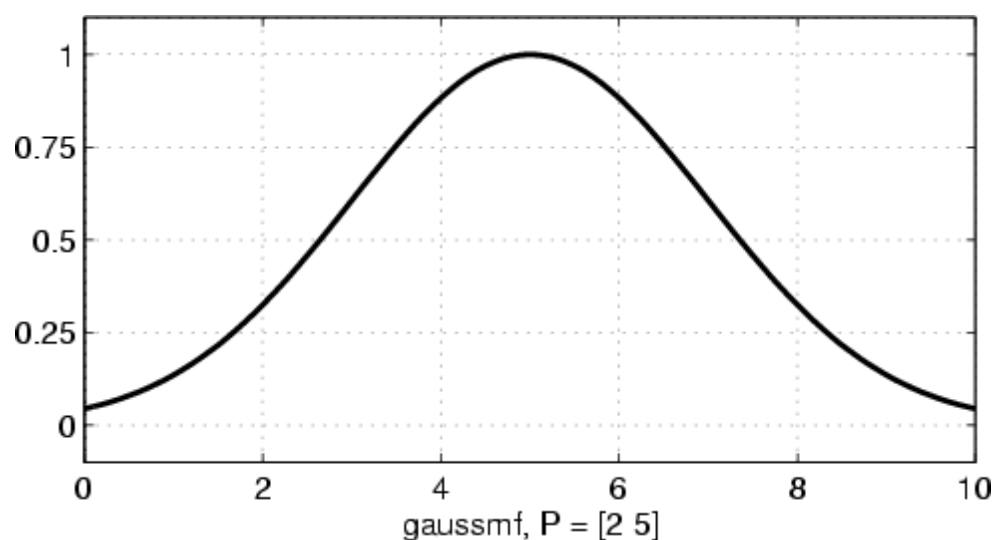
Στη σχέση αυτή a, b, c και d είναι οι κορυφές του τραπεζίου. Το Σχήμα 11 αποτελεί παράδειγμα τραπεζοειδούς συνάρτησης συμμετοχής.

Στην τραπεζοειδή συνάρτηση συμμετοχής, η πιθανότητα εμφάνισης απεικονίζεται στη βάση της εκτίμησης δυο διαστημάτων, εκείνου που ορίζει το εύρος του συνόλου των ενδεχομένων (μεγάλη πλευρά τραπεζίου) και εκείνου που ορίζει το εύρος των πλέον αναμενόμενων ενδεχομένων (μικρή πλευρά τραπεζίου) (Ross, 1995). Οι υπόλοιπες πλευρές, όπως και στην τριγωνική

συνάρτηση, αποτελούν ενδιάμεσες καταστάσεις που υποδεικνύουν την απόκλιση από τις εκτιμήσεις (Ξενίδης 2006).

- **Η γκαουσιανή συνάρτηση συμμετοχής** (Gaussian mf) (Σχήμα 12) χαρακτηρίζεται από τις δύο παραμέτρους $\{\sigma, \mu\}$, όπου το σ καθορίζει το πλάτος της συνάρτησης συμμετοχής (mf) και το μ αναπαριστά το κέντρο (κορυφή) της mf :

$$gaussian(x; \sigma; \mu) = e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

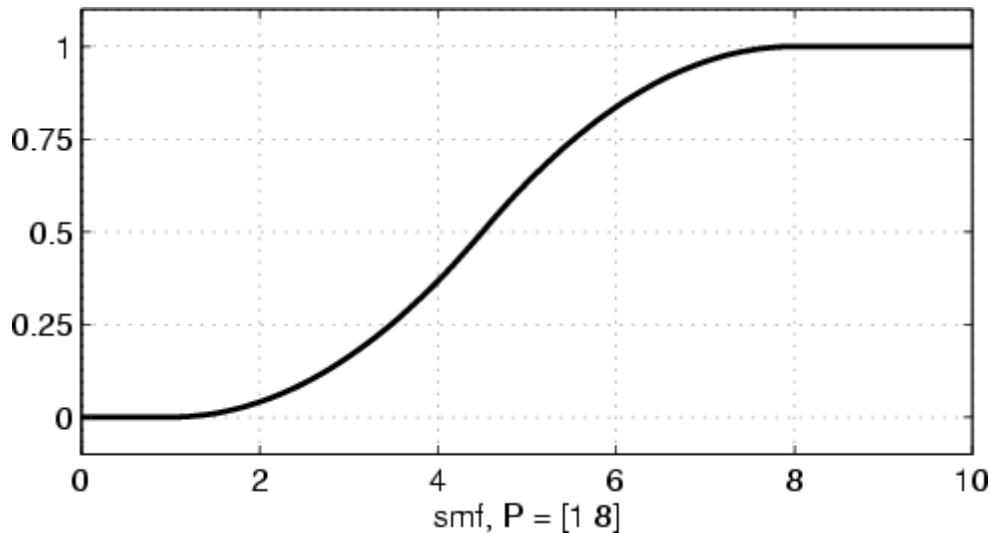


Πηγή: Παπαδάκης και Αδαμίδης, 2004

Σχήμα 12: Η γκαουσιανή συνάρτηση συμμετοχής

- **Η σιγμοειδή συνάρτηση συμμετοχής** (sigmoidal mf) (Σχήμα 13) χαρακτηρίζεται από τις δύο παραμέτρους $\{a, c\}$, ως εξής:

$$sigmoid(x; a, c) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}}$$



Πηγή: Παπαδάκης και Αδαμίδης, 2004

Σχήμα 13: Η σιγμοειδής συνάρτηση συμμετοχής

ΠΡΑΞΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΑΣΑΦΩΝ ΣΥΝΟΛΩΝ

Μεταξύ των ασαφών συνόλων ορίζονται ορισμένες πράξεις όπως είναι η ένωση (*union*), η τομή (*intersection*), το γινόμενο (*product*), το αλγεβρικό άθροισμα (*probor*) και το συμπλήρωμα (*complement*) ενός ασαφούς συνόλου (βλέπε Παπαδάκης και Αδαμίδης, 2004).

Η ένωση (*union*) δύο ασαφών συνόλων A και B στο X ορίζεται ως εξής:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad \forall x \in X$$

Η τομή (*intersection*) δύο ασαφών συνόλων A και B στο X ορίζεται ως εξής:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad \forall x \in X$$

Το γινόμενο (*product*) δύο ασαφών συνόλων A και B στο X ορίζεται ως εξής:

$$\mu_{A \odot B}(x) = \mu_A(x) \bullet \mu_B(x) \quad \forall x \in X$$

Το συμπλήρωμα (*complement*) ενός ασαφούς συνόλου ορίζεται ως εξής:

$$\mu_{\bar{A}} = 1 - \mu_A(x) \quad \forall x \in X$$

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΝΟΝΩΝ

Μετά τη διαδικασία της ασαφοποίησης ακολουθεί η κατασκευή κανόνων οι οποίοι συνδέουν τις τιμές των μεταβλητών εισόδου με τις τιμές των μεταβλητών εξόδου και αντιπροσωπεύουν τη γνώση του πεδίου ή των ειδικών. Ουσιαστικά, συνδέουν τις λεκτικές μεταβλητές (πχ. Ανάπτυξη ρύπων) με το υποσύνολο του λεκτικού συμβολισμού (χαμηλή, μέτρια ή υψηλή), αποδίδοντας τη βεβαιότητα καθορισμού του κανόνα.

Οι ασαφείς κανόνες (if-then rule) στην πιο απλή μορφή τους εκφράζονται ως:

"If x is A then y is B"

όπου το τμήμα «*If x is A*» είναι το τμήμα υπόθεσης (premise part) και το τμήμα «*then y is B*» είναι το τμήμα απόφασης ή συμπεράσματος (consequent part).

Σε περίπτωση που υπάρχουν περισσότερες από μία είσοδοι $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ οι κανόνες έχουν την εξής μορφή:

If x_1 is A_1 and x_2 is A_2 and... x_n is A_n then y is B

Ακολουθως οι κανόνες μπορούν να περιλαμβάνουν και παραπάνω από μία έξοδοι.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΝΟΝΩΝ

Μετά τη διατύπωση των κανόνων, το επόμενο στάδιο είναι η επεξεργασία αυτών η οποία ονομάζεται και εξαγωγή συμπεράσματος (inference). Η διαδικασία αυτή γίνεται με σκοπό την εξαγωγή του αποτελέσματος μέσα από την υπάρχουσα γνώση, όπως αυτή εκφράζεται στους κανόνες και τις συναρτήσεις συμμετοχής. Οι πιο γνωστοί τύποι ασαφούς συνεπαγωγής είναι οι:

Mamdani, με βάση τον τελεστή max-min, παράγει το *βαθμό εκπλήρωσης* (degree of fulfillment) του κάθε κανόνα λαμβάνοντας το μικρότερο από τους βαθμούς συμμετοχής των ασαφοποιημένων τιμών και

Larsen, με βάση το τελεστή max-product, ο οποίος υπολογίζει το βαθμό εκπλήρωσης του κανόνα πολλαπλασιάζοντας τους βαθμούς συμμετοχής των ασαφοποιημένων τιμών.

Η διαδικασία εξαγωγής συμπερασμάτων βάσει των κανόνων σε ένα ασαφές σύστημα περιλαμβάνει τη διαδικασία της συσσώρευσης ή συνάθροισης (aggregation), τη σημαντικότητα (implication) και τη συγκέντρωση (accumulation).

Με την έννοια της συσσώρευσης περιγράφεται η διαδικασία της συνένωσης των συμπερασμάτων όλων των κανόνων. Συνήθως, χρησιμοποιείται το λογικό AND, ή το λογικό OR, το αλγεβρικό γινόμενο (Algebraic Product) κλπ.

Ακολουθεί το στάδιο της σημαντικότητας, όπου υπολογίζεται η βεβαιότητα για το σύνολο των κανόνων, με βάση τις βεβαιότητες του κάθε κανόνα χωριστά. Αυτό το βήμα αποδίδει το συμπέρασμα των κανόνων της λογικής μορφής «Εάν A τότε B», και εδώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τελεστές όπως είναι η τομή και το αλγεβρικό γινόμενο. Αυτό διασφαλίζει βαθμό εκπλήρωσης πάντα μικρότερο της μονάδας.

Τέλος επειδή σε ένα ασαφές σύστημα, κάποιοι κανόνες μπορούν να οδηγήσουν στο ίδιο αποτέλεσμα με διαφορετικούς βαθμούς εκπλήρωσης, με τη διαδικασία της συγκέντρωσης, η οποία αντιστοιχεί στο λογικό OR, επιλέγεται ένας μόνο βαθμός εκπλήρωσης. Οι συνηθέστεροι τελεστές για τη διαδικασία της συγκέντρωσης είναι η ένωση και το αλγεβρικό άθροισμα.

ΑΠΑΣΑΦΟΠΟΙΗΣΗ

Το αποτέλεσμα της επεξεργασίας των κανόνων είναι μια λεκτική μεταβλητή με συμμετοχές σε δύο ή περισσότερες υποκλάσεις. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται η διαδικασία της από-ασαφοποίησης η οποία παράγει μία αριθμητική (crisp) τιμή από ένα ασαφές σύνολο. Η διαδικασία μετατροπής γίνεται τόσο για διαχειριστικούς όσο και για λόγους οπτικοποίησης του συνόλου των αποτελεσμάτων σε μια αριθμητική τιμή, σε μία υποκλάση, σε ένα θεματικό επίπεδο.

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι για να πραγματοποιηθεί η απασαφοποίηση όπως της μέγιστης τιμής, του μέσου όρου των μέγιστων τιμών, του κέντρου βάρους κ.λπ.

Από-ασαφοποίηση: Οι μέθοδοι από-ασαφοποίησης είναι:

- **Από-ασαφοποίηση κέντρου βάρους** (Centroid defuzzyfication ή center of area ή COA), όπου υπολογίζεται το κέντρο βάρους της κατανομής του ασαφούς συνόλου της εξόδου:

$$x'_{COA} = \frac{\int x \cdot \mu(x) dx}{\int \mu(x) dx}$$

- **Από-ασαφοποίηση μέσου όρου των μεγίστων** (Mean of Maxima ή MOM), όπου υπολογίζεται ο μέσος όρος των τιμών εξόδου που έχουν τον μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής

$$x'_{MOM} = \frac{1}{m} \sum \max \mu(x)$$

- **Από-ασαφοποίηση μικρότερου από τους μεγίστους** (Smallest of maxima ή SOM), όπου υπολογίζεται από τις μέγιστες τιμές εξόδου εκείνη που έχει το μικρότερο βαθμό συμμετοχής.
- **Από-ασαφοποίηση μεγαλύτερου από τους μεγίστους** (Largest of maxima ή LOM), όπου υπολογίζεται από τις μέγιστες τιμές εξόδου εκείνη που έχει το μεγαλύτερο βαθμό συμμετοχής.

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται περισσότερο είναι η μέθοδος από-ασαφοποίησης της κεντρικής τιμής ή κεντρώου (Centroid ή COA), εξαιτίας της ικανότητάς της να παρουσιάζει σε σχέση με τις άλλες μεθόδους το πιο μικρό σφάλμα.

4.4 Πλεονεκτήματα της μεθόδου

Συνοψίζοντας αναφέρονται τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της χρήσης ασαφών μοντέλων σε συστήματα λήψης αποφάσεων:

Ικανότητα μοντελοποίησης ιδιαίτερα πολύπλοκων προβλημάτων

Τα ασαφή συστήματα προσφέρουν γενικευμένες προσεγγίσεις και είναι πιο κατάλληλα για τη μοντελοποίηση πολύπλοκων προβλημάτων. Λόγω της δομής τους έχουν την ικανότητα να προσεγγίζουν τη συμπεριφορά συστημάτων που διαθέτουν έναν αριθμό ελάχιστα γνωστών χαρακτηριστικών. Η ικανότητά τους να επεξηγούν τη συλλογιστική τους, προσφέρει έναν ιδανικό τρόπο αντιμετώπισης αυτών των προβλημάτων.

Βελτιωμένη γνωστική μοντελοποίηση εμπειρών συστημάτων

Τα ασαφή συστήματα παρέχουν τη δυνατότητα άμεσης κωδικοποίησης της γνώσης με τρόπο παρόμοιο με εκείνο που θα διατυπωνόταν στη διαδικασία απόφασης. Οι κανόνες είναι εύκολο να αναπτυχθούν αφού χρησιμοποιείται στην ουσία η φυσική γλώσσα του ειδικού, επιτρέποντας διαφάνεια και εύκολη αξιολόγηση του συστήματος.

Ικανότητα μοντελοποίησης συστημάτων που εμπλέκουν πολλούς ειδικούς

Τα ασαφή συστήματα είναι ικανά να αναπαραστήσουν πολλούς συνεργαζόμενους, ακόμη και διαφωνούντες ειδικούς. Αυτό μπορεί να γίνει με τη χρήση πολλών διαφορετικών κανόνων ή ακόμα και με τη χρήση συντελεστών βαρύτητας σε κάποιους κανόνες

Μειωμένη πολυπλοκότητα μοντέλου

Καθώς τα ασαφή συστήματα απαιτούν λιγότερους κανόνες από τα παραδοσιακά συστήματα και αυτοί οι κανόνες βρίσκονται πιο κοντά στον τρόπο που εκφράζουμε τη γνώση στη φυσική γλώσσα, αφενός μπορούν να τροποποιηθούν με λιγότερα παραγόμενα λάθη και αφετέρου τα λογικά ή δομικά προβλήματα μπορούν να εντοπιστούν και να επιλυθούν σε μικρό χρονικό διάστημα.

Βελτιωμένος χειρισμός αβεβαιότητας και πιθανοτήτων

Η ασαφής λογική προσφέρει μια καλύτερη, πιο συνεπή και μαθηματικά ορθότερη μέθοδο χειρισμού της αβεβαιότητας, παρόλο που αναπαριστά την αβεβαιότητα και την ανακρίβεια ως ένα ενδογενές κομμάτι του μοντέλου, καθώς και οι δυο αυτές εναλλακτικές προσεγγίσεις βασίζονται στην ανάθεση τιμών αβεβαιότητας έξω από το μοντέλο καθ' αυτό.

4.5 Παραδείγματα εφαρμογής της μεθόδου στον τομέα της ναυτιλίας

Στον τομέα της ναυτιλίας ο Denisis (2009) χρησιμοποίησε την μέθοδο του Fuzzy Logic για την σύγκριση της αποδοτικότητας της ναυτιλίας μικρών αποστάσεων με εναλλακτικές μορφές μεταφοράς στις ΗΠΑ. Μεταξύ των εξωτερικότητων μελετήθηκαν και οι αέριοι ρύποι της ναυτιλίας στις ΗΠΑ από στοιχεία της EPA και άλλους συγγραφείς. Τα αποτελέσματα δείξαν ότι το μοντέλο υπολόγισε ικανοποιητικά τις εξωτερικότητες (κοινωνικό κόστος) στις δοθήσες συνθήκες.

Σε μια πρόσφατη μελέτη οι Ren και Lützen (2015) μελέτησαν την επιλογή τεχνολογιών μείωσης των αέριων ρύπων της ναυτιλίας με τη μέθοδο της ασαφούς πολυκριτηριακής ανάλυσης (Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP). Οι τεχνολογικές λύσεις που μελετήθηκαν είναι καύσιμα με χαμηλή περιεκτικότητα θείου, χρήση φίλτρων (scrubbers) που μειώνουν της εκπομπές και η επιλογή του LNG ως καύσιμο και τα βασικότεροι παράγοντες κατά την επιλογή της βέλτιστης λύσης ήταν η τεχνολογική ωριμότητα και το κόστος της αρχικής επένδυσης. Την ίδια μέθοδο (FAHP) χρησιμοποίησαν και οι Chen et al. (2014) για την μελέτη των παραγόντων που μπορούν να αυξήσουν την περιβαλλοντική απόδοση ενός λιμανιού ενώ οι Yang et al (2015) μελέτησαν τη δυνατότητα για περιβαλλοντικά αποδοτικών μεταφορών (green logistics) με τη μέθοδο Fuzzy mathematical programming.

Έχοντας πλέον μια πιο σαφή εικόνα, τόσο της λογικής της ασάφειας και των επιμέρους διαδικασιών για την υλοποίησή της, όσο της σκοπιμότητάς της στην αντιμετώπιση σύνθετων προβλημάτων λήψης απόφασης σε περιβαλλοντικά ζητήματα, ακολουθεί η περιγραφή της εφαρμογής της εν λόγω μεθόδου στα πλαίσια ενός συστήματος λήψης απόφασης για τα προτεινόμενα μέτρα αντιμετώπισης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τη ναυτιλιακή βιομηχανία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ

5.1 Εφαρμογή της μεθοδολογίας στο υπό εξέταση πρόβλημα

Σ' αυτό το κεφάλαιο θα αναπτυχθεί το μοντέλο αξιολόγησης των εργαλείων αντιμετώπισης των εκπομπών διοξειδίου της ναυτιλίας, με τη μέθοδο της ασαφούς λογικής. Ο κύριος στόχος της προτεινόμενης προσέγγισης αφορά στην ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης μεθοδολογίας που θα ενσωματώνει την πολυπλοκότητα και την ασάφεια που ενυπάρχει σε περιπτώσεις αξιολόγησης περιβαλλοντικών μέτρων βασιζόμενη σε κανόνες. Το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα είναι η ανάδειξη ενός εργαλείου υποστήριξης της διαδικασίας επιλογής του καταλληλότερου μέτρου, με βάση τα προκαθορισμένα κριτήρια.

Η μεθοδολογική προσέγγιση αυτής της διατριβής περιλαμβάνει πέρα από την ανάλυση των πιθανών εργαλείων- προτεινόμενων μέτρων, την ανάπτυξη ενός μοντέλου στο οποίο επιχειρείται συνολική προσέγγιση στο ζήτημα της αξιολόγησης των μέτρων. Αυτό εντοπίζεται στα εξής δύο επίπεδα:

- Στο εύρος της αξιολόγησης, δηλαδή στα κριτήρια/μεταβλητές που χρησιμοποιούνται στη μοντελοποίηση (Ανάπτυξη ρύπων, τιμή πετρελαίου, τιμή άνθρακα, όριο εκπομπών, έξτρα αποτελεσματικότητα)
- Στα μεγέθη που εκφράζονται στα παραπάνω κριτήρια, όπως αποτυπώνονται στις συναρτήσεις συμμετοχής.

5.2 Κατασκευή του μοντέλου ασαφούς λογικής

Απώτερος στόχος του μοντέλου είναι να συμβάλλει στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Για το λόγο αυτό το μοντέλο αναπτύχθηκε με τις μεταβλητές που επέλεξε εξ' αρχής ο IMO έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων. Επειδή ωστόσο ο ακριβής μαθηματικός τύπος κάθε προτεινόμενου μέτρου δεν είναι διαθέσιμος χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα αποτελέσματα που δημοσίευσε ο IMO για την διαμόρφωση του εύρους των μεταβλητών.

Η πολυπλοκότητα του συγκεκριμένου ζητήματος αποτέλεσε εν μέρει πρόβλημα για την ανάπτυξη του συγκεκριμένου μοντέλου. Τα κριτήρια και τα σενάρια που χρησιμοποιεί ο ΙΜΟ είναι πολλά, ειδικά εάν ληφθούν υπόψη και τα ποιοτικά κριτήρια. Αυτό θα δημιουργούσε μεγάλο αριθμό μεταβλητών και κανόνων με συνέπεια την υπερβολικά μεγάλη διάσταση του μοντέλου που είναι γνωστή και ως curse of dimensionality (Setnes, 2001). Επιλέχθηκαν λοιπόν μόνο οι βασικές μεταβλητές που χρησιμοποιεί η μελέτη του ΙΜΟ στην ποσοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Η ενσωμάτωση των ποιοτικών κριτηρίων είναι επίσης εφικτή αλλά προτείνεται για μελλοντική έρευνα.



Σχήμα 14: Διαγραμματική απεικόνιση της μεθοδολογίας ασαφούς λογικής

Όπως γίνεται φανερό από το Σχήμα 14 η διαδικασία ασαφοποίησης των μεταβλητών εισόδου και εξόδου είναι το πρώτο βήμα για την κατασκευή του μοντέλου. Αυτό γίνεται εφικτό μέσω των συναρτήσεων συμμετοχής των μεταβλητών εισόδου και εξόδου. Για να οριστούν αυτές οι καμπύλες απαιτούνται αριθμητικά δεδομένα που μπορεί να προέρχονται από βάσεις δεδομένων ή παλαιότερες έρευνες. Ειδικά για τις Κοινωνικές Επιστήμες η χρήση δεδομένων από παλαιότερες έρευνες για μετά- ανάλυση είναι ιδιαίτερα συνηθισμένο φαινόμενο, αφού οι έρευνες είναι ιδιαίτερα δαπανηρές και χρονοβόρες.

5.2.1 Μεταβλητές εισόδου

Για την ανάπτυξη των μεταβλητών εισόδου συνήθως χρησιμοποιούνται δεδομένα από προηγούμενες έρευνες προκειμένου να οριστεί το εύρος των τιμών των μεταβλητών. Στις κοινωνικές επιστήμες η χρήση δεδομένων σε μετά-ανάλυση είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη αφού η απόκτηση πρωτότυπων δεδομένων μέσω ερωτηματολογίων ή μέσω παρατηρήσεων είναι συνήθως δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία.

Έτσι, οι μεταβλητές εισόδου που επιλέχθηκαν είναι αυτές που είχε χρησιμοποιήσει και η ομάδα ειδικών του IMO. Για τη διαμόρφωση των συναρτήσεων συμμετοχής τους χρησιμοποιήθηκε το εύρος από τα αποτελέσματα των αντίστοιχων μεταβλητών της μελέτης του IMO, διαιρεμένο σε τρεις υποκατηγορίες. Επιπλέον προστέθηκε 36% αλληλοεπικάλυψη των καμπυλών αφού στη βιβλιογραφία αναφέρεται πως αυτή μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 25 και 50% (Hong and Lee, 1996). Για τις ανάγκες της έρευνας μας το σημείο εκκίνησης θεωρείται το έτος 2015 και το σημείο αναφοράς το έτος 2030.

Ανάπτυξη Ρύπων: Η εν λόγω μεταβλητή αφορά την μελλοντική ανάπτυξη των αέριων ρύπων της ναυτιλίας, και πιο συγκεκριμένα του CO₂. Είναι γνωστό πως η αύξηση των αέριων ρύπων συνδέεται με την αύξηση της παραγωγικής δραστηριότητας της ναυτιλιακής βιομηχανίας η οποία με τη σειρά της συνδέεται με τις αυξημένες ανάγκες μεταφορών και την υψηλή παγκόσμια ανάπτυξη. Η μελέτη της ομάδας Ειδικών του IMO έλαβε υπόψη 2 σενάρια που είχαν οριστεί από τον IUCN: 1.65 και 2.8. Για τις ανάγκες της μοντελοποίησης ορίστηκαν 3 πιθανά σενάρια ανάπτυξης των ρύπων: Χαμηλή 1.7- 2.28, Μέτρια 1.7- 2.8, Υψηλή 2.28- 2.8

Τιμή καυσίμων: Το κόστος καυσίμων είναι ένα σημαντικό συστατικό του λειτουργικού κόστους των ναυτιλιακών εταιρειών και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό πολλές πτυχές των θαλάσσιων μεταφορών, όπως η ταχύτητα του πλοίου και, κατά συνέπεια, η ισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης υπηρεσιών θαλάσσιων μεταφορών. Η μελέτη του IMO έχει προβλέψει τις τιμές τόσο για το καθαρό πετρέλαιο (distillated oil) όσο και για το υπολειμματικό καύσιμο (residual oil) το 2030. Οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 68 και 330 δολαρίων

ανά βαρέλι. Για τις ανάγκες της μοντελοποίησης έχουμε τρία επίπεδα της τιμής του πετρελαίου: Χαμηλή: 70-182, Μέτρια: 70 - 330, Υψηλή: 218-330

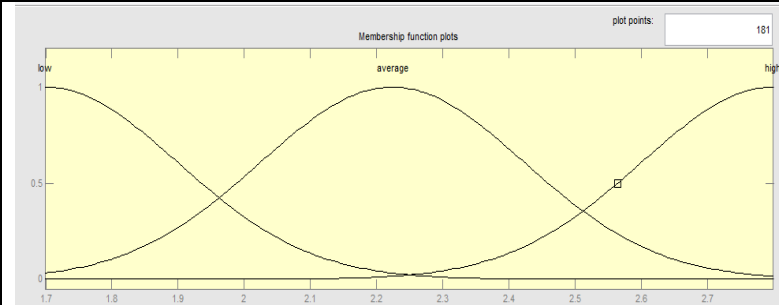
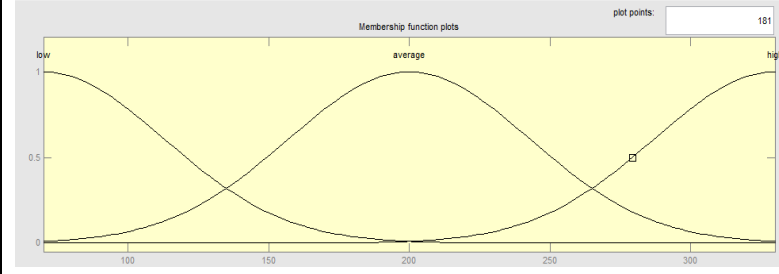
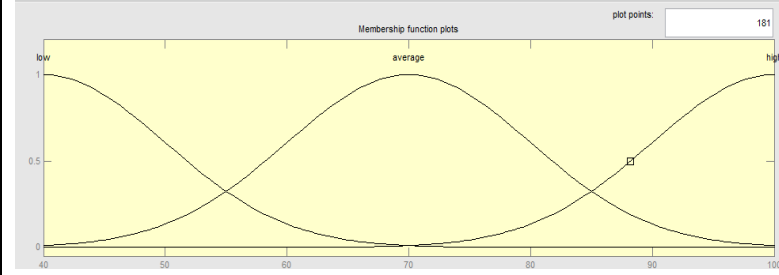
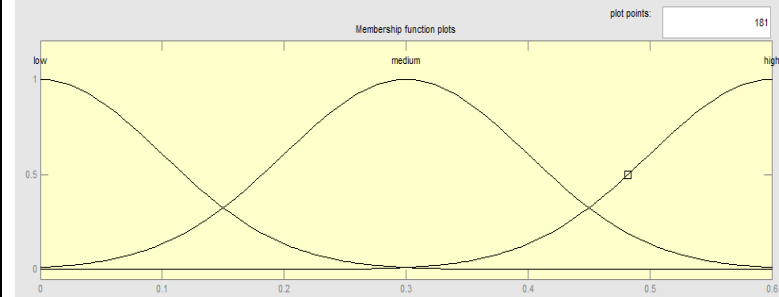
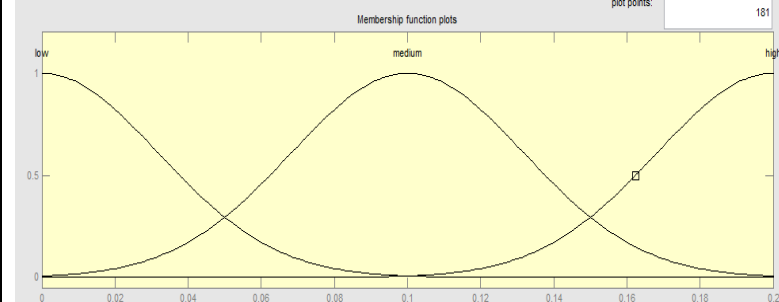
Τιμή άνθρακα: κάτι που συναντάται συχνά στα περισσότερα από τα προτεινόμενα μέτρα είναι ότι οι ναυτιλιακές εταιρείες θα είναι σε θέση να αγοράζουν δικαιώματα άνθρακα προκειμένου να αντισταθμίσουν το ποσό του CO₂ που έχουν εκπέμψει. Η τιμή αυτών των αδειών άνθρακα θα υπόκεινται στους κανόνες της παγκόσμιας προσφοράς, με τις αναπτυσσόμενες χώρες να βρίσκονται στο προσκήνιο των αναμενόμενων προμηθευτών. Μερικά μέτρα προτείνουν ότι τα «πράσινα πλοία» που ικανοποιούν το στόχο τους μπορεί να είναι σε θέση να πωλούν το περίσσειμα των αδειών τους. Σύμφωνα με τη μελέτη του IMO, η αναμενόμενη τιμή του άνθρακα το 2030 θα είναι μεταξύ \$ 40 και \$ 100 ανά τόνο. Σε αυτή τη μελέτη έχουμε τρία επίπεδα της τιμής του άνθρακα: Χαμηλή: 40-66, Μέση: 40-100, Υψηλή: 74-100

Έξτρα αποτελεσματικότητα: Προφανώς σταδιακά κάποιες τεχνολογικές βελτιώσεις θα αρχίσουν να εδραιώνονται σε νέα ή υπάρχοντα πλοία, δίνοντας ώθηση στην ενεργειακή αποτελεσματικότητά τους. Το νέο θεσμικό πλαίσιο που περιλαμβάνει κανονισμούς όπως ο EEDI και το SEEMP αναμένεται να συμβάλει προς αυτή την κατεύθυνση (Johnson 2014). Αυτό θα έχει σημαντική επίδραση στις προσπάθειες για τον περιορισμό του CO₂, καθώς θα μειώσει άμεσα τις εκπομπές, χωρίς παρεμβολή της τιμής του πετρελαίου ή της τιμής του άνθρακα. Φυσικά, μια τέτοια επένδυση απαιτεί συνήθως ένα σταθερό οικονομικό περιβάλλον, κάτι στο οποίο στοχεύουν κάποια από τα μέτρα. Η μελέτη της ομάδας ειδικών του IMO εξέτασε δύο επίπεδα έξτρα αποτελεσματικότητας, δηλαδή 0 και 0,6. Για τις ανάγκες της μελέτης μας έχουμε θέσει τρία επίπεδα αποδοτικότητας: Χαμηλή 0- 0,26, κατά Μέτρια: 0 - 0,6, Υψηλή: 0,34 - 0,6.

Ανώτατο όριο εκπομπών: Είναι γενικά κατανοητό ότι το ανώτατο όριο εκπομπών καθορίζει την ποσότητα των εκπομπών CO₂ που πρέπει να αντισταθμιστεί. Αυτό συνήθως εκφράζεται ως ποσοστό των συνολικών εκπομπών του επιπέδου εκπομπών «business as usual». Για τα προτεινόμενα μέτρα που αναφέρουν το ανώτατο όριο εκπομπών, στο πλαίσιο των μηχανισμών τους (GHG Fund και ETS), η μελέτη της ομάδας ειδικών του IMO

έχει ορίσει το ανώτατο όριο ως 0%, 10% 20% της ΒΑΥ. Σε αυτή τη μελέτη έχουμε τρία επίπεδα για το ανώτατο όριο εκπομπών: χαμηλό 0- 0,09, μέτριο 0- 0,2 και υψηλό 0,11 έως 0,2.

Πίνακας 10: Ασαφοποίηση των μεταβλητών εισόδου

Μεταβλητές Εισόδου	Ασαφή Σύνολα (μ , σ)		
	<u>Ανάπτυξη Ρύπων</u>		
	Χαμηλή: 1.7- 2.28	1.7	0.194
	Μέτρια: 1.7- 2.8	2.2 5	0.194
Υψηλή: 2.28- 2.8	2.8	0.194	
	<u>Τιμή Πετρελαίου</u>		
	Χαμηλή: 70- 182	70	45
	Μέτρια : 70- 330	200	45
Υψηλή:218-330	330	45	
	<u>Τιμή Άνθρακα</u>		
	Χαμηλή: 40-66	40	10.5
	Μέτρια : 40-100	70	10.5
Υψηλή:74-100	100	10.5	
	<u>Έξτρα Αποτελ/κότητα</u>		
	Χαμηλή: 0- 0.26	0	0.1
	Μέτρια : 0- 0.6	0.3	0.1
Υψηλή: 0.34 -0.6	0.6	0.1	
	<u>Ανώτατο όριο Εκπομπών</u>		
	Χαμηλή: 0- 0.086	0	0.035
	Μέτρια : 0.- 0.2	0.1	0.035
Υψηλή:0.114- 0.2	0.2	0.035	

Στο πίνακα 10 παρουσιάζονται οι συναρτήσεις συμμετοχής για όλες τις μεταβλητές εισόδου. Αν και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε καμπύλη, επιλέχθηκε η Γκαουσιανή συνάρτηση λόγω του πιο ομαλού χειρισμού που προσφέρει (Guillame 2001). Ο τύπος της Γκαουσιανής συνάρτησης συμμετοχής είναι:

$$f(x; \sigma; \mu) = e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Όπου μ είναι κέντρο της κορυφής της καμπύλης και το σ είναι η τυπική απόκλιση της κατανομής και ελέγχει τη διασπορά, δηλαδή το εύρος της συνάρτησης συμμετοχής.

Οι συναρτήσεις συμμετοχής που παρουσιάζονται στον πίνακα 10 αποτελούν τη λεκτική αναπαράσταση των μεταβλητών. Με τον τρόπο αυτό οι μεταβλητές έχουν 'διαμεριστεί' όπως λέμε σε λεκτικούς (linguistic) όρους. Από το σημείο αυτό και μετά μπορούμε να μιλάμε π.χ. για την μείωση των ρύπων με λεκτικούς αντί αυστηρά αριθμητικούς όρους. Ενδεικτικά μια τιμή άνθρακα 60 δολάρια θεωρείται κατά 16% μέτρια και κατά 3% χαμηλή.

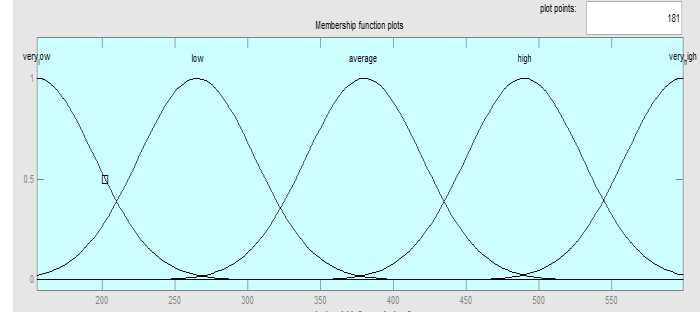
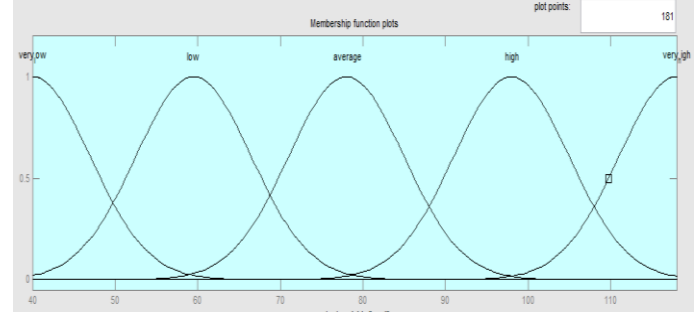
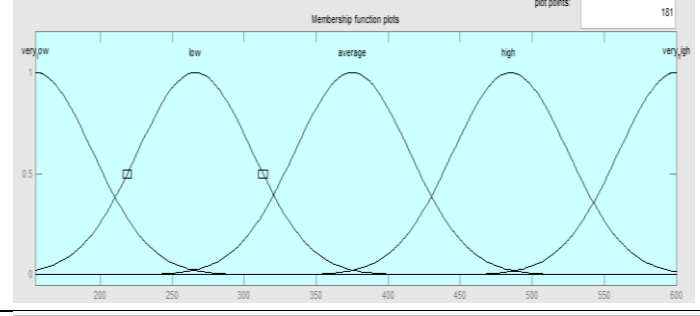
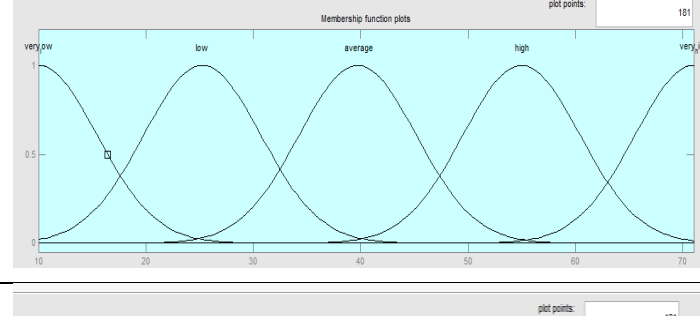
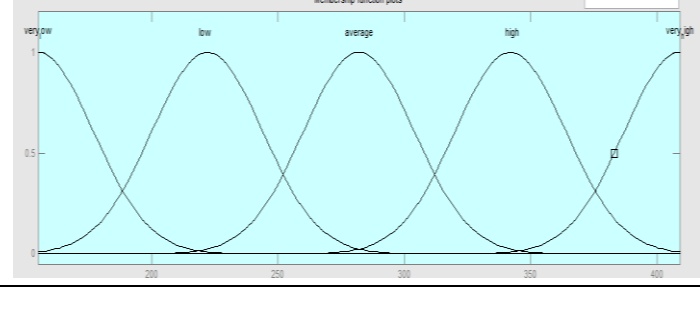
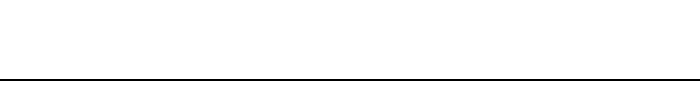
5.2.2 Μεταβλητές εξόδου

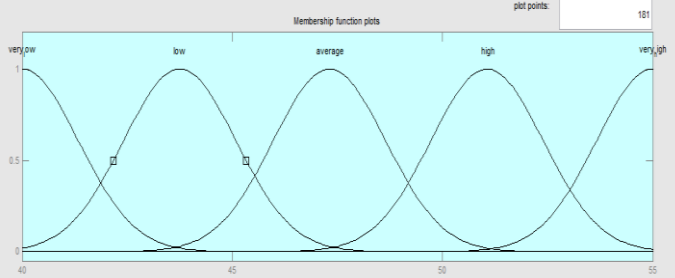
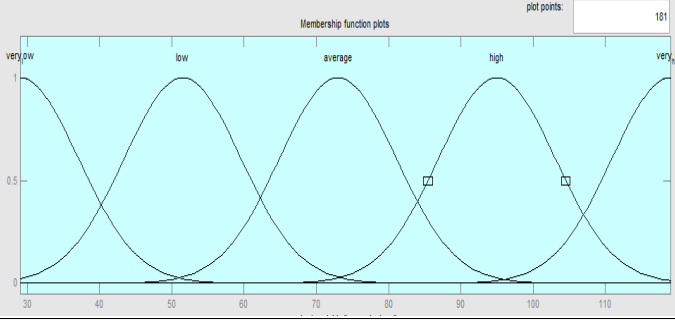
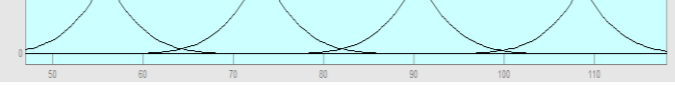
Για την κατασκευή των μεταβλητών εξόδου χρησιμοποιήθηκε η ίδια μεθοδολογία που περιεγράφηκε παραπάνω. Συγκεκριμένα διαιρέσαμε το εύρος τιμών των μεταβλητών σε πέντε ασαφή σύνολα και προσθέσαμε 36% αλληλοεπικάλυψη.

Μείωση εκπομπών: Αυτή είναι ίσως η πιο σημαντική μεταβλητή των αποτελεσμάτων μας, δεδομένου ότι μετρά την περιβαλλοντική επίδραση των MBM. Η μεταβλητή αυτή αποτελείται από το άθροισμα των τιμών των μειώσεων εντός τομέα και των μειώσεων εκτός τομέα (άθροισμα) και εκφράζεται σε εκ. τόνους CO₂. Για τους σκοπούς του μοντέλου ορίστηκαν 5 επίπεδα μειώσεων των εκπομπών που φέρουν επισήμανση ως πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέση, υψηλή και πολύ υψηλή.

Κόστος: Κάθε προτεινόμενο μέτρο βασίζεται σε ένα συγκεκριμένο οικονομικό εργαλείο που έχει ως στόχο να υποχρεώσει τη ναυτιλιακή βιομηχανία (οι ρυπαίνωντες) να πληρώσει για τις εξωτερικότητες που προκαλεί στο περιβάλλον. Αυτή η μεταβλητή περιλαμβάνει το συνολικό χρηματοοικονομικό κόστος (σε δις δολάρια) που η ναυτιλιακή βιομηχανία θα φέρει για την αντιστάθμιση των εκπομπών που ορίζονται από το συγκεκριμένο όριο. Για τις ανάγκες της μοντελοποίησης έχουν οριστεί πέντε επίπεδα κόστους, πολύ χαμηλό, χαμηλό, μέσο, υψηλό και πολύ υψηλό

Πίνακας 11: Ασαφοποίηση των μεταβλητών εξόδου

Μέτρα	Συναρτήσεις συμμετοχής	Ασαφή Σύνολα (μ,σ)		
ETS		<u>ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ</u>		
		Πολύ χαμηλές: 155-275	155	39.4
		Χαμηλές: 155-375	266	39.4
		Μέτρια: 250-480	376	39.4
		Υψηλή: 350-599	487	39.4
	Πολύ υψηλή: 450-599	599	39.4	
		<u>ΚΟΣΤΟΣ</u>		
		Πολύ χαμηλό: 40-62	40	6.89
		Χαμηλό: 40-80	59.5	6.89
		Μέτρια: 46-98	79	6.89
Υψηλό: 78-117		98.5	6.89	
GHG Fund		<u>ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ</u>		
		Πολύ χαμηλή: 155-275	155	39.3
		Χαμηλές: 155-376	266	39.3
		Μέτρια: 250-500	376	39.3
		Υψηλή: 360-600	487	39.3
	Πολύ υψηλή: 475-600	600	39.3	
		<u>ΚΟΣΤΟΣ</u>		
		Πολύ χαμηλό: 10-28	10	5.31
		Χαμηλό: 10-42	25.25	5.31
		Μέτριο: 24-58	40.5	5.31
Υψηλό: 38-71		55.75	5.31	
Πολύ υψηλή: 53-71	71	5.31		
RM		<u>ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ</u>		
		Πολύ χαμηλή: 155-225	155	22.45
		Χαμηλές: 155-275	218,5	22.45
		Μέτρια: 225-351	281.4	22.45
		Υψηλή: 275-409	344.9	22.45
	Πολύ υψηλή: 345-409	409	22.45	
		<u>ΚΟΣΤΟΣ</u>		
Πολύ χαμηλό: 40-43		40	1.327	

		Χαμηλό: 40- 46	43.75	1.327
		Μέτριο: 42- 52	47.5	1.327
		Υψηλό: 42.8- 55	51.25	1.327
		Πολύ υψηλό: 51- 56	55	1.327
PSL		<u>ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ</u>		
		Πολύ χαμηλή: 29- 55	29	7.954
		Χαμηλές: 29- 76	51	7.954
		Μέτρια: 47- 100	73.8	7.954
		Υψηλή: 80- 119	96.3	7.954
		Πολύ υψηλή: 92- 119	119	7.954
		<u>ΚΟΣΤΟΣ</u>		
		Πολύ χαμηλό: 47- 66	40	6.9
		Χαμηλό: 47 -84	59.5	6.9
		Μέτριο: 62- 102	79	6.9
		Υψηλό: 78- 118	98.5	6.9
		Πολύ υψηλό: 98- 118	118	6.9

Στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται οι συναρτήσεις συμμετοχής των μεταβλητών εξόδου για όλα τα μέτρα. Όπως αναφέρθηκε χρησιμοποιήθηκαν πέντε συναρτήσεις με τα αντίστοιχα σημεία μ και σ των γκαουσιανών.

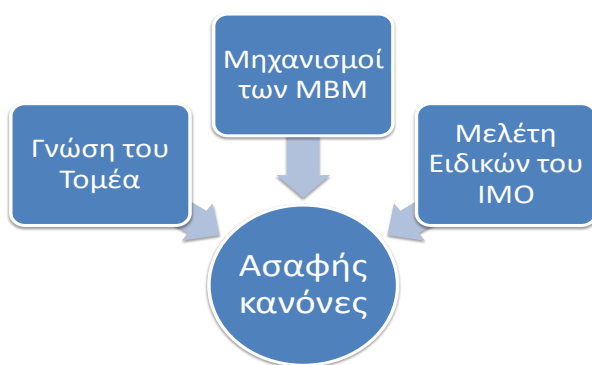
5.2.3 Ανάπτυξη ασαφών κανόνων

Οι ασαφείς κανόνες είναι ο πυρήνας ενός μοντέλου ασαφής λογικής μιας και αυτοί καθορίζουν τη συμπεριφορά του συστήματος. Οι κανόνες αυτοί έχουν τη μορφή « EAN ...ΤΟΤΕ...». Ένας τυπικός κανόνας έχει τη δομή : Αν x_1 είναι A_{i1} και x_2 είναι A_{i2} και. . . τότε το Y_1 είναι B_{i1} και το Y_2 είναι B_{i2} .

Σε ότι αφορά τη δημιουργία τους, οι κανόνες αυτοί μπορούν να ληφθούν από ειδικούς στο συγκεκριμένο πεδίο ή από τη γνώση του τομέα όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία (Hong and Lee, 1996). Στην περίπτωση μας οι κανόνες απορρέουν από το πεδίο της οικονομικής περιβάλλοντος, όπως περιγράφεται στο κλασικό εγχειρίδιο των Hanley et al. (2007), ή των Tietenberg

και Lewis (2009). Οι περισσότεροι από τους κανόνες απεικονίζουν κοινές έννοιες που σχετίζονται με την ισορροπία της αγοράς, το κόστος μείωσης των εκπομπών και τις εξωτερικότητες (Knusch και Springael 2005, Bithas 2011). Χρησιμοποιήθηκαν επίσης εξειδικευμένες στοιχεία από μελέτες για τις τιμές των καυσίμων και την επίδραση τους στο παγκόσμιο εμπόριο (UNCTAD 2009). Οι έννοιες αυτές και η συνδυασμένη γνώση που απορρέει από την αλληλεπίδραση των μεγεθών (π.χ. μείωση τιμής άνθρακα → αύξηση της κατανάλωσης του) συμπυκνώθηκαν στους κανόνες του συστήματος.

Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των κανόνων έπαιξαν και οι προτάσεις των MBM, όπως κατατεθήκαν από τις χώρες στα πλαίσια του IMO. Από εκεί μπορούν να εξαχθούν πληροφορίες για τα ανώτατα όρια εκπομπών και τις τιμές πετρελαίου και άνθρακα, και την ανταπόκριση της αγοράς σε αυτά. Τέλος κάποιες πιο συγκεκριμένες παραμέτρους των κανόνων (όπως η μελλοντική επιπλέον αποτελεσματικότητα) και οι επιπτώσεις τους αντλήθηκαν από τη μελέτη της Ομάδας Ειδικών του IMO.



Σχήμα 15: Ανάπτυξη των ασαφών κανόνων

Στο Σχήμα 15 παρουσιάζονται οι πηγές που συνέβαλαν στην ανάπτυξη των ασαφών κανόνων. Θα πρέπει να αναφερθεί πως υπάρχει η δυνατότητα

βιβλιογραφία. Σε ότι αφορά τον αριθμό των κανόνων, στη βιβλιογραφία έχει επισημανθεί ότι η χρήση πολλών μεταβλητών εισόδου και κατά συνέπεια πολλών ασαφών συνόλων στο τμήμα της υπόθεσης δημιουργεί το πρόβλημα της εκτεταμένης διάστασης των κανόνων (curse of dimensionality). Η ανάπτυξη εξαντλητικών κανόνων με παρόμοιο τμήμα υπόθεσης αλλά διαφορετική απόδοση λαμβάνονται ως αντικρουόμενοι (contradictory) και ασυνεπείς (inconsistent) και κατά συνέπεια η παραγόμενη μοντελοποίηση έχει μειωμένη συνέπεια (consistency) και εγκυρότητα (validity) (Jin 2012). Από την άλλη η ανάπτυξη υπερβολικά πολλών ασαφών συνόλων στο τμήμα της απόδοσης αυξάνει υπερβολικά και χωρίς λόγο την υπολογιστική πολυπλοκότητα του συστήματος δημιουργώντας καθυστέρηση (bottleneck) κατά την απασαφοποίηση (Gegon and Frank, 1995). Η κάλυψη ωστόσο όλων των ασαφών συνόλων της απόδοσης θεωρείται βασική προϋπόθεση για την καλύτερη απόδοση του μοντέλου. Σε περιπτώσεις με μεγάλο αριθμό δεδομένων ως λύση στο πρόβλημα πολλές φορές επιλέγεται η χρησθή γεννητικών αλγορίθμων ή άλλων παρόμοιων τεχνικών (Clustering, Neural networks) (Cordon 2011). Στη συγκεκριμένη περίπτωση εφαρμόστηκε η μέθοδος που προτείνει ο Jin (2012) ως «ευρυστική» κατασκευή κανόνων με βάση τη γνώση του τομέα.

5.2.4 Απασαφοποίηση

Αν και η απεικόνιση των ασαφών συνόλων μπορεί να δώσει μια ικανοποιητική εικόνα για την κατανόηση ενός προβλήματος, πολλές φορές απαιτείται και η χρήση ενός αριθμητικού αποτελέσματος, όπως π.χ. σε περιπτώσεις σύγκρισης αποτελεσμάτων. Η διαδικασία από την οποία τα ασαφή σύνολα και το σύστημα ασαφούς συμπερασμού δίνουν ένα αριθμητικό (crisp) αποτέλεσμα λέγεται απασαφοποίηση.

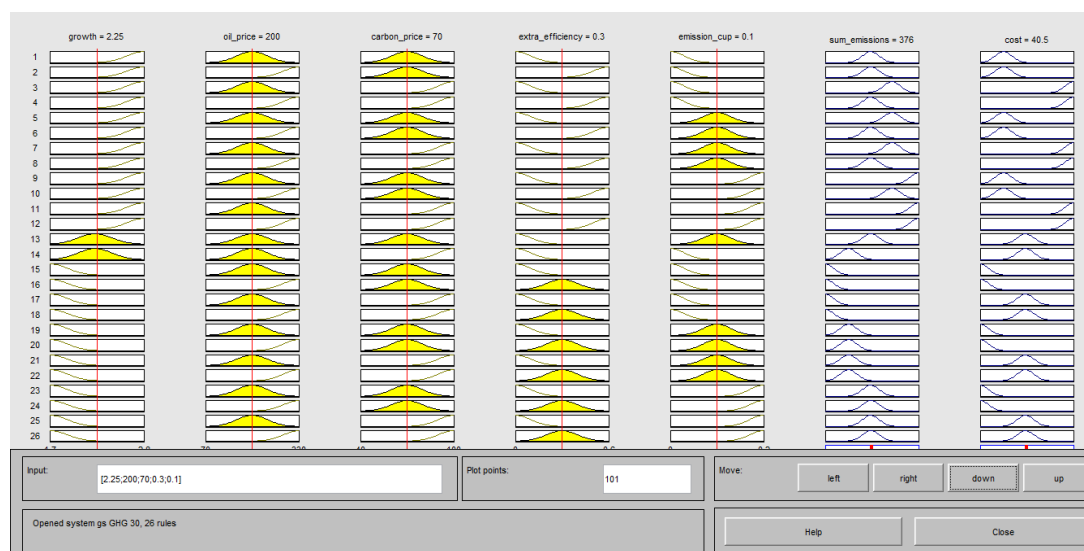
$$\text{COG} = \frac{\sum \mu_B(y_j)y_j}{\sum \mu_B(y_j)}$$

Όπου $\sum \mu_B$ είναι το άθροισμα των συσυναρτήσεων συμμετοχής των y_j

Η τεχνική απασαφοποίησης που επιλέχθηκε είναι αυτή του κέντρου βάρους.

5.2.5 Αποτελέσματα απασαφοποίησης

Η απεικόνιση των κανόνων δίνει μια συνολική περιγραφή του ασαφούς συστήματος. Πιο συγκεκριμένα στο πρόγραμμα Fuzzy Toolbox του Matlab έχουμε πλήρη απεικόνιση των αποτελεσμάτων με την επιλογή της καρτέλας View → Rules.



Σχήμα 16: Τα αποτελέσματα του Συστήματος Ασαφούς Συμπερασμού όπως εμφανίζονται στο πρόγραμμα Fuzzy Toolbox, Matlab (R2011a)

Στο Σχήμα 16 παρουσιάζεται το υπό εξέταση σύστημα Ασαφούς Συμπερασμού (FIS) με τις τιμές για το μέτρο GHG Fund. Αναλυτικότερα κάθε στήλη αντιστοιχεί σε μια μεταβλητή και κάθε γραμμή σε ένα κανόνα. Μια σημαντική λειτουργία του προγράμματος είναι η δυνατότητα εμφάνισης των αποτελεσμάτων των μεταβλητών εξόδου για κάθε τιμή των μεταβλητών εισόδου. Αυτό μπορεί να γίνει είτε μετακινώντας τη κόκκινη κάθετη γραμμή που εμφανίζεται στη στήλη κάθε μεταβλητής είτε εισάγοντας τιμές στο πλαίσιο "input" που εμφανίζεται κάτω από τις στήλες των μεταβλητών εισόδου.

Στο αριστερό μέρος της οθόνης λοιπόν απεικονίζονται οι μεταβλητές εισόδου (Ανάπτυξη Ρύπων, Τιμή πετρελαίου, Τιμή άνθρακα, Έξτρα Αποτελεσματικότητα, Όριο Εκπομπών) ενώ στο δεξί απεικονίζονται οι μεταβλητές εξόδου. Στο κάτω μέρος της οθόνης δεξιά, κάτω από τις στήλες των μεταβλητών εξόδου εμφανίζονται οι τιμές της απασαφοποίησης του συστήματος. Εδώ βέβαια αυτό δεν ήταν δυνατό λόγω των πολλών κανόνων για

αυτό και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 13. Τα αποτελέσματα των μεταβλητών αφορούν τις παρακάτω τιμές: Ανάπτυξη ρύπων 2.25, Τιμή καυσίμων 200, Τιμή άνθρακα 70, Έξτρα αποτελεσματικότητα 0.3, και όριο εκπομπών 0.1.

Πίνακας 13: Αποτελέσματα των μεταβλητών εξόδου μετά την ασαφισποίηση

Αγοροκεντρικά μέτρα (MBM)	Μείωση εκπομπών (Τόννοι)	Κόστος (εκ. \$)
ETS	365	76.9
GHG Fund	366	38.9
PSL	71.6	76.9
RM	275	47.1

Όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 13 τα δύο πρώτα μέτρα δηλαδή το ETS και το GHG Fund παρουσιάζουν παρόμοια αποτελέσματα όσον αφορά στην εκπομπή ρύπων αλλά σημαντική διαφορά στο κόστος. Το PSL δείχνει να έχει μικρότερες δυνατότητες στη μείωση εκπομπών και μεγαλύτερο κόστος και τέλος το RM έχει σημαντικές δυνατότητες μείωσης εκπομπών αλλά λίγο μεγαλύτερο κόστος.

Γενικότερα από την εφαρμογή της εν λόγω μεθοδολογίας παρατηρείται (κατά την δοκιμή σεναρίων στο μοντελο) πως αυτό που επηρεάζει περισσότερο τα αποτελέσματα είναι η αύξηση των εκπομπών αλλά και το όριο εκπομπών που θα τεθεί. Η έξτρα αποτελεσματικότητα έχει κάποιο ρόλο στη μείωση εκπομπών αλλά αυτός μειώνεται όσο η αποτελεσματικότητα αυξάνεται. Τέλος το κόστος των μέτρων όπως είναι αναμενόμενο επηρεάζεται από την τιμή των καυσίμων και την τιμή του άνθρακα. Σημειώνεται ότι τα αποτελέσματα αυτά έχουν προκύψει κυρίως λόγω των κανόνων αλλά και από την κατασκευή των συναρτήσεων συμμετοχής.

5.3 Αξιολόγηση της μεθόδου

Τα μοντέλα ασαφούς λογικής είναι συνήθως δύσκολο να αξιολογηθούν λόγω της κατασκευής τους που βασίζεται κατά κύριο λόγο στην προϋπάρχουσα γνώση και τη γνώση των ειδικών του τομέα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ωστόσο τα μόνα διαθέσιμα προς σύγκριση στοιχεία είναι αυτά που προέκυψαν από την έρευνα που έχει διεξάγει ο ΙΜΟ για όλα τα μέτρα χρησιμοποιώντας κάποιες «κοινώς αποδεκτές» μεταβλητές. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε η χρήση των ίδιων μεταβλητών κατά την κατασκευή του μοντέλου αλλά και η ανάπτυξη σεναρίων όπου οι τιμές των μεταβλητών του μοντέλου μας θα παίρνουν τις ίδιες τιμές με τα σενάρια του ΙΜΟ. Τα αποτελέσματα αυτών των σεναρίων συγκρίνονται με τα αποτελέσματα των σεναρίων του ΙΜΟ και προκύπτει ένα ποσοστό συμφωνίας σε κάθε σενάριο με βάση τον τύπο.

$$\left\{ 1 - \left| \frac{\text{Τιμή ΙΜΟ} - \text{Τιμή Ασαφούς Λογικής}}{\frac{\text{Τιμή ΙΜΟ} + \text{Τιμή Ασαφούς Λογικής}}{2}} \right| \right\} \times 100$$

Η αξιολόγηση έγινε και στα 4 μέτρα και παρατίθεται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 14: Αποτελέσματα αξιολόγησης για το ETS

No	ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ IMO					ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ IMO		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΣΑΦΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ		ΣΥΜΦΩΝΙΑ %	
	Αύξηση ρύπων	Τιμή καυσίμων	Τιμή άνθρακα	Έξτρα αποτελεσματικότητα	Όριο εκπομπών	Σύνολο εκπομπών	Κόστος	Σύνολο εκπομπών	Κόστος	Σύνολο εκπομπών	Κόστος
1	2.8	Reference	Average	0	0	325	49	376	61	85.4	78.1
2	2.8	High	Average	0.6	0	344	47	375	60.6	91.3	74.7
3	2.8	Reference	High	0	0	425	118	478	108	88.2	91.1
4	2.8	High	High	0.6	0	343	115	376	109	90.8	94.6
5	2.8	Reference	Average	0	10	512	49	479	61	93.3	78.1
6	2.8	High	Average	0.6	10	371	47	377	60.6	98.3	74.7
7	2.8	Reference	High	0	10	512	118	478	108	93.1	91.1
8	2.8	High	High	0.6	10	430	115	378	109	87.1	94.6
9	2.8	Reference	Average	0	20	599	49	555	61	92.3	78.1
10	2.8	High	Average	0.6	20	518	47	483	60.6	93	74.7
11	2.8	Reference	High	0	20	599	118	555	108	92.3	91.1
12	2.8	high	High	0.6	20	517	115	555	109	92.9	94.6
13	1.7	Reference	Average	0	0	183	40	199	47.9	91.6	82
14	1.7	high	Average	0.3	0	155	40	196	47.7	76.6	82.4
15	1.7	Reference	High	0	0	184	96	200	78.5	91.6	79.9
16	1.7	high	High	0.3	0	155	97	199	78.5	75.1	78.9
17	1.7	Reference	Average	0	10	270	40	270	47.9	100	82
18	1.7	high	Average	0.3	10	242	40	270	47.7	89	82.4
19	1.7	Reference	High	0	10	271	96	270	78.5	99.6	79.9
20	1.7	high	High	0.3	10	242	97	270	78.5	89	78.9
21	1.7	Reference	Average	0	20	357	40	373	47.9	95.6	82
22	1.7	high	Average	0.3	20	329	40	373	47.7	87.4	82.4
23	1.7	Reference	High	0	20	358	96	373	78.5	95.8	79.9
24	1.7	high	high	0.3	20	329	97	373	78.5	87.4	78.9
Μέση ποσοστιαία συμφωνία των αποτελεσμάτων του IMO και του μοντέλου Ασαφούς λογικής										90.7	82.7

Πίνακας 15: Αποτελέσματα αξιολόγησης για το GHG FUND

N ο	ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΙΜΟ					ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΙΜΟ		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΣΑΦΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ		ΣΥΜΦΩΝΙΑ %	
	Αύξηση ρύπων	Τιμή καυσίμων	Τιμή άνθρακα	Έξτρα αποτελεσματικότητα	Όριο εκπομπών	Σύνολο εκπομπών	Κόστος	Σύνολο εκπομπών	Κόστος	Σύνολο εκπομπών	Κόστος
1	2.8	Reference	average	0	0	426	22	377	26.4	87.7	81.8
2	2.8	High	average	0.6	0	343	19	377	26.4	90.5	67.4
3	2.8	Reference	high	0	0	426	55	479	63.4	88.2	85.8
4	2.8	High	high	0.6	0	447	46	377	63.4	83	68.1
5	2.8	Reference	average	0	10	512	25	479	26.6	93.3	93.7
6	2.8	High	average	0.6	10	531	22	380	26.4	66.8	81.8
7	2.8	Reference	high	0	10	512	63	480	63.4	93.5	99.3
8	2.8	High	high	0.6	10	431	55	379	63.5	87.1	85.6
9	2.8	Reference	average	0	20	599	29	556	26.4	92.5	90.6
10	2.8	High	average	0.6	20	517	25	487	26.4	94	94.5
11	2.8	Reference	high	0	20	600	71	556	63.4	92.3	88.6
12	2.8	High	high	0.6	20	518	63	555	63.5	93.1	99.2
13	1.7	Reference	average	0	0	184	12	199	16	92.1	71.4
14	1.7	High	average	0.3	0	155	10	195	16	77.1	53.8
15	1.7	Reference	high	0	0	184	29	196	40	93.6	68.1
16	1.7	High	high	0.3	0	155	26	195	40	77.1	57.5
17	1.7	Reference	average	0	10	270	15	270	16	100	93.5
18	1.7	High	average	0.3	10	243	14	270	16	89.4	86.6
19	1.7	Reference	high	0	10	271	37	270	40	99.6	92.2
20	1.7	High	high	0.3	10	242	34	270	40	89.0	83.7
21	1.7	Reference	average	0	20	358	18	374	16	95.6	88.2
22	1.7	High	average	0.3	20	329	17	374	16	87.1	93.9
23	1.7	Reference	high	0	20	358	46	374	40.1	95.6	86.2
24	1.7	High	high	0.3	20	330	43	374	40.1	87.5	93
Μέση ποσοστιαία συμφωνία των αποτελεσμάτων του ΙΜΟ και του μοντέλου Ασαφούς λογικής										89.4	83.5

Πίνακας 16: Αποτελέσματα αξιολόγησης για το PSL

No	ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΙΜΟ					ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΙΜΟ		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΣΑΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ		ΣΥΜΦΩΝΙΑ %	
	Αύξηση ρύπων	Τιμή καυσίμων	Τιμή άνθρακα	Έξτρα αποτελεσματικότητα	Όριο εκπομπών	Σύνολο εκπομπών	κόστος	Σύνολο εκπομπών	Κόστος	Σύνολο εκπομπών	Κόστος
1	2.8	Reference	average	0	0	64	49	73.8	61	85.7	78.1
2	2.8	High	Average	0.6	0	34	47	73.8	60.6	26.1	74.7
3	2.8	Reference	high	0	0	119	118	94.5	108	77	91.1
4	2.8	High	high	0.6	0	63	115	73.8	109	84.2	94.6
5	2.8	Reference	average	0	10	64	49	94.6	61	61.4	78.1
6	2.8	High	average	0.6	10	34	47	74.4	60.6	25.4	74.7
7	2.8	Reference	high	0	10	119	118	94.6	108	77.1	91.1
8	2.8	High	high	0.6	10	63	115	74.4	109	83.4	94.6
9	2.8	Reference	average	0	20	64	49	110	61	47.1	78.1
10	2.8	high	average	0.6	20	34	47	95.6	60.6	4.9	74.7
11	2.8	Reference	high	0	20	119	118	110	108	92.1	91.1
12	2.8	high	high	0.6	20	63	115	110	109	45.6	94.6
13	1.7	Reference	average	0	0	53	40	37.9	47.7	66.7	82.4
14	1.7	high	average	0.3	0	29	40	37.3	47.7	74.9	82.4
15	1.7	Reference	high	0	0	98	96	37.9	78.5	11.5	79.9
16	1.7	high	high	0.3	0	54	97	37.3	78.5	63.4	78.9
17	1.7	Reference	average	0	10	53	40	52.3	47.9	98.6	82
18	1.7	high	average	0.3	10	29	40	52.2	47.7	42.8	82.4
19	1.7	Reference	high	0	10	98	96	52.2	78.5	39	79.9
20	1.7	high	high	0.3	10	54	97	52.3	78.5	96.8	78.9
21	1.7	Reference	average	0	20	53	40	73.2	47.7	67.9	82.4
22	1.7	high	average	0.3	20	29	40	73.2	47.7	13.5	82.4
23	1.7	Reference	high	0	20	98	96	73.2	78.5	71	79.9
24	1.7	high	high	0.3	20	54	97	73.2	78.5	69.8	78.9
Μέση ποσοστιαία συμφωνία των αποτελεσμάτων του ΙΜΟ και του μοντέλου Ασαφούς λογικής										59.4	82.7

Πίνακας 17: Αποτελέσματα αξιολόγησης για το RM

No	ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ IMO					ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ IMO		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΣΑΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ		ΣΥΜΦΩΝΙΑ %	
	Αύξηση ρύπων	Τιμή καυσίμων	Τιμή άνθρακα	Έξτρα αποτελεσματικότητα	Όριο εκπομπών	Σύνολο εκπομπών	Κόστος	Σύνολο εκπομπών	Κόστος	Σύνολο εκπομπών	Κόστος
1	2.8	Reference	average	0	0	409	49	281	44	62.8	89.2
2	2.8	High	average	0.6	0	364	47	281	44	74.2	93.4
3	2.8	Reference	High	0	0	222	55	340	53.1	58	96.4
4	2.8	High	High	0.6	0	183	53	281	53.3	57.7	99.4
5	2.8	Reference	average	0	10	409	49	340	44	81.5	89.2
6	2.8	high	average	0.6	10	364	47	281	44	74.2	93.4
7	2.8	Reference	High	0	10	222	55	340	53.2	58	96.4
8	2.8	high	High	0.6	10	183	53	283	53.3	57	99.4
9	2.8	Reference	average	0	20	409	49	384	44	93.6	89.2
10	2.8	high	average	0.6	20	364	47	343	44	94	93.4
11	2.8	Reference	High	0	20	222	55	384	53.2	46.5	96.6
12	2.8	high	High	0.6	20	183	53	384	53.3	29.1	99.4
13	1.7	Reference	average	0	0	332	40	180	47.7	40.6	82.4
14	1.7	high	average	0.3	0	308	40	180	47.7	47.5	82.4
15	1.7	Reference	High	0	0	181	45	180	47.4	99.4	94.8
16	1.7	high	High	0.3	0	155	44	178	47.4	86.1	92.5
17	1.7	Reference	average	0	10	332	40	221	41.5	59.8	96.3
18	1.7	high	average	0.3	10	308	40	221	41.5	67.1	96.3
19	1.7	Reference	High	0	10	181	45	221	47.4	80	94.8
20	1.7	high	High	0.3	10	155	44	221	47.4	64.8	92.5
21	1.7	Reference	average	0	20	332	40	280	40.7	83	98.2
22	1.7	high	average	0.3	20	308	40	280	41.5	90.4	96.3
23	1.7	Reference	High	0	20	181	45	280	47.4	57	94.8
24	1.7	high	High	0.3	20	155	44	280	47.4	42.5	92.5
Μέση ποσοστιαία συμφωνία των αποτελεσμάτων του IMO και του μοντέλου Ασαφούς λογικής										66.9	93.7

Οι πίνακες 14, 15, 16 και 17 παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της αξιολόγησης για τα 4 μέτρα που εξετάστηκαν. Γενικά το μοντέλο ασαφούς λογικής είχε πολύ καλά αποτελέσματα που σε κάποιες περιπτώσεις ξεπερνούν το 90% συμφωνίας με την μελέτη του IMO. Ωστόσο τα αποτελέσματα είχαν μεγάλες διακυμάνσεις μεταξύ των μέτρων κάτι που πιθανόν να οφείλεται στην ακαταλληλότητα των κανόνων για κάποια μέτρα. Συγκεκριμένα τα δύο πρώτα μέτρα, δηλαδή το ETS και το GHG Fund είχαν ποσοστιαία συμφωνία 90.7 και 89.4 σε ότι αφορά στη μείωση ρύπων και 82.7 και 83.5 σε ότι αφορά στο κόστος. Τα αποτελέσματα αυτά είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικά σε σύγκριση με αυτά των άλλων μέτρων. Υπενθυμίζεται πως τα μέτρα αυτά βασίζονται στην

εμπορία πιστώσεων ρύπων και ο μηχανισμός τους εμπεριέχει περισσότερα στοιχεία ανταπόκρισης στους νόμους της ελεύθερης αγοράς.

Αντίθετα το PSL και το RM που βασίζονται στην εισφορά ποσού/ φόρου παρουσιάζουν ποσοστιαία συμφωνία 59.4 και 66.9 σε ότι αφορά στη μείωση ρύπων και 82.7 και 93.7 για το κόστος αντίστοιχα. Εμφανίζουν μάλιστα χαμηλότερη ποσοστιαία συμφωνία (έως και ακραία χαμηλή- 4%) στα υψηλά σενάρια ανάπτυξης ρύπων και τιμή πετρελαίου. Για το μέτρο PSL σημαντικό ρόλο φαίνεται να έχει και η μεταβολή της τιμή του πετρελαίου, σε βαθμό μάλλον μεγαλύτερο από τα άλλα μέτρα. Απο τα παραπάνω συμπεραίνεται πως για τη μείωση ρύπων θα έπρεπε να αναπτυχθούν διαφορετικοί κανόνες για τα μέτρα PSL και RM. Παρατηρώντας π.χ. τη μεταβολή των ρύπων παράλληλα με τη μεταβολή του ορίου εκπομπών είναι φανερό πως ο μηχανισμός του IMO στα δύο αυτά μέτρα δεν περιλαμβάνει στοιχεία «ανταπόκρισης» στη μεταβολή του ορίου εκπομπών. Αν και είναι δύσκολο να συμπεράνει κανείς σε ποια «παραδοχή» του IMO βασίζεται αυτό το αποτέλεσμα είναι τουλάχιστον παράδοξο να μην μεταβάλλεται η ποσότητα ρύπων με την μεταβολή του ορίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο τελευταίο κεφάλαιο θα συζητηθούν τα συμπεράσματα τα οποία προκύπτουν από την θεωρητική ανάλυση των πιθανών εργαλείων αλλά και από την ανάπτυξη του μοντέλου ασαφούς λογικής. Όπως έγινε φανερό από τη μέχρι τώρα ανάλυση, τα εργαλεία αντιμετώπισης των αερίων του θερμοκηπίου της ναυτιλίας αποτελούν ένα πολύπλοκο θέμα, ο χειρισμός του οποίου συνήθως γίνεται με υπερ-απλουστεύσεις μοντέλων, «κοινές παραδοχές», υποθέσεις και περιορισμούς (Psaraftis 2013). Απώτερος στόχος αυτής της διερεύνησης είναι η συμβολή μέσω των αποτελεσμάτων της μελέτης στην κατανόηση των διεργασιών που επιτελούνται σε κάθε εργαλείο αλλά και η αποτύπωση τους με μια μεθοδολογία η οποία θα ενσωματώνει την πολυπλοκότητα του θέματος. Με βάση αυτό το στόχο, η προσέγγιση η οποία υιοθετείται είναι διττή: στο πρώτο μέρος της παρέχεται μια λεπτομερής θεωρητική ανάλυση του πλαισίου μέσα στο οποίο τοποθετείται η ανάγκη λήψης κάποιου αγοροκεντρικού περιβαλλοντικού μέτρου, και στο δεύτερο παρουσιάζεται μια μέθοδος μοντελοποίησης η οποία θα μπορούσε να αντιμετωπίσει τα προβλήματα λήψης απόφασης.

Η πορεία αυτή προσφέρει στη διατριβή μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση αφού προσφέρει τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά στοιχεία χωρίς να κινδυνεύει να χαρακτηριστεί από έλλειψη εμπειρικών δεδομένων, αλλά ούτε και ως υπερβολικά «τεχνοκρατική». Ως επιστημολογική προσέγγιση υιοθετήθηκαν αρχές του κοινωνικού κονστρουξιονισμού, σύμφωνα με τις οποίες η γνώση της πραγματικότητας κατασκευάζεται κοινωνικά – δι-υποκειμενικά. Οι μηχανισμοί και τα εργαλεία δεν παρουσιάστηκαν με όρους «αντικειμενικότητας» (με την έννοια «έτσι είναι η αντικειμενική πραγματικότητα») αφού σε κάθε πρόβλημα λήψης απόφασης υπάρχουν διαφορετικές οπτικές και συμφέροντα. Αντίθετα σε κάθε περίπτωση παρουσιάστηκαν οι δι-υποκειμενικές απόψεις των φορέων που εξέφραζαν οι μηχανισμοί, με σκοπό να αποκαλυφθούν και τα όποια συμφέροντα ενυπήρχαν πίσω από αυτό.

Υπό αυτό το πρίσμα είναι ξεκάθαρο ότι η ναυτιλιακή βιομηχανία δεν αποτελεί ένα ομοιογενές σώμα, το οποίο απλά ρυθμίζει ο IMO. Δεδομένης της μεγάλης

εξειδίκευσης που παρουσιάζει ο κλάδος, (διαφορετικές αγορές φορτίων, πολλοί τύποι πλοίων, διάφορα μεγέθη κλπ.) υπάρχουν πολλές απόψεις που φυσικά συνδέονται με τα διαφορετικά οφέλη που επιδιώκουν οι εμπλεκόμενοι. Αυτό που μας ενδιαφέρει ωστόσο, είναι πως τοποθετούνται αυτοί οι φορείς ως προς το ζήτημα της προστασίας του περιβάλλοντος, το οποίο αποδεδειγμένα ρυπαίνουν, και πως βλέπουν τα πιθανά μέτρα. Κρίνοντας από την αρχική άρνηση που εξέφρασαν τα μέλη στις διασκέψεις του IMO, σίγουρα επιθυμούν να αποφύγουν τη λήψη μέτρων. Τα επιχειρήματα τους αφορούν κυρίως τη μικρή συνεισφορά του τομέα σε σχέση με άλλους τομείς, το ενδεχόμενο μείωσης από τη μείωση της ταχύτητας, τη πιθανή πτώση της παραγωγικότητας του τομέα σε συνδυασμό με τη γενικευμένη ύφεση και την αύξηση του λειτουργικού τους κόστους.

Ακόμη και πρόσφατα σύμφωνα με τους Giziakis & Christodoulou (2012) οι Έλληνες εφοπλιστές δηλώναν αρνητικοί στην πιθανή επιβολή ενός φόρου στα καύσιμα ή σε ένα σύστημα αγοροπωλησίας δικαιωμάτων εκπομπών, καθώς κάτι τέτοιο θα επηρέαζε αρνητικά το λειτουργικό τους κόστος. Από τα παραπάνω είναι φανερό πως η πλειοψηφία περισσότερο πιέζεται να προβεί σε κάποια ρύθμιση των εκπομπών CO₂ μέσω ενός αγοροκεντρικού μέτρου, παρά επιθυμεί την πραγματική προστασία του περιβάλλοντος.

Σύμφωνα με γράμμα της Ένωσης Ευρωπαϊών Εφοπλιστών (European Community Shipowners Association, ECSA) δηλώνει πως δεν θα ήθελε να συμμετέχει σε δράσεις που προχωρούν πιο γρήγορα από τη διαδικασία λήψης μέτρων στα πλαίσια του IMO. Στη παρούσα συγκυρία ωστόσο, με χώρες όπως οι ΗΠΑ και η Ιαπωνία να πιέζουν για την δημιουργία Ταμείου για την περαιτέρω ρύθμιση για την κλιματική αλλαγή και την Ευρωπαϊκή Ένωση να προτείνει την παρακολούθηση και καταγραφή των ρύπων των πλοίων που χρησιμοποιούν τα Ευρωπαϊκά λιμάνια, είναι αμφίβολο αν η ναυτιλιακή βιομηχανία τελικά θα αποφύγει την επιβολή κάποιου αγοροκεντρικού μέτρου.

6.1 Συμπεράσματα ως προς την χρήση της μεθόδου ασαφούς λογικής

Για την εμπειρική προσέγγιση αναζητήθηκε μια μέθοδος μοντελοποίησης που θα μπορούσε να ενσωματώσει τη γνώση από υπάρχοντα περιβαλλοντικά συστήματα λαμβάνοντας υπόψη και τη θεωρία των οικονομικών περιβάλλοντος. Στη βραχυχρόνια περίοδο η τιμή κάποιων παραγόντων είναι γνωστή (καύσιμα, άνθρακας, ανάπτυξη ρύπων) και έχουν προβλέψιμη οικονομική συμπεριφορά ως προς τη μείωση των εκπομπών και τη διαμόρφωση του κόστους. Ο σημαντικότερος παράγοντας ωστόσο είναι ο ορισμός του ορίου εκπομπών. Βεβαίως αυτό είναι αποτέλεσμα πολιτικών συσχετισμών που δεν είναι δυνατόν να απεικονιστούν στο μοντέλο. Από ποσοτικής απόψεως όμως, με την χρήση των ασαφών συστημάτων επιτυγχάνεται μια δυναμική απεικόνιση που επιτρέπει την αλληλεπίδραση όλων των παραγόντων, ακόμα και σε ένα ασαφές επίπεδο αβεβαιότητας.

Παράλληλα οι μηχανισμοί που ενεργοποιούνται με την ύπαρξη των κανόνων είναι γνωστοί και εύκολα προσβάσιμοι. Αυτό όχι μόνο επιτρέπει την ύπαρξη πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων αλλά και την δυναμική παρακολούθηση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τη «συνεργασία» αυτών των παραγόντων. Έτσι η μέθοδος καταφέρνει να προσομοιώσει την θεωρητική γνώση του κάνοντας χρήση στοιχείων από διάφορες πηγές ακόμα και αν εμπεριέχουν μεγάλη αβεβαιότητα. Επιπλέον μέσω του φάσματος τιμών που δίνονται στις μεταβλητές κατά την μοντελοποίηση μπορεί να ενσωματώσει ακόμα και αντικρουόμενες κοινωνικές έννοιες ή στάσεις.

Όπως προέκυψε από τη συζήτηση των αποτελεσμάτων οι κανόνες του συστήματος ασαφούς λογικής είχαν πολύ καλή απόδοση για την απόδοση της μείωσης ρύπων και του κόστους στα μέτρα ETS και GHG Fund. Επίσης ικανοποιητική ήταν και η απόδοση των κανόνων για τον προσδιορισμό του κόστους των μέτρων στα άλλα δύο μέτρα PSL και RM. Εκεί που η μέθοδος έδειξε μειωμένη απόδοση ήταν στον προσδιορισμό της μείωσης ρύπων στα μέτρα PSL και RM, κάτι που όπως προαναφέρθηκε οφείλεται στους κανόνες μοντελοποίησης.

Υπενθυμίζεται ωστόσο ότι οι κανόνες αυτοί δημιουργήθηκαν με βάση τη βραχυχρόνια λειτουργία της αγοράς και συγκεκριμένα την ανταπόκριση της στις

τιμές καυσίμων και άνθρακα και την προσαρμογή της στο όριο εκπομπών. Κρίνοντας από τα αποτελέσματα που δίνει η μελέτη του IMO, αυτό δεν δείχνει να απεικονίζεται σε μεγάλο βαθμό στα δύο αυτά μέτρα. Δεδομένου ότι δεν γνωρίζουμε τον αλγόριθμο των μέτρων οι δυνατότητες μοντελοποίησης είναι σίγουρα περιορισμένες. Ωστόσο επισημαίνεται ως παράδοξο η ύπαρξη μηχανισμών που δεν προσαρμόζονται στο όριο εκπομπών. Με μια πιο κριτική ματιά ωστόσο ίσως οι μελετητές ήθελαν να «ενισχύσουν» την μειωμένη, κατά την άποψη τους, ανταπόκριση των μηχανισμών περιβαλλοντικών φόρων έναντι των συστημάτων εμπορίας ρύπων.

6.2 Μια κριτική ματιά προς την επιλογή του καταλληλότερου περιβαλλοντικού μέτρου

Κατά την πρόσφατη τοποθέτηση του Γενικού Γραμματέα του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών, το φαινόμενο της Κλιματικής αλλαγής είναι πλέον μια πραγματικότητα που έχει μελετηθεί από περισσότερες από 30.000 μελέτες με το 95% αυτών να συμφωνούν ότι το φαινόμενο οφείλεται στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και επιδεινώνεται χρόνο με το χρόνο. Και ενώ πλέον ελάχιστοι αμφισβητούν την ανάγκη αναστροφής αυτής της κατάστασης οι δράσεις σε πολιτικό επίπεδο είναι στην καλύτερη περίπτωση ανεπαρκείς. Λόγω της αδυναμίας ή απροθυμίας να αμφισβητήσουν τις βασικές σχέσεις που αφορούν την ίδια την κεφαλαιοκρατική παραγωγή και τις συνέπειές της (Wolff and Resnick, 2012), οι φορείς πολιτικής σε παγκόσμιο επίπεδο περιστρέφονται γύρω από λύσεις που περιλαμβάνουν τον «εξορθολογισμό» της παραγωγής και της χρήσης καυσίμων στις νέες συνθήκες, με την εσωτερίκευση και «αποτίμηση» κρίσιμων ποσοτήτων και ποιοτήτων του φυσικού περιβάλλοντος. Φυσικά η διεργασία αυτή απαιτεί ελέγχους, περιορισμούς, υποθέσεις, δικαιώματα κλπ. και μάλιστα σε πλανητικό επίπεδο, αφού σήμερα οι διαστάσεις της παγκοσμιοποίησης αλλά και της οικολογικής κρίσης καταδεικνύουν το αδιάσπαστο της ενότητας του περιβάλλοντος και άρα την ανάγκη για διεθνείς συμβάσεις, πρωτόκολλα κλπ.

Και ενώ το νεοκλασικό μοντέλο κόστους – αποδοτικότητας έχει κυριαρχήσει στον ορισμό αυτών των κρίσιμων ποσοτήτων, χωρίς φυσικά να είναι και το πιο

«ασφαλές» για το περιβάλλον, οι δράσεις και πάλι έρχονται με καθυστέρηση ή με απροθυμία. Πού όμως οφείλεται αυτή η απροθυμία των κυβερνήσεων να νομοθετήσουν υπέρ των πολιτικών προστασίας του περιβάλλοντος; Είναι κατανοητό ότι σε χώρες όπως οι ΗΠΑ όπου οι εκφράσεις διάφορων βιομηχανικών συμφερόντων κυριαρχούν (Burman 2013), οι πολιτικές αυτές να πέφτουν σε δυσμένεια. Και στην Ευρώπη ή την Ασία όμως η κατάσταση δεν είναι καλύτερη.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, αν και φαινομενικά πρωτοστατεί σε δράσεις προστασίας του περιβάλλοντος δεν υιοθετεί παρά μόνο πολιτικές που βασίζονται στη σχέση κόστους αποδοτικότητας, οι οποίες μάλιστα συνήθως υλοποιούνται μέσα από την «Αγορά Πιστώσεων Ρύπων» που ελέγχονται από τις ανεπτυγμένες Ευρωπαϊκές χώρες. Με τον τρόπο αυτό επιχειρεί να προλάβει τις μελλοντικές εξελίξεις διεκδικώντας μεγαλύτερο μερίδιο στην αγορά που θα προκύψει μετά τις ανακατατάξεις. Παράλληλα πιέζει σε παγκόσμιο επίπεδο για την υιοθέτηση περιβαλλοντικών πολιτικών με χαρακτηριστικά στα οποία οι αγορές τις κυριαρχούν, είτε πρόκειται για τεχνολογικά είτε για χρηματοοικονομικά προϊόντα. Οι αγορές άνθρακα έχουν δεχθεί κριτική από διάφορους ερευνητές. Ο Lohmann (2006, 2008a, 2008b, 2009a, 2009b, 2010) έχει αναδείξει διάφορες πλευρές αναποτελεσματικότητας του μηχανισμού που σχετίζεται τόσο με τη διαφθορά όσο και με το αρνητικό κοινωνικό και περιβαλλοντικό αποτέλεσμα το οποίο επιφέρουν. Οι Whiteman et al. (2010) υποστηρίζαν πως από αυτά τα αγοροκεντρικά συστήματα συνήθως επωφελούνται ομάδες συμφερόντων στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Αυτό σήμερα σε συνθήκες κρίσης δείχνει να εντείνεται, αφού κάθε δυνητική σφαίρα νέας αγοράς και κερδοφορίας πρέπει να αξιοποιηθεί και χώρες όπως οι ΗΠΑ και η Ιαπωνία δεν μπορούν να μείνουν έξω από αυτό το παιχνίδι. Η κατακόρυφη πτώση των τιμών των ορυκτών καυσίμων είναι ένα άλλο πιθανό μήνυμα αλλαγής του σκηνικού της χρήσης ενέργειας. Και στη διαμόρφωση αυτού του σκηνικού οι G20 βλέπουν τις μελλοντικές αγορές ενέργειας και επιδιώκουν την όσο το δυνατό μεγαλύτερη εμπλοκή τους.

Έτσι, παρατηρούμε την ΕΕ να πιέζει για την περαιτέρω χρήση του ETS σε τομείς όπως η ναυτιλία, παρόλο που το σύστημα φαίνεται να έχει αποτύχει. Και

ενώ αναγνωρίζεται ότι οι αγορές άνθρακα παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα διάφοροι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι αυτά μπορούν να λυθούν με καλύτερο σχεδιασμό (Michaelowa, 2011), ή με καλύτερη συνεργασία μεταξύ των κυβερνητικών αρχών, των ΜΚΟ και άλλων ενδιαφερόμενων μερών (Pinkse & Kolk, 2012)

Επίσης παρατηρούμε πως ακόμα και ερωτήματα κοινωνικής δικαιοσύνης και αναδιανομής των εισοδημάτων (Honneth & Fraser, 2003) που εγείρονται σε σχέση με τις πολιτικές περιβάλλοντος χρησιμοποιούνται προκειμένου να εξυπηρετήσουν τις σκοπιμότητες των ηγετικών χωρών (G20). Από τη ρητορική για ένα «πράσινο καπιταλισμό» (Newell and Paterson, 2010) σαν κριτική στον υπάρχον σύστημα για έναν κόσμο πέρα από τα κέρδη, έως και τις πρόσφατες υποσχέσεις των ΗΠΑ και της Ιαπωνίας για την συνεισφορά μεγάλων ποσών σε ταμείο βοήθειας των αναπτυσσόμενων χωρών να ανταπεξέλθουν στις ανάγκες ρύθμισης της κλιματικής βλέπουμε τις G20 να έχουν περάσει στο στάδιο που η καθεμία διεκδικεί όλο και μεγαλύτερο μερίδιο στη μελλοντική αγορά ενέργειας.

Και όλα αυτά ενώ πρωταρχικό ζητούμενο του συστήματος είναι να διατηρηθεί το επίπεδο «business as usual» με ένα υποτυπώδες επίπεδο περιβαλλοντικής προστασίας, που όμως δεν πρέπει να θίγει την κερδοφορία, και δεν θεωρεί ισάξιες τις ανάγκες των κατοίκων του πλανήτη και των ισορροπιών της οικόσφαιρας. Αναλογιζόμενοι ωστόσο την ανάγκη για μια κοινωνική αλλαγή, έστω και με τους όρους που εκφράζεται στο πρωτόκολλο του Κιότο και η Βίβλος για τη Βιώσιμη ανάπτυξη, δεν εντοπίζεται κάποια γόνιμη στροφή που να επιτρέπει τη μελλοντική προοπτική αλλαγής. Αν αποδεχόμαστε (ή/και επιθυμούμε να ενισχύσουμε) τη δυνατότητα αλλαγής συμπεριφορών και την επικράτηση μιας διαφορετικής περιβαλλοντικής προσέγγισης τότε δεν θα έπρεπε να εστιάζουμε στην απεικόνιση και τη διατήρηση της υπάρχουσας οικονομικό- κοινωνικής σταθερότητας. Ξεκινώντας από τα ερευνητικά μοντέλα και τις περιορισμένες ενσωματώσεις ευρείας κοινωνικοπολιτικής- αλλαγής, και φτάνοντας στα εργαλεία και τους μηχανισμούς που περιορίζονται στα αγοροκεντρικά μέτρα η επιστήμη θα έπρεπε να προβάλλει περισσότερες λύσεις. Πέρα από τα αγοροκεντρικά μέτρα υπάρχουν και άλλοι μηχανισμοί περισσότερο ή λιγότερο αυστηροί που απαιτούν αντίστοιχη πολιτική βούληση

για να επιτύχουν τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα. Επίσης πιο ριζοσπαστικές προτάσεις περιβαλλοντικών κινήματων δίνουν έμφαση στην κινητοποίηση έναντι της παθητικότητας με την οποία το ευρύ κοινό αντιμετωπίζει την αλλαγή (Case et al. 2015).

Μελλοντικές Κατευθύνσεις

Η κατασκευή μοντέλων μέσα από μία καλά δομημένη διαδικασία μοντελοποίησης, καθώς και η κατανόηση των σχέσεων ανάμεσα σε νοητικά, φυσικά και μαθηματικά μοντέλα παίζουν ουσιαστικό ρόλο στη διαδικασία οικοδόμησης και κατανόησης των επιστημονικών θεωριών. Η έρευνα ακολούθησε μια καινοτόμο μεθοδολογική προσέγγιση η οποία θα μπορούσε να έχει ευρύτερη εφαρμογή.

Καταρχήν, η ανάγκη να εκφραστούν τα υπάρχοντα ποσοτικά δεδομένα των μέτρων μέσω μιας μοντελοποίησης κατέληξε στην ανάπτυξη του μοντέλου ασαφούς λογικής. Η διαφορά είναι πως το μοντέλο αυτό δεν είναι απαραίτητο να λάβει τις τιμές του φάσματος που προτείνουν οι προυπάρχουσες μελέτες. Τίποτα δεν μας εμποδίζει να δοκιμάσουμε άλλες τιμές ανάπτυξης ρύπων, άλλα όρια εκπομπών κλπ., ακόμα και τιμών που σήμερα ίσως να θεωρούνται ακραίες.

Θα μπορούσε όμως να εφαρμοστεί και σε παγκόσμιο μακρό- οικονομικό επίπεδο, για το σύνολο της βιομηχανίας και των ρύπων που προκαλούνται. Οι παραπάνω ιδέες/ προβληματισμοί αποτελούν υλικό προς εξέταση για μελλοντικές προοπτικές της έρευνας.

Γλωσσάρι

AIS	Automatic Identification System	Σύστημα Αυτόματης Ταυτοποίησης
BAU	Business As Usual	Συνηθισμένο επίπεδο εργασιών
CDM	Clean Development Mechanism	Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης
CER	Certified Emission Reductions	Πιστοποιημένες Μειώσεις Εκπομπών
CFCs	Chlorofluorocarbon	Χλωροφθοράνθρακες
CH₄	Methane	Μεθάνιο
CO	Carbon Monoxide	Μονοξίδιο του Άνθρακα
CO₂	Carbon Dioxide	Διοξείδιο του Άνθρακα
CO₂ Equivalent	Carbon Dioxide Equivalent	Ισότητας Διοξειδίου του Άνθρακα
DWT	Dead Weight Tonne	Τόνοι Νεκρού Βάρους
ECAs	Emission Control Areas	Περιοχές Ελεγχόμενων Εκπομπών
EEDI	Energy Efficiency Design Index	Σχεδιαστικός Δείκτης Ενεργειακής αποδοτικότητας
EEOI	Ship Energy Efficiency Operational Indicator	Δείκτης Ενεργειακής Αποδοτικότητας Λειτουργίας του Πλοίου
EIS	Efficiency Incentive Scheme	Σχήμα Κινήτρου Αποδοτικότητας
EPA	Environmental Protection Agency	Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας
ER	Emission Registry	Αρχείο Καταγραφής Εκπομπών
ETS	Emission Trading System	Σύστημα Εμπορίας Ρύπων
FNNs	Fuzzy Neural Networks	Ασαφή Νευρωνικά Δίκτυα

GHG Green House Gas Αέρια του Θερμοκηπίου

GHG Fund Green House Gas Fund Ταμείο για τα Αέρια του Θερμοκηπίου

GT Gross Tonnage Ολική Χωρητικότητα

HFCs Hydrofluorocarbons Υδροφθοράνθρακες

HFO Heavy Fuel Oil Καύσιμο Βαριάς Διύλησης (Μαζούτ)

IEA International Energy Agency Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας

IFO Intermediate Fuel Oil Καύσιμο Μέτριας Διύλησης

IMO International Maritime Organisation Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος

IPTA International Parcel Tankers Association Διεθνής Ένωση Ιδιοκτητών δεξαμενόπλοιων για χημικά φορτία

IUCN International Union for Conservation of Nature Διεθνής Ένωση για τη Προστασία της Φύσης

LIS Leverage Incentive Scheme Σχήμα Κινήτρων Χρηματοοικονομικής Μόχλευσης

MAC Marginal abatement cost Οριακό κόστος απομάκρυνσης ρύπανσης

MARPOL International Convention for the Prevention of Pollution from Ships Διεθνής Σύμβαση για την πρόληψη της Ρύπανσης από τα πλοία

MBM Market Based Measures Αγοροκεντρικά Μέτρα

MCR Maximum Continuous Rating Μέγιστο Συνεχές Φορτίο

MGO Marine Gas Oil Ναυτιλιακό Καύσιμο

MEPC Marine Environment Protection Committee Ναυτιλιακή Επιτροπή Προστασίας Περιβάλλοντος

Mt	Million tones	Εκατομμύρια τόνοι
N₂O	Nitrous oxide	Οξείδιο του Αζώτου
NE	Net emissions	Καθαρές (συνολικές) εκπομπές της ναυτιλίας μετά την αφαίρεση των εκπομπών από όλα τα εφαρμόσιμα μέτρα
NMVOC	Non-methane volatile organic compounds	Μη μεθανικές οργανικές ενώσεις
NO_x	Mono-nitrogen oxides	Μόνο Αζωτούχα Οξείδια
PFCs	Perfluorinated compounds	Υπερφθοριωμένες Ενώσεις
PM	Particulate Matter	Σωματιδιακή ύλη
PSL	Port State Leverage	Σύστημα χρηματοοικονομικής μόχλευσης από τη Διοίκηση λιμένα
RF	radiative forcing	Ένταση ακτινοβολίας
RM	Rebate Mechanism	Μηχανισμός Αποζημίωσης
SBSTA	Subsidiary Body for Scientific and Technical Advice	Επικουρικός Φορέας Επιστημονικής και Τεχνικής Συμβουλευτικής
SECA	Sulphur Emission Control Area	Περιοχές Ελεγχόμενων Εκπομπών Θείου
SECT	Ship Efficiency and Credit Trading	Σύστημα Εμπορίας Αποτελεσματικότητας και Πιστώσεων πλοίων
SEEMP	Ship Energy Efficiency Management Plan	Διαχειριστικό Σχέδιο Ενεργειακής Αποδοτικότητας του πλοίου
SF₆	Sulfur Hexafluoride	Εξαφθοριούχο θείο
SFC	Specific Fuel Consumption	Συγκεκριμένη κατανάλωση καυσίμων
SO_x	Sulphur Oxides	Οξείδια του Θείου

- STEEM** Ship Traffic Energy and Environmental Model Μοντέλο
Ενέργειας και Εκπομπών από την Κυκλοφορία των Πλοίων
- UNCLOS** United Nations Convention on the Law of the Sea Σύμβαση
των Ηνωμένων Εθνών Για το Δίκαιο της Θάλασσας
- UNCTAD** United Nations Conference on Trade and Development
Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών για το Εμπόριο και την Ανάπτυξη
- UNEP** United Nations Environment Programme Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα
των Ηνωμένων Εθνών
- UNFCCC** United Nations Framework Convention on Climate Change
Σύμβαση Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή
- VES** Vessel Efficiency System Σύστημα Αποτελεσματικότητας Πλοίου
- VLCC** Very Large Crude Carrier Πολύ Μεγάλο δεξαμενόπλοιο
- WSC** World Shipping Council Παγκόσμιο Ναυτιλιακό Συμβούλιο

Βιβλιογραφία

Anderies M.,2000, On modelling human behavior and institutions in simple ecological economic systems *Ecological Economics*, 35 :3. 393–412

Bausch, D. O., Brown, G. G., & Ronen, D. 1998. Scheduling short-term marine transport of bulk products. *Maritime Policy & Management*, 25: 4, 335-348.

Beinat, E. 1997. Value functions for environmental management (pp. 77-106). Springer Netherlands

Berle, Ø., Asbjørnslett, B.E. and Rice, J.B., 2011. Formal vulnerability assessment of a maritime transportation system. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(6), pp. 696-705.

Biermann F., Petschel-Held G., Rohloff C., 1999, Environmental degradation as a cause of conflict? Theoretical conceptualization and empirical analysis of the relationship between 'environment' and 'security' *Law and State*, 59–60 (1999), pp. 158–195.

Bellman, R., Zadeh, L., 1970. Decision making in a Fuzzy Environment. *Management Sciences*, 17(4), pp. 141-164.

Bithas, K., 2011. Sustainability and externalities: Is the internalization of externalities a sufficient condition for sustainability?. *Ecological Economics*, 70(10), pp.1703-1706.

Böhm, S., & Dabhi, S., 2009. *Upsetting the offset: the political economy of carbon markets*. London: Mayfly. Retrieved from http://mayflybooks.org/?page_id=21.

Böhm, S., 2013. Why are carbon markets failing?, *The Guardian*, 12 April, <http://www.theguardian.com/sustainable-business/blog/why-are-carbon-markets-failing>

Bond, P., 2008. Improving fuel efficiency through the supply chain and the ship efficiency management plan. Presentation in: Interorient - Cyprus Chamber of Shipping

Buhaug Ø, Corbett J J, Endresen Ø, Eyring V, Faber J, Hanayama S, Lee D S, Lee D, Lindstad H, Markowska A Z, Mjelde A, Nelissen D, Nilsen J, Palsson C, Winebrake J J, Wu W–Q, YoshidaK, 2009. Second IMO GHG Study. London: International Maritime Organization (IMO); 2009.

Buhaug, Ø., Corbett, J. J., Endresen, Ø., Eyring, V., Faber, J., Hanayama, S., et al. 2008. Updated Study on Greenhouse Gas Emissions from Ships: Phase I Report. London, United Kingdom: International Maritime Organization

Burkett, P., 1999. Marx and nature: A red and green perspective. New York: St. Martin's Press.

Burman S, 2013, The State of the American Empire: How the USA Shapes the World, Routledge

Case, P., Evans, L.S., Fabinyi, M., Cohen, P.J., Hicks, C.C., Prideaux, M. and Mills, D.J., 2015. Rethinking environmental leadership: The social construction of leaders and leadership in discourses of ecological crisis, development, and conservation. *Leadership*, 11(4), pp.396-423.

Carbon Trade Watch, 2011. EU Emissions Trading System: Failing at the third attempt. Retrieved from <http://www.carbontradewatch.org/articles/eu-emissions-trading-system-failing-at-the-third-at.html>.

Chen, Y. W., & Tzeng, G. H., 2001. Using fuzzy integral for evaluating subjectively perceived travel costs in a traffic assignment model. *European Journal of Operational Research*, 130 (3), pp. 653-664.

Chiu, R.H., Lin, L.H. and Ting, S.C., 2014. Evaluation of green port factors and performance: a fuzzy AHP analysis. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014

Christiansen, M., Fagerholt, K., Flatberg, T., Haugen, Ø., Kloster, O., & Lund, E. H., 2011. Maritime inventory routing with multiple products: A case study

from the cement industry. *European Journal of Operational Research*, 208 (1), pp. 86-94.

Coase, R., 1960. The problem of social cost. *Journal of Land Economics* 3: 1–44.

Corbett, J.J., Fischbeck, P.S., 1997. Emissions from ship. *Science* 278 (5339), pp. 823-824.

Corbett, J., Fischbeck, P., Pandis, S., 1999. Global nitrogen and sulphur inventories for oceangoing ships. *Journal of Geophysical Research* 104, pp. 3457-3470.

Corbett, J.J., Koehler, H.W., 2003. Updated emissions from ocean shipping. *Journal of Geophysical Research* 108 (D20), 1-13.

Corbett, J.J., Koehler, H.W., 2004. Considering alternative input parameters in an activity-based ship fuel consumption and emission model: Reply to comment by Oyvind Endresen et al. on “Updated emissions from ocean shipping”. *Journal of Geophysical Research* 109: (D23303), pp. 1-7.

Corbett, J., Winebrake, J., Green, E., Kasibhatla, P., Eyring, V., Lauer Ax., 2007, Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment *Environmental Science and Technology*, 41, pp. 8512–8518

Cordon, O., 2011. A historical review of evolutionary learning methods for Mamdani-type fuzzy rule-based systems: Designing interpretable genetic fuzzy systems. *International Journal of Approximate Reasoning*, 52(6), pp.894-913.

Crist, P., 2009. Greenhouse gas emissions reduction potential from international shipping (No. 2009-11). OECD/ITF joint transport research centre discussion paper.

Dalsøren, S.B., Eide, M.S., Endresen, Ø., Mjelde, A., Gravir, G. and Isaksen, I.S., 2008. Update on emissions and environmental impacts from the international fleet of ships. The contribution from major ship types and ports. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 8(5), pp.18323-18384.

de Vos M.G., P.H.M. Janssen, M.T.J. Kok, S. Frantzi, E. Dellas, P. Pattberg, A.C. Petersen, F. Biermann, 2013. Formalizing knowledge on international environmental regimes: A first step towards integrating political science in integrated assessments of global environmental change, *Environmental Modelling & Software*, 44: pp. 101-112,

Den Elzen M., Olivier J., Berk M., 2007. An analysis of options for including international aviation and marine emissions in a post-2012 climate mitigation regime, MNP Report 500114007/2007

Denisis, A., 2009. An economic feasibility study of short sea shipping including the estimation of externalities with fuzzy logic. ProQuest.

Dunlap R. E., 2002. Environmental Sociology: a personal perspective on its first quarter century, *Organisation and Society*, 15(1), pp.10-29

Eide M. S., Longva T, Hoffmann P., Endresen Ø. & Dalsøren S. B. (2011): Future cost scenarios for reduction of ship CO₂ emissions, *Maritime Policy & Management*, 38 (1), pp. 11-37

Emission Control Areas (ECAs) - What you need to know, A SustainableShipping.com Briefing Paper, August 2009

Endresen, O., Sorgard, E., Behrens, H.L., Brett, P.O., Isaksen, I.S.A., 2007. A historical reconstruction of ships' fuel consumption and emissions. *Journal of Geophysical Research* 112.

Endresen, O., Sorgard, E., Bakke, J., Isaksen, I.S.A., 2004. Substantiation of a lower estimate for the bunker inventory: comment on "Updated emissions from ocean shipping" by James J. Corbett and Horst W. Koehler. *Journal of Geophysical Research* 109.

Endresen, O., Sorgard, E., Sundet, J.K., Dalsoren, S.B., Isaksen, I.S.A., Berglen, T.F., Gravir, G., 2003. Emission from international sea transportation and environmental impact. *Journal of Geophysical Research* 108 (D17).

Eyring, V., Koehler, H.W., van Aardenne, J., Lauer, A., 2005. Emission from international shipping: 1. The last 50 years. *Journal of Geophysical Research* 110, Atmospheres, 110 (D17).

Faber, J., Markowska, A., Nelissen, D., Davidson, M., Eyring, V., Cionni, I., Selstad, E., KØegeson, P., Lee, D., Buhaug, Lindtsad, H., Roche, P., Humpries, E., Graichen, J., Cames, M., Schwarz, W., 2009. Technical support for European action to reducing Greenhouse Gas Emissions from international maritime transport. Tender DG ENV.C3/ATA/2008/0016. Delft, CE Delft.

Fagerholt, K., Laporte, G., & Norstad, I., 2010. Reducing fuel emissions by optimizing speed on shipping routes. *Journal of the Operational Research Society*, 61(3), 523-529.

Fagerholt, K., & Lindstad, H., 2007. TurboRouter: An interactive optimisation-based decision support system for ship routing and scheduling. *Maritime Economics & Logistics*, 9(3), 214-233.

Fayyad, U.M., Piatetsky-Sapiro, G., & Smyth, P., 1996. From data mining to knowledge discovery: An overview. In U.M. Fayyad, G. Piatetsky-Sapiro, P. Smyth, & R. Uthurusamy (Eds.), *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining* (37-54). Cambridge: MIT Press. *Intelligence Review*, 19 (1), pp. 3–92

Finus M. Game theoretic research on the design of international environmental agreements: insights, critical remarks and future challenges *International Review of Environmental and Resource Economics*, 2 (2008), pp. 1–39

Forsyth T., 2003, *Critical political ecology: the politics of environmental science*. London: Routledge.

Fraser, N. and Honneth, A., 2003. *Redistribution or recognition?: a political-philosophical exchange*. Verso.

Fugletvedt, J., Berntsen, T., Eyring, V., Isaksen, I. S. A., Lee, D. S. and Sausen, R., 2009, Shipping emissions: From cooling to warming of climate and reducing impacts on health. *Environmental Science and Technology*, 43(24), pp. 9057–9062.

Gergen, K., 1985, The social constructionist movement in modern social psychology, *American Psychologist*, vol. 40(3), pp. 266-275.

GHG WG 3/3/2 Consolidated proposal of "Efficiency Incentive Scheme" based on the leveraged incentive scheme and the vessel efficiency system. IMO doc.

Giddens, A. 2009. The politics of climate change. Cambridge, UK: Polity

Giziakis, C., & Christodoulou, A., 2012. Environmental awareness and practice concerning maritime air emissions: the case of the Greek shipping industry. *Maritime Policy & Management*, 39(3), pp. 353-368

Good D.H., Reuveny R., 2006. The fate of Easter Island: the limits of resource management institutions *Ecological Economics*, 58 (3), pp. 473–490

Goodstein, E.S.E.S., 1995. *Economics and the Environment* (No. 04; HD75. 6, G6.) Willey and Sons, USA.

Gotts N.M., Polhill J.G., A.N.R. Law Agent-based simulation in the study of social Dilemmas Artificial G. Petschel-Held, A. Block, M. Cassel-Gintz, J. Kropp, M.K.B. Lüdeke, O. Moldenhauer, F. Reusswig, H.J. Schellnhuber Syndromes of global change: a qualitative modelling approach to assist global environmental management *Environmental Modeling and Assessment*, 4 (4), pp. 295–314.

Green D., Shapiro I. 1996, *Pathologies of Rational Choice Theory: a Critique of Applications in Political Science* Yale University Press, New Haven.

Gegov, A. E. and Frank, P. M., 1995, Reduction of multidimensional relations in fuzzy control systems, *Systems and Control Letters*, Vol 25, pp. 307-313.

Gregory, R., and Keeney, R.L., 1994. Creating policy alternatives using stakeholder values, *Management Science* 40 (8), pp. 1035-1048.

Guillaume, S., 2001, "Designing fuzzy inference systems from data: An interpretability-oriented review," *IEEE Trans. Fuzzy Syst.*, 9, pp. 426–443.

Hanley, N., J. Shogren, and B. White, 2007, *Environmental Economics in Theory and Practice*, Palgrave, London.

Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D.W. and Medina-Elizade, M., 2006. Global temperature change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(39), pp.14288-14293.

Heitmann N., Khalilian S., 2011, Accounting for carbon dioxide emissions from international shipping: Burden sharing under different UNFCCC allocation options and regime scenarios, *Marine Policy* 35, pp. 682–691

Hibberd, F. J. 2001. Gergen's Social Constructionism, Logical Positivism and the Continuity of Error Part 1: Conventionalism. *Theory & Psychology*, 11(3), pp.297-321

Hong, T. P., & Lee, C. Y., 1996. Induction of fuzzy rules and membership functions from training examples. *Fuzzy Sets and Systems*, 84(1), pp. 33-47

Hughes B., 2001. Choices in the face of uncertainty: the international futures (IFs) model, *Futures*, 33 (1), pp. 55–62

IEA, 2009. CO2 Emissions from Fuel Combustion 2009, Paris

IMO 1974. International Convention for the Safety of Life At Sea, (SOLAS) 1 November 1974, 1184 UNTS 3, available at: <http://www.refworld.org/docid/46920bf32.html> [accessed 25 May 2016]

IMO 2008. Application of the principle of “Common but Differentiated Responsibilities” to the reduction of greenhouse gas emissions from international shipping. Submitted by China and India. London: Marine Environmental Protection Committee 58. International Maritime Organization.

IMO 2011. Reduction of GHG Emissions from Ships. Report of the Expert Group on Feasibility Study and Impact Assessment of possible Market-Based Measures. Marine Environment Protection Committee, MEPC 62/5/14. London: International Maritime Organization.

IMO 2014. Third IMO GHG Study; Smith, T. W. P.; Jalkanen, J. P.; Anderson, B. A.; Corbett, J. J.; Faber, J.; Hanayama, S.; O'Keeffe, E.; Parker, S.; Johansson, L.; Aldous, L.; Raucci, C.; Traut, M.; Ettinger, S.; Nelissen, D.; Lee,

D. S.; Ng, S.; Agrawal, A.; Winebrake, J. J.; Hoen, M.; Chesworth, S.; Pandey, A. International Maritime Organization (IMO) London, UK, June 2014;

ISL, 2008. Data on Owner, Operator, and Flag State Registration. Bremen Institute of Shipping Economics and Logistics (ISL)

ISL, 2008. Shipping Statistics Yearbook, 2008. Bremen Institute of Shipping Economics and Logistics (ISL)

Intertanko, 2009. Guide to for a tanker energy efficiency management plan, 1st edition.

IPCC (2007), Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4).

Janssen M.A., Ostrom E., 2006. Governing social-ecological systems L. Tesfatsion, K.L. Judd (Eds.), Handbook of Computational Economics II: Agent-Based Computational Economics, Elsevier Publisher, pp. 1465–1509

Jin, Y., 2012. Advanced fuzzy systems design and applications, Vol. 112. Physica.

Johnson H., 2013. Sustainability challenges and business in society: the case of maritime energy efficiency, Doctoral student workshop of the JFBS 3rd Conference, 2013

Johnson, H., & Andersson, K., 2011 The energy efficiency gap in shipping-barriers to improvement. In International Association of Maritime Economists (IAME) Conference.

Kazabof N. K., 1998. Foundations of Neural networks, Fuzzy Systems and Knowledge Engineering, A Bradford Book, The MIT Press

Kilgour M. and Wolinsky-Nahmias Y., 2004. Game theory and international environmental policy, Published at D.F. Sprinz, Y. Wolinsky-Nahmias (Eds.), Models, Numbers and Cases. Methods for Studying International Relations, University of Michigan Press, Ann Arbor

Kunsch, P. L., & Springael, J., 2005. A Fuzzy Methodology for Evaluating a Market of Tradable CO₂ -Permits. In *Energy and Environment* (pp. 149-173). Springer US.

Lai K.-H., Lun V. Y.H., Wong C. W.Y., Cheng T.C.E., 2011. Green shipping practices in the shipping industry: Conceptualization, adoption, and implications. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(6), pp.631-638.

Lema, E., & Papaioanou, D., 2013. Policy instruments and recent advances of the greenhouse gas regulating framework in shipping. *Interdisciplinary Environmental Review*, 14(3), 238-252.

Lindstad, H., Asbjørnslett, B. E., & Strømman, A. H., 2011. Reductions in greenhouse gas emissions and cost by shipping at lower speeds. *Energy Policy*, 39(6), pp. 3456-3464.

Lohmann, L. (Ed.) 2006. *Carbon trading: a critical conversation on climate change, privatisation and power*. Uppsala: The Dag Hammarskjöld Foundation.

Lohmann, L. 2008a. Carbon trading, climate justice and the production of ignorance: Ten examples. *Development*, 51, pp. 359–365. Retrieved from www.thecornerhouse.org.uk/pdf/document/IgnoranceFinal.pdf.

Lohmann, L. 2008b. Hold the applause: A critical look at recent EU climate claims. The Corner House. Retrieved from www.thecornerhouse.org.uk/resource/hold-applause.

Lohmann, L., 2009a. Neoliberalism and the calculable world: The rise of carbon trading. In S. Böhm and S. Dabhi (Eds.), *Upsetting the offset: the political economy of carbon markets* (pp. 25–37). London: Mayfly. Retrieved from http://mayflybooks.org/?page_id=21.

Lohmann, L., 2009b. Toward a different debate in environmental accounting: The cases of carbon and cost– benefit. *Accounting, Organizations and Society*, 34, 499–534.

MEPC 45/8 Study of Greenhouse Gas Emissions from ships: Final report to the International Maritime Organization. Issue No 2-31 March 2000 / Submitted by the IMO Secretariat. Norway: Norwegian Marine Technology Research Institute, 2000- (IMO doc.)

MEPC 60/4/8 The international fund for greenhouse gas emissions from ships (GHG Fund) proposed by Cyprus, Denmark, the Marshall Islands, Nigeria and IPTA. IMO doc.

MEPC 60/4/10 Market-based instruments: a penalty on trade and development proposal by the Bahamas. IMO doc.

MEPC 60/4/12 The United States proposal to reduce greenhouse gas emissions from international shipping, the Ship Efficiency and Credit Trading (SECT). IMO doc.

MEPC 60/4/40 Achieving reduction in greenhouse gas emissions from ships through Port State arrangements utilizing the ship traffic, energy and environment model, STEEM (PSL) proposal by Jamaica. IMO doc.

MEPC 61/INF.2, Full report of the work undertaken by the Expert Group on Feasibility Study and Impact Assessment of possible Market-based Measures, 13 August 2010

MEPC 61/4/22 The Global Emission Trading System (ETS) for international shipping proposal by Norway. IMO doc

MEPC 62/5/1, Report of the third Intersessional Meeting of the working group on greenhouse gas emissions from ships

Michaelowa, A., 2011, Failures of global carbon markets and CDM? *Climate Policy*, 11, pp. 839–841.

Miola A., Ciuffo B., 2011, Estimating air emissions from ships: Meta-analysis of modelling approaches and available data sources, *Atmospheric Environment* 45, pp. 2242- 2251.

Newell, P., & Paterson, M., 2010. *Climate capitalism: global warming and the transformation of the global economy*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Notteboom, T.E. and Vernimmen, B., 2009. The effect of high fuel costs on liner service configuration in container shipping. *Journal of Transport Geography*, 17(5), pp.325-337.

Norstad, I., Fagerholt, K., & Laporte, G. 2011. Tramp ship routing and scheduling with speed optimization. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19

Ou, Z. and Zhu, J., 2008. AIS database powered by GIS technology for maritime safety and security. *Journal of Navigation*, 61(04), pp.655-665.

Pareto V., 1909. *Manual of political economy*. Schwieger AS, translator. New York: Augustus M Kelley Publishers. 504 p.

Parker, I. 1992, *Discourse Dynamics: Critical Analysis for Social and Individual Psychology*, London: Routledge.

Parsons H. L. 1977, *Marx and Engels on Ecology*, Greenwood Press, London

Pepper D.1987, *The Roots of Modern Environmentalism*, Routledge, London

Pigou, A. C. *The Economics of Welfare*, first edition. London: Macmillan & Co., Ltd., 1920.

Pinkse, J., & Kolk, A. 2012. Addressing the climate change–sustainable development nexus: The role of multi-stakeholder partnerships. *Business and Society*, 51, pp. 176–210.

Popovicheva, O. B., Kireeva E. D., Shonija N. K., & Khokhlova T. D., 2009. Water interaction with laboratory-simulated fossil fuel combustion particles, *J. Phys. Chem. A*, 113, (10), pp. 503–511.

Poli, C., 2015. Four Stages of Environmental Political Consciousness. In *Environmental Politics* (pp. 19-25). Springer International Publishing.

Psaraftis, H.N., 2012. Market-based measures for greenhouse gas emissions from ships: a review. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 11(2), pp.211-232.

Psaraftis H. N., Kontovas C. A., 2010, Balancing the economic and environmental performance of maritime transportation, *Transportation Research Part D*, 15, 458–462

Ren, J. and Lützen, M., 2015. Fuzzy multi-criteria decision-making method for technology selection for emissions reduction from shipping under uncertainties. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 40, pp.43-60.

Ross, T.J., 1995. *Fuzzy logic with engineering applications*, McGraw Hill, New York
Rossi, P., & Freeman, H. (1993). *Evaluation: A systematic approach*. Newbury Park, CA: Sage Publications.

Saravanan V.S., 2008. A systems approach to unravel complex water management institutions *Ecological Complexity*, 5 (3) (2008), pp. 202–215

Setnes, M., 2001. *Complexity reduction in fuzzy systems*. Delft: Delft University of Technology

Skjølvik, K.O., Andersen, A.B., Corbett, J.J., Skjelvik, J.M., 2000. Study of greenhouse gas emissions from ships (report to International Maritime Organization on the outcome of the IMO Study on Greenhouse Gas Emissions from Ships), MEPC 45/ 8, MARINTEK Sintef Group/Carnegie Mellon Univ., Center for Economic Analysis/ Det Norske Veritas, Trondheim, Norway.

Sprinz, D. F., & Wolinsky-Nahmias, Y. (Eds.). 2004. *Models, numbers, and cases: methods for studying international relations*. University of Michigan Press.

Sterman J.D., 2000, *Business Dynamics: Systems Thinking and Modelling for a Complex World* McGraw-Hill Higher Education

Stern, N., 2007. *The economics of climate change: the Stern review*. Cambridge University press.

Stochniol, A., 2011. *Optimal Rebate Key for an Equitable Maritime Emissions Reduction Scheme*, Briefing Paper, IMERS, London. .

- Stopford M. Maritime Economics. Third ed. Routledge; 2009.
- Tzannatos, E., 2010. Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus- Greece. Atmospheric Environment 44, 400e407.
- Tietenberg, T. & Lewis L. 2009. Environmental economics and policy. 6th ed., Boston, London: Pearson Education.
- UNCTAD/DTL/TLB/2009, Oil Prices and Maritime Freight Rates: An Empirical Investigation, Technical report by the UNCTAD secretariat.
- UNCTAD/TDR/ 2012 Trade And Development Report, 2012, Chapt 1, Current Trends And Challenges In The World Economy
- UNCTAD, 2013. Review of Maritime Transport 2013, Report by the UNCTAD Secretariat. United Nations Conference on Trade and Development, Geneva.
- United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December, 1982. [/www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/UNCLOS-TOC.htm](http://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/UNCLOS-TOC.htm).
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 1997, Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. FCCC/CP/1997/L.7/Add
- UNFCCC, 2008, United Nations framework convention on climate change/subsidiary body for scientific and technological advice, Provisional agenda and annotations, 29th session, December 1–10, Poznan, FCCC/SBSTA/2008/7
- Vlachos G. P., Papaioannou D., Lema E., 2014, Green Shipping Practices: empirical results from the implementation of Ship Energy Efficiency Management Plan , IAME Conference 2014, Norfolk
- Vivid economics, Assesement of the Economic impact of market- based measures, 2010
- Von Schlippe, A. & Schweitzer, J. (2008) Εγχειρίδιο της Συστημικής Θεραπείας & Συμβουλευτικής, *Θεσσαλονίκη: University Studio Press.*

Wang, C., Corbett, J.J., 2007. The costs and benefits of reducing SO₂ emissions from ships in the US West Coastal waters. *Transportation Research Part D* 12, pp. 577-588.

Wang, C., Corbett, J.J., Winebrake, J.J., 2007a. Cost-effectiveness of reducing sulfur emission from ships. *Environmental Science & Technology* 41 (24), pp. 8233-8239.

Wang, C., Corbett, J.J. and Firestone, J., 2007b. Improving spatial representation of global ship emissions inventories. *Environmental Science & Technology*, 42(1), pp.193-199.

Wang, H. (2010). Economic costs of CO₂ emissions reduction for non-Annex I countries in international shipping. *Energy for Sustainable Development*, 14(4), 280-286.

Weber M. 1930, *The Protestant ethic and the spirit of capitalism*, Routledge, London

Whiteman, G., Dorsey, M., & Wittneben, B. (2010). Business and biodiversity: They would say that. *Nature*, 466, 435.

Wigley T.M.L., Richels R., Edmonds J. A. Economic and environmental choices in the stabilization of atmospheric CO₂ concentrations. *Nature* 1996; 379:240–3.

Wolff, R.D. and Resnick, S.A., 2012. *Contending economic theories: neoclassical, Keynesian, and Marxian*. MIT Press.

Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control* 8, 338-353. Stermann, 2000

Zadeh, L. A. 1997. "Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic." *Fuzzy sets and systems* 90.2 (1997): 111-127.

Zeleny, M., 1982. *Multiple criteria decision making*, McGraw-Hill Book Co, 563 pp.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βλάχος Γ. 2016, Διεθνής Ναυτιλιακή Πολιτική, Αθήνα, Εκδόσεις Σταμούλη

Δαφέρμος Μ. 2008. Κοινωνικός κονστρουκτιονισμός και ανάλυση λόγου
Ελεύθερα, 4, 67-90.

Ιωσηφίδης Θ. 2006. Ποιοτική Έρευνα και κριτικός ρεαλισμός. Στο Θ. Ιωσηφίδης
& Μ. Σπυριδάκης (Επιμ.Εκδ.), Ποιοτική κοινωνική έρευνα. Μεθοδολογικές
προσεγγίσεις και ανάλυση δεδομένων (σελ . 21-32). Αθήνα: Κριτική.

Κουζελής Γ. 1996, Τρόποι σκέψης και βασικές έννοιες της κοινωνιολογίας, μια
εισαγωγή, Εκδόσεις Κριτική Αθήνα

Μαυριδης Ηρ. Για Την «Κατασκευή» Της Κοινωνικης Πραγματικοτητας: Μετα-
Φαινομενολογικες Προοπτικες Του Κοινωνικου Κονστρουξιονισμου, Κειμενο
Για Το Μαθημα «Επιστημολογια Των Κοινωνικων Επιστημων», Παντειο
Πανεπιστήμιο, όπως ανακτήθηκε από
<http://www.koinpolpanteion.gr/pdf/keimeno%20mauridis.pdf>

Μαυρωτάς Γ. 2000, Πολυκριτηριακός σχεδιασμός σε συνθήκες αβεβαιότητας:
Ανάπτυξη συστήματος υποστήριξης αποφάσεων και εφαρμογή στον
ενεργειακό σχεδιασμό, Αθήνα.

Μπάκα Σ. Αφροδίτη, 2004, Ο Τηλεθεατης Των Ειδησεων Στην Ελλαδα:
Συζητωντας Για Τον Πολεμο Στο Κοσσυφοπεδιο, Διδατορικη Διατριβή
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Μποτετσάγιας Ι. Καραμίχας Γ., 2008, Περιβαλλοντική κοινωνιολογία, Εκδόσεις
Κριτική

Ξενίδης Ι., 2006, Ανάλυση Επικινδυνότητας Έργων με Σύμβαση Παραχώρησης
με τη Χρήση της Θεωρίας της Ασάφειας, Διδακτορικη Διατριβή, Αριστοτέλειο
Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Παπαϊωάννου Δ., 1997. Πανεπιστημιακές σημειώσεις για το μάθημα Πολιτική Περιβάλλοντος, Πάντειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης

Παπαδάκης Σ., Αδαμίδης Π., 2004, Ασαφή Συστήματα, Θεωρία και Εργαστηριακές Ασκήσεις Θεσσαλονίκη, Μάιος 2004

Parker, I. 2003. Η Ψυχολογία του λόγου. Στο D. Fox, & I. Prilleltensky (Eds.), Κριτική Ψυχολογία (σελ . 529-558). Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα

Χατζηλεοντιάδου Σ. Ι. και Λ. Ι. Χατζηλεοντιάδης, 2005, “Μέθοδοι και τεχνικές μοντελοποίησης συνεργατικών αλληλεπιδράσεων,” στον τόμο Εισαγωγή στη συνεργασία υποστηριζόμενη από υπολογιστή-Συστήματα, Μοντέλα Συνεργασίας για Εργασία, Μάθηση, Κοινότητες Πρακτικής και Δημιουργίας της Γνώσης, Επιμέλεια Ν. Αβούρης, Χ. Καραγιαννίδης