



**ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ»**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Τίτλος Διατριβής:**

Βελτιστοποίηση Ενεργειακής Απόδοσης Πλοίων με Energy Audits

---

**Τίτλος στα Αγγλικά:**

Energy Efficiency Optimization of Ships with Energy Audits

---

**Όνοματεπώνυμο Σπουδαστή:**

*Χρήστος Ηλιόπουλος*

---

**Όνοματεπώνυμο Υπεύθυνου Καθηγητή:**

**Νικήτας Νικητάκος**

---

**Αθήνα, Φεβρουάριος 2018**

---

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα κενή.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάμε την βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων, με βασικό όργανο και οδηγό, που ακριβώς προσφέρει αυτή την καθολική προσέγγιση ώστε να μιλάμε για βελτιστοποίηση και όχι απλά βελτίωση, το Energy Audit. Αφού παρουσιάσουμε τις σημαντικότερες παραμέτρους, κανονισμούς, δείκτες και τελευταίες εξελίξεις που σχετίζονται με την ενεργειακή απόδοση πλοίων, καθώς και κάποιους ήδη γνωστούς εμπειριστατωμένους τρόπους βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης και μείωσης κατανάλωσης καυσίμου, προχωράμε στην βήμα προς βήμα περιγραφή δομής και εκπόνησης ενός Energy Audit επί του πλοίου και παράλληλα στην σύσταση του Energy Audit Report που συγκεντρώνει όλα τις μετρήσεις, ευρήματα και πορίσματα.

Το Energy Audit Report αφορά VLCC δεξαμενόπλοιο για το οποίο είχε πραγματοποιηθεί Energy Audit στο παρελθόν, οπότε και επικεντρωνόμαστε σε αυτό. Τα βασικά στοιχεία ταξιδιού που έχουμε στην κατοχή μας, επιτρέπουν των υπολογισμό κρίσιμων δεικτών κατανάλωσης καυσίμου (KPIs), οι οποίοι συγκρίνονται με τους αντίστοιχους από τα shore και sea trials του πλοίου, καθώς φυσικά και με αυτούς που καταγράφηκαν κατά την διάρκεια του Energy Audit. Από αυτή την διαδικασία και με επίκεντρο και γνώμονα τα ευρήματα του Energy Audit, καταλήγουμε σε κάποιες βασικές Προοπτικές Εξοικονόμησης Ενέργειας (Energy Saving Potentials). Αυτές οι προοπτικές με την σειρά τους κατηγοριοποιούνται με βάση τρεις βασικές παραμέτρους, την πιθανότητα και ευκολία εφαρμογής τους (μελέτη σκοπιμότητας/βιωσιμότητας), τα οικονομικά οφέλη τα οποία αποφέρουν και στα οποία μεταφράζονται οι προτεινόμενες επεμβάσεις και φυσικά το κόστος που η εφαρμογή των μέτρων αυτών απαιτεί.

Έτσι, πέρα από ένα πακέτο μέτρων, έχουμε εικόνα και των πιο εύκολα εφαρμόσιμων (αφού κάποια προϋποθέτουν απλή διαχείριση με μηδενικό κόστος), των πιο προσοδοφόρων και αυτών που θα αποσβεσθούν πιο γρήγορα. Η ποσοτικοποίηση και πρακτική αποτίμηση των προτεινόμενων μέτρων, γίνεται με τον υπολογισμό του δείκτη ΕΕΟΙ (με χρήση των δεδομένων από τα αρχεία ταξιδιών) πριν και μετά την εφαρμογή τους, ο οποίος είναι προτεινόμενος και αποδεκτός από τον IMO ως «δείκτης παρακολούθησης επίδοσης» οπότε και τα αποτελέσματά μας έχουν κάθε αντικειμενικότητα και επιστημότητα.

Το Energy Audit Report για όποιον κατέχει τον κατάλληλο εξοπλισμό και δυνατότητα για την καταγραφή των απαιτούμενων μετρήσεων, μπορεί να θεωρηθεί ως μεθοδολογία και να γίνει οδηγός για την βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης πλοίων εταιρειών με VLCC δεξαμενόπλοια, μέσω των εξοικονομήσεων κατανάλωσης καυσίμου και τελικά εκπομπών CO<sub>2</sub> που προσφέρει. Η γενικότητα των προτεινόμενων μέτρων και αποτελεσμάτων έγκειται στο γεγονός, πέραν του ότι το Energy Audit Report αφορά πραγματικό VLCC δεξαμενόπλοιο με πραγματικές μετρήσεις, ότι επιτυγχάνεται σημαντική μείωση του δείκτη ΕΕΟΙ που είναι ευρέως αποδεκτός και ειδικά για την Ναυτιλιακή Εταιρεία στην οποία ανήκει το VLCC, είναι ο Δείκτης Περιβαλλοντικής Απόδοσης υπό την όψη των εκπομπών CO<sub>2</sub> που χρησιμοποιεί στο επίσημό της Environmental Management System (EMS ISO 14001) και Corporate Energy Management System (EnMS ISO 50001), όπως με σχετικά αρχεία που έχουν συμπεριληφθεί στη διπλωματική θα επαληθεύσουμε.

### Λέξεις Κλειδιά

<<Energy Audit, Ενεργειακή Απόδοση, Εξοικονόμηση Καυσίμου, ΕΕΟΙ, Μείωση Εκπομπών CO<sub>2</sub>, Κατανάλωση Καυσίμου, Operational Pattern Πλοίου, Προοπτικές Εξοικονόμησης Ενέργειας, Μεταφορικό Έργο, Ισοδύναμες Εκπομπές CO<sub>2</sub>, Μελέτη Σκοπιμότητας, SFOC, Όφελος>>

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, χρειάστηκαν αρκετοί μήνες σοβαρής ενασχόλησης. Όλους αυτούς τους μήνες, η καθοδήγηση και συμπαράσταση του επιβλέποντα καθηγητή μου, κου Νικήτα Νικητάκου, ήταν ιδιαίτερα σημαντική και αμέριστη και για αυτό θα ήθελα να τον ευχαριστήσω θερμά. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Στυλιανό Β. Δαφέρμο, DPA / HSQE & Vetting Manager / Training Officer για όλες τις σημαντικές πληροφορίες που μου παρείχε και την πολύτιμη βοήθειά του, χωρίς τα οποία θα ήταν αδύνατη η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής στην μορφή που είναι τώρα. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την γυναίκα μου Αγγελική, την μητέρα μου Αντωνία, καθώς και όλη την υπόλοιπη οικογένειά μου, που όλα αυτά τα χρόνια και ιδιαίτερα στην διάρκεια εκπόνησης αυτής της διπλωματικής, ήταν δίπλα μου στις σπουδές μου και με στήριξαν με κάθε τρόπο σε κάθε μου βήμα. Η παρούσα διπλωματική είναι αφιερωμένη στον έντεκα μηνών υιό μου.

TABLE OF CONTENTS

	PAGE
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ .....	17
Εισαγωγή.....	17
Σκοπός Διπλωματικής.....	18
Οργάνωση Κειμένου .....	18
1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ .....	20
1.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ.....	20
2. ΔΡΑΣΗ ΙΜΟ .....	24
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	24
2.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ.....	25
2.3 ΔΡΑΣΗ ΙΜΟ ΙΣΤΟΡΙΚΑ.....	28
2.3.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ-MARPOL ANNEX VI.....	30
2.3.2 ΜΕΛΕΤΕΣ ΙΜΟ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ .....	30
2.3.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ .....	31
2.3.4 ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΜΕΤΡΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ.....	33
ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ.....	34
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΙΜΟ .....	34
3. ΕΕΔΙ .....	38
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	38
3.2 ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΕΔΙ.....	39
3.2.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΔΕΙΚΤΗ ΕΕΔΙ .....	44
4. ΕΕΟΙ .....	52
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	52
4.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΕΟΙ .....	52
4.3 ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....	55
4.4 ΒΗΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ .....	56
4.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΕΟΙ .....	57
5. ENERGY SAVING PRACTICES AND MEASURES .....	58
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	58
5.2 VOYAGE OPTIMIZATION.....	60
5.2.1 TURNAROUND TIME IN PORT .....	60
5.2.2 JUST IN TIME (JIT) ARRIVAL.....	62
5.2.3 VIRTUAL ARRIVAL (VA).....	62
5.2.4 SLOW STEAMING .....	65
5.2.5 WEATHER ROUTING .....	67
5.2.6 OPERATIONAL SHIP SPEED REDUCTION.....	67

5.2.7	AUTOPILOT ADJUSTMENTS.....	68
5.3	OPTIMIZED SHIP HANDLING.....	69
5.3.1	OPTIMUM TRIM (TRIM OPTIMIZATION).....	69
5.3.2	OPTIMUM BALLAST (BALLAST OPTIMIZATION).....	70
5.4	OPTIMIZED PROPULSION AND HULL CONDITION.....	72
5.4.1	PROPELLER SURFACE FINISH/POLISHING (PROPELLER CLEANING).....	72
5.4.2	HULL MAINTENANCE .....	72
5.5	MAIN ENGINE MAINTENANCE-TUNING .....	74
5.6	OPTIMISED AUXILIARY MACHINERY .....	75
5.7	FUEL MANAGEMENT .....	76
5.8	TECHNICAL UPGRADES AND RETROFITS.....	77
5.8.1	OPTIMUM PROPELLER AND PROPELLER INFLOW CONSIDERATIONS.....	78
5.8.1.1	Συσκευές πριν από την προπέλα .....	78
5.8.1.2	Συσκευές μετά την προπέλα .....	80
5.8.1.3	Thrusters.....	83
5.8.1.4	Ducktail waterline extension .....	85
5.8.2	AIR LUBRICATION SYSTEM .....	86
5.8.3	WASTE HEAT RECOVERY.....	86
5.9	ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	88
5.10	ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	91
6.	SEEMP.....	96
6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	96
6.2	ΣΚΟΠΟΣ SEEMP .....	96
6.3	ΔΟΜΗ SEEMP.....	98
6.3.1	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ/ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ (PLANNING).....	99
6.3.2	ΕΦΑΡΜΟΓΗ (IMPLEMENTATION).....	101
6.3.3	ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ (MONITORING).....	102
6.4	ΜΕΡΟΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ SEEMP (SHIP SPECIFIC & COMPANY SPECIFIC MEASURES) ΓΙΑ ΥΠΑΡΧΟΝ DOUBLE HULL OIL / CHEMICAL TANKER.....	104
6.4.1	SHIP SPECIFIC .....	105
6.4.1.1	Λειτουργικά Μέτρα.....	105
6.4.1.2	Μέτρα προπέλας / γάστρας .....	107
6.4.1.3	Μέτρα μηχανημάτων / εξοπλισμού .....	108
6.4.1.4	Μέτρα στέγασης .....	114
6.4.1.5	Μέτρα πληρώματος.....	115
6.4.2	COMPANY SPECIFIC.....	116
6.4.3	Βέλτιστες πρακτικές-Energy Efficiency Checklist.....	118
6.5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ SEEMP.....	124
7.	MRV &DCS.....	127

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	127
7.2 ΟΡΙΣΜΟΣ-ΣΚΟΠΟΣ MRV.....	128
7.3 ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ-ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ .....	129
7.4 MRV VS DCS.....	139
8. ENERGY AUDIT .....	143
8.1. ΣΚΟΠΟΣ .....	143
8.2. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ/ΠΛΑΝΟ ENERGY AUDIT.....	144
8.3. ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ .....	145
8.4. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ, ΤΙΜΕΣ, ΑΛΛΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	146
8.5. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΝΤΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.....	147
8.6. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΝΤΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΓΑΣΤΡΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗΣ .....	147
8.7. ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΤΟΠΙΣΘΕΝΤΩΝ ESPs.....	148
8.8. ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	149
8.8.1 ΣΥΝΟΨΗ ΕΝΤΟΠΙΣΘΕΝΤΩΝ ESPs.....	149
8.8.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ENERGY AUDIT .....	152
8.9 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΞΕΤΑΣΘΕΝΤΟΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ .....	153
8.9.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΟΙΟΥ .....	153
8.9.2 OPERATIONAL PATTERN ΠΛΟΙΟΥ .....	154
8.9.3 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ/ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ .....	155
8.9.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΡΙΑΣ ΜΗΧΑΝΗΣ.....	158
8.9.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ DIESEL-ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ.....	158
8.9.6 ΒΑΣΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	159
8.9.7 ΑΞΙΟΛΟΓΗΘΕΝΤΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	160
8.9.8 ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ .....	161
8.9.9 ΣΥΣΤΗΜΑ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗΣ/ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΤΜΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΟΣ .....	162
8.9.10 ΣΥΣΤΗΜΑ FUEL OIL ΚΑΙ DIESEL OIL.....	163
8.9.11 ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΝΕΡΟΥ ΘΑΛΑΣΣΗΣ ΚΑΙ ΦΡΕΣΚΟΥ ΝΕΡΟΥ .....	163
8.9.12 ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ.....	164
8.9.13 ΣΥΣΤΗΜΑ HVAC.....	165
8.9.14 ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ .....	165
8.10 ΕΥΡΗΜΑΤΑ AUDIT ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	170
8.10.1 OPERATIONAL PATTERN ΠΛΟΙΟΥ .....	170
8.10.1.1 Υπολογισμός σχετικών KPIs FO και DO κύριας μηχανής και diesel γεννήτριας.....	171
8.10.2 ΑΠΟΔΟΣΗ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΚΥΡΙΑΣ ΜΗΧΑΝΗΣ.....	174
8.10.2.1 Μετρήσεις Απόδοσης Κύριας Μηχανής .....	174
8.11 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ/ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ESPS ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	184
8.11.1 ESP 01: Κρίσιμη μείωση SFOC για όφελος από την γενική επισκευή M/E.....	185
Μετρήσεις απόδοσης/επίδοσης κύτους .....	187

8.11.2	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ D/G & ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ.....	191
8.11.2.1	Αποτελέσματα και εντοπισμός ESPs .....	196
8.11.3	ESP 02: Εκτιμώμενο όφελος από συντήρηση D/G (Βελτίωση της SFOC) .....	197
8.11.4	ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ.....	199
8.11.4.1	Αποτελέσματα και εντοπισμός ESPs .....	199
8.11.5	ESP 03: Εκτιμώμενο όφελος από βέλτιστη χρήση D/G.....	201
8.11.6	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ & ΑΠΟΔΟΣΗ ΓΙΑ ΕΠΙΛΕΧΘΕΙΣΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ E/R.....	202
8.11.6.1	Διερεύνηση λειτουργίας αντλιών .....	202
	Αποτελέσματα και εντοπισμός ESPs.....	207
8.11.7	ESP 04: Εγκατάσταση Υψηλής Απόδοσης Κινητήρων αντλιών .....	207
8.11.8	Λειτουργία ανεμιστήρα εξαερισμού E/R.....	210
	Αποτελέσματα και εντοπισμός ESPs.....	212
8.11.9	ESP 05: Αποτελεσματική διαχείριση ανεμιστήρα .....	212
8.11.10	ΑΠΟΔΟΣΗ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ.....	213
8.11.11	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ/ΑΓΩΓΩΝ FO / DO.....	214
	Αποτελέσματα και εντοπισμός ESPs.....	215
8.11.12	ESP 06 Χρήση βοηθητικών λεβήτων για τη αποτέφρωση των υπολειμμάτων ιλύος.....	215
8.11.13	ESP 07: Εγκατάσταση FUEL MILL MC Ομογενοποιητή.....	216
8.11.14	ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ.....	217
	Αποτελέσματα και εντοπισμός ESPs.....	218
8.11.15	Ελαχιστοποίηση διαρροών συστήματος συντήρησης πετρεσμένου αέρα .....	218
8.11.16	ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ HVAC (ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ-ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ-ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ).....	220
8.11.17	ESP 09: Ελαχιστοποίηση λειτουργίας συστήματος HVAC σε συνθήκες μέτριας θερμοκρασίας περιβάλλοντος.....	222
8.11.18	ΦΟΡΤΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	225
8.11.18.1	Ημερήσια διακύμανση φορτίων φωτισμού καμπινών και αιθουσών αναψυχής .....	225
8.11.18.2	Επίπεδα φωτισμού χώρων στέγασης/ενδιαίτησης και E/R.....	226
8.11.19	ESP 10: Βελτιστοποίηση φωτισμού χώρων στέγασης .....	226
	Lighting Power Demand of Very Low Occurancy Spaces .....	227
8.11.20	ESP 11: Βελτιστοποίηση φωτισμού χώρων πολύ χαμηλής χρήσης.....	227
	Εγκατεστημένοι τύποι λαμπτήρων επί του πλοίου.....	228
8.11.21	ESP 12: Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως από λαμπτήρες φθορισμού.....	228
8.11.22	ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΩΝ ΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ.....	229
8.11.23	ESP 13: Ελαχιστοποίηση ασυμμετρίας τάσης στις μηχανές.....	231
8.11.24	ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ/ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ ΠΛΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ.....	233
9.	ANALYSIS OF MEASUREMENTS AND AUDIT FINDINGS.....	234
9.1	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ENERGY SAVING POTENTIALS .....	234
9.2	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΕΟΙ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 31 ΤΑΞΙΔΙΩΝ .....	236



9.2.1 ΕΕΟΙ πριν από την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων του Energy Audit.....	238
9.2.2 Σύνοψη και ποσοτικοποίηση Εξοικονομήσεων από τα ESPs του Energy Audit.....	239
9.2.3 ΕΕΟΙ μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων του Energy Audit.....	240
9.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	243
ANNEX I - ASSESSMENT OF E/R CONDITION BY USE OF IR CAMERA THERMOGRAPHS.....	244
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	244
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ.....	244
3. ΣΧΟΛΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ ΚΑΙ ΜΟΝΩΣΕΙΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ.....	244
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	247
ANNEX II – ENERGY EFFICIENCY TIPS.....	248
ANNEX III – Environmental Management Report (EEOI as Environmental Performance Indicator).....	253
ANNEX IV – DRAFT PROPSAL FOR MRV COMPLIANCE TO SHIPPING COMPANY.....	254
REFERENCES / BIBLIOGRAPHY / RELEVANT INFORMATION SOURCES.....	262
WEB SITES / INTERNET-ELECTRONIC SOURCES / DOCUMENTS FROM WEB SITES.....	266
APPENDIX I – REFERENCE DRAWINGS / INFORMATION.....	268
APPENDIX II – PROPERTIES OF FUEL CONSUMED DURING THE AUDIT.....	269
APPENDIX III – HVAC MEASUREMENTS DURING THE AUDIT.....	272
APPENDIX IV – ΚΥΜΑ DIESEL ANALYZER REPORTS FOR M/E.....	275
APPENDIX V – D/G AUDIT MEASUREMENTS AND ΚΥΜΑ DIESEL ANALYSER REPORTS.....	278

## LIST OF FIGURES

Figure 1 Lord Kelvin-Peter Drucker.....	17
Figure 1.1 Global mean surface-temperature change from 1880 to 2016.....	20
Figure 1.2 Past and Projected Changes in Global Sea Level.....	21
Figure 1.3 Ocean Acidity.....	22
Figure 1.4 The Greenhouse Effect.....	23
Figure 2.1 Cumulative CO2 emissions.....	24
Figure 2.2 Schematic of Energy Flow in Two-Stroke Marine Diesel Engine (Source: MAN B&W).....	26
Figure 2.3 Emission Pollutant Formulation and Impact (Source: Lee et al., 2009).....	26
Figure 2.4 Comparison of CO2 Emissions according to Transportation Mean Type.....	27
Figure 2.5 Sum CO2 Compare GHG Study vs GHG Study 3.....	28
Figure 2.6 ISWG-GHG 1/2.....	36
Figure 2.7 MEPC 71/17.....	36

Figure 2.8 IMO ENERGY EFFICIENCY REGULATORY DEVELOPMENTS 1997-2015.....	37
Figure 3.1 Anatomy of EEDI.....	41
Figure 3.2 EEDI formula.....	41
Figure 3.3 Main Terms in EEDI formula.....	42
Figure 3.4 EEDI Parts Explained.....	43
Figure 3.5 Length between perpendiculars.....	48
Figure 3.6 Ship systems/items included in EEDI.....	48
Figure 3.7 Attained EEDI Parameters.....	49
Figure 4.1 EEOI.....	53
Figure 4.2 Real Voyage Monitoring and Registration Sheet.....	57
Figure 5.1 Efficient Ship Operation, Integrated Solution.....	58
Figure 5.2 Breakdown of ship's time in port.....	51
Figure 5.3 Turnaround time in port.....	61
Figure 5.4 Virtual Arrival.....	63
Figure 5.5 Virtual Arrival Process.....	64
Figure 5.6 Ship Fuel consumption dependence on ship speed.....	66
Figure 5.7 Reduced speed range and slow steaming levels.....	66
Figure 5.8 Weather Routing.....	67
Figure 5.9 Fuel saving example due to trim optimization.....	70
Figure 5.10 Transfer of bio-species due to ballast operations.....	71
Figure 5.11 Ballast Water.....	71
Figure 5.12 Propeller Cleaning/Polishing.....	72
Figure 5.13 Hull fouling / cleaning.....	73
Figure 5.14 Engine SFC as a function of load factor.....	75
Figure 5.15 Auxiliary Machinery.....	75
Figure 5.16 Compatibility test procedure.....	77
Figure 5.17 Mewis Duct.....	78
Figure 5.18 Typical wake equalising duct.....	79

Figure 5.19 Pre-swirl stators.....	79
Figure 5.20 Typical propeller efficiency and losses.....	80
Figure 5.21 Propeller Boss Cap Fins (PBCF).....	81
Figure 5.22 Integrated propeller rudder.....	81
Figure 5.23 Ducted Propeller.....	82
Figure 5.24 Contra rotating propeller.....	83
Figure 5.25 Wing thrusters.....	84
Figure 5.26 Azipull Pulling thruster.....	84
Figure 5.27 Ducktail.....	85
Figure 5.28 Ducktail with Interceptor.....	85
Figure 5.29 Air Lubrication System.....	86
Figure 5.30 Waste heat recovery.....	87
Figure 5.31 Overall ship-board steam system.....	88
Figure 5.32 Solid-wing sails.....	89
Figure 5.33 Towing kite explained.....	89
Figure 5.34 Το 400-foot Beluga SkySails, το πρώτο φορτηγό πλοίο που χρησιμοποίησε kite.....	90
Figure 5.35 Flettner Rottors.....	91
Figure 5.36 Turanor PlanetSolar Catamaran.....	92
Figure 5.37 Tankers and Bulkers most efficient energy efficiency improvement measures.....	92
Figure 5.38 Average marginal CO2 reduction cost per option.....	94
Figure 5.39 Marginal abatement cost curve.....	95
Figure 6.1 SEEMP as part of SMS.....	97
Figure 6.2 Βασικό concept SEEMP.....	98
Figure 6.3 Συνεχής βελτίωση μέσω κύκλου SEEMP.....	99
Figure 6.4 SEEMP as 4-step ship energy management.....	99
Figure 6.5 Ship Energy Management Stakeholders.....	101
Figure 6.6 Sample SEEMP template.....	102
Figure 6.7 Methods for energy improvement within SEEMP.....	104

Figure 6.8 Survey, Responsible for Energy Management.....	125
Figure 6.9 SEEMP 4 step approach.....	125
Figure 6.10 (%) of Shipping companies who have implemented measures for SEEMP.....	126
Figure 7.1 MRV initials.....	127
Figure 7.2 IMO framework GHG.....	128
Figure 7.3 MRV overview.....	129
Figure 7.4 : MRV scheme.....	129
Figure 7.5 The EU MRV process and time table.....	130
Figure 7.6 MRV timeline-milestones.....	131
Figure 7.7 Cargo Carried in MRV.....	132
Figure 7.8 Monitoring Plan.....	133
Figure 7.9 Annual reporting.....	135
Figure 7.10 MRV verification.....	136
Figure 7.11 MRV shipping regulation.....	138
Figure 7.12 IMO DCS timeline and milestones.....	140
Figure 7.14 EU MRV vs IMO DCS [DNV].....	141
Figure 7.15 EU MRV vs IMO DCS [Lloyds].....	142
Fig. 8.8.1 Οικονομική Συγκριτική Αξιολόγηση ESPs.....	151
Fig. 8.9.2 Typical VLCC Operating profiles.....	154
Figure 8.9.2.1 Διάγραμμα κατανομής χρόνου ανάμεσα στις βασικές λειτουργίες του πλοίου / Operational Pattern.....	155
Figure 8.9.3.1 Διάγραμμα κατανομής κατανάλωσης FO και DO στα ballast ταξίδια.....	157
Figure 8.9.3.2 Διάγραμμα κατανομής κατανάλωσης FO και DO στα laden ταξίδια.....	157
Figure 8.9.3.3 Διάγραμμα κατανομής κατανάλωσης FO και DO ανά ταξίδι συνολικά.....	157
Fig. 8.10.2.1: Report Επίδοσης Κύριας Μηχανής No.1.....	175
Fig. 8.10.2.2: Report Επίδοσης Κύριας Μηχανής No.2.....	176
Figure 8.10.2.3 Pi [bar] vs. Κύρια Μηχανή [RPM].....	178
Figure 8.10.2.4 Μέγιστη πίεση ανάφλεξης (Pmax) [bar] vs. Προτεινόμενη Πίεση (Pi) [bar].....	178

Figure 8.10.2.5 ISO Διορθωμένη Θερμοκρασία Καυσαερίων[C] vs. Αποτελεσματική Ισχύ (Peff.) [PS].....	179
Figure 8.10.2.6 ISO διορθωμένη Πίεση Συμπύεσης (Pcomp.) [bar] vs. Αποτελεσματική Ισχύ [PS].....	179
Figure 8.10.2.7 Περιστροφική ταχύτητα υπερσυμπιεστή [T/C RPM] vs. ISO Διορθωμένη Scavenge Πίεση [bar].....	180
Figure 8.10.2.8 Ιπποδύναμη Άξονα M/E [PS] vs. Περιστροφική Ταχύτητα Υπερσυμπιεστή [RPM].....	180
Figure 8.10.2.9: Ιπποδύναμη άξονα M/E [PS] vs. Περιστροφική ταχύτητα M/E [RPM].....	181
Figure 8.10.2.10 Ιπποδύναμη Άξονα M/E [PS] vs. Pmax & Pcomp (ISO διορθωμένες).....	181
Figure 8.10.2.11 ISO διορθωμένη Θερμοκρασία Καυσαερίων [C] vs. Ιπποδύναμη άξονα M/E [PS].....	182
Figure 8.10.2.12 ISO διορθωμένη M/E SFOC [gr/PSh] vs. Ιπποδύναμη Άξονα [PS].....	182
Figure 8.10.2.13 ISO διορθωμένη M/E SFOC [gr/PSh] vs. M/E Περιστροφική Ταχύτητα [RPM]..	183
Figure 8.10.2.14 P max & Pscav. [bar] vs. Κύρια Μηχανή [RPM].....	183
Figure 8.11.1.1 M/E Ιπποδύναμη Άξονα [PS] vs. Ταχύτητα Πλοίου [knots].....	188
Figure 8.11.1.2 Περιστροφή προπέλας [RPM] vs. Ταχύτητα πλοίου [knots].....	189
Figure 8.11.1.3 M/E ιπποδύναμη άξονα [PS] vs. Περιστροφές προπέλας [RPM].....	190
Figure 8.11.2.1 Stbd Diesel Generator Performance Report.....	192
Figure 8.11.2.2 ISO διορθωμένη P max [bar] vs. Ισχύς Μηχανής [kW].....	194
Figure 8.11.2.3 ISO διορθωμένη P scav (bar) vs. Ισχύς Μηχανής [kW].....	194
Figure 8.11.2.4 T/C Rpm vs. Ισχύς Μηχανής [kW].....	195
Figure 8.11.2.5 Ισχύς μηχανής (kW) vs. ISO διορθωμένη θερμοκρασία Καυσαερίων.....	195
Figure 8.11.2.6 SFOC ISO διορθωμένη vs. Ηλεκτρική Ισχύς [kW].....	196
Figure 8.11.4.1 No.2 D/G Ενεργός Ισχύς [kW], Άεργος ισχύς [kVA] και Συντελεστής Ισχύος vs. Χρόνο [ώρες: λεπτά] λειτουργίας παράλληλα με D/G.No.3.....	199
Figure 8.11.4.2 No.2 D/G Συντελεστής Ισχύος vs. Χρόνο [ώρες: λεπτά] λειτουργίας παράλληλα με D/G.No.3.....	200
Figure 8.11.4.3 No. 3 D/G Ενεργός Ισχύς [kW], Άεργος Ισχύς [kVA] και Συντελεστής ισχύος vs.Χρόνο [ώρες: λεπτά] λειτουργίας παράλληλα με No.2 D/G.....	200
Figure 8.11.4.4 No.3 D/G Συντελεστής ισχύος vs. Χρόνο [ώρες: λεπτά] σε παράλληλη λειτουργία με No.2 D/G.....	200

Figure 8.11.6.1 No.1 Κύρια Αντλία L.O Ενεργός Ισχύς [kW], Άεργος Ισχύς [kVA] και Συντελεστής Ισχύος vs. Χρόνου [ώρες: λεπτά].....	203
Figure 8.11.6.2 Συντελεστής Ισχύος No.1 Κύριας Αντλίας L.O vs. Χρόνου [ώρες: λεπτά].....	204
Figure 8.11.6.3 No.1 Κύρια Αντλία C.S.W Ενεργός Ισχύς [kW], Άεργος ισχύς [kVA] και Συντελεστής Ισχύος vs. Χρόνου [ώρες: λεπτά].....	204
Figure 8.11.6.4 Συντελεστής Ισχύος Αντλίας Ψύξης θαλασσινού νερού vs. Χρόνου [ώρες: λεπτά].....	205
Figure 8.11.6.5 Συντελεστής ισχύος No.1 Κεντρικής Αντλίας C.F.W vs. Χρόνο [ώρες: λεπτά].....	205
Figure 8.11.6.6 No.1 Κεντρική Αντλία C.F.W Ενεργός Ισχύς [kW], Άεργος ισχύς [kVA] και συντελεστής ισχύος vs. Χρόνου [ώρες: λεπτά].....	206
Figure 8.11.8.1 Ενεργός ισχύς [kW], Άεργος ισχύς [kVA] και Συντελεστής Ισχύος vs. Χρόνο [ώρες: λεπτά] κινητήρα κύριου ανεμιστήρα μηχανοστασίου.....	210
Figure 8.11.14 Topping Up Air Compressor Ενεργός Ισχύς [kW], Άεργος Ισχύς [kVA] και Συντελεστής Ισχύος vs. Χρόνος [ώρες: λεπτά].....	217
Figure 8.11.16.1 Ψυχομετρικό διάγραμμα με χαρακτηριστικές καμπύλες AHU.....	220
Figure 8.11.16.2 Ψυχομετρικό διάγραμμα με χαρακτηριστικές καμπύλες AHU με σωστή ρύθμιση air dampers.....	221
Figure 8.11.17 Καταγραφή ηλιακής ενέργειας με πυρανόμετρο.....	224
Figure 8.11.18 Ημερήσια διακύμανση πάνελ τροφοδοσίας 115V.....	225
Figure 8.11.22 Αύξηση Θερμοκρασίας προκαλούμενη από Ασυμμετρίες Τάσης.....	230
Figure 9.2.3 Τμήμα υπάρχοντος OHSAS REVIEW REPORT Ναυτιλιακής Εταιρείας που αφορά στοχοθεσία ΕΕΟΙ.....	242

## LIST OF TABLES

Table 1.1 The contribution of each gas to the Greenhouse effect.....	22
Table 2.1 Shipping CO2 emissions compared with global CO2 (values in million tonnes CO2).....	27
Table 3.1 Carbon Factor typical values.....	44
Table 3.2 fj for ship type depending on the ice class.....	46
Table 3.3 fi for ship type depending on the ice class.....	47
Table 4.1 Συντελεστές μετατροπής μάζας καυσίμου σε μάζα CO2 (CF).....	54
Table 4.2 EEOI Data Collection Template.....	56

Table 5.1 Divided (design/operation) energy efficiency improving methods.....	59
Table 5.2 Synopsis of in-depth energy saving potentials.....	60
Table 5.3 Παραγωγή ισχύος φωτοβολταϊκών θεωρώντας ότι καλύπτεται όλη η επιφάνεια καταστρώματος.....	91
Table 8.3.1 Συντομογραφίες που χρησιμοποιούνται στο Energy Audit Report.....	145
Table 8.4.1 Συντελεστές μετατροπής και τιμές στο Energy Audit.....	146
Table 8.5.1 Χρησιμοποιηθέντα όργανα μέτρησης Energy Audit.....	147
Table 8.8.1 Σύνοψη Εντοπισθέντων ESPs.....	149
Table 8.9.3.1 Χρησιμοποιηθέν καύσιμο ανά είδος μηχανήματος/μηχανής.....	155
Table 8.9.3.2 Πίνακας δεδομένων ταξιδιών και υπολογισμών κατανομής κατανάλωσης FO και DO.....	156
Table 8.9.6 Ανάλυση Ηλεκτρικού Φορτίου Πλοίου από Ναυπηγείο.....	159
Table 8.9.7 Αξιολογηθέντες καταναλωτές ενέργειας.....	160
Table 8.9.14.1 Φωτιστικά-Λαμπτήρες και εγκατεστημένη ισχύς αυτών στο πλοίο.....	166
Table 8.9.14.2 Χώροι πολύ μικρής συχνότητας χρησιμοποίησης.....	169
Table 8.10.1.1 Καταναλώσεις FO και DO βάση μετρήσεων αρχείου ταξιδιών ως KPIs.....	171
Table 8.10.2.1 Συγκεντρωτικά καταγεγραμμένα δεδομένα μετρήσεων επίδοσης κύριας μηχανής.....	177
Table 8.11.1.1 ESP 01 / Οικονομική Εκτίμηση.....	185
Table 8.11.1.2 Κύριοι Παράμετροι ESP-01.....	185
Table 8.11.1.3 Μετρήσεις απόδοσης γάστρας.....	187
Table 8.11.2.1 Shop Trial D/G No.3.....	193
Table 8.11.2.2 Sea Trial D/G No. 3 including ISO corrected.....	193
Table 8.11.3.1 ESP 02 / Οικονομική Εκτίμηση.....	197
Table 8.11.3.2 Κύριοι Παράμετροι ESP 02.....	197
Table 8.11.5.1 ESP 03 / Οικονομική Εκτίμηση.....	201
Table 8.11.5.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 03.....	201
Table 8.11.6.1 Αποτελέσματα/Μετρήσεις αντλιών.....	202
Table 8.11.7.1 ESP 04 / Οικονομική Εκτίμηση.....	207
Table 8.11.7.2 Κυριότερες Παράμετροι Κύριας Αντλίας Λαδιού.....	207

Table 8.11.7.3 Κυριότερες Παράμετροι Κύριας Αντλίας Ψύξης Θαλασσινού Νερού.....	208
Table 8.11.7.4 Κυριότερες παράμετροι Κύριας Αντλίας Ψύξης Γλυκού Νερού.....	209
Table 8.11.8.1 Μετρήσεις κύριου ανεμιστήρα μηχανοστασίου.....	210
Table 8.11.8.2 Μετρήσεις κύριου ανεμιστήρα μηχανοστασίου.....	211
Table 8.11.8.3 Προτεινόμενο operational pattern ανεμιστήρων μηχανοστασίου.....	212
Table 8.11.9.1 ESP 05 / Οικονομική Εκτίμηση.....	212
Table 8.11.9.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 05.....	212
Table 8.11.12.1 ESP 06 / Οικονομική Εκτίμηση.....	215
Table 8.11.12.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 06.....	215
Table 8.11.13.1 ESP 07 / Οικονομική Εκτίμηση.....	216
Table 8.11.13.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 07.....	216
Table 8.11.15.1 ESP 08 / Οικονομική Εκτίμηση.....	218
Table 8.11.15.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 08.....	218
Table 8.11.16.1 Μετρήσεις/Αποτελέσματα συστήματος HVAC.....	220
Table 8.11.17.1 ESP 09 / Οικονομική Εκτίμηση.....	222
Table 8.11.17.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 09.....	222
Table 8.11.19.1 ESP 10 / Οικονομική Εκτίμηση.....	226
Table 8.11.19.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 10.....	226
Table 8.11.20.1 ESP 11 / Οικονομική Εκτίμηση.....	227
Table 8.11.20.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 11.....	227
Table 8.11.21.1 ESP 12 / Οικονομική Εκτίμηση.....	228
Table 8.11.21.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 12.....	228
Table 8.11.22 Μετρούμενες Ασυμμετρίες Τάσεις κατά το Energy Audit.....	231
Table 8.11.23.1 ESP 13 / Οικονομική Εκτίμηση.....	231
Table 8.11.23.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 13.....	231
Table 9.1 Ταξινόμηση Energy Saving Potentials βάση Υλοποιησιμότητας και Κόστους/Οφέλους.....	235
Table 9.2 Στοιχεία ταξιδιών ολόκληρου ημερολογιακού έτους και υπολογισμός EEOI με χρήση αυτών.....	238



## ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

### Εισαγωγή

“If you can't measure it, you can't improve it”. Αυτό είπε ο William Thomson, 1<sup>st</sup> Baron Lord Kelvin<sup>1</sup> τον 19<sup>ο</sup> αιώνα αναφερόμενος στην επιστήμη της φυσικής ενώ τον επόμενο αιώνα ο Peter Drucker<sup>2</sup> είπε “If you can't measure it, you can't manage it” . Δεν θα μπορούσαν να έχουν περισσότερο δίκιο και να είναι πιο επίκαιροι.

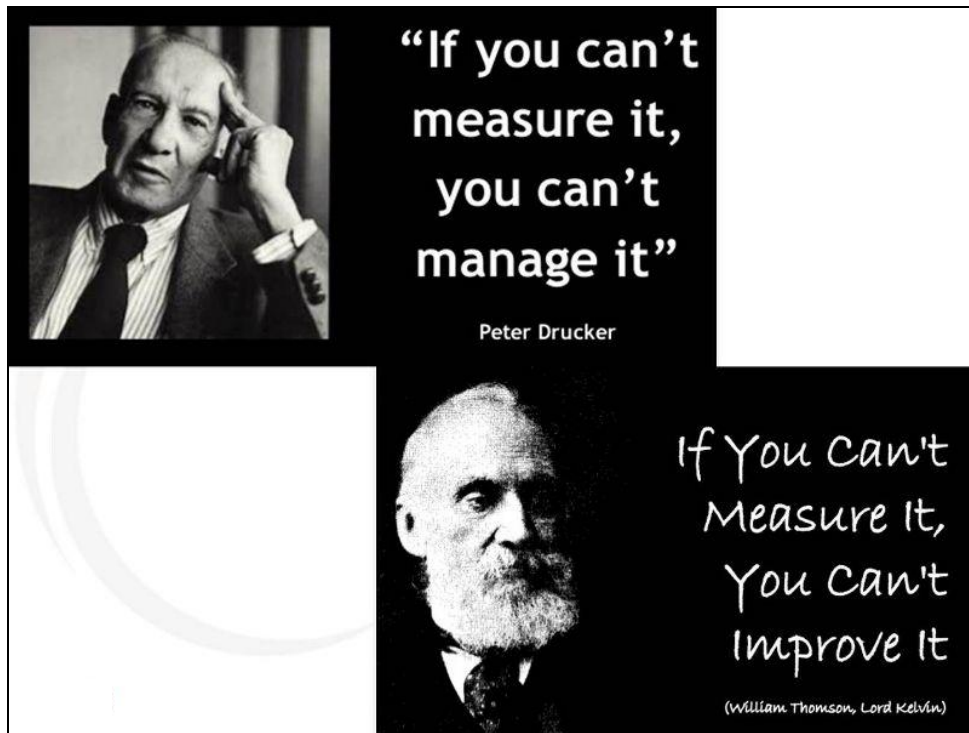


Figure 1 Lord Kelvin-Peter Drucker | [http://www.ophiropt.com/user\\_files/laser/beamprofilers/5-Situations.jpg](http://www.ophiropt.com/user_files/laser/beamprofilers/5-Situations.jpg)

Ειδικότερα στον χώρο της Ναυτιλίας, στον οποίο μόλις πριν ένα μήνα (01/01/2018) ξεκίνησε η περίοδος που ο πιο πρόσφατος κανονισμός της Ευρωπαϊκής Ένωσης υποχρεώνει όλα τα πλοία άνω των 5.000 GT , ανεξαρτήτως σημαίας ή χώρας κατοχής, που καταπλέουν σε λιμάνια της ΕΕ και μεταφέρουν φορτίο ή επιβάτες για εμπορικούς σκοπούς, να συλλέγουν και αναφέρουν εξακριβωμένα ετήσια δεδομένα σχετικά με τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και άλλες σχετικές πληροφορίες, η μέτρηση και επεξεργασία των μετρήσεων αποτελεί πλέον επισήμως αναπόσπαστο και αναγκαίο κομμάτι της.

Εξάλλου, η βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων κατέχει πρωταγωνιστικό ρόλο στην παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία τα τελευταία χρόνια. Αυτό είναι απόρροια δύο βασικών παραμέτρων, της οικονομικής και της περιβαλλοντικής. Από την μία, το κόστος των καυσίμων για ένα πλοίο αποτελούσε και αποτελεί μεγάλο κομμάτι των συνολικών εξόδων παρ' ότι παρατηρείται μία συνεχή μείωση των τιμών του πετρελαίου. Από την άλλη, οι συμβατικές μηχανές πετρελαίου εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες αερίων θερμοκηπίου (GHGs), με πρωταγωνιστή το διοξείδιο του

<sup>1</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/William\\_Thomson,\\_1st\\_Baron\\_Kelvin](https://en.wikipedia.org/wiki/William_Thomson,_1st_Baron_Kelvin)

<sup>2</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Peter\\_Drucker](https://en.wikipedia.org/wiki/Peter_Drucker)

άνθρακα κι ως αποτέλεσμα επιδεινώνεται η ατμοσφαιρική ρύπανση και επιταχύνεται η Κλιματική Αλλαγή. Λαμβάνοντας υπόψιν λοιπόν και τον νέο κανονισμό (Regulation 2015/757) EU MRV που τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιουλίου 2015 και υποχρεώνει σε (M)onitoring (R)eporting (V)erification της κατανάλωσης καυσίμου, των εκπομπών CO<sub>2</sub> και του μεταφορικού έργου των πλοίων, αντιλαμβανόμαστε την βαρύνουσα σημασία ενός Energy Audit τώρα περισσότερο από ποτέ άλλοτε.

### **Σκοπός Διπλωματικής**

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να συνεισφέρει στον εντοπισμό των μεθόδων και τεχνικών που μπορούν να βελτιστοποιήσουν την Ενεργειακή Απόδοση των πλοίων, ορμώμενοι από τα αποτελέσματα ενός Energy Audit που διενεργήθηκε εν πλω επί ενός VLCC δεξαμενόπλοιου. Δομείται το λεγόμενο Energy Audit Report και με τις μετρήσεις και τα πορίσματα αυτού, στοχεύουμε στην αποτελεσματική πρόταση μεθόδων και μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης, των λεγόμενων Προοπτικών Εξοικονόμησης Ενέργειας (Energy Saving Potentials).

Δείχνουμε τη δομή και σύσταση του Energy Audit Report ώστε να κατανοηθεί η αναλυτική του επισκόπηση επί όλων των σημαντικών μηχανημάτων και λειτουργιών του πλοίου, ώστε να κατανοηθεί η συμβολή του στην ενεργειακή βελτιστοποίηση του πλοίου και περισσότερα πλοία να διατηρούν αναλυτικά αρχεία ταξιδιών που περιλαμβάνουν και το operational pattern του πλοίου, απαραίτητο για ορθότερους και πιο αντιπροσωπευτικούς υπολογισμούς.

Τα προτεινόμενα προς εφαρμογή μέτρα συνεισφέρουν σε εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου (οπότε εκπομπών CO<sub>2</sub>) και η πρακτική συνεισφορά τους και αποτίμηση γίνεται με τον υπολογισμό του δείκτη ΕΕΟΙ πριν και μετά την υλοποίησή τους, αποδεικνύοντας την βελτιστοποίηση ενεργειακής απόδοσης που επιτεύχθηκε.

### **Οργάνωση Κειμένου**

Η διπλωματική χωρίζεται σε δύο κύρια μέρη. Το πρώτο, είναι θεωρητικής φύσεως, αν και εμπεριέχει και παρουσιάζει αρκετά στοιχεία πραγματικών περιπτώσεων Ναυτιλιακών Εταιρειών οπότε τεκμηριώνονται και φαίνονται και πρακτικά πολλά δεδομένα.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία εισαγωγή στα κυριότερα περιβαλλοντικά θέματα που απασχολούν τον κόσμο και κατ' επέκταση την παγκόσμια ναυτιλία. Γίνεται επίσης στο δεύτερο κεφάλαιο περιγραφή της έως τώρα δράσης και μέτρων που έχει αναλάβει και θεσπίσει ο IMO για την μείωση των εκπομπών GHG και την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης πλοίων.

Στο τρίτο και τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται, αναλύονται και επεξηγούνται οι δύο κυριότεροι δείκτες που έχει θεσπίσει ο IMO ως μέτρα αξιολόγησης των μεν υπαρχόντων πλοίων, με τον ΕΕΟΙ (Energy Efficiency Operational Indicator), και των δε νέων υπό κατασκευή (newbuildings), με τον EEDI (Energy Efficiency Design Index).

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποιοι μετρήσιμοι, εμπεριστατωμένοι τρόποι Εξοικονόμησης Ενέργειας, με επικέντρωση σε υπάρχοντα πλοία και στο λειτουργικό κομμάτι, μέσω των βασικότερων μετρήσεων-Energy Efficient Measures (EEMs), τεχνικών παραμέτρων (μηχανές, βοηθητικά μηχανήματα, σύστημα ατμού boiler), διαχείρισης και τεχνολογικών αναβαθμίσεων και σύμφωνα με την τελευταία ανανεωμένη έκθεση του IMO “Ship Board Management” τον Ιανουάριο του 2016.

Το έκτο κεφάλαιο παρουσιάζει το Ship Energy Efficiency Management Plan, το οποίο αποτελεί οδηγό και υποχρέωση για κάθε πλοίο. Ειδικότερα, παρατίθεται μία σειρά πραγματικών τμημάτων υπάρχοντος SEEMP για ένα Oil/Chemical Tanker.

Το έβδομο κεφάλαιο προχωράει στο μέλλον και τις πιο πρόσφατες εξελίξεις που εκσυγχρονίζουν την Ενεργειακή Διαχείριση των Πλοίων και παρουσιάζει το EU MRV Shipping Regulation, με το οποίο υποχρεωτικά θα πρέπει να συμμορφώνεται από 1η Ιανουαρίου του 2018 (ήδη μετράμε έναν μήνα) κάθε πλοίο μεγαλύτερο των 5000 GT, που θα προσεγγίζει Ευρωπαϊκό λιμάνι. Ειδικότερα, παρατίθεται πραγματική πρόταση-προσφορά που έγινε το 2016 για συμμόρφωση και πιστοποίηση με τον MRV από εξωτερικό πιστοποιημένο φορέα σε ναυτιλιακή εταιρεία με Oil Tankers.

Εδώ ξεκινάει το δεύτερο μέρος, το οποίο είναι πρακτικής και υπολογιστικής φύσεως. Το όγδοο κεφάλαιο ορίζει τί είναι το Energy Audit, περιγράφοντας την διαδικασία του και καθορίζοντας τον σκοπό του. Πραγματοποιείται επί του πλοίου από εξειδικευμένους μηχανικούς και συντάσσεται το λεγόμενο Energy Audit Report, το οποίο λειτουργεί ως οδηγός για τους υπεύθυνους και χειριστές του πλοίου.

Παρουσιάζεται ένα πραγματικό Energy Audit Report που περιήλθε στην κατοχή μου μεγάλη Ναυτιλιακή Εταιρεία και αφορά το έτος 2012 για ένα VLCC Oil Tanker, σε ταξίδια στον Περσικό κόλπο, από την FUJEIRAH (UAE) στην RAS TANURA (SAUDI ARABIA) (23/12 - 25/2/2012) και από την RAS TANURA στο MUSCAT (OMMAN) (27/12/2012 – 30/12/2012).

Παρουσιάζεται, στον βαθμό που το επιτρέπουν τα δεδομένα ταξιδιών του πλοίου, το operational pattern του πλοίου και οι καταγεγραμμένες καταναλώσεις καυσίμου και βλέπουμε πώς αυτά τα δύο αλληλοεπιδρούν και επηρεάζουν τα τελικά πορίσματα του Energy Audit.

Να σημειωθεί ότι το όνομα του πλοίου, η σημαία του, ο αριθμός IMO κτλ, καθώς και ευαίσθητες πληροφορίες ή εμπιστευτικά για την ιδιοκτήτρια ναυτιλιακή εταιρεία, έχουν εσκεμμένα παραληφθεί.

Καταλήγει σε κάποιες βασικές Προοπτικές Εξοικονόμησης Ενέργειας (Energy Saving Potentials). Αυτές οι προοπτικές με την σειρά τους κατηγοριοποιούνται με βάση τρεις βασικές παραμέτρους, την πιθανότητα και ευκολία εφαρμογής τους (μελέτη σκοπιμότητας/βιωσιμότητας), τα οικονομικά οφέλη τα οποία αποφέρουν και στα οποία μεταφράζονται οι προτεινόμενες επεμβάσεις και φυσικά το κόστος που η εφαρμογή των μέτρων αυτών απαιτεί.

Τέλος, στο ένατο κεφάλαιο πραγματοποιείται ποσοτικοποίηση και πρακτική αποτίμηση των προτεινόμενων μέτρων. Αυτό γίνεται με τον υπολογισμό του δείκτη EEOI, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα 31 ταξιδιών του υπό εξέταση VLCC Oil Tanker, τα οποία καλύπτουν ένα ολόκληρο ημερολογιακό έτος, οπότε και είναι απόλυτα αντιπροσωπευτικά για την ορθή προσέγγιση του EEOI. Ο δείκτης υπολογίζεται πριν και μετά την εφαρμογή των μέτρων και από την στιγμή που ο ίδιος ο IMO τον προτείνει ως «δείκτη παρακολούθησης επίδοσης», τα αποτελέσματά μας έχουν κάθε αντικειμενικότητα και επιστημότητα.

Ουσιαστικά, μέσω υπολογισμού και σύγκρισης του Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) πριν και μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων μεθόδων ενεργειακής εξοικονόμησης, εκτιμάμε την αλλαγή του ενεργειακού αποτυπώματος του πλοίου. Έτσι αποκτούμε ξεκάθαρη εικόνα για την θετική ή όχι συνεισφορά του Energy Audit στην βελτιστοποίηση της Ενεργειακής Διαχείρισης του πλοίου, που είναι και το πρακτικό ζητούμενο.

## 1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

### 1.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Η κλιματική αλλαγή αναφέρεται σε μια αλλαγή στην στατιστική κατανομή των καιρικών συνθηκών (weather patterns) όταν η αλλαγή αυτή διαρκεί για μεγάλο χρονικό διάστημα (δεκαετίες έως εκατομμύρια έτη). Η κλιματική αλλαγή μπορεί να αναφέρεται σε μια μεταβολή των μέσων καιρικών συνθηκών ή στην χρονική μεταβλητότητα των καιρικών συνθηκών στα πλαίσια πιο ευρέων και μακροπρόθεσμων μέσων συνθηκών. Για αυτήν μπορούν να ευθύνονται βιοτικές διεργασίες, μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνεται από τη Γη, οι τεκτονικές πλάκες και οι ηφαιστειακές εκρήξεις.

Όταν μπει σαν παράμετρος κι αναγνωριστεί κι ως αιτία συνεχιζόμενων κλιματικών αλλαγών ο ανθρώπινος παράγοντας, τότε μιλάμε πλέον για παγκόσμια υπερθέρμανση (global warming). Εκεί συνίσταται κυρίως η κλιματική αλλαγή, στην σημαντική υπερθέρμανση του πλανήτη που προκύπτει από δραστηριότητες ανθρώπων κι όχι από την φυσιολογική διακύμανση και υπό αυτό το πρίσμα μας απασχολεί και στην παρούσα ανάλυση, καθώς συνδέεται άρρηκτα με ένα βαρύνουσας σημασίας φαινόμενο που θα αναλύσουμε παρακάτω.

Η μέση ατμοσφαιρική θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια της γης έχει αυξηθεί κατά  $0,74^{\circ}\text{C}$  τα τελευταία 100 χρόνια. Μάλιστα, έντεκα από τα δώδεκα θερμότερα έτη που καταγράφηκαν ποτέ, λάβανε χώρα μεταξύ του 1995 και του 2006.

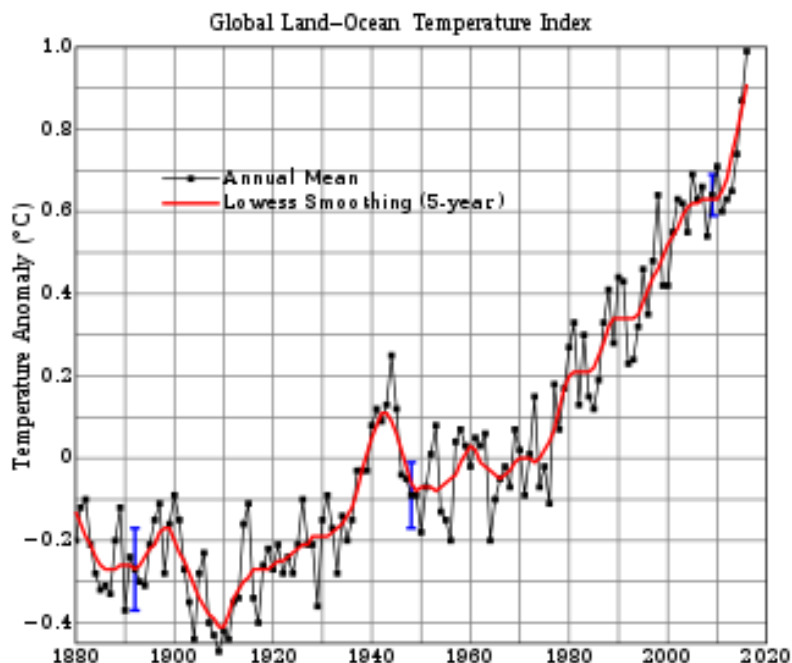


Figure 1.1 Global mean surface-temperature change from 1880 to 2016

[https://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_warming](https://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming)

Στο σχήμα βλέπουμε την αλλαγή της μέσης θερμοκρασίας επιφάνειας από το 1880 έως το 2016, σε σχέση με την μέση του 1951–1980.

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει επίσης τα επίπεδα της θάλασσας. Η μέση στάθμη θάλασσας ανά τον κόσμο ανέβηκε περίπου 20 cm τα τελευταία εκατό χρόνια. Οι επιστήμονες αναμένουν να αυξάνεται ολοένα και ταχύτερα τα επόμενα εκατό χρόνια ως επίπτωση της κλιματικής αλλαγής.

Παράκτιες πόλεις όπως Νέα Υόρκη γίνονται ήδη μάρτυρες ενός μεγάλου αριθμού πλημμυρών και μέχρι το 2050 πολλές αντίστοιχες πόλεις μπορεί να χρειαστούν κυματοθραύστη για να επιβιώσουν. Τα επίπεδα της θάλασσας ακόμα και με συντηρητικές εκτιμήσεις αναμένεται να αυξηθούν από 30 έως 100 cm), αρκετό για να πλημμυρίσει πολλά μικρά νησιά του Ειρηνικού Ωκεανού (Vanatu), διάσημες παραλίες (Hilton Head) και παράκτιες πόλεις (Bangkok, Boston).<sup>3</sup>

Στην Μεγάλη Βρετανία, η μέση στάθμη της θάλασσας σε σχέση με 120 περίπου χρόνια πριν (το 1900), είναι περίπου 10cm υψηλότερη. Ο ρυθμός ανόδου της στάθμης της θάλασσας σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι κατά μέσο όρο τον τελευταίο αιώνα 1,8mm<sup>4</sup>

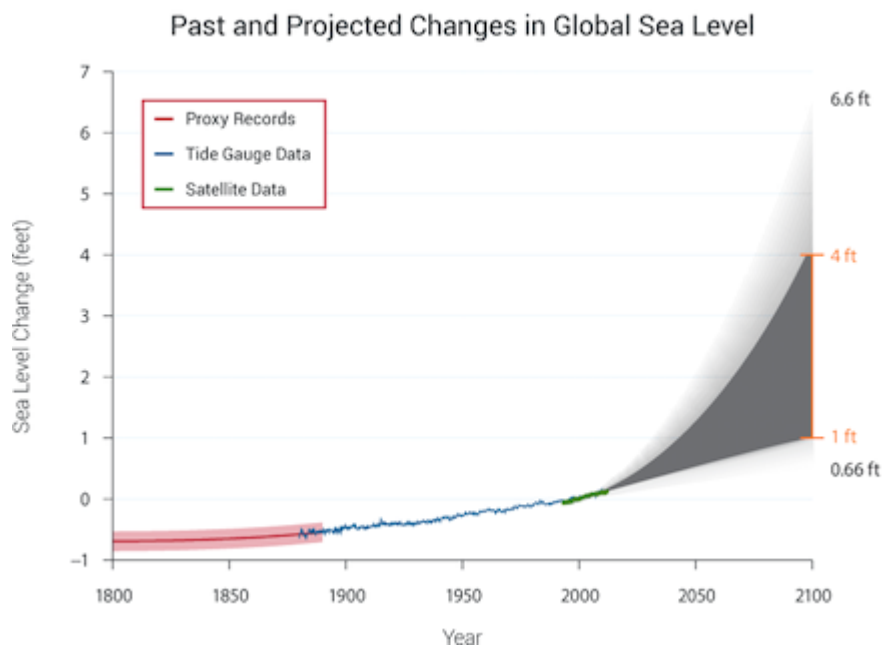


Figure 1.2 Past and Projected Changes in Global Sea Level

<https://nca2014.globalchange.gov/report/our-changing-climate/sea-level-rise#intro-section-2>

## Ocean acidification

Υψηλές θερμοκρασίες και υψηλά επίπεδα CO<sub>2</sub> κάνουν τους ωκεανούς ανά τον κόσμο πιο όξινο (μειώνοντας το pH). Το πιο όξινο νερό επιδρά ανασταλτικά στην ικανότητα των θαλάσσιων ζώων να κάνουν αυγά. Τα ωοτόκα ζώα, μικρά και μεγάλα, είναι η βάση της τροφικής αλυσίδας των ωκεανών και ενδεχόμενη εξαφάνισή τους απειλεί το παραγωγικό δυναμικό τροφής των ωκεανών.<sup>5</sup>

<sup>3</sup> [http://warmheartworldwide.org/climate-change-impacts/?gclid=EAIaIQobChMI8cGFzK662AIVphXTCh0rywBpEAAAYASAAEgLA7PD\\_BwE](http://warmheartworldwide.org/climate-change-impacts/?gclid=EAIaIQobChMI8cGFzK662AIVphXTCh0rywBpEAAAYASAAEgLA7PD_BwE)

<sup>4</sup> (Bruce C. Douglas (1997). "Global Sea Rise: A Redetermination". *Surveys in Geophysics* 18: 279-292).

<sup>5</sup> <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-ocean-acidity>

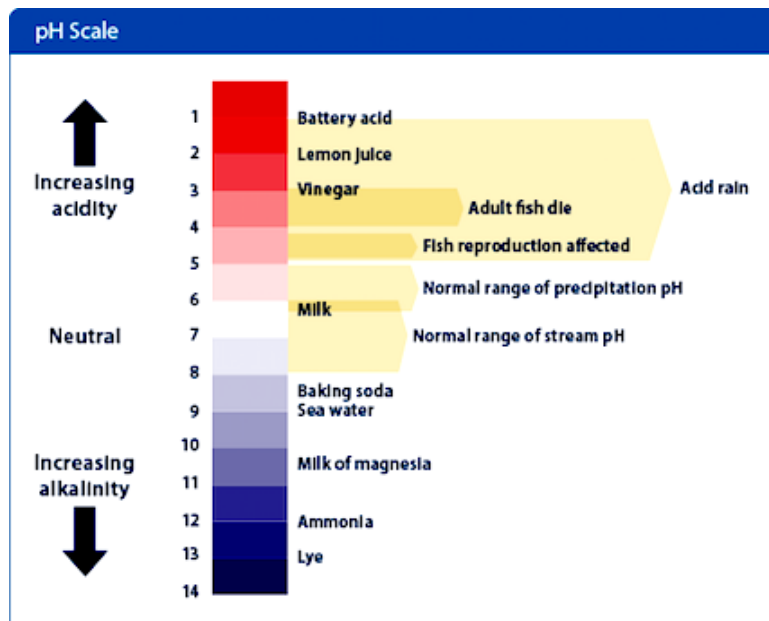


Figure 1.3 Ocean Acidity

<https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-ocean-acidity>

Το βαρύνουσας σημασίας φαινόμενο που προαναφέραμε και που συνδέεται με την υπερθέρμανση του πλανήτη (οπότε και με την κλιματική αλλαγή), είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Μερική από την ακτινοβολία (ενέργεια) του ήλιου παγιδεύεται στην ατμόσφαιρά μας καθώς αντανακλάται πίσω από την γη προς τον διάστημα. Σε αυτή τη φυσική διαδικασία, η ατμόσφαιρα λειτουργεί σαν τους γυάλινους τοίχους ενός θερμοκηπίου, που επιτρέπουν στις ακτίνες ηλίου να εισέλθουν αλλά κρατάνε την ζέστη στο εσωτερικό κι από εκεί προέρχεται η συναφής ονομασία.

Τα αέρια που σχηματίζουν το στρώμα αυτό που εγκλωβίζει την ανακλώμενη ακτινοβολία εδάφους, γνωστά ως αέρια του θερμοκηπίου (Green House Gases, GHGs), είναι κυρίως οι υδρατμοί (εξατμίσεις νερού) και το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και δευτερευόντως με σημαντικά επίσης ποσοστά, το μεθάνιο, το υποξείδιο του αζώτου και το όζον.

Compound	Formula	Contribution (%)
Water vapor and clouds	H <sub>2</sub> O	36–72%
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	9–26%
Methane	CH <sub>4</sub>	4–9%
Ozone	O <sub>3</sub>	3–7%

Table 1.1 The contribution of each gas to the Greenhouse effect

[https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse\\_gas](https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas)

Το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) είναι ένα αέριο απαραίτητο για την ύπαρξη ζωής (τα ζώα το εκπνέουν, τα φυτά το διαχωρίζουν). Υπάρχει στην ατμόσφαιρα της γης σε σχετικά μικρές συγκεντρώσεις, αλλά είναι ζωτικό για διατήρηση της ζωής. Αν δεν υπήρχαν καθόλου GHGs, ο πλανήτης μας θα ήταν απλά πολύ κρύος. Είναι απαραίτητα για εξασφάλιση κατοικήσιμων θερμοκρασιών. Έχει εκτιμηθεί ότι χωρίς αυτά τα αέρια, η μέση θερμοκρασία επιφάνειας της Γης θα ήταν περίπου  $-18^\circ\text{C}$  χαμηλότερη.

Όσο οι άνθρωποι όμως εκπέμπουν περισσότερο  $\text{CO}_2$  κι άλλα GHGs στην ατμόσφαιρα, το φαινόμενο του θερμοκηπίου επιδεινώνεται. Αυτό αναγκάζει το κλίμα της γης να αλλάζει αφύσικα.

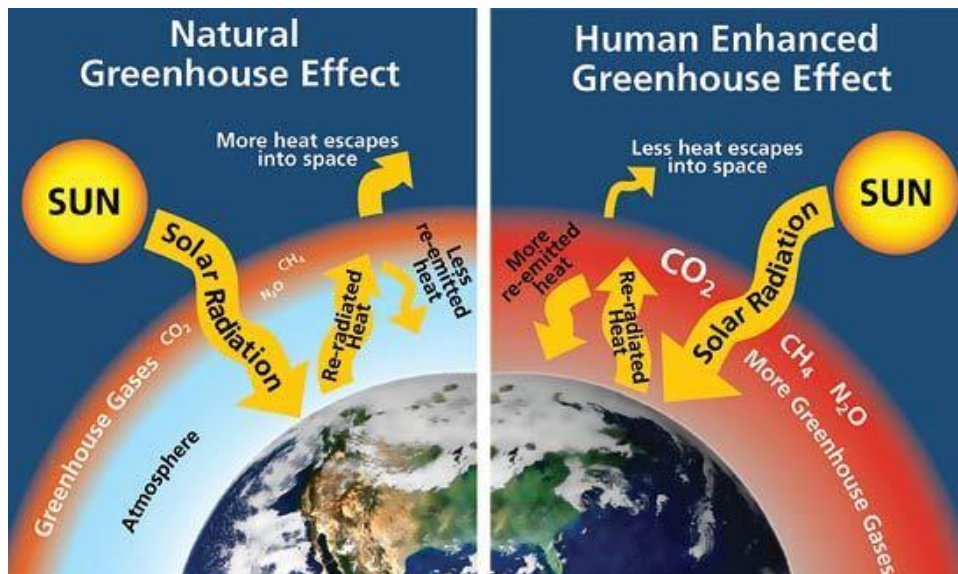


Figure 1.4 The Greenhouse Effect

<https://socratic.org/questions/how-is-the-greenhouse-effect-related-to-global-warming>

Η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι ένα παγκοσμίως αναγνωρισμένο και δύσκολο προς κατανόηση πρόβλημα. Επιπροσθέτως, συνδέεται αναμφισβήτητα με ευαίσθητα θέματα, όπως η φτώχεια, η οικονομική ανάπτυξη και η αύξηση του πληθυσμού. Η πρόκληση είναι πώς να σταθεροποιήσουμε τα επίπεδα των GHGs στην ατμόσφαιρα, παρέχοντας ταυτόχρονα στην κοινωνία τη ενέργεια που χρειάζεται για να προοδεύσει, αναπτυχθεί και εξελιχθεί. Η αντιμετώπισή του δεν είναι εύκολη. Η αγνόησή του είναι όμως πολύ χειρότερη.

## 2. ΔΡΑΣΗ ΙΜΟ

### 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### Cumulative CO<sub>2</sub> emissions

Cumulative carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions represents the total sum of CO<sub>2</sub> emissions since 1751, and is measured in million tonnes.

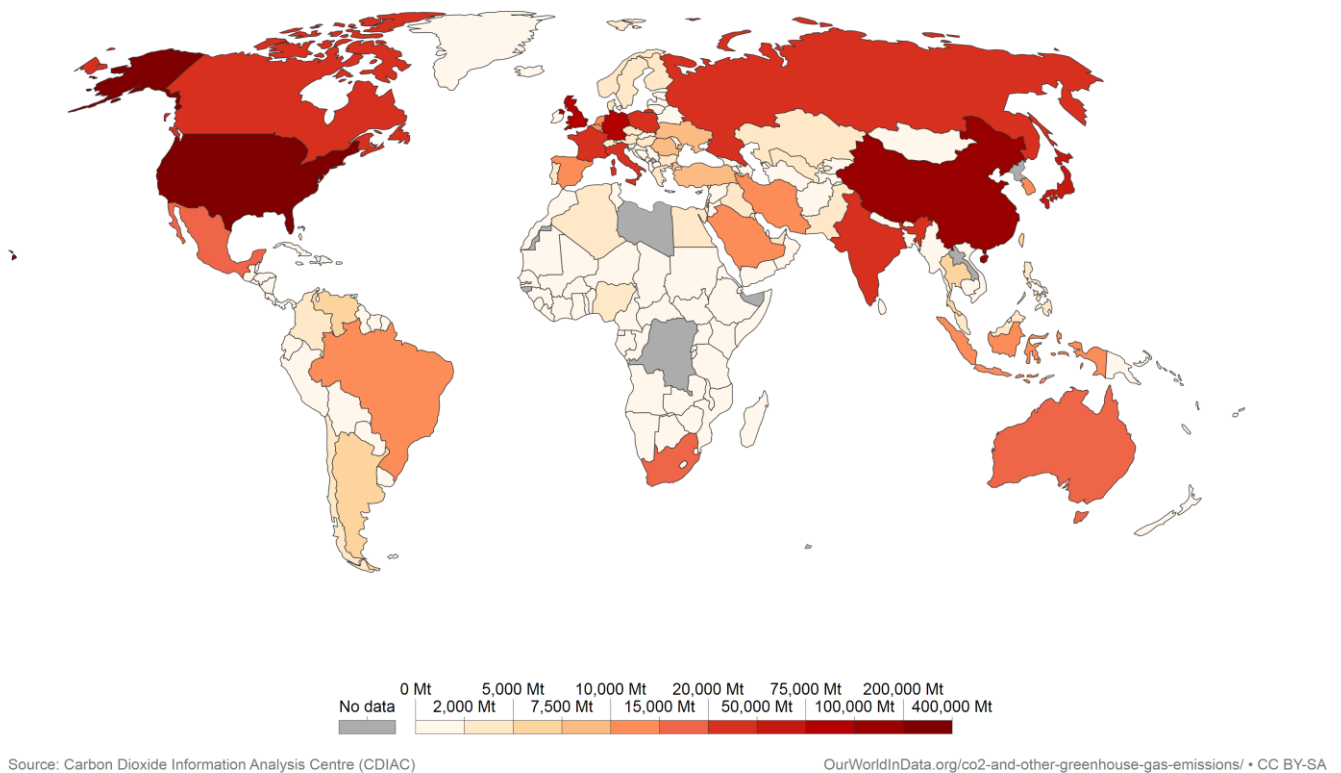


Figure 2.1 Cumulative CO<sub>2</sub> emissions

<http://cdiac.ornl.gov/>

Οι απειλές αυτές κινητοποίησαν την επιστημονική κοινότητα να εφιστήσει την προσοχή σε παγκόσμιο επίπεδο . Ενδείξεις αύξησης της συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα τα 1960s και '70s οδήγησαν τους κλιματολόγους να ασκήσουν πίεση για ανάληψη δράσης. Χρειάστηκαν όμως χρόνια προτού η παγκόσμια κοινότητα αντιδράσει.

Το 1988, ένα Intergovernmental Panel για την Climate Change (IPCC) συστάθηκε από τον World Meteorological Organization και το United Nations Environment Programme (UNEP), που εξέδωσε μία πρώτη αναφορά αξιολόγησης το 1990 που αντικατόπτριζε τις απόψεις 400 επιστημόνων. Η αναφορά δήλωνε ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη ήταν πραγματική κι έκρουε τον κώδωνα του κινδύνου για να γίνει κάτι για αυτό .

Τα ευρήματα της επιτροπής ώθησαν τις κυβερνήσεις να δημιουργήσουν την United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), η οποία ήταν έτοιμη προς υπογραφή στο United Nations Conference on Environment and Development το 1992 (ευρέως γνωστό ως "Earth Summit") στο Rio de Janeiro.



Το πρωτόκολλο του Kyoto είναι ένα διεθνές πρωτόκολλο που υπογράφηκε στην Ιαπωνία το 1997 ως συνέχεια της UNFCCC, και ουσιαστικά καθορίζει τον τρόπο αντιμετώπισης της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Μια περιβαλλοντική συμφωνία για την αντιμετώπιση εν καιρώ των παραγόντων και ουσιών συγκεκριμένα ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) που συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή, με επίκεντρο τις ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Οι λεπτομερείς κανόνες για την εφαρμογή και υλοποίηση του πρωτοκόλλου θεσπίστηκαν στην COP 7 στα Marrakesh το 2001, και καλούνται “Marrakesh Accords”, ενώ το πρωτόκολλο του Kyoto τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005.<sup>6</sup>

Αυτή την στιγμή 192 χώρες είναι μέλη του Πρωτοκόλλου (ο Καναδάς αποσύρθηκε το 2012) και 84 από αυτές το έχουν υπογράψει κι επικυρώσει. Η πρώτη περίοδος δέσμευσης του Πρωτοκόλλου ξεκίνησε το 2008 κι ολοκληρώθηκε το 2012. Μία δεύτερη περίοδος συμφωνήθηκε το 2012, γνωστή ως Doha Amendment, η οποία προβλέπει δεσμευτικούς στόχους για 37 χώρες. Να σημειωθεί ότι οι Ηνωμένες Πολιτείες (US) δεν έχουν υπογράψει το Πρωτόκολλο.

Το πρωτόκολλο περιέχει προνοήσεις και συστάσεις για μείωση των εκπομπών GHG από την παγκόσμια αεροπορία και ναυτιλία και αντιμετωπίζει τους δύο αυτούς τομείς διαφορετικά, με αντίστοιχους φορείς-οργανισμούς υπεύθυνους για την εποπτεία και την τακτική αναφορά προόδου προς την UNFCCC. Οι εκπομπές εγχώριας αεροπορίας και ναυτιλίας των 37 υπό στοχοθεσία χωρών, συμπεριλαμβάνονται στους ετήσιους στόχους τους. Ο φορέας που εποπτεύει στον τομέα της Ναυτιλίας δεν είναι φυσικά άλλος από τον International Maritime Organization (IMO).

## 2.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

Η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την λειτουργία κάθε πλοίου προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων. Η λειτουργία αυτή έχει μία περιβαλλοντική αλλά και οικονομική πτυχή. Η οικονομική σχετίζεται με το κόστος καταναλισκόμενου καυσίμου. Το καύσιμο αποτελεί βασικότατο στοιχείο κόστους των λειτουργικών εξόδων του πλοίου. Η περιβαλλοντική οπτική γωνία σχετίζεται με την εκπομπή καυσαερίων. Οι εκπομπές καυσαερίων είναι το μονοξείδιο του αζώτου ( $\text{CO}$ ), το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), οξείδια του θείου ( $\text{SO}_x$ ), οξείδια του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ), άκαυστοι υδρογονάνθρακες ( $\text{H}_x\text{C}_x$ ) και σωματίδια (PM). Οι εκπομπές αυτές έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις καθώς συνεισφέρουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη, στην όξινη βροχή, σε αύξηση συγκέντρωσης του τροποσφαιρικού όζοντος, επηρεάζοντας επίσης τα οικοσυστήματα και την ανθρώπινη υγεία.

Σχεδόν όλος ο άνθρακας που εισέρχεται στον θάλαμο καύσης της μηχανής, οξειδώνεται για να σχηματιστεί  $\text{CO}_2$  που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα με τα καυσαέρια. Ως εκ τούτου, οι εκπομπές  $\text{CO}_2$  από την μηχανή είναι άμεσα αναλογικές στην περιεκτικότητα σε άνθρακα του καυσίμου και την κατανάλωση καυσίμου.

---

<sup>6</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Kyoto\\_Protocol](https://en.wikipedia.org/wiki/Kyoto_Protocol)

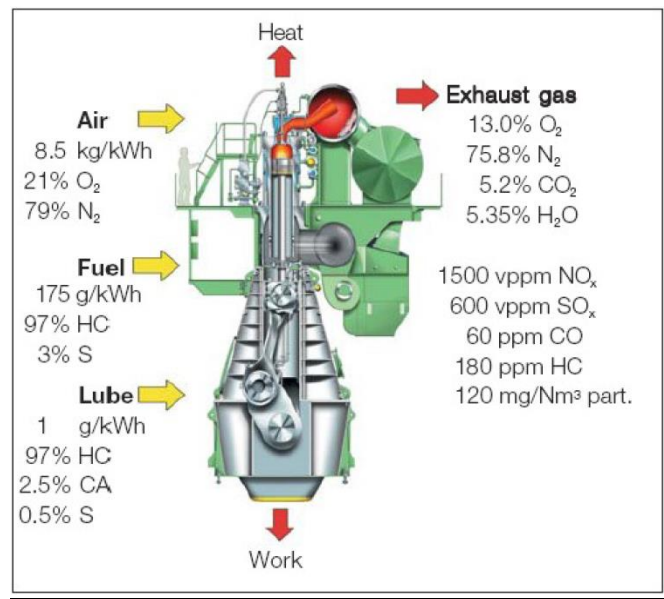


Figure 2.2 Schematic of Energy Flow in Two-Stroke Marine Diesel Engine (Source: MAN B&W)

Η συνολική επίπτωση των εκπομπών καυσαερίων στο κλίμα και το περιβάλλον από τον τομέα της ναυτιλίας είναι ένα περίπλοκο θέμα και συνοψίζεται εννοιολογικά στο ακόλουθο σχήμα.

### Shipping Emissions and Climate Change

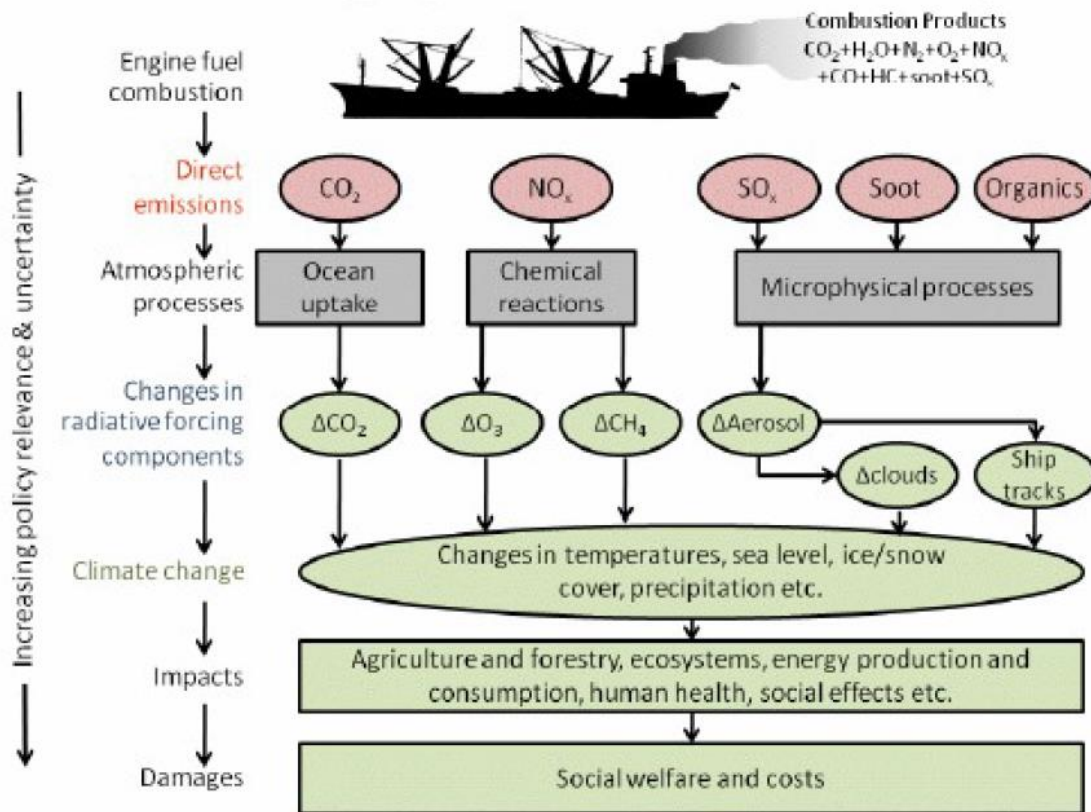


Figure 2.3 Emission Pollutant Formulation and Impact (Source: Lee et al., 2009)

Η ναυτιλία (θαλάσσια μεταφορά), εκτελεί τις λειτουργίες της με ένα τρόπο που δημιουργεί αξιοσημείωτα μικρό αντίκτυπο στο περιβάλλον σε παγκόσμια κλίμακα. Η διεθνής ναυτιλία είναι ήδη με διαφορά η πιο αποδοτική ως προς τις εκπομπές άνθρακα μέθοδος εμπορικών μεταφορών.

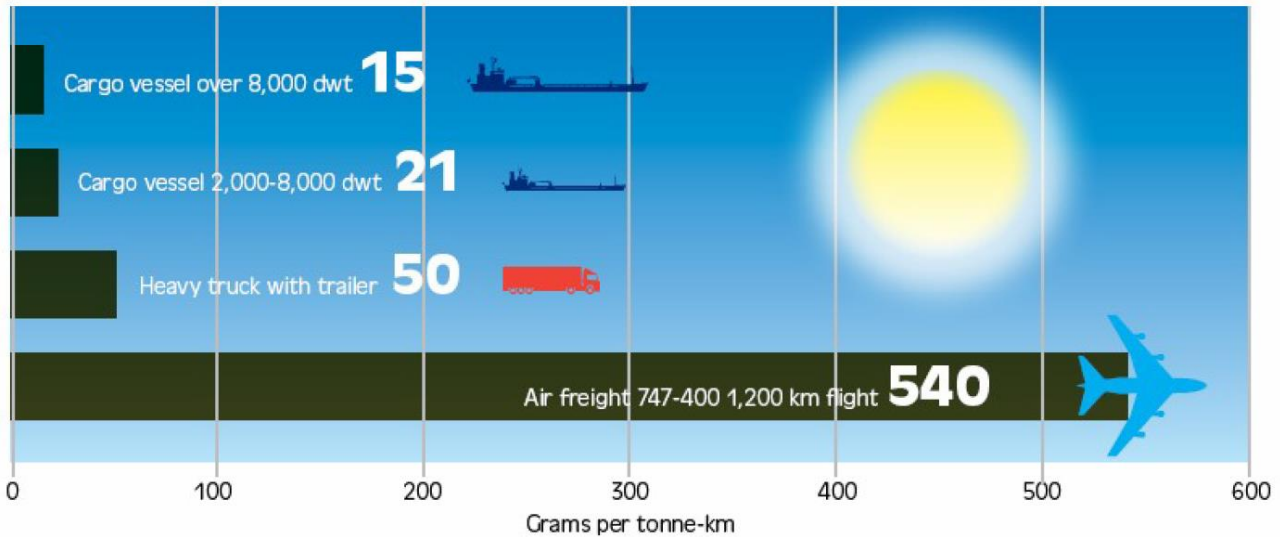


Figure 2.4 Comparison of CO2 Emissions according to Transportation Mean Type (Source: NMT, Sweden)

Το 2012 εκτιμάται ότι η διεθνής ναυτιλία ευθυνόταν για περίπου 796 εκατομμύρια τόνους εκπομπών CO<sub>2</sub>, ή 2,2% των ανθρωπογενών εκπομπών CO<sub>2</sub>. Για την περίοδο 2007-2012, η ναυτιλία ευθυνόταν κατά μέσο όρο για το 3,1% των ετήσιων CO<sub>2</sub> παγκοσμίως. Για την ίδια περίοδο, η διεθνής ναυτιλία ευθυνόταν, κατά μέσο όρο για το 2,6% των εκπομπών CO<sub>2</sub>, ποσοστό παρεμφερές αλλά ελαφρώς μικρότερο από το 2,7% της Second IMO GHG Study 2009.

Year	Global CO <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Third IMO GHG Study 2014			
		Total shipping CO <sub>2</sub>	Percentage of global	International shipping CO <sub>2</sub>	Percentage of global
2007	31,409	1,100	3.5%	885	2.8%
2008	32,204	1,135	3.5%	921	2.9%
2009	32,047	978	3.1%	855	2.7%
2010	33,612	915	2.7%	771	2.3%
2011	34,723	1,022	2.9%	850	2.4%
2012	35,640	938	2.6%	796	2.2%
Average	33,273	1,015	3.1%	846	2.6%

Table 2.1 Shipping CO2 emissions compared with global CO2 (values in million tonnes CO2)

<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>

<sup>1</sup> Global comparator represents CO<sub>2</sub> from fossil fuel consumption and cement production, converted from Tg C y<sup>-1</sup> to million tonnes CO<sub>2</sub>. Sources: Boden et al., 2013, for years 2007–2010; Peters et al., 2013, for years 2011–2012, as referenced in IPCC (2013).

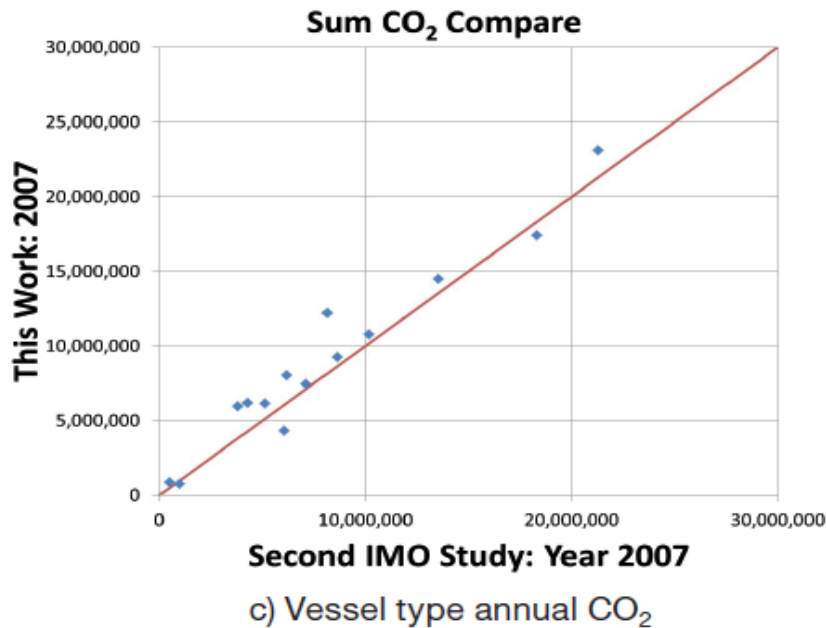


Figure 2.5 Sum CO<sub>2</sub> Compare GHG Study vs GHG Study 3

<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>

Αντιλαμβανόμαστε ότι το σημαντικότερο προς εξέταση και περιορισμό αέριο που εκπέμπεται από τα πλοία είναι το CO<sub>2</sub>. Σε περίπτωση απουσίας λήψης μέτρων, εκτιμάται από τον IMO ότι το ποσοστό συνεισφοράς της ναυτιλίας στις συνολικές παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, θα μπορούσε να φτάσει ακόμα και το 72% μέχρι το 2020. Φυσικά και προς το καλύτερο για την προστασία του περιβάλλοντος και την βελτίωση της έχει αναληφθεί δράση από τον IMO.

### 2.3 ΔΡΑΣΗ IMO ΙΣΤΟΡΙΚΑ

Ο International Maritime Organization (IMO), γνωστός ως Inter-Governmental Maritime Consultative Organization (IMCO) μέχρι το 1982, είναι μία εξειδικευμένη αντιπροσωπεία των Ηνωμένων Εθνών υπεύθυνη για την ρύθμιση-εποπτεία της ναυτιλίας. Ο IMO ιδρύθηκε στην Γενεύη το 1948 και τέθηκε σε ισχύ 10 χρόνια αργότερα, συγκαλώντας συνάντηση για πρώτη φορά το 1959. Με τα κεντρικά γραφεία να βρίσκονται στο Λονδίνο, στο Ηνωμένο Βασίλειο, ο IMO έχει 172 Κράτη Μέλη<sup>7</sup>.

Ο IMO είναι υπεύθυνος για την ρύθμιση διεθνώς όλων των πτυχών της διεθνούς ναυτιλίας κι έχει πρωταρχικό ρόλο στην διασφάλιση των ανθρώπινων ζωών, των εμπορευμάτων και του ότι το περιβάλλον δεν μολύνεται από τις λειτουργίες των πλοίων. Όπως συνοψίζεται στην δήλωση της

<sup>7</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Maritime\\_Organization](https://en.wikipedia.org/wiki/International_Maritime_Organization)

αποστολής του IMO: Να προάγουμε ακίνδυνη (safe), ασφαλή (secure), περιβαλλοντικά υγιή, αποδοτική και βιώσιμη ναυτιλία μέσω συνεργασίας.<sup>8</sup>

Ο IMO είναι η παγκόσμια ρυθμιστική αρχή καθορισμού προτύπων για την ασφάλεια (safety), ασφάλιση (security), και περιβαλλοντική απόδοση της διεθνούς ναυτιλίας. Το κανονιστικό του πλαίσιο καλύπτει όλες τις πτυχές των τεχνικών θεμάτων που σχετίζονται με την ασφάλεια των πλοίων και της ζωής στην θάλασσα, την αποτελεσματικότητα πλοήγησης και την πρόληψη και έλεγχο της θαλάσσιας και αέριας μόλυνσης από τα πλοία. Σε συνέχεια σοβαρών γεγονότων πετρελαιοκηλίδων, η αρχική επικέντρωση της περιβαλλοντικής δουλειάς του IMO ήταν στην πρόληψη/προστασία της θαλάσσιας ρύπανσης από το πετρέλαιο.<sup>9</sup>

Αυτή κατέληξε στην σύναψη της πρώτης ιστορικά αντιληπτής και ολοκληρωμένης συνθήκης, της International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) το 1973. (MARPOL από τις λέξεις Marine Pollution). Αυτή έχει τροποποιηθεί τις τελευταίες δεκαετίες για να ενσωματώσει μία πολύ ευρύτερη γκάμα μέτρων αποτροπής θαλάσσιας ρύπανσης, και η αρχική σύμβαση MARPOL έχει τροποποιηθεί για να περιέχει απαιτήσεις που ρυθμίζουν τη ρύπανση από χημικά, άλλες επιβλαβείς ουσίες, απορρίμματα, απόβλητα και υπό την σκέπη του Annex VI που υιοθετήθηκε το 1997 με ένα Πρωτόκολλο της MARPOL, την ρύπανση/μόλυνση του αέρα και τον έλεγχο εκπομπών από τα πλοία.<sup>10</sup>

Στο ίδιο συνέδριο πάρθηκε επίσης η απόφαση 8 για τις εκπομπές CO<sub>2</sub> από τα πλοία. Το ψήφισμα αυτό καλούσε την MEPC ( Marine Environment Protection Committee – αντιμετωπίζει περιβαλλοντικά θέματα υπό την αρμοδιότητα του IMO - ) να εξετάσει ποιες πιθανές στρατηγικές μείωσης CO<sub>2</sub> είναι εφικτές υπό το πρίσμα της σχέσης μεταξύ CO<sub>2</sub> κι άλλων ατμοσφαιρικών και θαλάσσιων ρύπων. Καλούσε επίσης τον IMO σε συνεργασία με την UNFCCC να αναλάβει μία μελέτη των εκπομπών CO<sub>2</sub> από τα πλοία με σκοπό να υπολογιστούν η ποσότητα και το σχετικό ποσοστό εκπομπών CO<sub>2</sub> από τα πλοία ως μέρος των παγκόσμιων συνολικά από όλους τους τομείς εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Το 2000, η πρώτη μελέτη εκπομπών αερίων διοξειδίου του άνθρακα του IMO (IMO GHG Study on GHG emissions from ships), εκδόθηκε, η οποία υπολόγισε ότι τα πλοία που ενεπλάκησαν στο διεθνές εμπόριο το 1996 συνεισφέραν περίπου το 1,8% των συνολικών παγκόσμιων ανθρωπογενών CO<sub>2</sub> .

Σε συνέχεια του Πρωτοκόλλου του Annex VI , τον Δεκέμβριο του 2003, η συνέλευση του IMO ενέκρινε το ψήφισμα A.963(23) για τις Πολιτικές και πρακτικές που σχετίζονται με την μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τα πλοία, πράγμα που ώθησε την MEPC να αναγνωρίσει κι εξελίξει τους μηχανισμούς που απαιτούνται για να επιτευχθεί η ελαχιστοποίηση ή μείωση των εκπομπών GHG από τα πλοία. Στα μετέπειτα χρόνια, η MEPC δεν έχει σταματήσει να επιδιώκει ενεργητικά την εύρεση μέτρων για να μειώσει και περιορίσει τις εκπομπές GHG από την διεθνή ναυτιλία.

---

<sup>8</sup> <http://www.imo.org/en/About/HistoryOfIMO/Pages/Default.aspx>

<sup>9</sup> IMO ISWG-GHG 1/2 , 21 February 2017

<sup>10</sup> IMO ISWG-GHG 1/2 , 21 February 2017

### 2.3.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ-MARPOL ANNEX VI

Τον Νοέμβριο του 1991, η συνέλευση του IMO ενέκρινε το ψήφισμα A.719(17) για την Αποτροπή Μόλυνσης Αέρα από Πλοία, ξεκινώντας την επιθυμία/τάση να μειωθεί η αέρια ρύπανση από τα πλοία μέσω συνεργατικών προσπαθειών των Κυβερνήσεων Μέλη που μπορεί να επιτευχθεί καλύτερα θεσπίζοντας ένα νέο παράρτημα (Annex) της MARPOL που θα παρέχει κανόνες για περιορισμό και έλεγχο των εκπομπών βλαβερών ουσιών από τα πλοία στην ατμόσφαιρα.

Τον Σεπτέμβριο του 1997, μία διάσκεψη των μελών της MARPOL θέσπισε το Πρωτόκολλο του 1997 για να τροποποιήσει την Σύμβαση. Το Πρωτόκολλο, που τέθηκε σε ισχύ στις 19 Μαΐου 2005, ενσωμάτωσε στην MARPOL ένα νέο Annex VI, με τίτλο “Regulations for the prevention of air pollution from ships”, με στόχο τον έλεγχο των αερόφερτων εκπομπών πλοίων οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>), οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>), ουσιών καταστροφής στοιβάδας όζοντος (ODS), πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) και της συνεισφοράς τους στην παγκόσμια ρύπανση του αέρα και στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Οχτώ χρόνια μετά την θέσπισή του, αλλά μόνο δύο μήνες μετά την είσοδό του σε ισχύ, η MEPC στην 53η σύνοδό της (MEPC 53 July 2005), αποφάσισε ότι το Annex VI πρέπει να υποστεί γενική αναθεώρηση. Η απόφαση βασίστηκε σε νέα γνώση του βλαβερού αντίκτυπου που μπορεί να έχουν τα καυσαέρια των πλοίων στα οικοσυστήματα και την ανθρώπινη υγεία κι αναγνώρισε ότι οι τεχνολογικές εξελίξεις θα επέτρεπαν σημαντικές βελτιώσεις των εν ισχύ προτύπων.

Μετά από τρία χρονιά έντονων εργασιών, η MEPC 58 (Οκτώβριος 2008) ομόφωνα υιοθέτησε ένα αναθεωρημένο MARPOL Annex VI και τον συσχετιζόμενο Τεχνικό Κώδικα για τον έλεγχο εκπομπών οξειδίων του αζώτου από τις diesel μηχανές πλοίων (NO<sub>x</sub> Technical Code 2008) για επιθεώρηση και πιστοποίηση των εν λόγω μηχανών, τα οποία αμφότερα τέθηκαν σε ισχύ την 1η Ιουλίου 2010. Η αναθεωρημένη Annex VI εισήγαγε ακόμα πιο αυστηρά όρια για τις εκπομπές ρύπων αέρα από τα πλοία, μαζί με σταδιακές μειώσεις, προς επίτευξη μέσω της ποιότητας καυσίμου (μαζούτ) και του σχεδιασμού των diesel μηχανών πλοίου ή αντίστοιχων τεχνολογιών, για εκπομπές οξειδίων του θείου (SO<sub>x</sub>), οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>) και σωματιδίων (PM).

### 2.3.2 ΜΕΛΕΤΕΣ IMO ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Το ψήφισμα 8 της Διάσκεψης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης το 1997 για τις εκπομπές CO<sub>2</sub> των πλοίων που αποτέλεσε εφαλτήριο για την προσπάθεια του IMO να πλαισιώσει τις εκπομπές GHG από τα πλοία, κάλεσε τον IMO να συντάξει μία έρευνα για τις εκπομπές CO<sub>2</sub> των πλοίων με στόχο να γνωστοποιήσει την ποσότητα και το σχετικό ποσοστό των εκπομπών αυτών ως μέρος των συνολικών παγκοσμίων εκπομπών CO<sub>2</sub>. Η MEPC 63 (Μάρτης 2012) επισήμανε ότι υπήρχε αβεβαιότητα στις εκτιμήσεις και προβολές των εκπομπών της διεθνούς ναυτιλίας κι ότι περαιτέρω δουλειά πρέπει να γίνει για να λάβει η MEPC αξιόπιστες κι επικαιροποιημένες πληροφορίες στις οποίες θα βασίσει τις αποφάσεις της. Η MEPC 64 (Οκτώβριος 2012) ενέκρινε, αρχικά, ένα σχεδιάγραμμα για τον εκσυγχρονισμό/επικαιροποίηση της εκτίμησης εκπομπών GHG, ένα ειδικό επιτελείο το φθινόπωρο του 2013 εξέτασε περαιτέρω την μεθοδολογία και υποθέσεις που θα χρησιμοποιηθούν για να αναβαθμιστεί η μελέτη. Έως τώρα, τρεις Μελέτες Αερίων Θερμοκηπίου (IMO Greenhouse Gas Study) του IMO έχουν δημοσιευτεί:

1. Η πρώτη IMO GHG Study, που δημοσιεύτηκε το 2000, εκτίμησε ότι η διεθνής ναυτιλία το 1996 συνέφερε περίπου κατά 1,8% στις συνολικές ανθρωπογενείς εκπομπές CO<sub>2</sub>

2. Η δεύτερη IMO GHG Study, που δημοσιεύτηκε το 2009, εκτίμησε ότι η διεθνής εκπομπές ναυτιλίας το 2007 ήταν 880 εκατομμύρια τόνοι, ή περίπου 2,7% των συνολικών ανθρωπογενών εκπομπών CO<sub>2</sub>
3. Η τρίτη IMO GHG Study, που δημοσιεύτηκε το 2014, εκτίμησε ότι οι διεθνείς εκπομπές ναυτιλίας το 2012 ήταν 796 εκατομμύρια τόνοι, ή περίπου 2,2% των συνολικών ανθρωπογενών εκπομπών CO<sub>2</sub>. Η Μελέτη επικαιροποίησε επίσης τις εκτιμήσεις CO<sub>2</sub> για το 2007 σε 885 εκατομμύρια τόνους ή 2,8% .

Η Τρίτη IMO GHG Study 2014 (MEPC 67/INF.3 and Corr.1) χρησιμοποίησε τόσο top-down όσο και bottom-up (μεμονωμένη δραστηριότητα πλοίου) μεθόδους για να παράγει δύο διαφορετικά και ανεξάρτητα εργαλεία ανάλυσης για την εκτίμηση των εκπομπών από τα πλοία.

Παρότι η διεθνής ναυτιλία είναι ήδη η πιο ενεργειακά αποδοτική μέθοδος μαζικής μεταφοράς φορτίου και διακινεί πάνω από το 80% όλων των αγαθών ως προς τον όγκο (πάνω από 55% σε όρους εμπορευματικής δραστηριότητας ανά τόνο-μίλι), χρειάζεται μία διεθνής προσέγγιση ώστε να βελτιώσει περαιτέρω την ενεργειακή της απόδοση και τον αποτελεσματικό έλεγχο εκπομπών, καθώς με βάση μελλοντικές οικονομικές κι ενεργειακές εξελίξεις, η Τρίτη IMO GHG Study 2014 προέβλεψε μία διόγκωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> από την διεθνή θαλάσσια μεταφορά από 50 έως 250% στην περίοδο μέχρι το 2050.

Επικαιροποιημένες εκτιμήσεις εκπομπών θεωρούνται απαραίτητες, γενικά, για να θέτουν σωστά τις βάσεις για μελλοντική δουλειά του IMO να ελέγξει/ρυθμίσει τις εκπομπές GHG της διεθνούς ναυτιλίας. Η υπερωκεάνια μεταφορά είναι αποδοτική ως προς το καύσιμο και χωρίς αυτές τις επικαιροποιημένες μετρήσεις θα ήταν δύσκολο να θέσουμε μία ουσιώδη βάση για να απεικονίσουμε την σταθερά εξελισσόμενη βελτίωση στην αποδοτικότητα καυσίμου λόγω βελτιωμένου σχεδιασμού γάστρας, πιο αποδοτικές μηχανές diesel και συστήματα πρόωσης και πιο αποτελεσματική χρήση μεμονωμένων πλοίων, προερχόμενη από την υιοθέτηση υποχρεωτικών τεχνικών και λειτουργικών μέτρων. Η εκτίμηση του 2012 παρέχει μία βασική εκτίμηση έναρξης για τις εκπομπές διεθνούς ναυτιλίας πριν από την εισαγωγή σε ισχύ των κανονισμών ενεργειακής απόδοσης το 2013.

### 2.3.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

Τον Ιούλιο του 2011, ο IMO υιοθέτησε υποχρεωτικά μέτρα για βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης της διεθνούς ναυτιλίας μέσω της απόφασης MEPC.203(62), που αντιπροσωπεύει το πρώτο ιστορικά υποχρεωτικό παγκόσμιο πρότυπο ενεργειακής απόδοσης για έναν διεθνή βιομηχανικό τομέα, το πρώτο νομικά δεσμευτικό όργανο που θεσμοθετήθηκε από το Πρωτόκολλο του Κιότο, που διευθετεί τις εκπομπές GHG και το πρώτο παγκοσμίως υποχρεωτικό καθεστώς/σύστημα μείωσης GHGs για έναν διεθνή βιομηχανικό τομέα.

Οι τροπολογίες που εισήχθησαν με την απόφαση MEPC.203(62) πρόσθεσαν ένα νέο κεφάλαιο με τίτλο “Regulations on energy efficiency for ships” στο παράρτημα MARPOL Annex VI. Αυτό το πακέτο τεχνικών και λειτουργικών απαιτήσεων που απευθύνονται σε πλοία των 400 GT και πάνω, είναι γνωστό ως Energy Efficiency Design Index (EEDI), εφαρμόσιμο σε νέα πλοία, που θέτει ένα ελάχιστο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης για το έργο που καταναλώνεται (π.χ. εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά τόνο-μίλι) για διαφορετικού τύπου και μεγέθους πλοία, και το Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP), εφαρμόσιμο σε όλα τα πλοία. Αυτές οι υποχρεωτικές απαιτήσεις τέθηκαν σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2013. Ο Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) για έλεγχο λειτουργικής ενεργειακής απόδοσης των πλοίων παραμένει διαθέσιμος για εθελοντική εφαρμογή.

Ο EEDI στοχεύει να αυξήσει την ενεργειακή απόδοση των καινούριων πλοίων στην πάροδο του χρόνου. Είναι ένας μη ενταλαμμένος, βασισμένος στην επίδοση μηχανισμός που αφήνει την επιλογή των τεχνολογιών προς χρήση σε ένα συγκεκριμένο σχεδιασμό πλοίου στην βιομηχανία. Εφόσον το απαιτούμενο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης επιτυγχάνεται, οι σχεδιαστές και κατασκευαστές πλοίων είναι ελεύθεροι να χρησιμοποιήσουν τις πιο αποδοτικές κοστολογικά λύσεις για συμμόρφωση με τους κανονισμούς. Υπάρχει για αυτό η πρόθεση να τονωθεί η καινοτομία και η συνεχής εξέλιξη των τεχνικών στοιχείων που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση ενός πλοίου. Μέχρι τον Φεβρουάριο του 2017 περισσότερα από 2200 νέα πλοία είχαν πιστοποιηθεί με βάση τις σχεδιαστικές απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης.

Ο EEDI έχει εξελιχθεί για τα μεγαλύτερα και πιο ενεργοβόρα τμήματα του παγκόσμιου εμπορικού στόλου και, σε συνέχεια της συμπερίληψης επιπλέον τύπων πλοίων, θα ενταχθεί περίπου το 85% των εκπομπών της διεθνούς ναυτιλίας. Παράγοντες μείωσης του EEDI τίθενται μέχρι το 2025 στον βαθμό που τα πλοία που θα κατασκευάζονται το 2025, θα απαιτείται να είναι τουλάχιστον 30% πιο ενεργειακά αποδοτικά από αυτά που κατασκευάστηκαν το 2014. Το SEEMP καθιερώνει έναν μηχανισμό για τους χειριστές για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης υπαρχόντων πλοίων στα πλαίσια των συνηθισμένων τυπικών καθημερινών λειτουργιών, με έναν αποδοτικό κοστολογικά τρόπο και παρέχει επίσης μία προσέγγιση για παρακολούθηση/έλεγχο της επίδοσης ενεργειακής απόδοσης πλοίου και στόλου στην πάροδο του χρόνου.

Όλα τα πλοία 400 GT και πάνω που εμπλέκονται στο διεθνές εμπόριο πρέπει να καταστρώσουν και διατηρήσουν ένα SEEMP που καθιερώνει έναν μηχανισμό για τους χειριστές που θα βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση των πλοίων. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί παρακολουθώντας την επίδοση της ενεργειακής απόδοσης του μεταφορικού έργου του πλοίου, χρησιμοποιώντας, για παράδειγμα, τον EEOI ως εργαλείο ελέγχου και/ή αναφοράς και σε τακτά διαστήματα εξετάζοντας νέες τεχνολογίες και πρακτικές για να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση.

Μία έρευνα<sup>11</sup> που διεξήχθη σε συνέχεια της υιοθέτησης των υποχρεωτικών μέτρων ενεργειακής απόδοσης υποδεικνύει ότι η ανανέωση των μέτρων του SEEMP θα έχει μία σημαντική επίδραση βραχυπρόθεσμα, ενώ τα μέτρα του EEDI θα έχουν μεγαλύτερο αντίκτυπο μακροπρόθεσμα, ενόσω πραγματοποιείται ανανέωση στόλων και νέες τεχνολογίες υιοθετούνται. Εκτιμήσεις υπολογίζουν ότι μία επιτυχής υλοποίηση του πλαισίου αυτού ενεργειακής απόδοσης μέχρι το 2050 θα μπορούσε να μειώσει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> της ναυτιλίας έως και 1,3 γιγατόνους ετησίως έναντι των συνηθισμένων τυπικών καθημερινών λειτουργιών. Για να δώσουμε διάσταση, η Τρίτη IMO GHG Study 2014 εκτίμησε τις παγκόσμιες εκπομπές CO<sub>2</sub> περί τους 35,64 γιγατόνους το 2012.

Τέσσερις σημαντικές κατευθυντήριες γραμμές έχουν υιοθετηθεί (MEPC 63, Μάρτιος 2012 αναθεωρημένες και τροποποιημένες μετέπειτα), με σκοπό να βοηθήσουν στην εφαρμογή/υλοποίηση των υποχρεωτικών κανονισμών ενεργειακής απόδοσης για πλοία, ως κάτωθι:

1. 2014 Guidelines για την μέθοδο υπολογισμού του Energy Efficiency Design Index (EEDI) για νέα πλοία, όπως τροποποιήθηκε (απόφαση MEPC.245(66))

---

<sup>11</sup> Estimated CO<sub>2</sub> emissions reduction from introduction of mandatory technical and operational energy efficiency measures for ships, Lloyd's Register and DNV, October 2011 (MEPC 63/INF.2).



2. 2016 Guidelines για την κατάρτιση ενός Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) (απόφαση MEPC.282(70))
3. 2014 Guidelines για την επισκόπηση/εξέταση και πιστοποίηση του Energy Efficiency Design Index (EEDI), όπως τροποποιήθηκε (απόφαση MEPC.254(67))
4. 2013 Guidelines για υπολογισμό χαρακτηριστικών γραμμών/καμπύλων για χρήση με τον Energy Efficiency Design Index (EEDI) (απόφαση MEPC.231(65))

Η MEPC 65 (Μάιος 2013) συμφώνησε να συμπεριλάβει αρκετούς επιπλέον τύπους πλοίων στο πλαίσιο του EEDI και περαιτέρω καθοδήγηση συμφωνήθηκε ή υπάρχουσα τροποποιήθηκε, προς υποστήριξη της ομοιόμορφης εφαρμογής των κανονισμών ενεργειακής απόδοσης. Επιπροσθέτως, ένα σχέδιο δράσης εγκρίθηκε για να συνεχιστεί η δουλειά στην ανάπτυξη/εξέλιξη της δομής του EEDI για τύπους, μεγέθη πλοίων και συστήματα πρόωσης που δεν καλύπτονται από τις παρούσες απαιτήσεις EEDI και για να εξεταστούν κατευθυντήριες γραμμές στην ισχύ πρόωσης που απαιτείται για να διατηρηθεί η ικανότητα ελιγμών ενός πλοίου κάτω από αντίξοες συνθήκες.

Η MEPC 69 (Απρίλης 2016) κατάρτισε μια προσωρινή έκθεση η οποία συνέταξε μια ανασκόπηση της κατάστασης των τεχνολογικών εξελίξεων που σχετίζονται με την εφαρμογή της Φάσης 2 των κανονισμών EEDI. Η ανασκόπηση αυτή προβλέπεται από τον κανονισμό 21.6 του MARPOL Annex VI, με μία επιπλέον να λάβει χώρα πριν την Φάση 3.

Η MEPC 70 (Οκτώβριος 2016) συμφώνησε να διατηρήσει τις απαιτήσεις του EEDI για την Φάση 2 (εκτός των go-go φορτηγών πλοίων και επιβατικών πλοίων τα οποία θα εξεταστούν περαιτέρω στην MEPC 71) και να κάνει εκτενή ανασκόπηση των απαιτήσεων της Φάσης 3 του EEDI (1 Ιανουαρίου 2025 και μετά), συμπεριλαμβανομένης συζήτησης έγκαιρης υλοποίησής της και πιθανότητας δημιουργίας Φάσης 4. Οι απαιτήσεις της Φάσης 3 προβλέπουν ότι τα νέα προς κατασκευή πλοία θα είναι 30% περισσότερο ενεργειακά αποδοτικά σε σύγκριση με την βάση σύγκρισης.

#### **2.3.4 ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΜΕΤΡΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ**

Στην MEPC 65 (Μάιος 2013) αρκετές αντιπροσωπείες/επιτροπές αναγνώρισαν την σημασία βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης και μείωσης κατανάλωσης καυσίμου με ακόλουθες μειώσεις εκπομπών CO<sub>2</sub> κι άλλων ρυπαντών που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα. Η Επιτροπή επισήμανε αξιοσημείωτη υποστήριξη για την ανάπτυξη επιπλέον μέτρων ενίσχυσης της ενεργειακής απόδοσης της ναυτιλίας και την χρήση μίας προσέγγισης τριών βημάτων: συλλογή και ανάλυση δεδομένων, ακολουθούμενες από λήψη αποφάσεων (decision making) ως προς τα επιπλέον μέτρα, αν υφίσταται, που απαιτούνται. (the three-step approach).

Η MEPC 68 (Μάιος 2015) επισήμανε ότι ένας σκοπός ενός συστήματος συλλογής δεδομένων ήταν να αναλύσει την ενεργειακή απόδοση και για να είναι η ανάλυση αυτή αποτελεσματική, ορισμένα δεδομένα μεταφορικού έργου έπρεπε να συμπεριληφθούν. Από την άποψη αυτή, η Επιτροπή συμφώνησε ότι τα δεδομένα που συλλέγονται από τον IMO, ειδικά αυτά που σχετίζονται με το μεταφορικό έργο, πρέπει να είναι εμπιστευτικά κι όχι δημοσίως διαθέσιμα, κι ότι διοικητικά βάρη, το αντίκτυπο στην βιομηχανία και οι μεταβλητές που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση, πρέπει να καθοριστούν.

Ο IMO για αυτό το λόγο επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη ενός συστήματος συλλογής δεδομένων για πλοία και η MEPC 69 (Απρίλης 2016) επανεπιβεβαίωσε ότι θα ακολουθούσε την three-step approach και συμφώνησε ότι η εμπιστευτικότητα των δεδομένων είναι κρίσιμη.

Η MEPC 70 (Οκτώβριος 2016) υιοθέτησε υποχρεωτικές κατά MARPOL Annex VI απαιτήσεις για τα πλοία, σε ό,τι αφορά την καταγραφή κι αναφορά της κατανάλωσης καυσίμου (fuel oil) τους. Κάτω από τις τροπολογίες, πλοία των 5.000 GT και πάνω (αντιπροσωπεύουν περίπου το 85% των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> της διεθνούς ναυτιλίας) θα είναι υποχρεωμένα να συλλέγουν δεδομένα κατανάλωσης για κάθε τύπο καυσίμου που χρησιμοποιούν, καθώς και άλλα ειδικά δεδομένα, όπως προσεγγιστικές τιμές για το “μεταφορικό έργο”. Τα συγκεντρωτικά δεδομένα θα αναφέρονται στο Κράτος σημαίας μετά το τέλος κάθε ημερολογιακού έτους και το Κράτος σημαίας, αφού επιβεβαιώσει ότι τα δεδομένα έχουν επικοινωνηθεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις, θα εκδίδει μία Δήλωση Συμμόρφωσης προς το πλοίο. Τα Κράτη σημαίων θα μεταφέρουν ακολούθως τα δεδομένα αυτά σε μία βάση δεδομένων κατανάλωσης καυσίμου του IMO (IMO Ship Fuel Oil Consumption Database).

### **ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ**

Η MEPC έχει ένα διαρκές/μόνιμο αντικείμενο για την μείωση εκπομπών GHG από πλοία (“Reduction of GHG emissions from ships”) στην ατζέντα της. Η MEPC 69 (Απρίλης 2016) θεώρησε αρκετές υποβολές που προσέγγιζαν το θέμα και, μετά από εκτενή δημόσια συζήτηση:

1. Καλωσόρισε την Paris Agreement (υπεγράφη 22 Απριλίου 2016) και αναγνώρισε το σημαντικό επίτευγμα της διεθνούς κοινότητας στο κλείσιμο της συμφωνίας.
2. Αναγνώρισε και επιδοκίμασε τις παρούσες προσπάθειες και αυτές που ήδη εφαρμόστηκαν από τον IMO για την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων
3. ευρέως αναγνώρισε και συμφώνησε ότι επιπλέον κατάλληλες βελτιώσεις σχετικά με τις εκπομπές της ναυτιλίας μπορούν και πρέπει να επιδιώκονται
4. αναγνώρισε τον ρόλο του IMO στον μετριασμό της επίπτωσης των εκπομπών GHG από την διεθνή ναυτιλία
5. συμφώνησε στην κοινή κατανόηση ότι η έγκριση στην MEPC 69 και ακολούθως η υιοθέτηση του συστήματος συλλογής δεδομένων αποτελούσαν προτεραιότητα
6. επανέλαβε την στήριξή του στην three-step approach
7. συμφώνησε να καθιερώσει ένα σώμα εργασίας στην MEPC 70, με σκοπό μια σε βάθος συζήτηση για το πώς να προχωρήσουν με το θέμα

### **ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ IMO**

Η MEPC 70 ενέκρινε ένα σχέδιο δράσης (“Roadmap for developing a comprehensive IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships”), που προβλέπει μία αρχική στρατηγική μείωσης GHG προς υιοθέτηση το 2018 (MEPC 70/18, παράγραφος 7.19 και παράρτημα 11). Το “Roadmap” περιέχει μία λίστα δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένων επιπλέον GHG μελετών του IMO και σημαντική διασυνοδική δουλειά με σχετικά χρονοδιαγράμματα για

ευθυγράμμιση των νέων αυτών δραστηριοτήτων με την συνεχιζόμενη δουλειά της προαναφερθείσας three-step approach των βελτιώσεων ενεργειακής απόδοσης πλοίων. Αυτό παρέχει ένα τρόπο πορείας προς τα εμπρός για την υιοθέτηση μίας αναθεωρημένης στρατηγικής το 2023 για να περιέχει βραχυ-, μεσο-, και μακρο-πρόθεσμα επιπλέον μέτρα, όπως απαιτείται, με προγράμματα υλοποίησης<sup>12</sup>

Συζητήσεις υπό το πρίσμα του Roadmap πρέπει να περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στοιχεία:

1. Επίπεδα φιλοδοξίας και κατευθυντήριες αρχές για τη στρατηγική
2. Σενάρια εκπομπών
3. Αξιολόγηση αναμενόμενης μελλοντικής ζήτησης για μεταφορά διά θαλάσσης
4. Παράμετροι/δείκτες της ενεργειακής απόδοσης πλοίων (τρέχουσα κατάσταση και μακροπρόθεσμη δυναμική/προοπτική
5. Ευκαιρίες μείωσης εκπομπών (βραχυ-, μεσο-, και μακροπρόθεσμες ενέργειες), συμπεριλαμβανομένων εναλλακτικών καυσίμων
6. Κόστη και οφέλη
7. Ικανότητα/δυναμική κατασκευών και τεχνικές συνεργασίες
8. Εμπόδια στην μείωση εκπομπών και πώς θα ξεπεραστούν
9. Περιοχές προτεραιοτήτων για R&D, σε συνάρτηση της τεχνολογίας
10. Επίπτωση του EEDI
11. Επιπτώσεις στα Κράτη
12. Επιπτώσεις άλλων κανονισμών στις εκπομπές GHG

Για να προοδεύσει η δουλειά διασυνοδικά, η MEPC 70 συμφώνησε στην ίδρυση ενός διασυνοδικού Working Group για την μείωση εκπομπών GHG από τα πλοία, που στην συνέχεια εγκρίθηκε από το Συμβούλιο (C 117/D, παράγραφος 7.3), με τους ακόλουθους όρους αναφοράς:

“Στο Διασυνοδικό Working Group για την Μείωση εκπομπών GHG από τα πλοία ανατίθεται, με πλάνο την υλοποίηση του Roadmap για την ανάπτυξη μίας κατανοητής στρατηγικής του IMO για την μείωση των εκπομπών GHG από τα πλοία που εγκρίθηκε στην MEPC 70 (MEPC 70/18/Add.1, annex 11) και λαμβάνοντας υπόψη υποβληθέντα έγγραφα, να :

1. Εκτιμήσει πώς θα προχωρήσει το θέμα της μείωσης εκπομπών GHG από τα πλοία και να συμβουλευτεί την Επιτροπή καταλλήλως
2. Καταθέσει μία αναφορά για θεώρηση την MEPC 71 . “

---

<sup>12</sup> <http://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/MEPC/Pages/MEPC-70th-session.aspx>



**E**

INTERSESSIONAL MEETING OF THE  
WORKING GROUP ON REDUCTION OF  
GHG EMISSIONS FROM SHIPS  
1st session  
Agenda item 2

ISWG-GHG 1/2  
21 February 2017  
ENGLISH ONLY

**CONSIDERATION OF HOW TO PROGRESS THE MATTER OF  
REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS**

**Existing IMO activity related to reducing GHG emissions in the shipping sector**

**Note by the Secretariat**

**SUMMARY**

*Executive summary:* As requested under the Roadmap approved at MEPC 70, this document by the Secretariat provides information on existing IMO activity related to reducing GHG emissions in the shipping sector

Figure 2.6 ISWG-GHG 1/2



**E**

MARINE ENVIRONMENT PROTECTION  
COMMITTEE  
71st session  
Agenda item 17

MEPC 71/17  
24 July 2017  
Original: ENGLISH

**REPORT OF THE MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE  
ON ITS SEVENTY-FIRST SESSION**

Figure 2.7 MEPC 71/17

Οι ενέργειες του ΙΜΟ που οδήγησαν στο Κεφάλαιο 4 του Marpol Annex VI για την μείωση εκπομπών αερίου θερμοκηπίου από τα πλοία και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, φαίνονται στην πάροδο του χρόνου στο ακόλουθο σχήμα και οι βασικότερες (EEDI, EEOI, SEEMP) θα αναλυθούν στην συνέχεια.

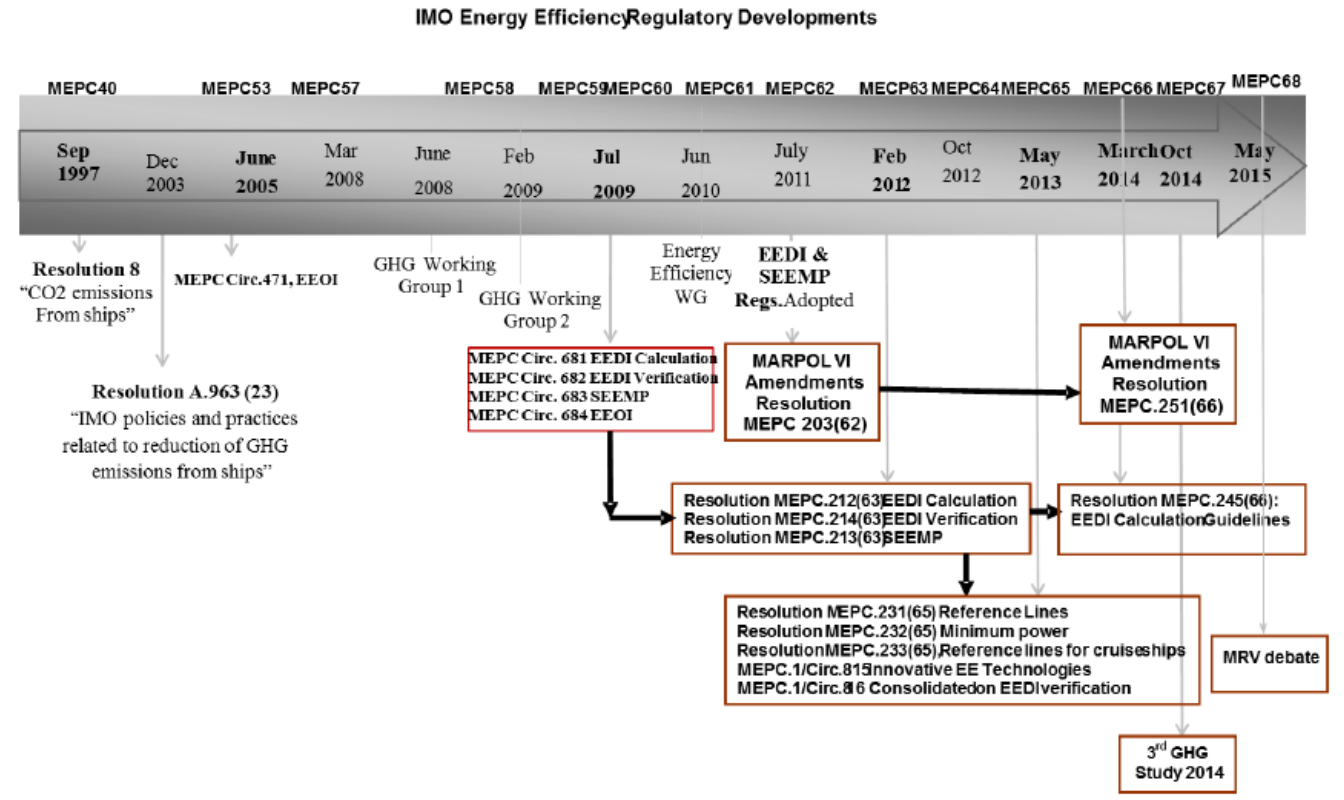


Figure 2.8 IMO ENERGY EFFICIENCY REGULATORY DEVELOPMENTS 1997-2015

<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Air%20pollution/M1%20Climate%20Change%20and%20Shipping%20-%20IMO%20TTT%20course%20presentation%20final1.pdf>

### 3. EEDI

#### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο EEDI για νέα πλοία είναι το σημαντικότερο τεχνικό μέτρο και στοχεύει στην προώθηση της χρήσης πιο ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού και κινητήρων (λιγότερο ρυπογόνων). Ο EEDI απαιτεί ένα ελάχιστο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης ανά μίλι χωρητικότητας (π.χ. τόνο μίλι) για διαφορετικά τμήματα τύπου και μεγέθους πλοίου. Από την 1η Ιανουαρίου 2013, μετά από μια αρχική φάση δύο ετών, όταν ο σχεδιασμός νέων πλοίων θα πρέπει να ανταποκρίνεται στο επίπεδο αναφοράς για τον τύπο πλοίου τους, το επίπεδο θα αυξηθεί (πιο αυστηρές προδιαγραφές) σταδιακά ανά πενταετία και επομένως ο EEDI αναμένεται να ενσωματώσει και τονώσει τη συνεχή καινοτομία και την τεχνική ανάπτυξη όλων των στοιχείων που επηρεάζουν την αποδοτικότητα καυσίμου ενός πλοίου από τη φάση σχεδιασμού του. Ο EEDI είναι ένας μηχανισμός που έχει ως βάση του τις επιδόσεις, ο οποίος αφήνει την επιλογή των τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν στον εκάστοτε συγκεκριμένο σχεδιασμό πλοίου στην βιομηχανία. Εφόσον το απαιτούμενο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης επιτυγχάνεται, οι σχεδιαστές και κατασκευαστές πλοίων είναι ελεύθεροι να χρησιμοποιήσουν τις πιο αποδοτικές κοστολογικά λύσεις για συμμόρφωση με τους κανονισμούς. Ο EEDI παρέχει μία συγκεκριμένη εικόνα για ένα μεμονωμένο σχέδιο πλοίου, εκφρασμένο σε γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) ανά μίλι χωρητικότητας πλοίου (όσο μικρότερος είναι ο EEDI τόσο πιο αποδοτικός ενεργειακά είναι ο σχεδιασμός του πλοίου) και υπολογίζεται βάσει ενός τύπου που βασίζεται στις τεχνικές παραμέτρους σχεδιασμού για ένα δεδομένο πλοίο.<sup>13</sup>

Ο EEDI προορίζεται για την ενίσχυση και αύξηση τόσο των τεχνικών αναπτύξεων που υπεισέρχονται στην ενεργειακή απόδοση πλοίου όσο και των καινοτομιών, με απώτερο σκοπό τον σχεδιασμό (και κατασκευή) πιο ενεργειακά αποδοτικών πλοίων στο μέλλον.

Το επίπεδο μείωσης CO<sub>2</sub> (γραμμάρια CO<sub>2</sub> ανά τόνο μιλίων) για την πρώτη φάση ορίζεται σε 10% και θα γίνεται αυστηρότερο κάθε πέντε χρόνια για να συμβαδίζει με τις τεχνολογικές εξελίξεις των νέων μέτρων απόδοσης και μείωσης. Τα ποσοστά μείωσης έχουν καθοριστεί έως την περίοδο 2025 με 2030, όπου έχει επιβληθεί μείωση 30% για τους τύπους υφιστάμενους τύπους πλοίων, υπολογιζόμενη σε σχέση με γραμμή αναφοράς που αντιπροσωπεύει τη μέση απόδοση για πλοία που κατασκευάστηκαν μεταξύ 2000 και 2010. Ο EEDI αναπτύχθηκε για τα μεγαλύτερα και πιο ενεργειακά δραστήρια τμήματα του παγκόσμιου εμπορικού στόλου και θα εμπεριέχει το 72% των εκπομπών από νέα πλοία, καλύπτοντας τους ακόλουθους τύπους πλοίων: πετρελαιοφόρα, φορτηγά πλοία φορτίου χύδην, υγραερίων, γενικού φορτίου, εμπορευματοκιβωτίων, κατεψυγμένων φορτίων και combination carriers. Για τους τύπους πλοίων που δεν καλύπτονται από τον ισχύοντα τύπο, αναμένεται να αναπτυχθούν κατάλληλοι τύποι στο μέλλον, οι οποίοι θα απευθύνονται πρώτα στους μεγαλύτερους εκπομπούς.<sup>14</sup>

<sup>13</sup> <https://www.marpol-annex-vi.com/eedi-seemp/>

<sup>14</sup> <https://www.marpol-annex-vi.com/eedi-seemp/>

Η θέσπιση ορισμένου υπολογιστικού προτύπου, τεχνολογίας ή δείκτη, δεν συνιστά ενεργειακή απόδοση. Η ενεργειακή απόδοση πρέπει να είναι μια συνεχής διαδικασία στα πλαίσια ενός newbuilding project. Έτσι, όπως εμπειρικά έχει φανεί, επιτυγχάνονται τα καλύτερα αποτελέσματα. Το σημαντικότερο είναι η διαδικασία να είναι σταθερή και ολοκληρωμένη, με την έννοια η ανάπτυξη να βασίζεται πάντα σε εργασία που έχει εκτελεστεί πρωτίτερα στην διαδικασία σχεδιασμού.<sup>15</sup>

### 3.2 ΔΕΙΚΤΗΣ EEDI

Ο δείκτης ‘EEDI, Energy Efficiency Design Index’ είναι σε εφαρμογή από το 2013 και αφορά την ανάλυσή μας για επίτευξη ενεργειακής απόδοσης (περιβαλλοντική απόδοση στις θαλάσσιες μεταφορές). Η Marine Environment Protection Committee (MEPC) υπό την οδηγία του IMO σχεδίασε τον EEDI για όλα τα νέα πλοία που θα κατασκευάζονται από τον Ιανουάριο 2013, για να δημιουργήσει ισχυρότερα κίνητρα/ερεθίσματα για περαιτέρω βελτιώσεις στην κατανάλωση καυσίμου των πλοίων. Οι στόχοι του EEDI είναι:

- ❖ Να επιτευχθεί ένα ελάχιστο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης για τα νέα πλοία.
- ❖ Να ενθαρρυνθεί η συνεχής τεχνολογική ανάπτυξη όλων των στοιχείων που επηρεάζουν την αποδοτικότητα κατανάλωσης καυσίμου του πλοίου.
- ❖ Να διαχωρίσει τα βασιζόμενα σε τεχνικές και σχεδιαστικές προδιαγραφές μέτρα από τα επιχειρησιακά και εμπορικά μέτρα.
- ❖ Να καταστεί δυνατή η σύγκριση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων με παρόμοια πλοία του ίδιου μεγέθους που θα μπορούσαν να αναλάβουν ίδιο μεταφορικό έργο.

Με απλά λόγια, ο EEDI υπολογίζει τις εκπομπές καυσαερίων ενός πλοίου υπό συνθήκες σχεδιασμού (εγκατεστημένη ισχύς κ.ο.κ.) διαιρεμένες με το μεταφορικό έργο που επιτελείται κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Είναι ένα μέτρο της (ενεργειακής) αποδοτικότητας της σχεδίασης ενός νέου πλοίου σε σχέση με τις εκπομπές CO<sub>2</sub> κι αντιπροσωπεύει την ποσότητα CO<sub>2</sub> που παράγεται από ένα πλοίο έχοντας εκτελέσει ένα τόνο-μίλι μεταφορικού έργου. Ο πιο απλός τρόπος αντιπροσώπευσης του EEDI είναι λοιπόν:

$$\frac{\text{Συνολικές Εκπομπές CO}_2 \text{ [gr]}}{\text{Μεταφορικό Έργο [tns} \cdot \text{n.miles]}} =$$

Το μεταφορικό έργο υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την σχεδιασμένη χωρητικότητα πλοίου πολλαπλασιασμένη όπως ορίζεται από IMO Calculations Guidelines με την ταχύτητα αναφοράς του πλοίου που μετράται στο μέγιστο φορτίο καλοκαιριού (maximum summer load draught and corresponding draft)<sup>16</sup>.

Σε ακόμα πιο απλά λόγια, είναι κατά κάποιον τρόπο το “περιβαλλοντικό κόστος” ενός πλοίου σε σχέση με το “όφελος για την κοινωνία”

<sup>15</sup> DELTAMARIN Report: EEDI Test & Trials for EMSA, 2009

<sup>16</sup> Procedure for calculation and verification of the EEDI, “Industry Guidelines” Rev.1 Mar 2016

$$EEDI = \frac{\text{Περιβαλλοντικό Κόστος}}{\text{Κοινωνικό Ωφέλος}}$$

Οι κύριοι υπεύθυνοι εκπομπών CO<sub>2</sub> στα πλοία δεν είναι άλλοι από τις μηχανές (κύριες και βοηθητικές). Ο παρονομαστής αναλύεται στην μεταφορά όγκου σε συγκεκριμένη ταχύτητα αναφοράς. Η εξίσωση λαμβάνει την ακόλουθη μορφή:

$$EEDI = \frac{\text{Engine power} \times \text{SFC} \times C_F}{\text{DWT} \times \text{speed}} \quad (\text{gCO}_2/\text{ton-mile})$$

η οποία χωρίζοντας την κύρια με την βοηθητική μηχανή γίνεται:

$$EEDI = \frac{P_{ME} \cdot SFC_{ME} \cdot C_{FME} + P_{AE} \cdot SFC_{AE} \cdot C_{FAE}}{\text{Capacity} \cdot V_{ref}}$$

Έπειτα προστέθηκε στον παρονομαστή ένας συντελεστής που αντιπροσωπεύει τις καιρικές συνθήκες ( $f_w$ ) κι ένας παράγοντας στον αριθμητή που δίνει ουσιαστικά διάσταση στις καινοτόμες τεχνικές/τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας ως προς την σχεδίαση και ο προτεινόμενος δείκτης εκπομπών CO<sub>2</sub> πήρε την μορφή:

$$\frac{\left( \sum_{i=1}^{NME} C_{FMEi} SFC_{MEi} P_{MEi} \right) + \left( \sum_{i=1}^{NAE} C_{FAEi} SFC_{AEi} P_{AEi} \right) - \left( \sum_{eff=1}^{Neff} f_{eff} C_{Feff} SFC_{eff} P_{eff} \right)}{\text{Capacity} \times V_{ref} \times f_w}$$

Σε αυτό το στάδιο, μετά την MEPC 68, ονομάστηκε κι επίσημα EEDI. Προστέθηκε ακόμα ένας όρος στον παρονομαστή για την χωρητικότητα ως συντελεστής διόρθωσης για τεχνικούς/νομικούς περιορισμούς αυτής κι ένας στον αριθμητή για άλλη μία καινοτομία, την ανάκτηση θερμότητας από καυσαέρια γεννητριών και μηχανών στον άξονα κι έλαβε την μορφή:

$$EEDI = \frac{f_j \cdot (P_{ME} \cdot SFC_{ME} \cdot C_{FME}) + (P_{AE} \cdot SFC_{AE} \cdot C_{FAE}) + [f_j \cdot (P_{PTI} - P_{AEeff}) \cdot SFC_{AE} \cdot C_{FAE}] - (P_{eff} \cdot SFC_{ME} \cdot C_{FME})}{f_i \cdot \text{Capacity} \cdot V_{ref} \cdot f_w}$$

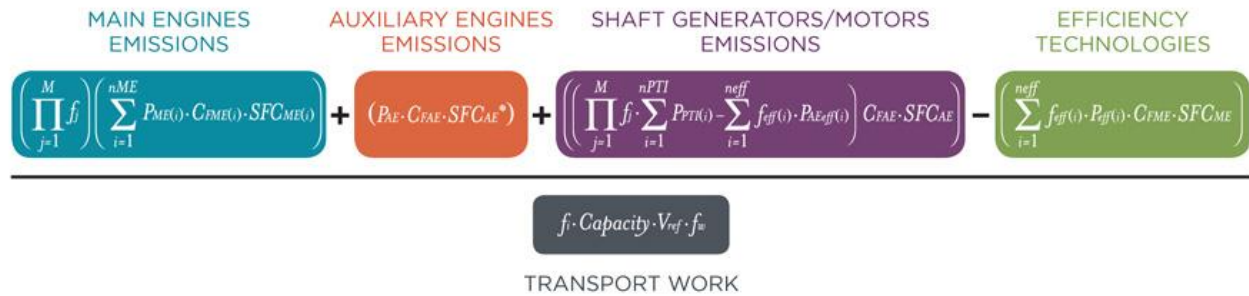
Στην MEPC 59, συμπεριλήφθηκαν μαθηματικά σύμβολα για να ληφθούν υπόψη ενδεχόμενες πολλαπλές μηχανές και παράγοντες και ο EEDI έλαβε την μορφή με την οποία παρουσιάστηκε στην IMO MEPC.1/Circ.681 :

$$EEDI = \frac{\left( \prod_{j=1}^M f_j \right) \cdot \left( \sum_{i=1}^{NME} P_{ME}(i) \cdot SFC_{ME}(i) \cdot C_{FME}(i) \right) + (P_{AE} \cdot SFC_{AE} \cdot C_{FAE}) + \left( \left( \prod_{j=1}^M f_j \right) \cdot \sum_{i=1}^{NPTI} P_{PTI}(i) - \sum_{i=1}^{Neff} f_{eff}(i) P_{AEeff}(i) \right) \cdot SFC_{AE} \cdot C_{FAE} - \left( \sum_{i=1}^{Neff} f_{eff} \cdot P_{eff} \cdot SFC_{ME} \cdot C_{FME} \right)}{f_i \cdot \text{Capacity} \cdot V_{ref} \cdot f_w}$$

Στις ακόλουθες εικόνες από το International Council of Clean Transportation και από το Germanischer Lloyd αντίστοιχα φαίνεται με ωραίο τρόπο τί αντιπροσωπεύει κάθε δείκτης και εξίσωση και αντιλαμβανόμαστε ότι ενώ αρχικά μπορεί να φαντάζει ως κάτι περίπλοκο, στην πραγματικότητα ο EEDI και η έκφρασή του είναι μια συνεκτική αναπαράσταση των παραγόντων εκπομπής CO<sub>2</sub> από τα πλοία, τοποθετημένοι σε μία μαθηματική εξίσωση σε ένα κλάσμα.



# An Anatomy of the Energy Efficiency Design Index (EEDI) Equation for Ships



<p><b>ENGINE POWER (P)</b>  <small>Individual engine power at 75% of Maximum Continuous Rating</small></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>P_{eff(i)}</math> Main engine power reduction due to individual technologies for mechanical energy efficiency</li> <li>■ <math>P_{AE_{eff}(i)}</math> Auxiliary engine power reduction due to individual technologies for electrical energy efficiency</li> <li>■ <math>P_{PTI(i)}</math> Power of individual shaft motors divided by the efficiency of shaft generators</li> <li>■ <math>P_{AE}</math> Combined installed power of auxiliary engines</li> <li>■ <math>P_{ME(i)}</math> Individual power of main engines</li> </ul>	<p><b>CO<sub>2</sub> EMISSIONS (C)</b>  <small>CO<sub>2</sub> emission factor based on type of fuel used by given engine</small></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>C_{FME}</math> Main engine composite fuel factor</li> <li>■ <math>C_{FAE}</math> Auxiliary engine fuel factor</li> <li>■ <math>C_{FME(i)}</math> Main engine individual fuel factors</li> </ul> <p><b>SPECIFIC FUEL CONSUMPTION (SFC)</b>  <small>Fuel use per unit of engine power, as certified by manufacturer</small></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>SFC_{ME}</math> Main engine (composite)</li> <li>■ <math>SFC_{AE}</math> Auxiliary engine</li> <li>■ <math>SFC_{AE}^*</math> Auxiliary engine (adjusted for shaft generators)</li> <li>■ <math>SFC_{ME(i)}</math> Main engine (individual)</li> </ul>	<p><b>CORRECTION AND ADJUSTMENT FACTORS (f)</b>  <small>Non-dimensional factors that were added to the EEDI equation to account for specific existing or anticipated conditions that would otherwise skew individual ships' rating</small></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>f_{eff(i)}</math> Availability factor of individual energy efficiency technologies (=1.0 if readily available)</li> <li>■ <math>f_j</math> Correction factor for ship specific design elements. E.g. ice-classed ships which require extra weight for thicker hulls</li> <li>■ <math>f_w</math> Coefficient indicating the decrease in ship speed due to weather and environmental conditions</li> <li>■ <math>f_i</math> Capacity adjustment factor for any technical/regulatory limitation on capacity (=1.0 if none)</li> </ul>	<p><b>SHIP DESIGN PARAMETERS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>V_{ref}</math> Ship speed at maximum design load condition</li> <li>■ <math>Capacity</math> Deadweight Tonnage (DWT) rating for bulk ships and tankers; a percentage of DWT for Containerships DWT indicates how much can be loaded onto a ship</li> </ul> <p style="text-align: right;"><b>icct</b>  <small>THE INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION</small></p>
---	--	--	--

Figure 3.1 Anatomy of EEDI

<https://www.theicct.org/publications/energy-efficiency-design-index-eedi-new-ships>

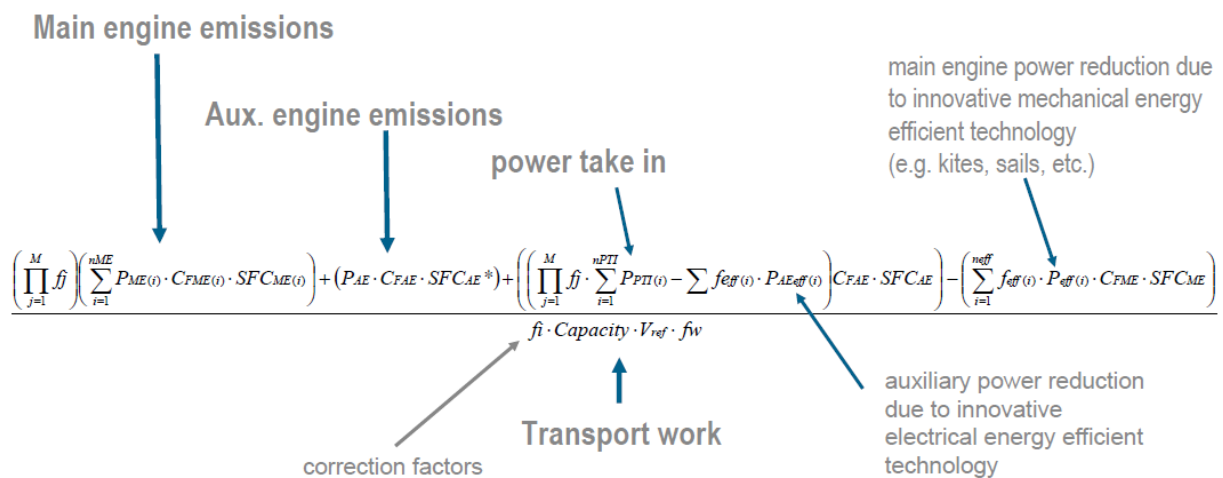


Figure 3.2 EEDI formula

Source: The Energy Efficiency Indices of the IMO (design / operation)-useful tools also for inland navigation?

Torsten Mundt, Germanischer Lloyd, 04-12-2011

Το Annex 1 της Resolution MEPC 63/4/11 επισήμανε την ανάγκη για εκ νέου αλλαγές και τροποποιήσεις σχετικά με τον δείκτη EEDI ώστε να ενσωματώνει όσο καλύτερα γίνεται τις σχεδιαστικές απαιτήσεις νέων πλοίων. Αυτό κατέληξε η Resolution MEPC.245(66): 2014 GUIDELINES ON THE METHOD OF CALCULATION OF THE ATTAINED ENERGY EFFICIENCY DESIGN INDEX (EEDI) FOR NEW SHIPS που θεσπίστηκε στις 4 Απριλίου 2014, να μας δώσει την αναθεωρημένη τελική σημερινή μορφή του EEDI η οποία είναι:

$$EEDI = \frac{\left( \prod_{j=1}^n f_j \right) \left( \sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + (P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE} *) + \left( \prod_{j=1}^n f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{nEff} f_{eff(i)} \cdot P_{AEff(i)} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE} - \left( \sum_{i=1}^{nEff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} ** \right)}{f_i \cdot f_c \cdot f_s \cdot Capacity \cdot f_w \cdot V_{ref}}$$

\* Αν μέρος του Normal Maximum Sea Load παρέχεται από τις γεννήτριες άξονα, τα  $SFC_{ME}$  και  $C_{FME}$  μπορούν, για αυτό το κομμάτι ισχύος, να χρησιμοποιηθούν έναντι των  $SFC_{AE}$  και  $C_{FAE}$

\*\* Σε περίπτωση που  $P_{PTI(i)} > 0$ , ο σταθμισμένος μέσος όρος των  $(SFC_{ME} \cdot C_{FME})$  και  $(SFC_{AE} \cdot C_{FAE})$  χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της  $P_{eff}$

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ανωτέρω εξίσωση μπορεί να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πλοία με ηλεκτρική-diesel πρόωση, πρόωση μέσω στροβίλου ή σύστημα υβριδικής πρόωσης.

Εξαιρέση αποτελούν τα κρουαζιερόπλοια και πλοία μεταφοράς υγροποιημένου αερίου (LNG).

Το ακόλουθο σχήμα δείχνει τους κύριους όρους της εξίσωσης, υποδηλώνοντας ότι όλες οι σχετικές με το πλοίο τεχνολογίες θα επηρεάσουν το επίπεδο του EEDI :

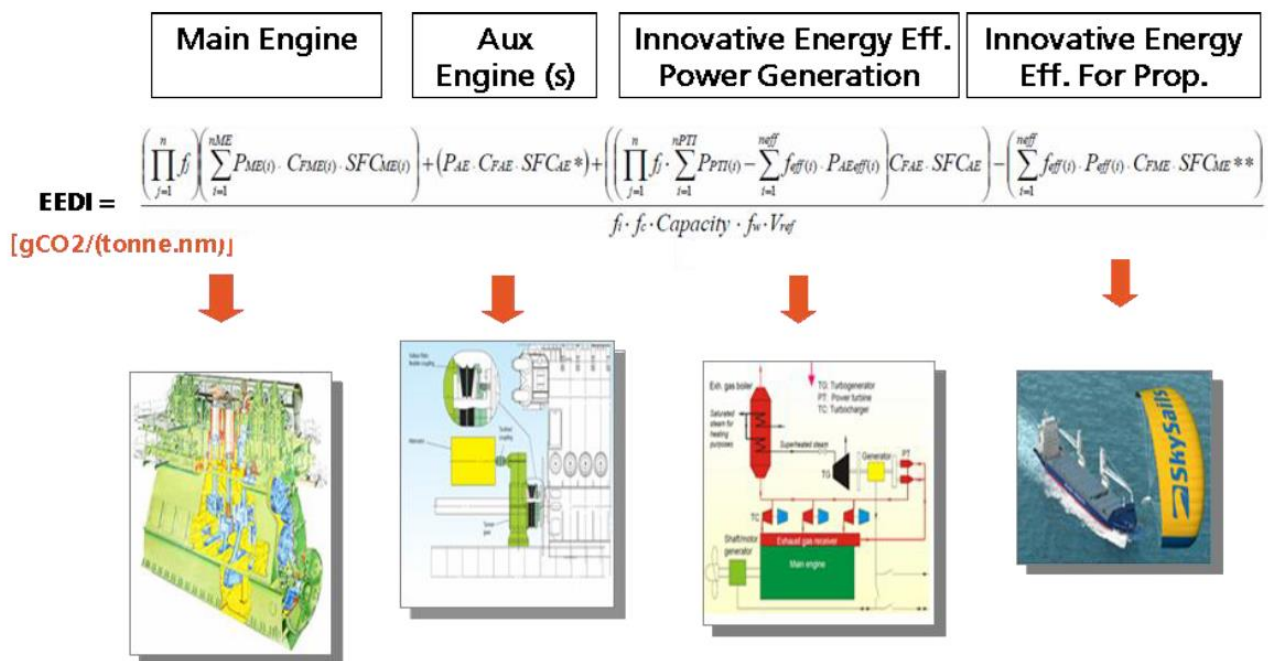


Figure 3.3 Main Terms in EEDI formula

Source: IMO Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation Module 2 – Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, January 2016

Είναι κρίσιμο να σημειωθεί εδώ ότι οι λέβητες δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του EEDI.

Τα στοιχεία που πρωτίστως επηρεάζουν τον EEDI είναι<sup>17</sup>:

- ❖ Η κύρια μηχανή και η ενέργεια που απαιτείται για πρόωση. Αυτό αναπαρίσταται από τον πρώτο όρο του αριθμητή της εξίσωσης.
- ❖ Ανάγκες βοηθητικής ισχύος του πλοίου. Αυτό αναπαρίσταται από τον δεύτερο όρο του αριθμητή της εξίσωσης.
- ❖ Οποιοσδήποτε καινοτόμος συσκευές παραγωγής ισχύος (ηλεκτρικής) επί του πλοίου, όπως ηλεκτρισμός από ανάκτηση απολεσθείσας θερμότητας ή ηλιακή ενέργεια. Αυτές αντιπροσωπεύονται από τον τρίτο όρο στον αριθμητή.
- ❖ Καινοτόμες τεχνολογίες που παρέχουν μηχανική ισχύ για πρόωση πλοίου όπως ισχύς ανέμου (sails, kites, κτλ.). Αυτός είναι ο τελευταίος όρος του αριθμητή.
- ❖ Στον παρονομαστή του κλάσματος, η χωρητικότητα και ταχύτητα του πλοίου αναπαρίστανται και μαζί δίνουν την τιμή του μεταφερόμενου έργου.

Ένα επίπεδο κατάτμησης των όρων παραπάνω, βλέπουμε στο ακόλουθο σχήμα:

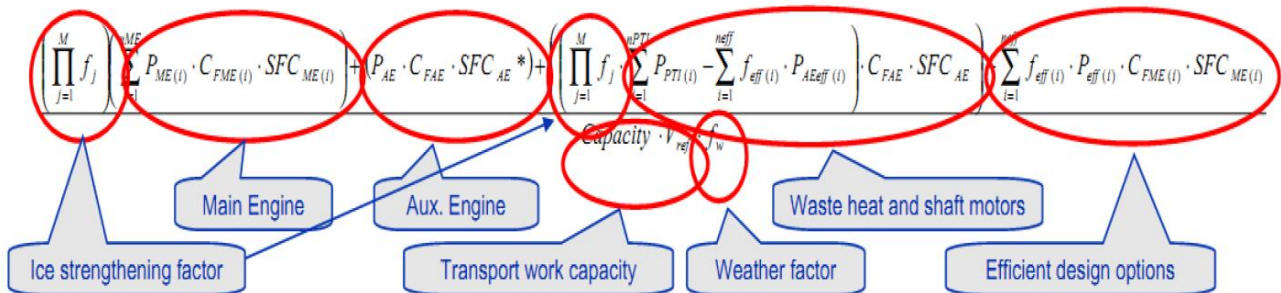


Figure 3.4 EEDI Parts Explained

<sup>17</sup> M2 Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, January 2016

### 3.2.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΔΕΙΚΤΗ EEDI

Όλοι οι παράγοντες που εμφανίζονται στην εξίσωση, περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω<sup>18</sup> :

1. Η *SFC* (Specific Fuel Consumption) αναφέρεται στις μηχανές και αντιπροσωπεύει την αποδοτικότητα καυσίμου (καταναλισκόμενου) σε g/kWh. Είναι η εξακριβωμένη συγκεκριμένη κατανάλωση καυσίμου των μηχανών ή ατμοστροβίλων. Η τιμή της *SFC* καθορίζεται από τα αποτελέσματα που καταγράφονται στον Τεχνικό Φάκελο NOx της μηχανής. Η *SFC* της κύριας μηχανής συνήθως καταγράφεται σε φόρτιση 75% και των βοηθητικών μηχανών σε φόρτιση 50% .
2. Ο  $C_F$  (Carbon Factor) είναι ένας αδιάστατος συντελεστής μετατροπής ανάμεσα στην κατανάλωση καυσίμου που μετράται σε g και των εκπομπών CO<sub>2</sub> επίσης σε g με βάση την περιεκτικότητα άνθρακα. Καθορίζει δηλαδή την ποσότητα CO<sub>2</sub> που παράγεται ανά μονάδα μάζας καυσίμου που χρησιμοποιείται. Ο πίνακας που ακολουθεί εμφανίζει τις τυπικές τιμές του για ναυτιλιακά λιπαντικά .

Type of fuel	Reference	Carbon content	$C_F$ (t-CO <sub>2</sub> /t-Fuel)
1 Diesel/Gas Oil	ISO 8217 Grades DMX through DMB	0.8744	3.206
2 Light Fuel Oil (LFO)	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0.8594	3.151
3 Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0.8493	3.114
4 Liquefied Petroleum Gas (LPG)	Propane	0.8182	3.000
	Butane	0.8264	3.030
5 Liquefied Natural Gas (LNG)		0.7500	2.750
6 Methanol		0.3750	1.375
7 Ethanol		0.5217	1.913

Table 3.1 Carbon Factor typical values

Source: M2 Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, January 2016

3. Η  $V_{ref}$  είναι η ταχύτητα του πλοίου (σε κατάσταση μέγιστου φορτίου), μετρούμενη σε ναυτικά μίλια ανά ώρα (κόμβος).
4. Η *Capacity* ορίζεται ως ακολούθως:
  - Για πλοία μεταφοράς χύμα φορτίων, δεξαμενόπλοια, πλοία μεταφοράς υγραερίων, μεταφοράς LNG, ro-ro φορτηγά πλοία (μεταφορείς οχημάτων), ro-ro επιβατικά πλοία, πλοία γενικού φορτίου, κατεψυγμένου φορτίου και combination carriers, το DWT (deadweight) πρέπει να χρησιμοποιείται ως capacity.
  - Για επιβατικά πλοία και κρουαζιερόπλοια, το gross tonnage σύμφωνα με το International Convention of Tonnage Measurement of Ships 1969, Παράρτημα 1, Κανονισμός 3, πρέπει να χρησιμοποιείται ως capacity.

<sup>18</sup> RESOLUTION MEPC.245(66) , 2014 GUIDELINES ON THE METHOD OF CALCULATION OF THE ATTAINED ENERGY EFFICIENCY DESIGN INDEX (EEDI) FOR NEW SHIPS (MEPC 66/21 Annex 5)

- Για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, το 70% του DWT πρέπει να χρησιμοποιείται ως capacity
- 5. Η  $P$  είναι η ισχύς των κύριων και βοηθητικών μηχανών, μετρούμενη σε Kw. Οι υποσημειώσεις ME(i) και AE(i) αναφέρονται στις κύριες και βοηθητικές μηχανές αντίστοιχα. Η άθροιση στο  $i$  είναι για όλες τις μηχανές, με τον αριθμό μηχανών να παρίσταται από  $nME$
- Η  $PME(i)$  είναι 75% της ονομαστικής εγκατεστημένης ισχύος για κάθε κύρια μηχανή (i)
- $P_{eff(i)}$  είναι η απόδοση/παραγωγή της καινοτόμου μηχανικής ενεργειακά αποδοτικής τεχνολογίας για πρόωση στο 75% της ισχύος κύριας μηχανής. Η ανακτώμενη απολεσθείσα μηχανική ενέργεια που είναι άμεσα συνδεδεμένη με τους άξονες δεν χρειάζεται να μετρηθεί, αφού η επίδραση της τεχνολογίας αντανακλάται απευθείας στην  $V_{ref}$ . Σε περίπτωση που ένα πλοίο εξοπλίζεται με έναν αριθμό μηχανών ή μηχανή-ές διπλού καυσίμου, ο  $C_i$  και η SFC πρέπει να είναι η μέση σταθμισμένη ισχύς όλων των κύριων μηχανών.
- $P_{AEff(i)}$  είναι η μείωση βοηθητικής ισχύος λόγω καινοτόμου τεχνολογίας αποδοτικής ηλεκτρικής ενέργειας που μετράται στην  $P_{ME(i)}$ .
- $P_{AE}$  είναι η απαιτούμενη ισχύς βοηθητικής μηχανής για να τροφοδοτήσει κανονικό μέγιστο φορτίο στην θάλασσα, συμπεριλαμβανομένης της απαιτούμενης ισχύος για συστήματα/μηχανήματα πρόωσης και στέγαση, όπως αντλίες κύριων μηχανών, συστήματα κι εξοπλισμός πλοήγησης, αλλά εξαιρουμένης της ισχύος που δεν προορίζεται για συστήματα πρόωσης, όπως προωθητήρες/έλικες (thrusters), αντλίες φορτίου, εξαρτισμός φορτοεκφόρτωσης (γερανοί, φορτωτήρες), αντλίες έρματος/σαβουρώματος, διατήρηση φορτίου (χώρος κατάψυξης προϊόντων, ανεμιστήρες φορτίου), στην κατάσταση που το πλοίο ταξιδεύει με ταχύτητα  $V_{ref}$ .

Για πλοία με συνολική ισχύ πρόωσης 10.000 kW και πάνω, η  $P_{AE}$  ορίζεται ως :

$$P_{AE (\sum MCR_{ME(i)} \geq 10.000kW)} = \left( 0.025 \times \left( \sum_{i=1}^{nME} MCR_{ME(i)} + \frac{\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)}}{0.75} \right) \right) + 250$$

Για πλοία με συνολική ισχύ πρόωσης μικρότερη των 10.000 kW, η  $P_{AE}$  ορίζεται ως :

$$P_{AE (\sum MCR_{ME(i)} < 10.000kW)} = \left( 0.05 \times \left( \sum_{i=1}^{nME} MCR_{ME(i)} + \frac{\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)}}{0.75} \right) \right)$$

- 6. Οι  $V_{ref}$ ,  $Capacity$  και  $P$  πρέπει να είναι συνεπείς μεταξύ τους.
- 7. Η SFC (Specific Fuel Consumption) αναφέρεται στις μηχανές και αντιπροσωπεύει την αποδοτικότητα καυσίμου (καταναλισκόμενου) σε g/kWh. Είναι η εξακριβωμένη συγκεκριμένη κατανάλωση καυσίμου των μηχανών ή αμμοστροβίλων. Οι υποσημειώσεις ME(i) και AE(i) αναφέρονται στις κύριες και βοηθητικές μηχανές αντίστοιχα.

Η τιμή της SFC καθορίζεται από τα αποτελέσματα που καταγράφονται στον Τεχνικό Φάκελο NOx της μηχανής. Η SFC της κύριας μηχανής συνήθως καταγράφεται σε φόρτιση 75% και των βοηθητικών μηχανών σε φόρτιση 50% .

8. Ο  $f_j$  είναι ένας συντελεστής διόρθωσης που αναφέρεται σε συγκεκριμένα σχεδιαστικά στοιχεία του πλοίου:
  - Ο  $f_j$  για πλοία κλάσης πάγου πρέπει να προκύπτει ως η μεγαλύτερη τιμή από το  $f_{j0}$  και  $f_{j,min}$  όπως εμφανίζονται στον πίνακα αλλά όχι παραπάνω από  $f_{j,max}=1.0$ .

Ship type	$f_{j0}$	$f_{j,min}$ depending on the ice class			
		IA Super	IA	IB	IC
Tanker	$\frac{0.308L_{PP}^{1.920}}{\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)}}$	$0.15L_{PP}^{0.30}$	$0.27L_{PP}^{0.21}$	$0.45L_{PP}^{0.13}$	$0.70L_{PP}^{0.06}$
Bulk carrier	$\frac{0.639L_{PP}^{1.754}}{\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)}}$	$0.47L_{PP}^{0.09}$	$0.58L_{PP}^{0.07}$	$0.73L_{PP}^{0.04}$	$0.87L_{PP}^{0.02}$
General cargo ship	$\frac{0.0227 \cdot L_{PP}^{2.483}}{\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)}}$	$0.31L_{PP}^{0.16}$	$0.43L_{PP}^{0.12}$	$0.56L_{PP}^{0.09}$	$0.67L_{PP}^{0.07}$
Refrigerated cargo ships	$\frac{0.639L_{PP}^{1.754}}{\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)}}$	$0.47L_{PP}^{0.09}$	$0.58L_{PP}^{0.07}$	$0.73L_{PP}^{0.04}$	$0.87L_{PP}^{0.02}$

Table 3.2  $f_j$  for ship type depending on the ice class

Source: M2 Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, January 2016

- Για shuttle tankers με propulsion redundancy ο συντελεστής πρέπει να είναι  $f_j=0.77$ . Επαφίεται σε πλοία με dwt μεταξύ 80.000 και 160.000. Τα πετρελαιοφόρα αυτά χρησιμοποιούνται για την φόρτωση αργού πετρελαίου από εγκαταστάσεις στην στεριά εξοπλισμένες με διπλές μηχανές και διπλές προπέλες και πρέπει να ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές για dynamic positioning και redundancy propulsion class notation.
  - Για άλλους τύπους πλοίων, ο  $f_j$  θεωρείται ίσος με 1.0.
9.  $f_w$  είναι ένας αδιάστατος συντελεστής που υποδεικνύει την μείωση της ταχύτητας σε αντιπροσωπευτικές συνθήκες θάλασσας ύψους κυμάτων, συχνότητας κυμάτων και ταχύτητας ανέμου (όπως Beaufort Scale 6).
  10.  $f_{eff(i)}$  είναι ο συντελεστής διαθεσιμότητας κάθε καινοτόμου τεχνολογίας ενεργειακής απόδοσης. Για το σύστημα ανάκτησης απολεσθείσας ενέργειας ο  $f_{eff(i)}$  πρέπει να είναι 1.0.
  11.  $f_i$  είναι ο συντελεστής χωρητικότητας για οποιοδήποτε τεχνικό/κανονιστικό περιορισμό στην χωρητικότητα, και πρέπει να θεωρείται ίσος με ένα (1.0) αν δεν υφίσταται καμία ανάγκη του εν λόγω παράγοντα.

- Ο συντελεστής διόρθωσης χωρητικότητας  $f_i$  για πλοία κλάσης πάγου πρέπει να προκύπτει ως η μικρότερη τιμή από το  $f_{i0}$  και  $f_{i,max}$  όπως εμφανίζονται στον πίνακα αλλά όχι λιγότερο από  $f_{i,min}=1.0$ .

Ship Type	$f_{i0}$	$f_{i,max}$ depending on the ice class			
		IA Super	IA	IB	IC
Tanker	$\frac{0.00138 \cdot L_{PP}^{3.331}}{Capacity}$	$2.10 \cdot L_{PP}^{-0.11}$	$1.71 \cdot L_{PP}^{-0.08}$	$1.47 \cdot L_{PP}^{-0.06}$	$1.27 \cdot L_{PP}^{-0.04}$
Bulk Carrier	$\frac{0.00403 \cdot L_{PP}^{3.123}}{Capacity}$	$2.10 \cdot L_{PP}^{-0.11}$	$1.80 \cdot L_{PP}^{-0.09}$	$1.54 \cdot L_{PP}^{-0.07}$	$1.31 \cdot L_{PP}^{-0.05}$
General Cargo Ship	$\frac{0.0377 \cdot L_{PP}^{2.625}}{Capacity}$	$2.18 \cdot L_{PP}^{-0.11}$	$1.77 \cdot L_{PP}^{-0.08}$	$1.51 \cdot L_{PP}^{-0.06}$	$1.28 \cdot L_{PP}^{-0.04}$
Container ship	$\frac{0.1033 \cdot L_{PP}^{2.329}}{Capacity}$	$2.10 \cdot L_{PP}^{-0.11}$	$1.71 \cdot L_{PP}^{-0.08}$	$1.47 \cdot L_{PP}^{-0.06}$	$1.27 \cdot L_{PP}^{-0.04}$
Gas Carrier	$\frac{0.0474 \cdot L_{PP}^{2.590}}{Capacity}$	1.25	$2.10 \cdot L_{PP}^{-0.12}$	$1.60 \cdot L_{PP}^{-0.08}$	$1.25 \cdot L_{PP}^{-0.04}$

Table 3.3  $f_i$  for ship type depending on the ice class

Source: M2 Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, January 2016

*Σημείωση: Η χωρητικότητα των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων ορίζεται ως το 70% του DWT.*

12. Ο  $f_c$  είναι ο cubic capacity correction factor και αναφέρεται σε συντελεστές διόρθωσης που χρησιμοποιούνται σε διαφορετικούς, διάφορους τύπους φορτίων. Πέραν των περιπτώσεων που παρατίθενται παρακάτω, η τιμή του συντελεστή λαμβάνεται ίση με ένα (1.0).
  - Για έναν αριθμό δεξαμενόπλοιων μεταφοράς χημικών προϊόντων (chemical tankers), όπως καθορίζεται από το MARPOL Annex II, ο συντελεστής  $f_c$  υπολογίζεται σύμφωνα με τύπους που παρέχονται στις IMO guidelines [Resolution MEPC.245(66)].
  - Για πλοία μεταφοράς υγραερίων όπως ορίζεται σε συγκεκριμένο κανονισμό του IGC Code (International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk) που έχουν direct diesel driven propulsion. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ο παράγοντας  $f_c$  υπολογίζεται σύμφωνα με τύπους που παρέχονται στις IMO guidelines [Resolution MEPC.245(66)].
13.  $L_{pp}$ , Length between perpendiculars (m), είναι το 96% του συνολικού μήκους επί της ισάλου γραμμής στο 85% του ελάχιστου βυθίσματος (πλευρικού βάθους) όπως μετράται από την άνω όψη της τρόπιδος, ή το μήκος από την πρωραία όψη της στείρας μέχρι τον άξονα του κορμού του πηδαλιού στην εν λόγω ίσαλο γραμμή, εάν το μέγεθος αυτό είναι μεγαλύτερο.

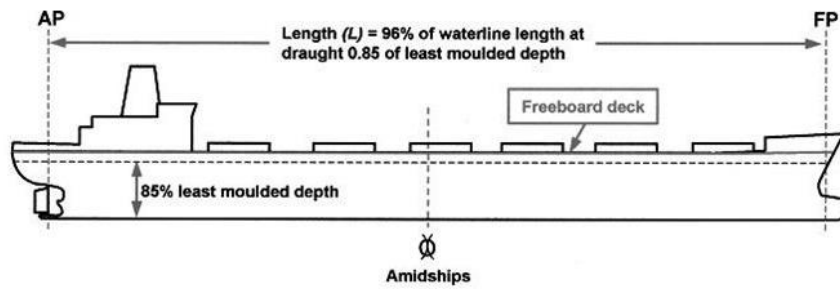


Figure 3.5 Length between perpendiculars

<https://image.slidesharecdn.com/d1mcsmtopic3loadline-140615030226-phpapp01/95/d1-mc-s-m-topic-3-loadline-14-638.jpg?cb=1402801404>

14.  $f_l$  είναι ο παράγοντας για πλοία γενικού φορτίου εξοπλισμένα με γεραμούς και άλλον σχετικό με το φορτίο εξοπλισμό για αντισταθισμό απώλειας deadweight του πλοίου.

Το σχήμα που ακολουθεί δείχνει τον σκοπό των συστημάτων του πλοίου που αναπαρίστανται στην εξίσωση. Τα στοιχεία που πλαισιώνονται στην κόκκινη διακεκομμένη γραμμή εμπεριέχονται στην EEDI formula ενώ αυτά που βρίσκονται εκτός αυτής όχι.<sup>19</sup>

#### A GENERIC AND SIMPLIFIED MARINE POWER PLANT

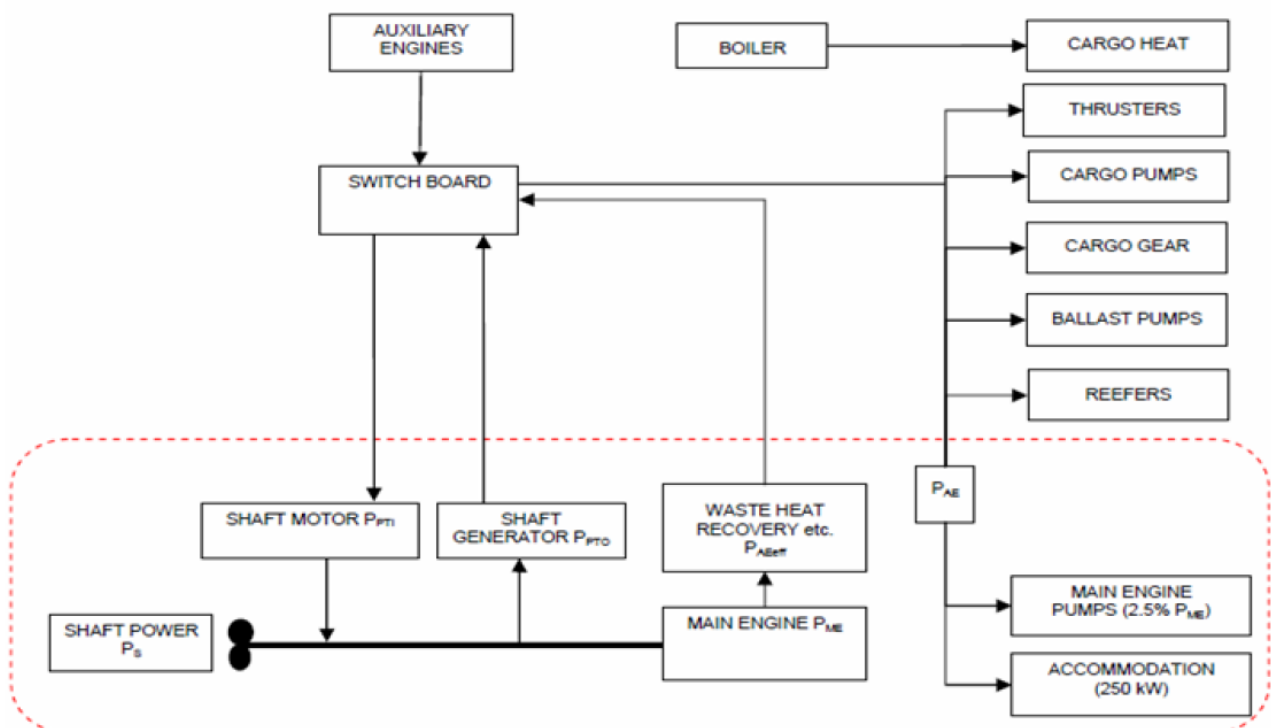


Figure 3.6 Ship systems/items included in EEDI

<sup>19</sup> M2 Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, January 2016



Σημείωση 1: Η ανακτώμενη μηχανική απολεσθείσα ενέργεια που είναι άμεσα συζευγμένη με τους άξονες δεν χρειάζεται να μετρηθεί, αφού η επίπτωση της τεχνολογίας αντανακλάται άμεσα στη  $V_{ref}$

Σημείωση 2: Σε περίπτωση συνδυασμένου ΡΤΙ/ΡΤΟ, η κανονική κατάσταση λειτουργίας στην θάλασσα θα καθορίσει ποιο από αυτά θα χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό

Συγκεντρωτικά όλα τα προαναφερθέντα κύρια μεγέθη και συντελεστές φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί

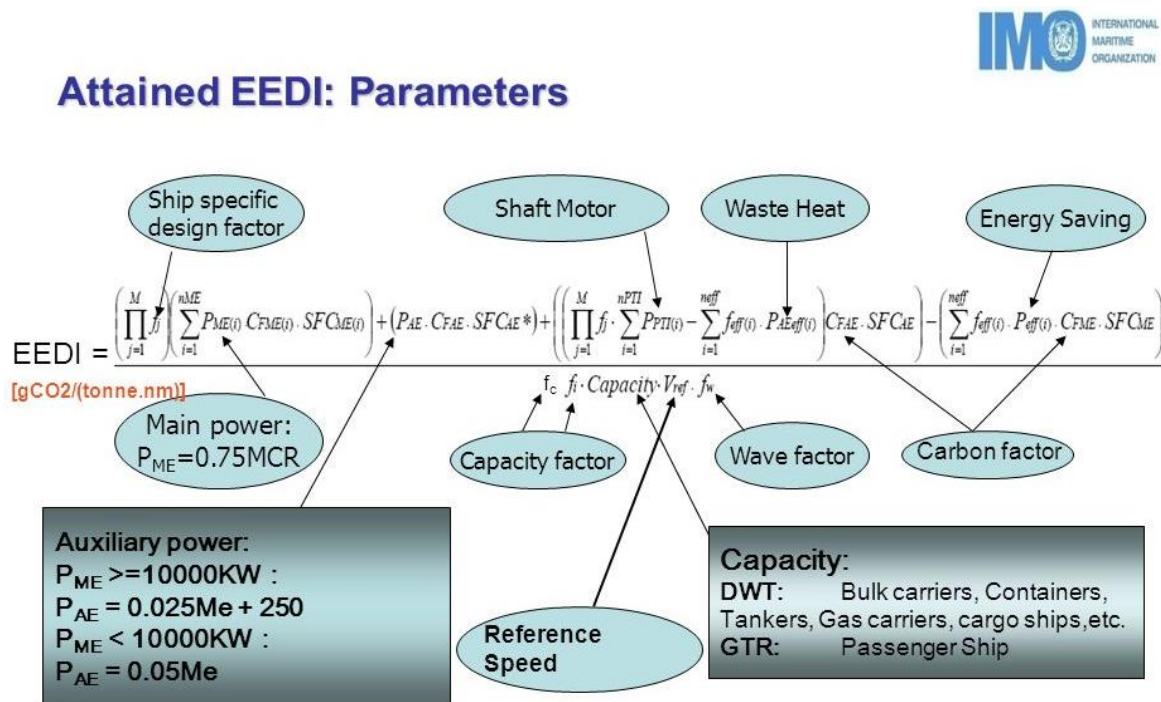


Figure 3.7 Attained EEDI Parameters

<http://slideplayer.com/slide/9378999/28/images/45/Attained+EEDI:+Parameters.jpg>

Αυτός είναι πλέον πλήρως υπολογισμένος ο αποκαλούμενος “Attained EEDI” με βάση τις IMO Guidelines (Resolution MEPC.245(66)). Το κεφάλαιο τέσσερα του MARPOL Annex VI , καθορίζει και τον “Required EEDI” με τον κανονισμό 21. Σύμφωνα με αυτόν, ο required EEDI είναι:

$$\text{Required EEDI} = (1 - X/100) \times \text{Reference Line Value}$$

Όπου X είναι ο συντελεστής μείωσης και η Reference Line Value εκτιμάται από την EEDI Reference line (Fig 3.8). Η σχέση που συνδέει τους δείκτες είναι: Attained EEDI ≤ Required EEDI .

Ο “Required EEDI” είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του “Attained EEDI” που επιτρέπεται για συγκεκριμένο τύπο και μέγεθος πλοίου. Ο “Required EEDI” αντιπροσωπεύει μια ελάχιστη απαίτηση ενεργειακής απόδοσης για τα νέα πλοία ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος του πλοίου. Αυτό αρχίζει με μια γραμμή βάσης το 2013 και αυξάνεται διαδοχικά σε τρία στάδια μέχρι το 2025. Η βασική γραμμή για το “Required EEDI” υπολογίζεται από το EEDI πλοίων που κατασκευάστηκαν μετά την χιλιετία. Το EEDI αξιολογεί την ενεργειακή κατανάλωση του πλοίου σε κατάσταση

θαλάσσιες ναυσιπλοΐες, λαμβάνοντας υπόψη την ενέργεια που απαιτείται για την πρόωση και το φορτίο για το πλήρωμα. Δεν λαμβάνεται υπόψη η κατανάλωση ενέργειας για τη συντήρηση του φορτίου και για τους ελιγμούς ή το ballasting. Ο Required EEDI υπολογίζεται για όλους τους τύπους πλοίων χρησιμοποιώντας το 100% του DW κατά το καλοκαιρινό βύθισμα, εκτός από τα επιβατηγά πλοία όπου χρησιμοποιείται το GT. Ο “Required EEDI” θα μειώνεται κατά “X”% κάθε πέντε χρόνια με βάση την αρχική τιμή (Φάση 0) και ανάλογα με το μέγεθος του πλοίου. Κάτω από ένα συγκεκριμένο μέγεθος δεν ισχύει καμία μείωση. Πάνω από ένα συγκεκριμένο μέγεθος, η μείωση μεγέθους είναι γενικά 10% για κάθε φάση μείωσης. Μεταξύ αυτών των μεγεθών η μείωση ενσωματώνεται γραμμικά<sup>20</sup>.

Ship Type	Size	Phase 0 1 Jan 2013 – 31 Dec 2014	Phase 1 1 Jan 2015 – 31 Dec 2019	Phase 2 1 Jan 2020 – 31 Dec 2024	Phase 3 1 Jan 2025 and onwards
Bulk carrier	20,000 DWT and above	0	10	20	30
	10,000 – 20,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
Gas carrier	10,000 DWT and above	0	10	20	30
	2,000 – 10,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
Tanker	20,000 DWT and above	0	10	20	30
	4,000 – 20,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
Container ship	15,000 DWT and above	0	10	20	30
	10,000 – 15,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
General Cargo ships	15,000 DWT and above	0	10	15	30
	3,000 – 15,000 DWT	n/a	0-10*	0-15*	0-30*
Refrigerated cargo carrier	5,000 DWT and above	0	10	15	30
	3,000 – 5,000 DWT	n/a	0-10*	0-15*	0-30*
Combination carrier	20,000 DWT and above	0	10	20	30
	4,000 – 20,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
LNG carrier***	10,000 DWT and above	n/a	10**	20	30
Ro-ro cargo ship (vehicle carrier)***	10,000 DWT and above	n/a	5**	15	30
Ro-ro cargo ship***	2,000 DWT and above	n/a	5**	20	30
	1,000 – 2,000 DWT	n/a	0-5**, **	0-20*	0-30*
Ro-ro passenger ship***	1000 DWT and above	n/a	5**	20	30
	250 – 1,000 DWT	n/a	0-5**, **	0-20*	0-30*
Cruise passenger ship*** having non-conventional propulsion	85,000 GT and above	n/a	5**	20	30
	25,000 – 85,000 GT	n/a	0-5**, **	0-20*	0-30*

Table 3.4 Required EEDI details(Cut-off levels, phases and reduction rates) <http://slideplayer.com/slide/9378999/>

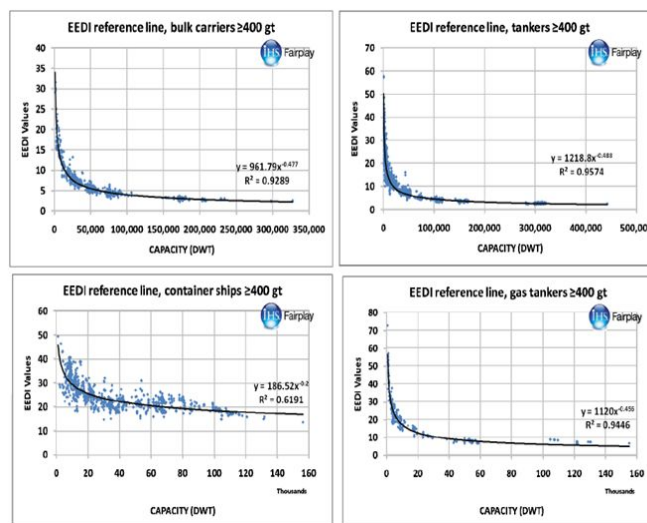


Figure 3.8 EEDI Reference Lines | <http://slideplayer.com/slide/9378999/>

<sup>20</sup> <http://www.tunnel2funnel.com/2015/04/required-and-attained-eeedi.html>

➤ Reference line =  $a \cdot b^{-c}$

Ship type defined in regulation 2	a	b	c
2.25 Bulk carrier	961.79	DWT of the ship	0.477
2.26 Gas carrier	1120.00	DWT of the ship	0.456
2.27 Tanker	1218.80	DWT of the ship	0.488
2.28 Container ship	174.22	DWT of the ship	0.201
2.29 General cargo ship	107.48	DWT of the ship	0.216
2.30 Refrigerated cargo carrier	227.01	DWT of the ship	0.244
2.31 Combination carrier	1219.00	DWT of the ship	0.488
2.33 Ro-ro cargo ship (vehicle carrier)	$(DWT/GT)^{-0.7} \cdot 780.36$ where $DWT/GT < 0.3$	DWT of the ship	0.471
	1812.63 where $DWT/GT \geq 0.3$		
2.34 Ro-ro cargo ship	1405.15	DWT of the ship	0.498
2.35 Ro-ro passenger ship	752.16	DWT of the ship	0.381
2.38 LNG carrier	2253.7	DWT of the ship	0.474
2.39 Cruise passenger ship having non-conventional propulsion	170.84	GT of the ship	0.214

Table 3.5 Reference line= $a \cdot b^{-c}$  | <http://slideplayer.com/slide/9378999/>

- Reduction factor is the % reduction in Required EEDI relative to Reference Line.
- Cut off levels:
  - Bulk Carriers: 10,000 DWT
  - Gas carriers: 2,000 DWT
  - Tankers: 4,000 DWT
  - Container ship: 10,000 DWT
  - Gen./ref. Cargo: 3,000 DWT

Figure 3.9 Reduction factor and cut-off limits | <http://slideplayer.com/slide/9378999/>

## 4. ΕΕΟΙ

### 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Energy Efficiency Operational Indicator (ΕΕΟΙ) είναι ένα εργαλείο παρακολούθησης (monitoring) για την διαχείριση της απόδοσης πλοίου και στόλου στο πέρασμα του χρόνου. Ο ΕΕΟΙ επιτρέπει στους διαχειριστές να μετράνε την αποδοτικότητα καυσίμου ενός πλοίου σε λειτουργία εν πλω και το αποτέλεσμα οποιονδήποτε αλλαγών στην λειτουργία, όπως βελτιωμένος προγραμματισμός ταξιδιού και πιο συχνός καθαρισμός προπέλας, ή την εισαγωγή τεχνικών μέτρων όπως συστήματα ανάκτησης απολεσθείσας ενέργειας ή μια νέα προπέλα<sup>21</sup>.

Είναι ένα στοιχείο του κανονιστικού πλαισίου του IMO που δρα ως «δείκτης επίδοσης ενεργειακής απόδοσης» κατά την φάση λειτουργίας του πλοίου και χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της συνολικής επίδοσης ενεργειακής απόδοσης.

Ο σκοπός του ΕΕΟΙ, σύμφωνα με τις IMO guidelines, είναι να καθιερώσει μία σταθερή προσέγγιση για την μέτρηση της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου για κάθε ταξίδι ή σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Ο ΕΕΟΙ αναμένεται να βοηθήσει τους πλοιοκτήτες και χειριστές πλοίων στην εκτίμηση της λειτουργικής επίδοσης του στόλου τους. Ευελπιστάται ότι θα επιτρέψει την παρακολούθηση ατομικών πλοίων σε λειτουργία και ως εκ τούτου τα αποτελέσματα τυχόν αλλαγών που έγιναν στο πλοίο ή στην λειτουργία του<sup>22</sup>.

Καλύπτει και μπορεί να εφαρμοστεί σχεδόν σε όλα τα πλοία ( νέα και υπάρχοντα). Μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε επιβατικά πλοία. Φυσικά δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε πλοία που δεν έχουν μεταφορικό έργο<sup>23</sup>.

Την μεθοδολογία και βάση για την ανάπτυξη και τους υπολογισμούς του ΕΕΟΙ παρέχουν οι MEPC.1/Circ.684 Guidelines for Voluntary use of the Ship Energy Efficiency Indicator (ΕΕΟΙ) (17 Αυγούστου 2009). Όπως υποδεικνύει κι ο τίτλος των οδηγιών, η χρήση του είναι εθελοντική και προαιρετική αλλά αυτό δεν υποβαθμίζει την σημαντικότητά του. Μάλιστα, στην παρούσα διπλωματική είναι ο δείκτης που θα χρησιμοποιηθεί για την πρακτική αποτίμηση της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης μετά τα πορίσματα του Energy Audit, καθώς ακόμα και η εταιρεία για το πλοίο της οποίας έγινε το Energy Audit και συντάχθηκε το Energy Audit Report, τον χρησιμοποιεί κανονικά, τον υπολογίζει και τον έχει ενσωματώσει στο SEEMP της, όπως θα δούμε παρακάτω στην διπλωματική, ως μέτρο αποτίμησης της λειτουργικής ενεργειακής απόδοσης των πλοίων της.

### 4.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΕΟΙ

Ο ΕΕΟΙ, παρόμοια με τον EEDI, αντιπροσωπεύει την ποσότητα εκπομπών CO<sub>2</sub> από ένα πλοίο ανά μονάδα φορτίου-μιλίου μεταφορικής υπηρεσίας (με μονάδα gCO<sub>2</sub> / τόνο-μίλι). Ο ΕΕΟΙ όμως αντιπροσωπεύει την πραγματική εκπομπή CO<sub>2</sub> από την ανάφλεξη όλων των τύπων καυσίμου πάνω σε ένα πλοίο κατά την διάρκεια κάθε ταξιδιού, η οποία υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την συνολική κατανάλωση καυσίμου για κάθε τύπο καυσίμου με τον σχετικό συντελεστή άνθρακα για

<sup>21</sup> <https://www.dnvgl.com/maritime/energy-efficiency/eedi-and-eeoi.html>

<sup>22</sup> M2 Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, January 2016

<sup>23</sup> Energy Efficiency and the Shipping Industry March 17, 2010 Sebastian Sala, Deltamarin

κάθε τύπο καυσίμου. Το επιτελεσμένο μεταφορικό έργο υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον πραγματικό όγκο φορτίου (τόνους, αριθμό TEU/αυτοκίνητα, ή αριθμό επιβατών) και την αντίστοιχη πραγματική απόσταση σε ναυτικά μίλια που διανύθηκαν από το πλοίο.

## Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI)

The EEOI (former operational CO<sub>2</sub>-Index) represents the actual transport-efficiency of a ship in service \*

$$EEOI = \frac{\text{Fuel}_{consumed} \cdot C_{Carbon}}{\text{Cargo}_{transported} \cdot \text{Distance}_{sailed}}$$

- The collected data will be averaged over a number of voyages.
- The CO<sub>2</sub> -Index may be based on different cargo-units depending on ship type:  
 → [gCO<sub>2</sub>/t·nm], [gCO<sub>2</sub>/TEU·nm], [gCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>·nm], [gCO<sub>2</sub>/lane m·nm], [gCO<sub>2</sub>/pax·nm], ...

\* (and shall be part of the SEEMP)

Figure 4.1 EEOI

Torsten Mundt, Germanischer Lloyd, 04-12-2011

Στην πιο απλή του μορφή ο EEOI καθορίζεται ως η αναλογία όγκου(μάζας) CO<sub>2</sub> (M) που εκπέμπεται ανά μονάδα μεταφορικού έργου:

$$\text{Indicator} = M_{CO_2} / (\text{transport work})$$

Η βασική έκφραση του EEOI για ένα ταξίδι ορίζεται ως:

$$EEOI = \frac{\sum_{j=1}^n FC_j \times C_{Fj}}{m_{cargo} \times D} \quad (1)$$

Όπου λαμβάνεται ο μέσος όρος του δείκτη για μια περίοδο ή αριθμό ταξιδιών, ο δείκτης υπολογίζεται ως:

$$\text{Average EEOI} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (FC_{ij} \times C_{Fj})}{\sum_{i=1}^n (m_{cargo,i} \times D_i)} \quad (2)$$

Όπου:

- **j** είναι ο τύπος καυσίμου
- **i** είναι ο αριθμός ταξιδιού
- **FC<sub>ij</sub>** είναι η μάζα καταναλισκόμενου καυσίμου *j* στο ταξίδι *i* (μετρικοί τόνοι);

- $C_{Fj}$  είναι ένας αδιάστατος συντελεστής μετατροπής μεταξύ της κατανάλωσης καυσίμου  $j$  που μετράται σε γραμμάρια και των εκπομπών  $CO_2$  μετρούμενων επίσης σε γραμμάρια με βάση την περιεκτικότητα σε άνθρακα. Η τιμή του  $C_F$  δίνεται στον πίνακα
- $m_{cargo,i}$  είναι η μάζα φορτίου μεταφερόμενου στο ταξίδι  $i$  (μετρικοί τόνοι)
- $D_i$  είναι η απόσταση σε ναυτικά μίλια που αντιστοιχεί στο μεταφερόμενο φορτίο στο ταξίδι  $i$ .

Η μονάδα του ΕΕΟΙ βασίζεται στην μέτρηση μεταφερόμενου φορτίου δλδ τόνοι  $CO_2$  / (τόνοι x ναυτικά μίλια).

Πρέπει να σημειωθεί ότι η εξίσωση (2) δεν δίνει έναν απλό μέσο όρο του ΕΕΟΙ του αριθμού ταξιδιών  $i$ .

Type of fuel	Reference	Carbon Content	$C_F$ ( $t_{CO_2}/t_{Fuel}$ )
Diesel / Gas Oil	ISO 8217 Grades DMX through DMC	0.875	3.206000
Light Fuel Oil (LFO)	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0.86	3.151040
Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0.85	3.114400
Liquefied Petroleum Gas (LPG)	Propane	0.819	3.000000
	Butane	0.827	3.030000
Liquefied Natural Gas (LNG)		0.75	2.750000

Table 4.1 Συντελεστές μετατροπής μάζας καυσίμου σε μάζα  $CO_2$  ( $C_F$ )

Η μονάδα του ΕΕΟΙ εξαρτάται στην μέτρηση του μεταφερόμενου φορτίου ή πραγματοποιούμενου έργου, π.χ. τόνοι  $CO_2$  / (τόνοι x ναυτικά μίλια), τόνοι  $CO_2$  / (TEU x ναυτικά μίλια), τόνοι  $CO_2$  / (άτομο x ναυτικά μίλια), κοκ.

**Σημειώσεις:**

1. Τα ταξίδια υπό έρμα (ballast voyages), καθώς και ταξίδια που δεν γίνονται για μεταφορά φορτίου, όπως ταξίδια για δεξαμενισμό ( $m_{cargo} = 0$ ), πρέπει επίσης να συμπεριληφθούν. Ταξίδια για εξασφάλιση της ασφάλειας του πλοίου ή διάσωσης ζωής στην θάλασσα πρέπει να εξαιρούνται.
2. Η κατανάλωση καυσίμου (FC) καθορίζεται από όλο το καύσιμο που καταναλώθηκε στην θάλασσα και στα λιμάνια για ένα ταξίδι ή μια εξεταζόμενη περίοδο, π.χ. μία ημέρα, από κύριες και βοηθητικές μηχανές, λέβητες και καυστήρες.
3. Η απόσταση πλεύσης (D) είναι η πραγματική απόσταση που διανύθηκε σε ναυτικά μίλια (δεδομένα ημερολόγιου καταστρώματος πλοίου) στο ταξίδι ή την υπό εξέταση περίοδο.
4. Ταξίδι γενικά νοείται η περίοδος μεταξύ της αναχώρησης από λιμάνι κι αναχώρησης από επόμενο λιμάνι. Εναλλακτικοί ορισμοί ενός ταξιδιού μπορούν επίσης να γίνουν αποδεκτοί.
5. Ο δείκτης  $CO_2$  μετατρέπεται από g/τόνο-μίλι σε g/τόνο-χμ πολλαπλασιάζοντας με 0.54.

### 4.3 ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Προς διευκόλυνση εκτίμησης του ΕΕΟΙ, οι ακόλουθοι ορισμοί<sup>24</sup> εμπεριέχονται στις ΕΕΟΙ guidelines:

**Fuel Consumption:** Ορίζεται ως όλα τα καύσιμα που καταναλώνονται στην θάλασσα και στο λιμάνι για ένα ταξίδι ή εξεταζόμενη περίοδο (π.χ. μία ημέρα) από τις κύριες, βοηθητικές μηχανές, λέβητες και αποτεφρωτήρες.

**Distance sailed:** Είναι η πραγματική απόσταση που διανύθηκε σε ναυτικά μίλια (δεδομένα ημερολογίου καταστρώματος) για το ταξίδι ή την υπό εξέταση περίοδο.

**Ship and cargo types:** Οι ΕΕΟΙ guidelines εφαρμόζονται για όλα τα πλοία που εκτελούν μεταφορικό έργο. Οι τύποι φορτίου είναι γενικοί και περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων: όλα τα αέρια, υγρά και στερεά χύμα φορτία, γενικά φορτία, φορτία εμπορευματοκιβωτίων, βαριά φορτία, κατεψυγμένα αγαθά, ξυλουργικά προϊόντα, φορτία μεταφερόμενα μέσω ναυλωμένων οχημάτων, αυτοκίνητα σε Ro-Ro πλοία κι επιβάτες (για επιβατικά και Ro-Ro επιβατικά πλοία).

**Cargo mass carried or work done:** Γενικά, ο όγκος μεταφερόμενου φορτίου ή το έργο που εκτελείται εκφράζονται ως ακολούθως:

- Για πλοία μεταφοράς ξηρών φορτίων, υγρών (liquid tankers), αέριων (gas tankers), ro-ro φορτηγά πλοία και πλοία γενικού φορτίου, οι μετρικοί τόνοι (t) του μεταφερόμενου φορτίου πρέπει να χρησιμοποιούνται
- Για πλοία εμπορευματοκιβωτίων που μεταφέρουν μόνο containers, ο αριθμός των containers (TEU) ή μετρικοί τόνοι (t) του συνολικού όγκου του φορτίου και των containers πρέπει να χρησιμοποιείται
- Για πλοία που μεταφέρουν έναν συνδυασμό containers και άλλων φορτίων, μία TEU mass των 10 t μπορεί να χρησιμοποιηθεί για φορτωμένα TEUs και 2 t για άδεια TEUs
- Για επιβατικά πλοία, συμπεριλαμβανομένων των ro-ro επιβατικών πλοίων, ο αριθμός των επιβατών ή το μικτό φορτίο (gross tonnes) του πλοίου πρέπει να χρησιμοποιείται.

Σε κάποιες συγκεκριμένες περιπτώσεις, το έργο που παράχθηκε μπορεί να εκφραστεί ως ακολούθως:

- Για επιβατικά οχηματαγωγά και πλοία μεταφοράς αυτοκινήτων, ο αριθμός αυτοκινήτων ή οι χρησιμοποιούμενες καταμετρημένες λωρίδες
- Για πλοία εμπορευματοκιβωτίων, ο αριθμός TEUs (άδεια ή γεμάτα) κτλ

**Voyage:** Γενικά σημαίνει την περίοδο μεταξύ μίας αναχώρησης από ένα λιμάνι και της αναχώρησης από το επόμενο λιμάνι. Εναλλακτικοί ορισμοί του ταξιδιού μπορούν επίσης να γίνουν δεκτοί.

---

<sup>24</sup> M2 Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, January 2016

Η συνεπής εφαρμογή των ανωτέρω ορισμών σε μία εταιρεία είναι ουσιαστική για την επακόλουθη συγκριτική αξιολόγηση των δεικτών ενεργειακής επίδοσης όπως ο ΕΕΟΙ σε όλο τον στόλο.

#### 4.4 ΒΗΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Ο ΕΕΟΙ πρέπει να είναι μια αντιπροσωπευτική τιμή της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου για μία καθορισμένη περίοδο που αντιπροσωπεύει το συνολικό «trading pattern» του πλοίου. Τα κύρια βήματα για να υπολογίσουμε τον ΕΕΟΙ είναι:

- Καθορισμός περιόδου για την οποία υπολογίζεται ο ΕΕΟΙ
- Καθορισμός πηγών δεδομένων για συλλογή δεδομένων
- Συλλογή δεδομένων
- Μετατροπή δεδομένων σε κατάλληλο format
- Υπολογισμός ΕΕΟΙ

Κύριες πηγές δεδομένων θα μπορούσαν να είναι το ημερολόγιο του πλοίου (γέφυρας, μηχανής, καταστρώματος κι άλλα επίσημα αρχεία). Είναι σημαντικό επαρκείς πληροφορίες να συλλέγονται στο πλοίο σε σχέση με τον τύπο και ποσότητα καυσίμου, την απόσταση που διανύθηκε στα ταξίδια και τον τύπο του φορτίου, έτσι ώστε να εξαχθεί μία ρεαλιστική εκτίμηση.

Η ποσότητα και ο τύπος καυσίμου που χρησιμοποιούνται (bunker delivery notes ή άλλες πηγές) και η απόσταση ταξιδιού (σύμφωνα με το ημερολόγιο ή άλλες πηγές) πρέπει να αρχειοθετούνται από το πλοίο σε σταθερή βάση.

Το Data Collection Template που ακολουθεί είναι από τις IMO guidelines [MEPC.1/Circ.7684]

Name and type of ship						
Voyage or day (i)	Fuel consumption at sea and in port in tonnes				Voyage or time period data	
	Fuel type ( )	Fuel type ( )	Fuel type ( )	...	Cargo (m) (tonnes or units)	Distance (D) (NM)
1						
2						
3						
4						

Table 4.2 EEOI Data Collection Template

Παραθέτουμε εδώ κι ένα παράδειγμα υπολογισμού του ΕΕΟΙ όπου φαίνεται ότι όταν υπάρχει σωστή καταγραφή στοιχείων και συμπλήρωση του πίνακα, ουσιαστικά όλα ανάγονται σε απλές αριθμητικές πράξεις σε ένα κλάσμα, από το οποίο λαμβάνουμε την τιμή του δείκτη.

NAME AND TYPE OF SHIP						
Voyage or day (i)	Fuel consumption (FC) at sea and in port in tonnes				Voyage or time period data	
	Fuel type (HFO)	Fuel type (LFO)	Fuel type ( )		Cargo (m) (tonnes or units)	Distance (D) (NM)
1	20	5			25,000	300
2	20	5			0	300
3	50	10			25,000	750
	10	3			15,000	150

$$EEOI = \frac{100 \times 3.114 + 23 \times 3.151}{(25,000 \times 300) + (0 \times 300) + (25,000 \times 750) + (15,000 \times 150)} = 13.47 \times 10^{-6}$$

unit: tonnes CO<sub>2</sub>/(tons • nautical miles)



Ακολουθεί ένα πραγματικό παράδειγμα που δείχνει την μορφή που χρησιμοποιεί που χρησιμοποιεί μια μεγάλη ναυτιλιακή εταιρεία με πάνω από 30 tankers για να καταγράφει τα απαραίτητα δεδομένα με τα οποία μπορεί μετά να υπολογίσει τον ΕΕΟΙ. Μάλιστα, οι δικόι μας υπολογισμοί που θα δούμε στο κεφάλαιο 8 στο Energy Audit πηγάζουν από δεδομένα που δόθηκαν από την Εταιρεία με τα εν λόγω “sheet” για διάρκεια ενός έτους και 31 συνολικά ταξίδια (19 Laden και 12 Ballast). Το όνομα του πλοίου έχει σβηστεί για λόγους εμπιστευτικότητας.

Form ENV 004 – Voyage Monitoring and Registration (Sheet Voyages)

EXAMPLES FOR THE RIGHT FILLING OUT OF THE ENV004 EXCEL FILE																												
IMPORTANT NOTES:		1. EVERY TIME THAT AN EXCEL FILE IS FORWARDED TO THE COMPANY, A BRAND NEW EXCEL SHOULD BE USED 2. EVERY CELL SHOULD BE FILLED EXCEPT FOR THE CELL “DESCRIPTION”																										
<b>1. SHEET “VOYAGES”</b>																												
a) Assuming a laden voyage of the vessel “ ”: Voyage ID: For the example a random code “1A” has been chosen Voyage dates: From 1/1/2013 to 4/1/2103 Cargo: 1654 tons Distance: 1152 n. miles FO consumptions during voyage 1A (including consumptions at maneuvering, anchoring and at port)						b) Assuming a ballast voyage of the vessel “ ”: Voyage ID: For the example a random code “1B” has been chosen Voyage dates: From 5/1/2013 to 10/1/2103 Distance: 1384 n. miles FO consumptions during voyage 1B (including consumptions at maneuvering, anchoring and at port)																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>HFO (tons)</th> <th>LFO (tons)</th> <th>HSDO (tons)</th> <th>LSDO (tons)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>44</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>				HFO (tons)	LFO (tons)	HSDO (tons)	LSDO (tons)	0	0	44	3	<table border="1"> <thead> <tr> <th>HFO (tons)</th> <th>LFO (tons)</th> <th>HSDO (tons)</th> <th>LSDO (tons)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>37</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>				HFO (tons)	LFO (tons)	HSDO (tons)	LSDO (tons)	0	0	37	4					
HFO (tons)	LFO (tons)	HSDO (tons)	LSDO (tons)																									
0	0	44	3																									
HFO (tons)	LFO (tons)	HSDO (tons)	LSDO (tons)																									
0	0	37	4																									
In order for the data of these voyages to be reported correctly, the following data should be filled in the excel cells:																												
<b>VOYAGE MONITORING AND REGISTRATION</b>																												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L																
1																												
2	Voyage Number	Voyage Type	Vessel Name	HFO Consumption (tons)	LFO Consumption (tons)	HSDO Consumption (tons)	LSDO Consumption (tons)	Distance (n. miles)	Cargo	Voyage Start	Voyage End	Description																
3	1A	Laden		0	0	44	3	1152	1654	1/1/2013	4/1/2013																	
4	1B	Ballast		0	0	37	4	1384	0	5/1/2013	10/1/2013																	

Figure 4.2 Real Voyage Monitoring and Registration Sheet

Source: Existing SEEMP for VLCC Tanker of a Shipping Company

#### 4.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΕΟΙ

Η εφαρμογή του ΕΕΟΙ έχει αποδειχτεί και τεσταριστεί. Είναι ένα αντιπροσωπευτικό μέτρο εκτίμησης των εκπομπών CO<sub>2</sub> και της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου και παραθέτει τις πραγματικές εκπομπές CO<sub>2</sub> σε σχέση με το μεταφερόμενο φορτίο<sup>25</sup>.

Βέβαια, αγνοεί την βασική παράμετρο του καιρού και την κατάσταση του κύτους/γάστρας<sup>26</sup>, χωρίς όμως να σημαίνει ότι δεν είναι αντιπροσωπευτική η τιμή του.

Στην παρούσα διπλωματική, είναι ακριβώς αυτός ο δείκτης που θα χρησιμοποιήσουμε (από την στιγμή που και η ναυτιλιακή το πλοίο της οποίας υποβλήθηκε σε Energy Audit τον χρησιμοποιεί, τον μετράει και τον έχει ενσωματώσει στο Environmental Management Report της που αποτελεί μέρος του EMS, ως environmental performance indicator για τις εκπομπές CO<sub>2</sub>, όπως φαίνεται και στο ANNEX III).

<sup>25</sup> Torsten Mundt, Germanischer Lloyd, 04-12-2011

<sup>26</sup> MONITORING, REPORTING, AND VERIFICATION OF EXHAUST EMISSIONS (MRV), John Kokarakis, Bureau Veritas, SNAME meeting, October 2015

## 5. ENERGY SAVING PRACTICES AND MEASURES

### 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αποφάσεις που αφορούν την ενεργειακή απόδοση του πλοίου γίνονται από το αρχικό/πρώρο σχεδιαστικό concept, στην σχεδίαση του πλοίου και φυσικά επεκτείνονται στην λειτουργική διαχείριση, τεχνολογίες και τεχνικές όταν το πλοίο είναι πλέον σε λειτουργία και εκτελεί ταξίδια.

Το παρόν κεφάλαιο παρουσιάζει διάφορους τρόπους βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, κυρίως εν πλω για υπάρχοντα πλοία, που είναι και η περίπτωση μας για την διενέργεια Energy Audit. Ο σκοπός είναι να μειωθούν τα λειτουργικά έξοδα ενώ, ταυτόχρονα, μειώνονται και οι ρυπογόνες εκπομπές του πλοίου. Οι τεχνολογίες χωρίζονται σύμφωνα με την Wärtsilä σε τέσσερις βασικές κατηγορίες<sup>27</sup>

- Σχεδιασμός πλοίου (Ship design)
- Propulsion (Πρόωση)
- Μηχανές/Μηχανήματα (Machinery)
- Λειτουργία/Διαχείριση και Συντήρηση (Operation & Maintenance)

Συνδυάζοντας αυτές τις περιοχές και αντιμετωπίζοντάς τις μαζί ως μια ολοκληρωμένη λύση, μία πραγματικά αποδοτική λειτουργία του πλοίου μπορεί να επέλθει. Από αυτές, οι τρεις (πρόωση, μηχανήματα, διαχείριση και συντήρηση) αφορούν το κομμάτι υπαρχόντων πλοίων, που σημαίνει ότι μπορούν να βρουν εφαρμογή με ένα συνδυασμό τεχνολογικού και ανθρώπινου δυναμικού και να οδηγήσουν σε βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

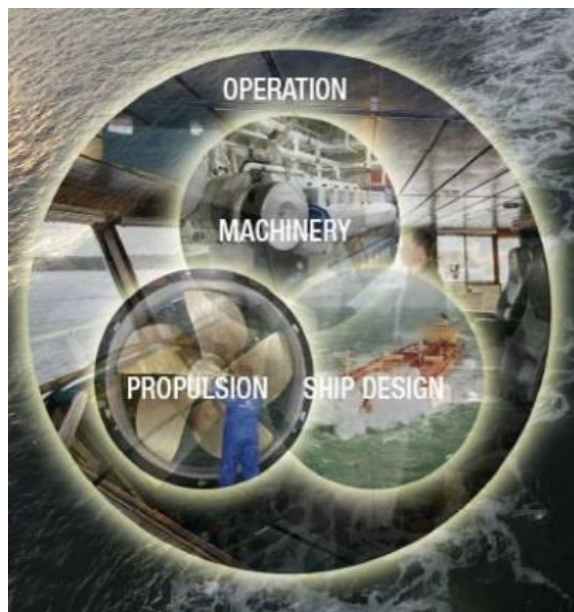


Figure 5.1 Efficient Ship Operation, Integrated Solution | Wärtsilä

<sup>27</sup> Boosting Energy Efficiency, Wärtsilä, 3 February 2009 Energy Efficiency Catalogue / Ship Power R&D

Στην δεύτερη IMO GHG Study 2009 , για την μείωση εκπομπών από τα πλοία, αναγνωρίζονται πάλι τέσσερις κατηγορίες επιλογών<sup>28</sup>:

- Βελτίωση ενεργειακής απόδοσης
- Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Χρήση καυσίμων με μικρότερες συνολικές εκπομπές κύκλου-καυσίμου
- Χρήση τεχνολογιών μείωσης εκπομπών

Βλέπουμε ότι υπεισέρχονται καινοτόμοι τρόποι και τεχνολογίες (ανανεώσιμες, εναλλακτικά καύσιμα, χημικές διεργασίες) στην μείωση εκπομπών από την ναυτιλία, το οποίο και αντικατοπτρίζεται ολοένα και περισσότερο στις προτεινόμενες τεχνικές μείωσης εκπομπών και θα παρατεθεί και στην συνέχεια του κεφαλαίου. Αυτές οι καινοτομίες συνοδεύουν τις βασικούς τρόπους βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης, οι οποίοι φαίνονται, χωρισμένοι πάλι σε σχεδιασμό και λειτουργία, στον πίνακα που ακολουθεί και βρίσκουμε στην δεύτερη IMO GHG Study 2009

DESIGN	OPERATION
Concept, design speed and capability	Fleet management, logistics and incentives
Hull and superstructure	Voyage optimization
Power and propulsion systems	Energy management

Table 5.1 Divided (design/operation) energy efficiency improving methods | Second IMO GHG Study

Το σύστημα πρόωσης υπεισέρχεται φυσικά και στην λειτουργία του πλοίου και επεμβατικές ενέργειες εκσυγχρονισμού και βελτιστοποίησης παλαιών μηχανών και υπερσυμπιεστών μπορούν να γίνουν, αν και το τελευταίο είναι γενικά ακριβό και περίπλοκο, οπότε και δεν συναντάται συχνά.

Καταπιανόμαστε λοιπόν με προοπτικές (potentials) εξοικονόμησης ενέργειας, οι οποίες προοπτικές αναφέρονται τόσο σε συσκευές όσο και σε τεχνικές. Στην Circular MEPC 61/INF.18 (REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS) (2010) , παρουσιάστηκε μία σύνοψη των ευρέως διαδεδομένων, εμπειριστατωμένων και γνωστών αυτών προοπτικών εξοικονόμησης ενέργειας, η οποία φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

<sup>28</sup> Second IMO GHG Study 2009, International Maritime Organization (IMO) London, UK, April 2009

Operational Speed Reduction (10%)
Operational Speed Reduction (20%)
Weather Routing
Autopilot upgrade/adjustment
Propeller polishing at regular intervals
Propeller polishing when required (include monitoring)
Hull cleaning
Hull coating 1
Hull coating 2
Air lubrication
Propeller rudder upgrade
Propeller boss cap fin
Propeller upgrade
Common Rail
Main Engine Tuning
Waste Heat Recovery
Wind engine
Wind kite
Solar Power
Speed control pumps and fans
Energy saving lighting
Optimization water flow

Table 5.2 Synopsis of in-depth energy saving potentials

Circular MEPC 61/INF.18 (REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS) (2010)

Παρακάτω θα αναλυθούν οι κυριότερες από αυτές τις προοπτικές, χωρισμένες σε βασικές κατηγορίες όπως η βελτιστοποίηση ταξιδιού, οι χειρισμοί πλοίου, η συντήρηση προπέλας και γάστρας, η βέλτιστη ρύθμιση μηχανής, η ανάκτηση απολεσθείσας θερμότητας και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

## 5.2 VOYAGE OPTIMIZATION

Εδώ καταπιανόμαστε με καθαρά λειτουργικά μέτρα, που επαφίονται στην βέλτιστη διαχείριση και προγραμματισμό ταξιδιού από τον πλοίαρχο και όλα τα εμπλεκόμενα μέρη, χωρίς όμως να σημαίνει ότι είναι πάντα εφικτή η ακριβής υλοποίησή τους αφού υπάρχουν ανασταλτικοί παράγοντες τους οποίους δεν μπορούν να καθορίσουν ή επηρεάσουν οι προαναφερθέντες.

### 5.2.1 TURNAROUND TIME IN PORT

Ως Port Turnaround Time νοείται η διάρκεια μεταξύ της άφιξης ενός πλοίου στην τσαμαδούρα εισόδου ενός λιμανιού και της αναχώρησής του από αυτή. Αποτελείται από τον χρόνο αναμονής, χρόνο ελιγμών, χρόνο προσορμισμού, παραγωγικό χρόνο και αδρανή χρόνο. Η μείωση οποιουδήποτε εξ' αυτών θα βελτιώσει την συνολική παραγωγικότητα του πλοίου στο λιμάνι<sup>29</sup>.

<sup>29</sup> WMU-IMO, 2013: Training course on Energy Efficient Operation

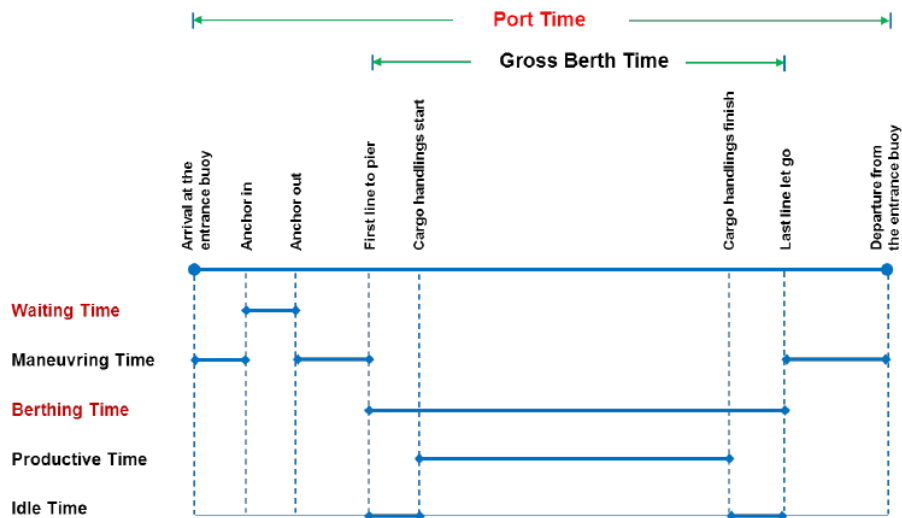


Figure 5.2 Breakdown of ship's time in port

WMU-IMO, 2013: Training course on Energy Efficient Operation

Ένας ταχύτερος χρόνος παράδοσης/μεταστροφής πλοίου στο λιμάνι (port turnaround time) καθιστά δυνατή την μείωση της ταχύτητας του πλοίου στην θάλασσα. Από αυτό μπορούν να ωφεληθούν πλοία με προγραμματισμένες λειτουργίες/δραστηριότητες, όπως ferries και πλοία εμπορευματοκιβωτίων. Ο χρόνος turnaround μπορεί να μειωθεί για παράδειγμα βελτιώνοντας την αποδοτικότητα ελιγμών (manoeuvring) ή ενισχύοντας τις ροές φορτίων με καινοτόμους σχεδιασμούς πλοίων, διατάξεις ράμπας ή ανύψωσης και η ετήσια εξοικονόμηση καυσίμου μπορεί να φτάσει το 10%<sup>30</sup>.

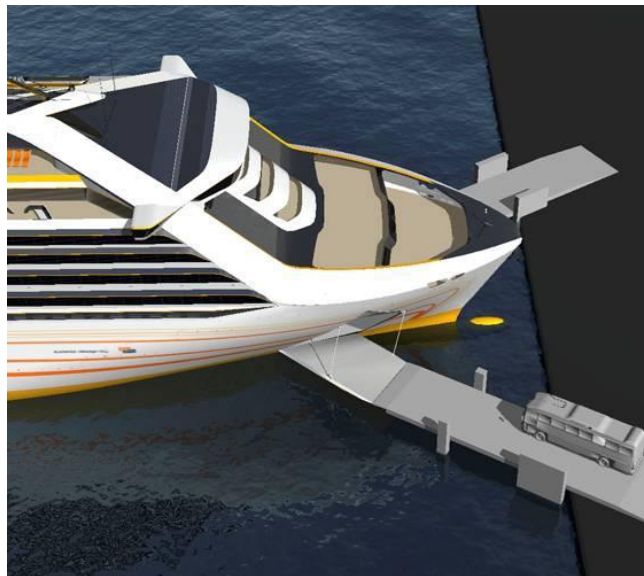


Figure 5.3 Turnaround time in port

<sup>30</sup> Boosting Energy Efficiency, Wärtsilä, 3 February 2009 Energy Efficiency Catalogue / Ship Power R&D

### 5.2.2 JUST IN TIME (JIT) ARRIVAL

Το concept και οι πρακτικές του JIT προέρχονται από την κατασκευαστική βιομηχανία όπου χρησιμοποιείται για να βελτιώσει την απόδοση της δουλειάς μειώνοντας τα επίπεδα αποθεμάτων και τα συσχετιζόμενα με αυτά κόστη<sup>31</sup>. Στην ναυτιλία αναφέρεται στην βελτίωση διαδικασιών για να μειωθεί η αχρείαστη αναμονή και τα αδρανή διαστήματα (idle time) των λειτουργιών του πλοίου.

Ο σκοπός του JIT δεν είναι η δραστική μείωση ταχύτητας (slow steaming) αλλά να χρησιμοποιήσει όλα τα πιθανά μέτρα μέσα στους περιορισμούς ταξιδιού (καιρός, συμβόλαια με charter parties κτλ) ώστε να μειώσει την ταχύτητα του πλοίου και ως εκ τούτου να εξοικονομήσει καύσιμο<sup>32</sup>.

Ο κύριος σκοπός λοιπόν είναι να βεβαιώσει ότι οι λειτουργίες του πλοίου εκτελούνται βάση ενός «προγραμματισμένου και βελτιστοποιημένου δρομολογίου» με ελάχιστες αποκλίσεις. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι τα πλοία δεν πρέπει να φεύγουν καθυστερημένα από τα λιμάνια ή να φθάνουν νωρίτερα σε αυτά από την σχεδιασμένη διαδρομή.

Τα δυνητικά ενεργειακά οφέλη για just-in-time arrival εκτιμώνται από 1-5%. Η υψηλότερη δυνατή ενεργειακή εξοικονόμηση θα αναμενόταν όπου οικονομικοί παράγοντες (κίνητρα από συμφωνητικό συμβόλαιο) ευνοούν αναποτελεσματική λειτουργική άφιξη.

Η ηλεκτρονική πλοήγηση, οι βέλτιστες λειτουργίες χειρισμού φορτίου και τα προγράμματα peak spreading στα λιμάνια και σταθμούς βελτιστοποιούν την διαχείριση πρόσδεσης, μόλων και αγκυροβόλησης. Όταν το χρονοδιάγραμμα για πρόσδεση και διακίνηση εμπορευμάτων στους λιμένες κοινοποιείται εκ των προτέρων, το πλοίο πρέπει να ελέγχει/μειώνει την ταχύτητα πλεύσης για να γλυτώσει χρόνο αναμονής στους λιμένες, εξοικονομώντας έτσι καύσιμα και μειώνοντας τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου<sup>33</sup>.

Βέλτιστες πρακτικές δίνονται στο WMU-IMO, 2013: Training course on Energy Efficient Operation.

### 5.2.3 VIRTUAL ARRIVAL (VA)

Η INTERTANKO μαζί με το OCIMF (Oil Companies International Marine Forum) δημοσίευσαν ένα εγχειρίδιο με τίτλο “Virtual Arrival” το 2010. Είναι μία πολύ καλή πρωτοβουλία για την υπέρβαση ορισμένων εμποδίων του JIT (charter party constraints, weather constraints, route constraint, port constraints) που έχει προταθεί τα τελευταία χρόνια, κυρίως στον τομέα των Tanker, που είναι κι αυτός που μας απασχολεί στην παρούσα διπλωματική. Στοχεύει στην μείωση των χρόνων αναμονής και επίτευξη μεγαλύτερων χρόνων πλεύσης (passage times) , μειώνοντας έτσι την μέση ταχύτητα πλεύσης ταξιδιού του πλοίου.

---

<sup>31</sup> WMU-IMO, 2013: Training course on Energy Efficient Operation

<sup>32</sup> IMO Train the Trainer Course on Energy efficient Ship Operation/M3 From Management to Operation, January 2016

<sup>33</sup> Existing Energy Audit Report παραδοτέο από Ναυτιλιακή Εταιρεία για υπάρχον VLCC Tanker

Είναι γνωστό στον κλάδο ότι δεν είναι αποτελεσματικό για ένα πλοίο να κινείται με πλήρη ταχύτητα σε ένα λιμάνι όπου έχουν ήδη εντοπιστεί και είναι γνωστές καθυστερήσεις στον χειρισμό / μεταφορά φορτίου. Με αμοιβαία συμφωνία να μειωθεί η ταχύτητα για να επιτευχθεί μια συμφωνημένη ώρα άφιξης, το πλοίο μπορεί να αποφύγει να ξοδέψει χρόνο στην αγκυροβόληση, περιμένοντας μια αποβάθρα, χώρους δεξαμενών ή διαθεσιμότητα φορτίου. Έτσι, οι εκπομπές μπορούν να μειωθούν, η συμφόρηση να αποφευχθεί και η ασφάλεια να βελτιωθεί στις περιοχές των λιμένων.

Για να επιτύχει η εικονική άφιξη (VA), είναι αναγκαίο να δημιουργηθεί μια "συμφωνία ή σύμβαση" μεταξύ των μερών που εμπλέκονται σε δραστηριότητες πλοίων (π.χ. χειριστής πλοίου, πλοιοκτήτης, ναυλωτής, λιμάνι κ.λπ.). Η σύμβαση αποσκοπεί στην άρση των φραγμών που υφίστανται επί του παρόντος από τα υπάρχοντα charter parties contracts και να διευκολύνει επίσης την κατανομή ενδεχόμενων εσόδων που προκύπτουν από την εφαρμογή της VA. Η συμφωνία θα επιτρέψει σε όλα τα μέρη να συμφωνήσουν να μειώσουν την ταχύτητα του πλοίου κατά τη διάρκεια του ταξιδιού για να ανταποκριθούν σε μια αναθεωρημένη ώρα άφιξης, όταν υπάρχει καταγεγραμμένη καθυστέρηση στο λιμάνι προορισμού, στην ημερομηνία παράδοσης φορτίου, κλπ. Η μείωση της ταχύτητας θα έχει ως αποτέλεσμα μειωμένη κατανάλωση καυσίμου, μειώνοντας έτσι τα GHG και άλλα καυσαέρια εκπομπών<sup>34</sup>.

Η συμφωνία VA, με την εν δυνάμει μείωση των εκπομπών και κοστών, είναι αμοιβαίου οφέλους για τους πλοιοκτήτες και ναυλωτές. Επιπροσθέτως, ελαχιστοποιώντας τους χρόνους αναμονής των πλοίων, εμφανίζεται μείωση των εκπομπών και βελτίωση της ασφάλειας στις λιμενικές περιοχές.

Το ακόλουθο σχήμα δείχνει τα βήματα που ακολουθούνται όταν συμφωνούνται διαδικασίες VA. Η εφαρμογή αυτών των βημάτων είναι βασική στην επίτευξη των στόχων του VA.

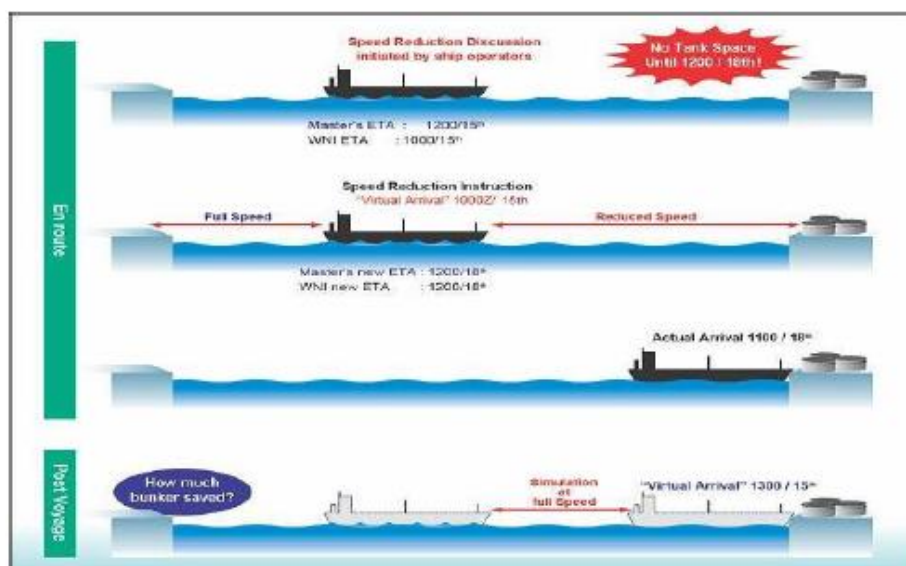


Figure 5.4 Virtual Arrival

<sup>34</sup> WMU-IMO, 2013: Training course on Energy Efficient Operation

Άλλο ένα σχήμα μας δίνει μία σύνοψη της διαδικασίας VA.



Figure 5.5 Virtual Arrival Process



#### 5.2.4 SLOW STEAMING

Η βελτιστοποίηση της ταχύτητας για την απόδοση καυσίμου γενικά σημαίνει ότι λειτουργεί με τη χαμηλότερη ταχύτητα πλοίου που είναι τεχνικά εφικτό. Αυτό αναφέρεται ως "slow steaming".

Ο όρος δηλαδή αυτός αναφέρεται στην πλεύση ενός πλοίου με σημαντικά χαμηλότερη ταχύτητα από την ονομαστική του. Γενικά το slow steaming αναφέρεται στις ταχύτητες πλοίων που επιτυγχάνονται όταν η φόρτιση της κύριας μηχανής είναι μικρότερη από το 60% MCR. Αυτό σημαίνει ότι όταν εμφανίζονται μικρότερα επίπεδα μείωσης ταχύτητας που επιτεύχθηκαν στα πλαίσια διαχείρισης ταξιδιού και των λιμένων δεν εμπίπτουν στην κατηγορία "slow steaming".

Παρά την τεχνικά βελτιστοποιημένη μηχανή, γάστρα και προπέλα για την ονομαστική ταχύτητα του πλοίου, μπορεί εύκολα να δειχθεί ότι, καθώς η ταχύτητα του πλοίου μειώνεται, η αντίσταση του κύτους μειώνεται πιο σημαντικά από το αντίστοιχο αντίκτυπο των διάφορων αποδοτικών τεχνικών πρόωσης, μειώνοντας έτσι την κατανάλωση καυσίμου του πλοίου ανά μεταφερόμενο τόνο-μίλι. Αυτή η σημαντική μείωση των αντιστάσεων καθιστά τη χρήση του slow steaming μία τόσο ελκυστική πρόταση για τη μείωση κατανάλωσης καυσίμου ενός πλοίου. Από αυτή την οπτική γωνία, γενικά όσο χαμηλότερη είναι η ταχύτητα πλοίου, τόσο χαμηλότερη θα είναι η συνολική κατανάλωση καυσίμου πλοίου. Η ελάχιστη ταχύτητα κάτω από την οποία ένα πλοίο θα μπορούσε να λειτουργήσει υπαγορεύεται από την ικανότητα της μηχανής να λειτουργεί σε χαμηλά φορτία. Για την ακεραιότητα του κινητήρα, δεν είναι δυνατόν σε όλες τις περιπτώσεις να μειωθεί σημαντικά η ταχύτητα του πλοίου<sup>35</sup>.

Επιπροσθέτως, το επίπεδο εξοικονόμησης επηρεάζεται από το μέγεθος του πλοίου. Συνήθως τα μεγαλύτερα πλοία καταγράφουν καλύτερες εξοικονομήσεις καυσίμου με το "slow steaming". Αυτό φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, που δίνει μία εκτίμηση του ημερήσιου κόστους καυσίμου για έναν αριθμό διαφόρων μεγεθών πλοίων εμπορευματοκιβωτίων που λειτουργούν σε διαφορετικές ταχύτητες.

---

<sup>35</sup> IMO (TTT) M3 From Management to Operation, January 2016

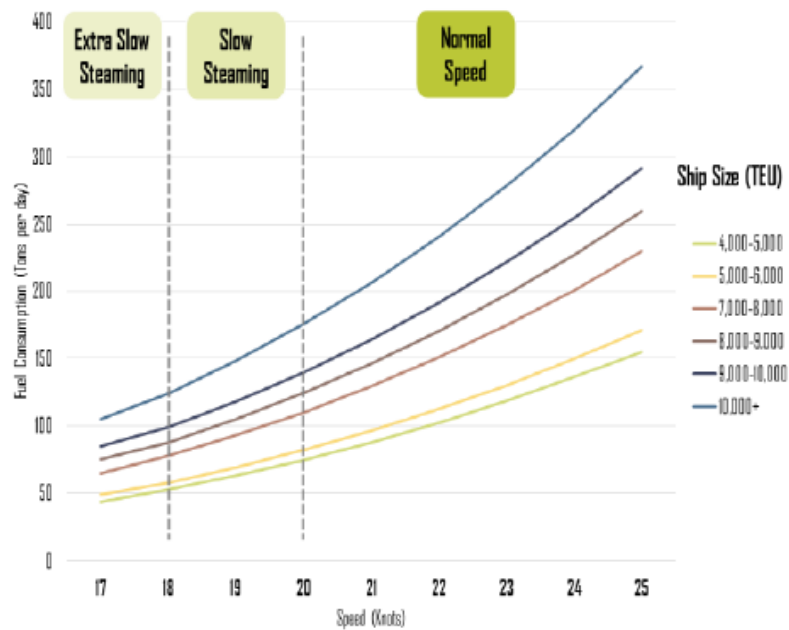


Figure 5.6 Ship Fuel consumption dependence on ship speed

Source: Geography of Transport System, adapted from Notteboom et al (2009)

Σίγουρα λοιπόν όταν ένα πλοίο εφαρμόζει slow steaming, επιτυγχάνει μείωση κατανάλωσης καυσίμου, παρά το γεγονός ότι, η ειδική κατανάλωση καυσίμου (SFOC) της μηχανής θα αυξηθεί όταν ένα πλοίο δεν λειτουργεί πλέον στην ονομαστική του ταχύτητα. Γενικά, το slow steaming όπως προείπαμε αναφέρεται στις ταχύτητες πλοίων που επιτυγχάνονται με φορτίο κινητήρα μικρότερο από 60% MCR. Ωστόσο, το ακόλουθο διάγραμμα παρέχει ακόμα πιο λεπτομερείς ορισμούς και ορολογίες κατάλληλες για αυτό σκοπό<sup>36</sup>.

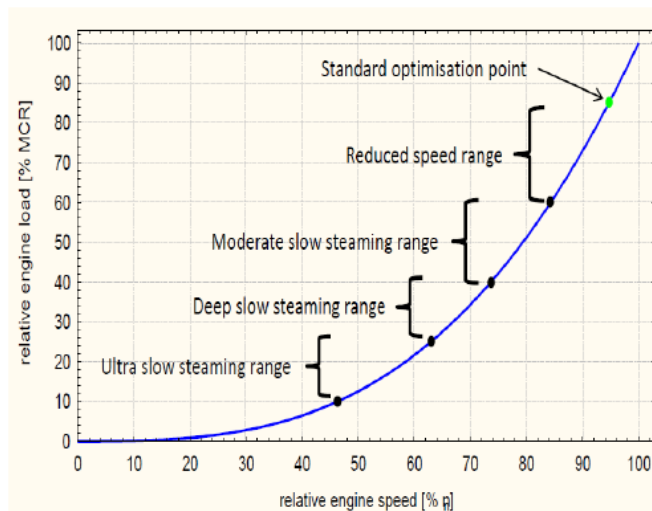


Figure 5.7 Reduced speed range and slow steaming levels

Source: Przemyslaw Kowalaxx

<sup>36</sup> IMO (TTT) M3 From Management to Operation, January 2016

### 5.2.5 WEATHER ROUTING

Weather Routing είναι η χρήση μετεωρολογικών δεδομένων για να βοηθηθεί ο Πλοίαρχος να σχεδιάζει πορεία, ην δυνατόν, έτσι ώστε να εκμεταλλευτεί ευνοϊκό καιρό και να αποφύγει δυσμενείς καιρικές συνθήκες για να αποκτήσει την βέλτιστη επίδοση σε ταχύτητα ή κατανάλωση και να αυξήσει την ασφάλεια του πλοίου.

Έχει μια υψηλή προοπτική για εξοικονόμηση καυσίμου για θαλάσσιες διελεύσεις όπου ο Master έχει επιλογή πολλών διαδρομών να διαλέξει, και συγκεκριμένα στην διάρκεια περιόδων κακών καιρικών συνθηκών όπως χειμώνας στο βορειότερο ημισφαίριο και μουσώνες στον Ινδικό Ωκεανό<sup>37</sup>.

Ο σκοπός του weather routing είναι να βρεθεί η βέλτιστη διαδρομή για μεγάλες αποστάσεις ταξιδιών, όπου η μικρότερη διαδρομή δεν είναι πάντα η γρηγορότερη. Η βασική ιδέα είναι να χρησιμοποιήσουμε ενημερωμένα δεδομένα πρόβλεψης καιρού και να επιλέξουμε τη βέλτιστη διαδρομή μέσω ήρεμων περιοχών ή περιοχές που έχουν τα πιο αθόρυβα κομμάτια. Τα καλύτερα συστήματα λαμβάνουν επίσης υπόψη τα ρεύματα και προσπαθούν να επωφεληθούν από αυτά. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να εισαχθούν στο σύστημα πλοήγησης. Αποτέλεσμα: Συντομότερες διαδρομές, λιγότερα (μέχρι 10% ετήσια) καύσιμα<sup>38</sup>.



Figure 5.8 Weather Routing | Wärtsilä,

### 5.2.6 OPERATIONAL SHIP SPEED REDUCTION

Μειώσεις στην προγραμματισμένη ταχύτητα (π.χ. αποδεχόμενοι μεγαλύτερη ώρα ταξιδιού) θα αυξήσουν την αποδοτικότητα, αλλά θα αυξήσουν και τον απαιτούμενο αριθμό πλοίων. Μειώσεις της προγραμματισμένης ταχύτητας μπορεί να είναι ακριβές, δεδομένου ότι επηρεάζουν άμεσα τον αριθμό των μεταφερόμενων εμπορευμάτων και, συνεπώς, το εισόδημα ενός πλοίου. Υπάρχει, ωστόσο, μία αντιστάθμιση μεταξύ των ναύλων και του κόστους καυσίμων. Όταν τα ναύλα είναι χαμηλά και οι τιμές των καυσίμων είναι υψηλές, μπορεί να είναι επικερδής η μείωση της ταχύτητας.

<sup>37</sup> Existing Energy Audit Report παραδοτέο από Ναυτιλιακή Εταιρεία για υπάρχον VLCC Tanker

<sup>38</sup> Boosting Energy Efficiency, Wärtsilä, 3 February 2009 Energy Efficiency Catalogue / Ship Power R&D

Η μείωση της ταχύτητας του πλοίου είναι αποτελεσματικός τρόπος για να μειώσουμε την κατανάλωση ενέργειας. Πρέπει να σημειωθεί ότι για χαμηλότερες ταχύτητες το ποσό του μεταφερόμενου φορτίου / χρόνο είναι επίσης χαμηλότερο.

Μείωση της ταχύτητας πλοίου έναντι εξοικονόμησης συνολικής κατανάλωσης ενέργειας<sup>39</sup>:

- 0.5 kn -> - 7% ενέργεια
- 1,0 kn -> - 11% ενέργεια
- 2,0 kn -> - 17% ενέργεια
- 3,0 kn -> - 23% ενέργεια

### 5.2.7 AUTOPILOT ADJUSTMENTS

Η κακή ευστάθεια διεύθυνσης (αδυναμία τήρησης σταθερής πορείας) προκαλεί παρεκκλίσεις έτσι αυξάνεται η κατανάλωση καυσίμου. Ο αυτόματος πιλότος έχει μεγάλη επίδραση στην ικανότητα διατήρησης πορείας. Οι καλύτεροι αυτόματοι πιλότοι σήμερα είναι αυτορυθμιζόμενοι, προσαρμόσιμοι αυτόματοι πιλότοι. Βρίσκοντας τις σωστές παραμέτρους του αυτόματου πιλότου που είναι κατάλληλες για την εκάστοτε διαδρομή και λειτουργία θα μειωθεί σημαντικά η χρήση του πηδαλίου και ως εκ τούτου και η οπισθέλκουσα/αντίσταση ρευστού (drag). Εντοπίζοντας τις σωστές παραμέτρους ή αποτρέποντας περιττή χρήση του πηδαλίου δίνει ένα αναμενόμενο όφελος 1-5%

Υπήρξαν μεγάλες βελτιώσεις στις αυτοματοποιημένες τεχνολογίες συστημάτων ελέγχου πηδαλίου και συστήματος διεύθυνσης. Ενώ αρχικά αναπτύχθηκε για να καταστήσει την ομάδα της γέφυρας πιο αποτελεσματική, οι σύγχρονοι αυτόματοι πιλότοι μπορούν να επιτύχουν πολύ περισσότερα.

Σημαντικές οικονομίες καυσίμου μπορούν να επιτευχθούν μειώνοντας απλά την απόσταση που διανύεται “off track”. Η αρχή είναι απλή: έλεγχος πορείας μέσω λιγότερο συχνών και μικρότερων διορθώσεων θα κρατήσει την αντίσταση του πτερυγίου πηδαλίου μικρότερη και θα ελαχιστοποιήσει τις απώλειες λόγω αντίστασης πτερυγίου (π.χ. σταθερό πτερύγιο κι ελάχιστη γωνία πτερυγίου ανάλογα με το βύθισμα, την ταχύτητα και τις καιρικές συνθήκες)<sup>40</sup>.

Μία νέα γενιά αυτόματων πιλότων είναι υπό εξέλιξη που μπορεί να προσαρμόσει αυτόματα τις ενέργειες πηδαλιουχίας βάση των καιρικών συνθηκών και της κατάστασης της θάλασσας. Αυτά τα συστήματα περιλαμβάνουν ειδικές λειτουργίες όπως λειτουργίες “economy” και “precision”. Αν ο αυτόματος πιλότος είναι σε λειτουργία “economy” μειώνει τις κινήσεις πηδαλίου, μειώνοντας το “drag” του πηδαλίου κι αυτό με την σειρά του μειώνει την κατανάλωση καυσίμου. Αν το πλοίο είναι σε απαγορευμένα νερά όπου απαιτείται πολύ

<sup>39</sup> Boosting Energy Efficiency, Wärtsilä, 3 February 2009 Energy Efficiency Catalogue / Ship Power R&D

<sup>40</sup> IMO (TTT) M4 Ship Board Energy Management, January 2016

ακριβής πορεία και θέση, ο αυτόματος πιλότος θα μπει σε λειτουργία “precision” βοηθώντας στην καλύτερη ακρίβεια και εξασφαλίζοντας ασφαλή πλοήγηση<sup>41</sup>.

Με στόχο γενικότερα πάντως την βελτίωση εξοικονόμησης ενέργειας, όσο χρησιμοποιείται η αυτόματη επιλογή προσαρμογής διεύθυνσης (AUTO-ADPT) στην ανοιχτή θάλασσα, θα πρέπει να επιλεγεί η λειτουργία OPEN SEA [OPN], δεδομένου ότι σε αυτή προτιμάται η οικονομική κατάσταση έναντι της ικανότητας διατήρησης πορείας, με την ελάχιστη πηδαλιουχία, ακόμα κι αν επιτρέπονται μικροί ελιγμοί.

Να σημειωθεί ότι οι ρυθμίσεις του AUTO-PILOT πρέπει να προσαρμόζονται λαμβάνοντας υπόψη τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Κατά τις προσεγγίσεις σε λιμένες κ σταθμούς ο AUTO-PILOT δεν μπορεί πάντα να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά, καθώς το πηδάλιο πρέπει να ανταποκρίνεται γρήγορα σε εντολές.

### 5.3 OPTIMIZED SHIP HANDLING

Χωρίζουμε τον βέλτιστο χειρισμό πλοίου σε δύο υποκατηγορίες, την βελτιστοποίηση της διαγωγής και την βελτιστοποίηση του έρματος.

#### 5.3.1 OPTIMUM TRIM (TRIM OPTIMIZATION)

Η βέλτιστη διαγωγή μπορεί συχνά να είναι μέχρι και 15-20% χαμηλότερη από την χειρότερη κατάσταση διαγωγής στο ίδιο βύθισμα και ταχύτητα. Καθώς η βέλτιστη διαγωγή εξαρτάται από την μορφή της γάστρας και για κάθε μορφή εξαρτάται από την ταχύτητα και το βύθισμα, δεν μπορούν να εξαχθούν γενικά συμπεράσματα. Παρ’ όλα αυτά καταγράφοντας την απαιτούμενη ισχύ σε διάφορες συνθήκες μέσα σε μία μακρά χρονική περίοδο, είναι πιθανό να βρούμε την βέλτιστη διαγωγή για κάθε βύθισμα και ταχύτητα με εξοικονομήσεις καυσίμου έως 5% ετήσια. Μπορεί εναλλακτικά να καθοριστεί σχετικά γρήγορα με την χρήση CFD (Computational Fluid Dynamics) ή με τεστ μοντελοποίησης. Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι η διόρθωση/ρύθμιση της διαγωγής λαμβάνοντας έρμα θα οδηγήσει σε υψηλότερη κατανάλωση (αυξημένο εκτόπισμα). Εάν είναι εφικτό, η βέλτιστη διαγωγή πρέπει να επιτυγχάνεται επανατοποθετώντας το φορτίο ή αναδιατάσσοντας τις δεξαμενές καυσίμων<sup>42</sup>.

Τα περισσότερα πλοία είναι σχεδιασμένα για να μεταφέρουν μια καθορισμένη ποσότητα φορτίου σε μια ορισμένη ταχύτητα με ορισμένη κατανάλωση καυσίμου. Αυτό προϋποθέτει την ρύθμιση διαγωγής. Φορτωμένος ή χωρίς φορτίο, η διαγωγή έχει σημαντική επίδραση στην αντίσταση του πλοίου μέσα από το νερό και η βελτιστοποίηση της διαγωγής μπορεί να προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση καυσίμων. Για οποιαδήποτε περίπτωση υπάρχει μια κατάσταση διαγωγής που δίνει την ελάχιστη αντίσταση. Σε ορισμένα πλοία, είναι δυνατόν να εκτιμηθεί η βέλτιστη διαγωγή για μέγιστη αποδοτικότητα των καυσίμων καθ’ όλη την

---

<sup>41</sup> IMO (TTT) M3 From Management to Operation, January 2016

<sup>42</sup> Boosting Energy Efficiency, Wärtsilä, 3 February 2009 Energy Efficiency Catalogue / Ship Power R&D

διάρκεια του ταξιδιού. Σχεδιασμός ή ασφάλεια είναι παράγοντες που μπορεί να εμποδίσουν την πλήρη χρήση για τη βελτιστοποίηση της διαγωγής<sup>43</sup>.

Το ακόλουθο σχήμα δείχνει δύο παραδείγματα εκτιμώμενων εξοικονομήσεων όταν χρησιμοποιείται ένα software βελτιστοποίησης διαγωγής

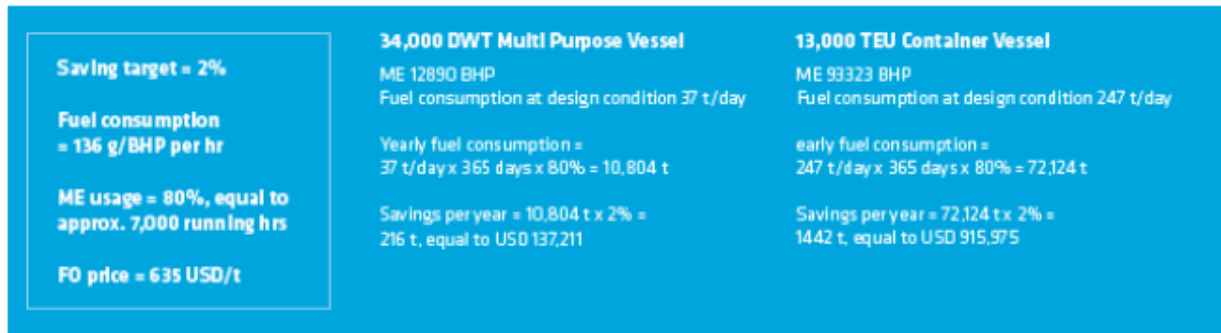


Figure 5.9 Fuel saving example due to trim optimisation

Source: Minding the fuel efficiency gap, Marine power and propulsion supplement 2012, RINA publication, page 8

Η Trim μπορεί να βελτιστοποιηθεί με ταξίδι υπό έρμα βασισμένο σε καταγεγραμμένες επιδόσεις για να επιτευχθεί μέγιστη απόδοση. Το καλύτερο trim του ταξιδιού υπό έρμα πρέπει να τεσταριστεί και συγκριθεί με άλλες καταστάσεις έρματος. Η ταχύτητα βελτιστοποιείται πρακτικά, διατηρώντας την πιο οικονομική ως προς το καύσιμο, για να ελαχιστοποιηθεί η συνολική κατανάλωση του ταξιδιού. Η Trim πρέπει να ρυθμίζεται εν πλω με βάση τις συνθήκες πλεύσης χρησιμοποιώντας GPS παρακολούθησης ταχύτητας για να λάβουμε την βέλτιστη ταχύτητα στην αντίστοιχη ισχύ εξόδου μηχανής. Αυτό θα βοηθήσει επίσης στην επίτευξη του βέλτιστου επιπέδου βύθισης της προπέλας<sup>44</sup>.

### 5.3.2 OPTIMUM BALLAST (BALLAST OPTIMIZATION)

Τα πλοία συνήθως μεταφέρουν έρμα για να διασφαλίσουν την σταθερότητα και ασφάλεια του πλοίου. Το έρμα πρέπει να προσαρμόζεται ανάλογα, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις για την επίτευξη της βέλτιστης διαγωγής και σταθερότητας του πλοίου και τις συνθήκες του συστήματος διεύθυνσης. Αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα την μεταφορά πολύ νερού έρματος συνέχεια. Κάτι τέτοιο αυξάνει άσκοπα το εκτόπισμα του πλοίου, το οποίο άμεσα αυξάνει την κατανάλωση καυσίμου. Υπάρχει μία έλπιση κατάσταση έρματος που πρέπει να επιτευχθεί μέσω καλού προγραμματισμού φορτίου αλλά και ταξιδιού. Για αυτό η βελτιστοποίηση του έρματος για ενεργειακή αποδοτικότητα μέσα στο πλαίσιο σταθερότητας πλοίου, ασφάλειας, καλής πηδαλιουχίας και βέλτιστης διαγωγής, μπορεί να εκληφθεί ως μέτρο βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης.

Βέλτιστες συνθήκες έρματος λοιπόν επιτυγχάνονται μέσω του καλού προγραμματισμού του φορτίου. Κατά τον προσδιορισμό των βέλτιστων συνθηκών έρματος, οι διαχειριστικές

<sup>43</sup> IMO (TTT) M4 Ship Board Energy Management, January 2016

<sup>44</sup> Existing Energy Audit Report παραδοτέο από Ναυτιλιακή Εταιρεία για υπάρχον VLCC Tanker

ρυθμίσεις που προβλέπονται στο σχέδιο διαχείρισης έρματος του πλοίου παρατηρούνται για το συγκεκριμένο πλοίο. Η κατάσταση έρματος ενός πλοίου έχει σημαντικό αντίκτυπο στις συνθήκες του συστήματος διεύθυνσης και στις ρυθμίσεις του αυτόματου πιλότου. Πρέπει να σημειωθεί πάλι ότι λιγότερο νερό έρματος δεν σημαίνει κατ’ ανάγκη και υψηλότερη αποδοτικότητα. Η επιλογή της προπέλας είναι κανονικά καθορισμένη κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή ενός πλοίου για όλη του την ζωή, αλλά οι νέες εξελίξεις στο σχεδιασμό προπέλας έχουν καταστήσει δυνατό τον εξοπλισμό με μεταγενέστερα σχέδια που προσφέρουν μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου. Χωρίς βέβαια αυτό να σημαίνει ότι θα είναι αποτελεσματικά και μπορεί ακόμα να αυξήσουν την κατανάλωση του καυσίμου. Βελτιώσεις για να την εισροή νερού στην προπέλα χρησιμοποιώντας διατάξεις όπως πτερύγια ή / και ακροφύσια θα μπορούσαν αυξήσουν την αποτελεσματικότητα της ισχύς πρόωσης και συνεπώς την μείωση της κατανάλωσης των καυσίμων.

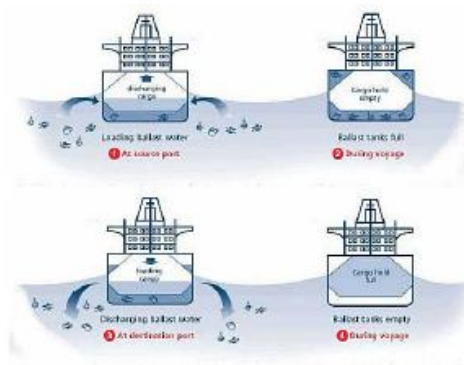


Figure 5.10 Transfer of bio-species due to ballast operations

<http://www.thelivingocean.net/2012/08/ballast-water-blues.html>

Η ελαχιστοποίηση της χρήσης του έρματος ( και άλλου περιπτώ βάρους ) τελικά οδηγεί σε ελαφρύτερο εκτόπισμα και επομένως χαμηλότερη αντίσταση. Η αντίσταση είναι λίγο πολύ άμεσα ανάλογη προς εκτόπισμα του πλοίου . Ωστόσο πρέπει να έχουμε αρκετό έρμα ώστε να βυθίσουμε την έλικα στο νερό και να έχουμε επαρκή ευστάθεια (ασφάλεια ). Για παράδειγμα αφαίρεση 3000 ton μόνιμου έρματος από ένα ΡСТC και αντ 'αυτού επιτυγχάνοντας ίδια ευστάθεια με την αύξηση της ακτίνας κατά 0,25 m , θα μειώσει τη ζήτηση ισχύος πρόωσης κατά 8,5 % και οι ετήσιες εξοικονομήσεις καυσίμου φθάνουν 7%



Figure 5.11 Ballast Water

[www.ukpandi.com](http://www.ukpandi.com)

#### 5.4 OPTIMIZED PROPULSION AND HULL CONDITION

Η διατήρηση της προπέλας και του κύτους/γάστρας σε καλή κατάσταση, ήτοι συχνός καθαρισμός και κατάλληλη επικάλυψη με χρώματα και προστατευτικά, είναι βαρύνουσας σημασίας για τα πλοία και συνεισφέρει αρκετά και αδιαμφισβήτητα στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης.

##### 5.4.1 PROPELLER SURFACE FINISH/POLISHING (PROPELLER CLEANING)

Η τακτική στίλβωση της έλικας/προπέλας μειώνει την τραχύτητα της επιφάνειας που προκαλείται από την οργανική ανάπτυξη και τη ρύπανση. Η διαδικασία στίλβωσης μπορεί να ενσωματωθεί με το χρόνο που δαπανάται στο λιμάνι προσεγγίσεως / αναμονής για αγκυροβόλιο, εξασφαλίζοντας έτσι ότι δεν υπάρχει απώλεια λειτουργικού χρόνου λόγω της συντήρησης (χρησιμοποιώντας δύτες)<sup>45</sup>.

Ο καθαρισμός και η στίλβωση της προπέλας ή ακόμα και η κατάλληλη επικάλυψη (coating) μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την απόδοση καυσίμου (έως και 10% ετήσια εξοικονόμηση καυσίμου σε σχέση με ακάθαρτη προπέλα). Η ανάγκη για τα πλοία να διατηρήσουν την αποδοτικότητά τους μέσω του εντός νερού καθαρισμού προπέλας θα έπρεπε να αναγνωριστεί και διευκολυνθεί από τα λιμάνια των κρατών.



Figure 5.12 Propeller Cleaning/Polishing

Source: Wärtsilä

##### 5.4.2 HULL MAINTENANCE

Η ανάπτυξη οργανισμών στα ύφαλα (fouling) συμβαίνει πάντα στα πλοία. Ο ρυθμός ρύπανσης της γάστρας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η ποιότητα της βαφής, η ταχύτητα επισκευής πλοίων, οι περίοδοι αδράνειας / αναμονής και η γεωγραφική περιοχή λειτουργίας του πλοίου. Η αντοχή της γάστρας μπορεί να βελτιστοποιηθεί με νέα προηγμένα συστήματα επικάλυψης (βαφής), πιθανώς σε συνδυασμό με τον καθαρισμό της γάστρας σε ορισμένα χρονικά διαστήματα. Συνιστάται τακτική επιθεώρηση μέσα στο νερό

---

<sup>45</sup> Existing Energy Audit Report παραδοτέο από Ναυτιλιακή Εταιρεία για υπάρχον VLCC Tanker



της κατάστασης της γάστρας. Μπορεί να εξεταστεί επίσης το ενδεχόμενο έγκαιρης πλήρους αφαίρεσης και αντικατάστασης των συστημάτων υποβρύχιας βαφής για να αποφευχθεί η αυξημένη τραχύτητα του κύτους που προκαλείται από επαναλαμβανόμενους καθαρισμούς με ριπές νερού (blasting) και επισκευές σε πολλαπλούς δεξαμενισμούς<sup>46</sup>.

Η αντίσταση πλοίου βελτιώνεται διατηρώντας την γάστρα καθαρή. Ο καθαρισμός γάστρας είναι ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος να μειωθεί η αντίσταση της γάστρας και να βελτιώσουμε την συνολική αποδοτικότητα.

Μία εύκολα υπολογίσιμη ένδειξη της απόδοσης της γάστρας είναι ο λόγος ολίσθησης, δηλ η διαφορά της ιδανικής ταχύτητας προπέλας μείον την ταχύτητα του πλοίου διά την ιδανική ταχύτητα της προπέλας.

#### ❖ *Hull cleaning*

Η άλγη που αναπτύσσεται στην γάστρα/κουφάρι αυξάνει την αντίσταση του πλοίου. Ο συχνός καθαρισμός της γάστρας μπορεί να μειώσει την αντίσταση ρευστού (drag) και να ελαχιστοποιήσει την συνολική κατανάλωση καυσίμου.

Η εξοικονόμηση στην κατανάλωση καυσίμου που επιτυγχάνεται είναι<sup>47</sup>:

Tanker: ~ 3% , Container: ~ 2% , PCTC: ~ 2% , Ferry: ~ 2% , OSV: ~ 0.6%



Figure 5.13 Hull fouling / cleaning

Source: Google images

---

<sup>46</sup> IMO (TTT) M4 Ship Board Energy Management, January 2016

<sup>47</sup> Boosting Energy Efficiency, Wärtsilä, 3 February 2009 Energy Efficiency Catalogue / Ship Power R&D

❖ *Hull surface – hull coating*

Οι σύγχρονες επικαλύψεις έχουν πιο λεία και σκληρή επιφάνεια φινιρίσματος, με αποτέλεσμα μειωμένη τριβή. Δεδομένου ότι γενικά το 50 με 80% της αντίστασης είναι τριβή, καλύτερες επικαλύψεις μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα χαμηλότερη συνολική αντίσταση. Μία σύγχρονη επικάλυψη μπορεί επίσης να οδηγήσει σε λιγότερες ακαθαρσίες (ζώντες οργανισμοί στα ύφαλα του πλοίου), οπότε και σε συνδυασμό με μία σκληρή επιφάνεια το όφελος είναι ακόμα μεγαλύτερο σε σύγκριση με παλαιότερες βαφές<sup>48</sup>.

Εξοικονόμηση στην κατανάλωση καυσίμου μετά από 48 μήνες σε σύγκριση με μία συμβατική επικάλυψη γάστρας<sup>49</sup>:

Tanker: ~ 9% , Container: ~ 9% , PCTC: ~ 5% , Ferry: ~ 3% , OSV: ~ 0.6%

### 5.5 MAIN ENGINE MAINTENANCE-TUNING

Οι πετρελαιοκινητήρες θαλάσσης έχουν πολύ υψηλή θερμική απόδοση (~ 50%). Αυτή είναι η πλέον αποτελεσματική σήμερα διαθέσιμη στην αγορά και είναι ο κύριος λόγος για τον οποίο οι πετρελαιοκινητήρες είναι ασυναγώνιστοι στη ναυτιλία. Η υψηλή απόδοση οφείλεται στη συστηματική ελαχιστοποίηση της θερμότητας και της μηχανικής απώλειας τέτοιων κινητήρων και στις βελτιωμένες παραμέτρους απόδοσης που έχουν πραγματοποιηθεί εδώ και πολλές δεκαετίες. Συγκεκριμένα, η νέα γενιά ηλεκτρονικά ελεγχόμενων κινητήρων μπορεί να προσφέρει οφέλη απόδοσης με ευρύτερη ευελιξία, όπως για παράδειγμα για slow steaming. Για να διατηρηθούν αυτές οι μηχανές σε άριστη κατάσταση και απόδοση, πρέπει να υποβάλλονται συνεχώς σε κατάσταση συντήρησης εν πλω και παρακολούθησης απόδοσης. Η συντήρηση σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή στο προγραμματισμένο πρόγραμμα συντήρησης της εταιρείας θα διατηρήσει επίσης την αποτελεσματικότητα. Η παρακολούθηση της κατάστασης της μηχανής μπορεί να είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για τη διατήρηση υψηλής απόδοσης<sup>50</sup>.

Ταυτόχρονα ένα βήμα παραπέρα, δεδομένης της σωστής και τακτικής συντήρησης, είναι η σωστή και βέλτιστη ρύθμιση (tuning) της μηχανής. Για να γίνει αυτό, μπορεί να χρειαστούν τροποποιήσεις κι αλλαγές στους χρόνους έγχυσης (injection timing) ή στα έκκεντρα και τον εκκεντροφόρο, με στόχο να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία της μηχανής για τις πιο συνήθεις συνθήκες (εύρη) φόρτισης, τα οποία πρωτίτερα έχουν εντοπιστεί καταγραφεί. Η μείωση συνολικής κατανάλωσης καυσίμου φτάνει το 1% και η απόσβεση είναι άμεση για όποια κόστη ανακύψουν στην εφαρμογή του.

Παρακάτω βλέπουμε την SFC συναρτήσεως του συντελεστή φόρτισης, καθώς η απόδοση μίας μηχανής diesel εξαρτάται άμεσα από αυτόν.

---

<sup>48</sup> [www.AkzoNobel.com](http://www.AkzoNobel.com)

<sup>49</sup> Boosting Energy Efficiency, Wärtsilä, 3 February 2009 Energy Efficiency Catalogue / Ship Power R&D

<sup>50</sup> IMO (TTT) M4 Ship Board Energy Management, January 2016

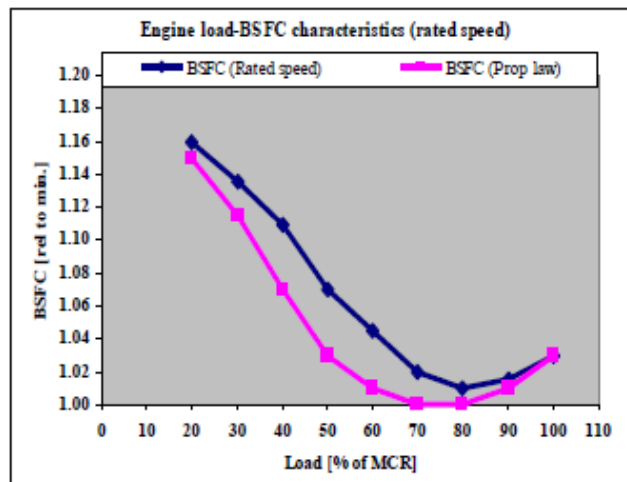


Figure 5.14 Engine SFC as a function of load factor

WMU-IMO, 2013: Training course on Energy Efficient Operation

Η καμπύλη της σταθερής ταχύτητας λειτουργίας αναπαριστά μηχανές παραγωγής ισχύος (βοηθητικές μηχανές) και η καμπύλη για την προπέλα δείχνει την κύρια μηχανή.

## 5.6 OPTIMISED AUXILIARY MACHINERY

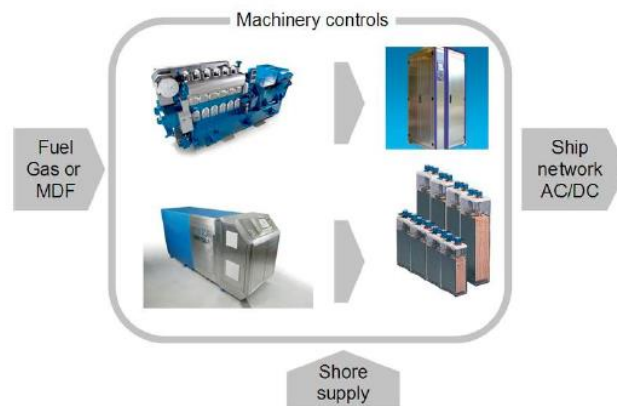


Figure 5.15 Auxiliary Machinery

Source: Wärtsilä

Υπάρχουν πολλά στοιχεία που δείχνουν ότι η διαχείριση φορτίου για τις βοηθητικές μηχανές είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου καθώς και του κόστους συντήρησής τους. Κάθε πλοίο διαθέτει συνήθως τρεις ή περισσότερες βοηθητικές μηχανές, καθεμία από τις οποίες συνδέεται με μία ηλεκτρική γεννήτρια. Η μηχανή και η γεννήτρια ως συνδυασμένο σύστημα αναφέρονται κανονικά ως ντίζελ-γεννήτρια (DG).

Επί των πλοίων, προκειμένου να διασφαλιστεί η λειτουργία σε περίπτωση “black out”, δύο DGs λειτουργούν για μεγάλες περιόδους με συντελεστή φορτίου μικρότερο από 50%. Οι περίοδοι για τις οποίες διατηρούνται αυτές οι συνθήκες μπορούν να περιλαμβάνουν όλα τα λιμάνια εκφόρτωσης,

τις περιόδους αναμονής, τις περιόδους καθαρισμού των δεξαμενών, την κυκλοφορία σε περιορισμένα ύδατα και τις περιόδους ανταλλαγής έρματος<sup>51</sup>.

Αυτό συχνά οδηγεί σε περιπτή ταυτόχρονη χρήση πολλών μηχανών, σε χαμηλούς συντελεστές φορτίου και πέρα από τις απαιτήσεις. Ως αποτέλεσμα, ο χαμηλός συντελεστής φορτίου οδηγεί σε χαμηλή επίδοση ενεργειακής απόδοσης. Επιπλέον, η λειτουργία των κινητήρων ντίζελ σε χαμηλές φορτίσεις προκαλεί κακή απόδοση δακτυλίου εμβόλου και υπερσυμπιεστή, χαμηλή SFC, αυξημένες θερμικές καταπονήσεις και αυξημένη συγκεκριμένη κατανάλωση λιπαντικού. Εν ολίγοις, οδηγεί σε αυξημένη συντήρηση και υψηλότερη κατανάλωση καυσίμου.

Υπάρχει ένας αριθμός περισσευόντων μηχανημάτων επί των πλοίων. Αυτό επιτρέπει στο πλοίο να συνεχίσει να λειτουργεί όταν κάποιο παθαίνει βλάβη. Επίσης, σε ορισμένες ειδικές συνθήκες λειτουργίας, η χρήση περισσότερων του ενός μηχανημάτων είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί η ασφαλής λειτουργία. Στην πράξη, τα πλεονάζοντα μηχανήματα συνήθως χρησιμοποιούνται περισσότερο απ' ότι είναι απαραίτητο και ειδικά ανεμιστήρες και αντλίες. Οποιαδήποτε μείωση στην χρήση τέτοιου εξοπλισμού μπορεί να οδηγήσει σε ενεργειακή αποδοτικότητα. Ο κατάλληλος προγραμματισμός της χρήσης των μηχανημάτων βάση της εκάστοτε συνθήκης λειτουργίας βοηθάει στην επίτευξη του παραπάνω. Για παράδειγμα, όταν ένα πλοίο είναι στο λιμάνι, ο προγραμματισμός θα προβλέπει να σβήσουν ένας ή δύο ανεμιστήρες εξαερισμού μηχανοστασίου, καθώς η κύρια μηχανή δεν είναι σε λειτουργία<sup>52</sup>.

Για να εξασφαλιστεί η ασφαλής λειτουργία, όλα αυτά τα στοιχεία πρέπει να σχεδιάζονται και να εκτελούνται εκ των προτέρων. Χωρίς καθημερινό προγραμματισμό και την καθιέρωση σχετικών διαδικασιών, δεν μπορεί να επιτευχθεί η μείωση κατανάλωσης ενέργειας. Ο συντονισμός μεταξύ των τμημάτων καταστρώματος και μηχανοστασίου είναι υψίστης σημασίας για μια αποτελεσματική και ταυτόχρονα ασφαλή δράση για την αποφυγή παρεξηγήσεων ή απροσδόκων συνεπειών.

## 5.7 FUEL MANAGEMENT

Η ναυτιλία χρησιμοποιεί κανονικά το βαρύ καύσιμο (HFO) που είναι κατώτερης ποιότητας στα καύσιμα πλοίων και μπορεί να είναι κακής ποιότητας, εάν δεν ασκείται φροντίδα κατά τη διάρκεια της προμήθειας και της χρήσης. Ο έλεγχος της ποιότητας και της ποσότητας των αγορασθέντων καυσίμων καθώς και η επεξεργασία καυσίμων επί του πλοίου μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη για τη διασφάλιση της βλάβης του μηχανήματος αλλά και της ενεργειακής απόδοσης.

Η ποιότητα των καυσίμων έχει σημαντικό αντίκτυπο στην αξιοπιστία και απόδοση των μηχανών και των λεβήτων. Όταν παραγγέλλεται καύσιμο, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του, όπως η διαβάθμιση (grade), οι προδιαγραφές, η θερμογόνος αξία και η καταλληλότητά του για μηχανές και λέβητες. Είναι γνωστό ότι τα καύσιμα υψηλότερης πυκνότητας και υψηλότερης περιεκτικότητας σε νερό και θείο έχουν όλα μειωμένη θερμοδική αξία που αντιπροσωπεύει το περιεχόμενο ενέργειας του καυσίμου. Επίσης, το υψηλό θείο συμβάλλει σε ανεπιθύμητες ατμοσφαιρικές εκπομπές SO<sub>x</sub> και η υψηλή συγκέντρωση επικαθίσεων μετάλλων θέτει σε κίνδυνο τις μηχανές και τους λέβητες<sup>53</sup>.

Τα όρια για την παράμετρο ποιότητας καυσίμου όπως ορίζονται στο διεθνές πρότυπο θαλάσσιων καυσίμων, ISO 8217, βασίζονται στην κατανόηση ότι το καύσιμο θα υποστεί επεξεργασία στο

---

<sup>51</sup> IMO (TTT) M4 Ship Board Energy Management, January 2016

<sup>52</sup> ABS Ship Energy Efficiency Measures Advisory

<sup>53</sup> IMO (TTT) M4 Ship Board Energy Management, January 2016

πλοίο για να πληροί συγκεκριμένες απαιτήσεις για τα στοιχεία των κινητήρων και των λεβήτων που τοποθετούνται επί του σκάφους . Επομένως, τα συστήματα επεξεργασίας στο πλοίο είναι ζωτικής σημασίας για να διασφαλιστεί ότι το καύσιμο καθαρίζεται αποτελεσματικά, έτσι ώστε να συμμορφώνεται με τις απαιτούμενες προδιαγραφές του σχετικού συστήματος καύσης.

Σε περίπτωση που για οποιοδήποτε λόγο η ανάμιξη καυσίμων είναι αναπόφευκτη, τότε αυτό πρέπει να γίνει αφού εκτελέσουμε το τεστ αναμιξιμότητας των καυσίμων το οποίο θα μας υποδείξει την σταθερότητά τους μετά την μίξη. Ιδανικά, ένα τέτοιο τεστ πρέπει να εκτελεστεί σε συνθήκες εργαστηρίου αλλά μπορεί και να γίνει επί του πλοίου όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.

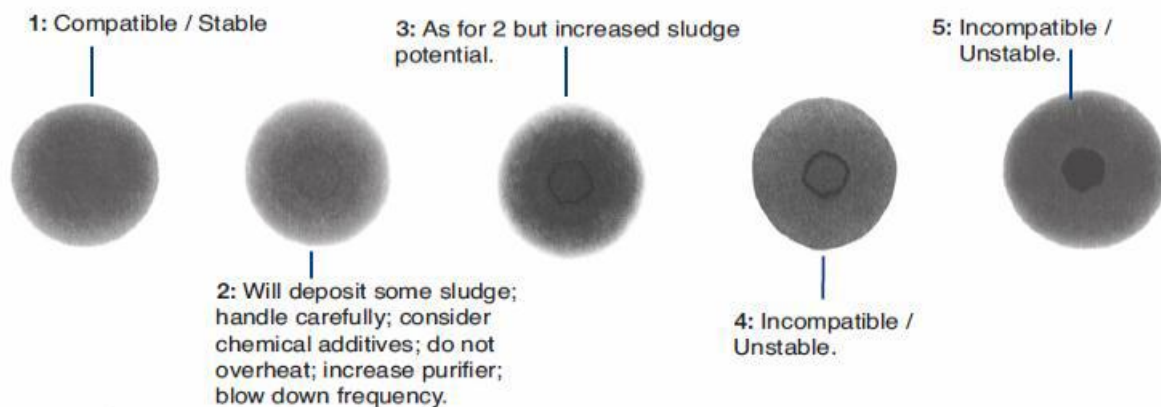


Figure 5.16 Compatibility test procedure

Source: ExxonMobil

## 5.8 TECHNICAL UPGRADES AND RETROFITS

Ένας αξιοσημείωτος αριθμός συσκευών έχει εφευρεθεί για την βελτίωση της κατανάλωσης ενέργειας πλοίων, ανακτώντας όσο το δυνατόν περισσότερη από αυτή την περιστροφική ενέργεια στην ροή από την προπέλα, ή παρέχοντας κάποια ενίσχυση της προ-περιστροφής εισροής στην προπέλα.

Η επιλογή της έλικας (προπέλας) συνήθως καθορίζεται στο στάδιο σχεδιασμού και κατασκευής ενός πλοίου, αλλά οι νέες εξελίξεις στον σχεδιασμό της έλικας επέτρεψαν την μετασκευή (retrofitting) μεταγενέστερων σχεδίων για την επίτευξη μεγαλύτερης απόδοσης καυσίμου. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι αυτές οι αλλαγές θα πρέπει να αποφασιστούν εξετάζοντας το πλοίο στο σύνολό του από υδροδυναμική οπτική γωνία, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα στοιχεία του κύκλου λειτουργίας ενός πλοίου. Επιπλέον, οι βελτιώσεις στην εισροή νερού στην προπέλα χρησιμοποιώντας διατάξεις όπως πτερύγια ευστάθειας (fins) και / ή ακροφύσια (nozzles) θα μπορούσαν να αυξήσουν την απόδοση της ισχύος πρόωσης και κατά συνέπεια να μειώσουν την κατανάλωση καυσίμου<sup>54</sup>.

<sup>54</sup> IMO (TTT) M4 Ship Board Energy Management, January 2016

### 5.8.1 OPTIMUM PROPELLER AND PROPELLER INFLOW CONSIDERATIONS

Εδώ θα δούμε διάφορες επιλογές για την βελτιστοποίηση ουσιαστικά της λειτουργίας της προπέλας, πολλές από τις οποίες ήδη βρίσκουν εφαρμογή και παρέχουν θετικά αποτελέσματα.

#### 5.8.1.1 Συσκευές πριν από την προπέλα

##### ❖ *Mewis Duct*

Ο Mewis Duct και άλλες παρεμφερείς συσκευές σχεδιάζονται για εγκατάσταση μπροστά από την προπέλα ως προσαρτήματα. Έχουν επιτυχώς ενσωματωθεί για τα μεγαλύτερης κλίμακας εμπορικά πλοία. Από το 2010 που παρουσιάστηκε στην αγορά, έχει λάβει μεγάλη αποδοχή και χρησιμοποιείται κυρίως σε tankers και πλοία με υψηλό συντελεστή γάστρας, ενώ εκτιμάται ότι το επίπεδο εξοικονόμησης ενέργειας που προσφέρει φτάνει έως και 8%<sup>55</sup>



Figure 5.17 Mewis Duct

Source: Becker Marine System

##### ❖ *Wake-equalizing duct*

Ο «εξισορροπητής απόνερων» αποτελείται από ένα σχήματος μισοφέγγαρου αγωγό με τμήματα λεπτών πτερύγιων σταθερότητας (foil-type) προσαρμοσμένο σε κάθε πλευρά μετά το κύτος και μπροστά από την προπέλα, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί και επιταχύνει την ροή προς την προπέλα δημιουργώντας πιο ομοιογενές πεδίο/δίνη απόνερων<sup>56</sup>. Προσαρμόζεται ιδανικά σε πλοία με «full hull forms» (όπως tankers) και πλοία εμπορευματοκιβωτίων που λειτουργούν σε χαμηλότερες ταχύτητες (μικρότερες των 19 κόμβων).

<sup>55</sup> IMO (TTT) M4 Ship Board Energy Management, January 2016

<sup>56</sup> ABS Ship Energy Efficiency Measures Advisory



Figure 5.18 Typical wake equalising duct

Source: Scheneekluth

❖ *Pre-swirl stator*

Στάτες που βρίσκονται στο μπροστά μέρος της προπέλας και λειτουργούν ως πτερύγια-οδηγοί για την ροή προς την προπέλα. Σκοπός τους είναι η εξάλειψη ή μείωση την διασταυρούμενων ροών (cross-flow) οι οποίες εμφανίζονται σε πλοία με βολβοειδή πρύμνη και full hull forms που λειτουργούν σε σχετικά χαμηλή ταχύτητα. Οπότε το όφελος (και η αντιμετώπιση των δινών αυτών) είναι κι εδώ μεγαλύτερο για tankers και bulk carriers.



Figure 5.19 Pre-swirl stators

Source: Fathom

Source: DSME system [SPPA]

Ένα όφελος τάξεως 4% σε ισχύ πρόωσης μπορεί να επιτευχθεί με κατάλληλη ρύθμιση της γωνίας/κλίσης της λεπίδας/πτερυγίου του στάτη.

Η πρώτη του εγκατάσταση σε ένα 320.000 DWT VLCC είχε ως αποτέλεσμα μία μείωση 4% στην κατανάλωση καυσίμου<sup>57</sup>.

#### 5.8.1.2 Συσσκευές μετά την προπέλα

Η λειτουργία της προπέλας περιλαμβάνει απώλειες ροής που εμφανίζονται στο πίσω μέρος της προπέλας με μορφή αξονικών και περιστροφικών ροών και καταλήγουν στην λεγόμενη ολίσθηση ρεύματος (slipstream) με περιστροφή της προπέλας υπό την επήρεια δίνης ρεύματος.

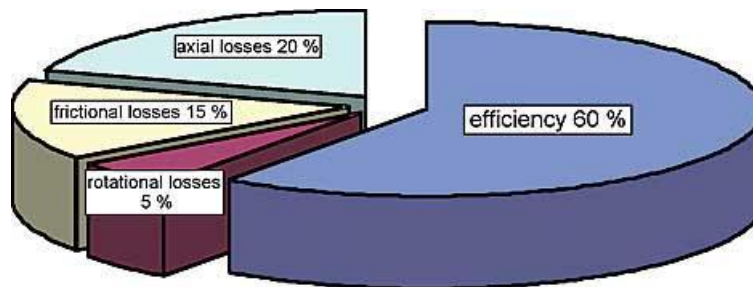


Figure 5.20 Typical propeller efficiency and losses

Source: IMO (TTT) M4 Ship Board Energy Management, January 2016

Υπάρχουν συσκευές που μπορούν να τοποθετηθούν μετά την προπέλα στην πρύμνη για να ανακτήσουν κάποια από την απολεσθείσα ενέργεια κι έτσι να αυξήσουν την συνολική απόδοση της προπέλας. Είναι επίσης κοστολογικά αποτελεσματικές λύσεις αφού αποτελούν μετασκευές (δεδομένου ότι εγκαθίστανται σωστά) με μικρή περίοδο απόσβεσης/αποπληρωμής. Ακολουθούν οι κυριότερες.

#### ❖ *Propeller Boss Cap Fin (PBCF)*

Εγκατάσταση πτερυγίων ευστάθειας για αντιμετώπιση στροβιλισμών/δινών πλήμνης κι αποφυγή ενεργειακών απωλειών. Τα πτερύγια ευστάθειας προπέλας (PBCF) είναι μικρά πτερύγια που προσαρμόζονται στην προπέλα και βοηθούν το πλοίο να μειώσει τις περιστροφές του γύρω από τον διαμήκη άξονά του, ανακτώντας χαμένη περιστροφική ενέργεια<sup>58</sup>.

Αποτελείται από μικρά πτερύγια προσαρμοσμένα στο πίσω σώμα της προπέλας και υπάρχουν χιλιάδες εγκατεστημένα σε πλοία παγκοσμίως καθώς αναπτύχθηκε και κατασκευάστηκε στα τέλη των 80s. Είναι εύκολη και χαμηλού κόστους η προσθήκη του σε υπάρχον πλοίο με εγκατάσταση που διαρκεί μόνο λίγες μέρες, χωρίς να απαιτείται μάλιστα δεξαμενισμός, και επιστροφή της επένδυσης σε μόλις ένα χρόνο.

<sup>57</sup> IMO (TTT) M4 Ship Board Energy Management, January 2016

<sup>58</sup> DSME (Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering presentation: “Energy Saving Devices”, 2008



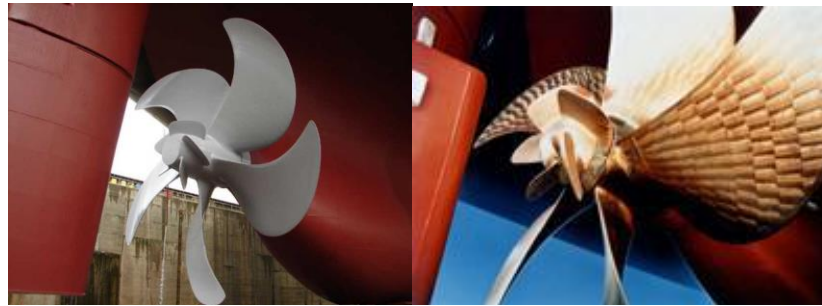


Figure 5.21 Propeller Boss Cap Fins (PBCF)

Source: Fathom

Source: MOL Techno-Trade

Τα PBCFs ωθούν την προωστική απόδοση περίπου 5% και την απόδοση καυσίμου του πλοίου κατά περίπου 2%<sup>59</sup>.

❖ *Integrated propeller and rudder units*

Το πηδάλιο έχει μία συνεισφορά στην αντίσταση ρευστού (drag) της τάξης του 5% της αντοχής/αντίστασης του πλοίου. Αυτό μπορεί να μειωθεί κατά 50% αλλάζοντας το προφίλ του πηδαλίου και της προπέλας. Σχεδιάζοντας αυτά μαζί με ένα βολβό πηδαλίου θα προσδώσει επιπρόσθετα οφέλη. Η βελτίωση στην απόδοση καυσίμου είναι από 2% έως 6%<sup>60</sup>.

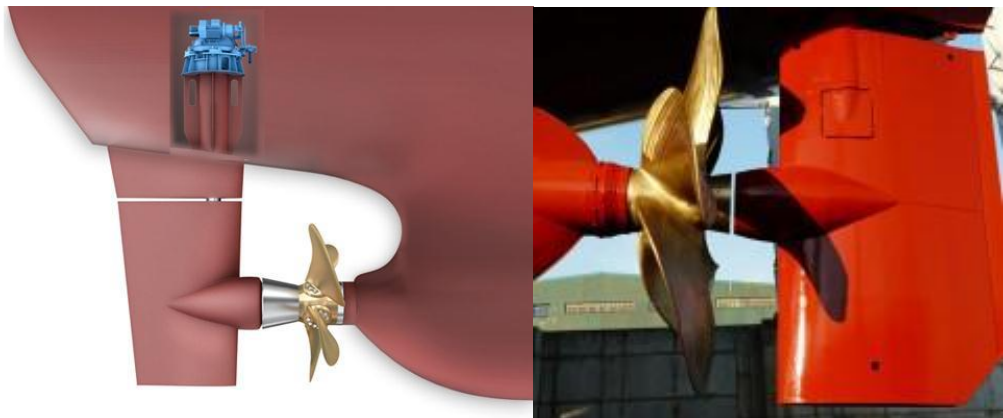


Figure 5.22 Integrated propeller rudder

Source: Promas efficiency rudder [Ship Technology]

Source: VICUSdt 2015

Η επίδραση αυτών των στοιχείων έχει ορθολογικά τεκμηριωθεί καλά σε τεστ πάνω σε μοντέλα και σε πλήρους κλίμακας δοκιμαστικά. Μία μείωση της τάξης του 5% στην απαιτούμενη ισχύ του πλοίου για την σχεδιασμένη ταχύτητα μπορεί να επιτευχθεί<sup>61</sup>. Βρίσκει εφαρμογή κυρίως σε πλοία μεταφοράς γενικού φορτίου, RoPax πλοία και πλοία εμπορευματοκιβωτίων που λειτουργούν σε σχετικά υψηλές ταχύτητες.

<sup>59</sup> IMO (TTT) M4 Ship Board Energy Management, January 2016

<sup>60</sup> Boosting Energy Efficiency, Wärtsilä, 3 February 2009 Energy Efficiency Catalogue / Ship Power R&D

<sup>61</sup> IMO (TTT) M4 Ship Board Energy Management, January 2016

❖ *Ducted propeller*

Πρόκειται για μία προπέλα ευρισκόμενη μέσα σε μία σωλήνα πλαίσιο (αγωγό) , όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί



Figure 5.23 Ducted Propeller

Source: Chatterjee 2012]

Source: Kort Nozzle[FathomShippig 2012]

Σε σύγκριση με μία συμβατική προπέλα ίδιας διαμέτρου και ώθησης, η διάταξη «φωλιασμένης προπέλας» επιτρέπει μεγαλύτερο όγκο νερού να τροφοδοτηθεί στην προπέλα , βελτιώνοντας τις συνθήκες λειτουργίας γύρω από την προπέλα.

Τα οφέλη που αναφέρονται από την αγορά είναι ιδιαίτερα υψηλά, ξεκινώντας από το 5% και φτάνοντας ακόμα και το 20%, σε συγκεκριμένους βέβαια τύπους και σχέδια πλοίων. Οι τύποι αυτοί είναι πλοία που λειτουργούν με υψηλά φορτία προπέλας, όπως tankers (πάλι), bulk carriers, ρυμουλκά και διάφορα σκάφη τροφοδοσίας. Πέραν της αποδοτικότητας καυσίμου, οι ducted propellers συνεισφέρουν στην μείωση της σπηλαιώσης/παραγωγής φυσαλίδων (cavitation), δονήσεων και θορύβων, καθώς και στην βελτίωση της ικανότητας ελιγμών (manoeuvrability) αν χρησιμοποιηθούν πηδάλια αζιμούθιου και της ασφάλειας της προπέλας (πχ λειτουργία σε πάγους ή προσάραξη)<sup>62</sup>.

❖ *Coaxial Contra-Rotating Propeller (CRP)*

Η ομοαξονική αντίθετα περιστρεφόμενη έλικα είναι μια συσκευή για την ανάκτηση μερικής εκ της περιστροφικής ενέργειας. Για να αποφευχθούν προβλήματα με σπηλαιώση, η οπίσθια έλικα συνήθως έχει μικρότερη διάμετρο από την εμπρόςθια προπέλα<sup>63</sup>. Οι αντίθετα περιστρεφόμενες έλικες αποτελούνται από ένα ζευγάρι προπελών το ένα πίσω από το άλλο που περιστρέφονται σε αντίθετες κατευθύνσεις. Η πρυμναία έλικα ανακτά ορισμένη από την περιστροφική ενέργεια που χάνεται στην ροή από την πρωραία έλικα. Το ζευγάρι προπελών θα δώσει επίσης χαμηλότερη φόρτωση/καταπόνηση έλικας απ' ότι μια μονή έλικα με αποτέλεσμα να παρατηρούμε καλύτερη απόδοση. Οι προπέλες CRP μπορούν να προσαρμοστούν σε διπλούς

<sup>62</sup> IMO (TTT) M4 Ship Board Energy Management, January 2016

<sup>63</sup> Second IMO GHG Study 2009, International Maritime Organization (IMO) London, UK, April 2009

ομοαξονικούς περιστρεφόμενους άξονες. Η CRP έχει τεκμηριωθεί ως μία από τις πιο αποδοτικές μεθόδους πρόωσης. Η μείωση καταναλισκόμενης ενέργειας για ένα μονού άξονα πλοίο είναι 10 έως 15%.

Τα αναφερόμενα κέρδη στην κατανάλωση ενέργειας κυμαίνονται από 6% έως 20%. Κέρδη 15% και 16% έχουν αναφερθεί από δύο διαφορετικές μετρήσεις πλήρους κλίμακας. Τα καλύτερα αποτελέσματα (ως προς την κατανάλωση ενέργειας) έχουν καταγραφεί σε ταχύπλοα πλοία μεταφοράς φορτίου, πλοία go-go και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Στα μειονεκτήματα, η πολύπλοκη μηχανική εγκατάσταση και άξονας, οδηγούν σε μηχανικές απώλειες που αντισταθμίζουν μερικά από τα οφέλη ανάκτησης περιστροφικής ενέργειας κι ακόμα έχουν αναφερθεί προβλήματα στα κιβώτια ταχυτήτων τους<sup>64</sup>.

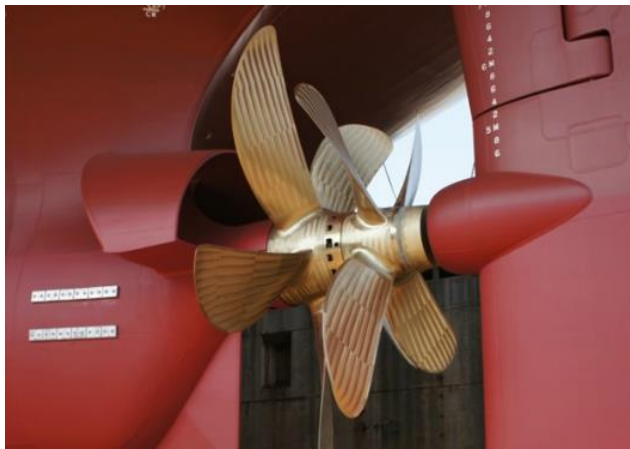


Figure 5.24 Contra rotating propeller

Source: Japan Marine United Corporation (JMU)

### 5.8.1.3 Thrusters

#### ❖ *Wing thruster*

Εγκαθιστώντας wing thrusters σε διπλέλικα (προωστήρια) σκάφη (twin screw), μπορεί να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, κυρίως λόγω της μικρότερης αντίστασης των αποφύσεων/προσαρτημάτων του κύτους. Το concept πρόωσης συγκρίνει μία κεντρικής διεύθυνσης προπέλα και δύο wing thrusters με μία διάταξη διπλού άξονα. Επιτυγχάνεται καλύτερη απόδοση πλοίου της τάξης 8% με 10% και μεγαλύτερη ευελιξία στην διάταξη του κινητήρα<sup>65</sup>.

<sup>64</sup> Second IMO GHG Study 2009, International Maritime Organization (IMO) London, UK, April 2009

<sup>65</sup> Boosting Energy Efficiency, Wärtsilä, 3 February 2009 Energy Efficiency Catalogue / Ship Power R&D



Figure 5.25 Wing thrusters

Source: Wärtsilä

❖ *Pulling thruster*

Κατευθυνόμενοι προωθητήρες (thrusters) με μία έλικα έλξης μπορούν να δώσουν ξεκάθαρη εξοικονόμηση ενέργειας. Τα pulling thrusters μπορούν να συνδυαστούν σε διαφορετικά setup. Μπορούν να συνδυαστούν με ένα κεντρικό άξονα επί της κεντρικής διεύθυνσης είτε σε CRP είτε σε Wing Thruster. Ακόμη ένας συνδυασμός και των δύο εναλλακτικών λύσεων μπορεί να δώσει μεγάλα οφέλη. Η χαμηλότερη ζήτηση ενέργειας προέρχεται από την μειωμένη αντίσταση σε σχέση με μία λύση διπλού άξονα και την αποτελεσματική πρόωση των ελικών με μια καλή εισροή ροής νερού. Η απαιτούμενη ισχύς πρόωσης μπορεί να μειωθεί έως 15% με pulling thrusters σε προχωρημένα setup. Είναι ιδανικά όπου απαιτούνται ακριβείς ελιγμοί και διευκολύνουν τους χειρισμούς, περιορίζοντας την χρησιμοποίηση ρυμουλκών<sup>66</sup>.



Figure 5.26 Azipull Pulling thruster

Source: Rolls-Royce plc

<sup>66</sup> Boosting Energy Efficiency, Wärtsilä, 3 February 2009 Energy Efficiency Catalogue / Ship Power R&D

#### 5.8.1.4 Ducktail waterline extension

Το ducktail είναι βασικά μια επιμήκυνση της πρύμνης του πλοίου . Έχει συνήθως μήκος 3-6 μέτρα . Η βασική ιδέα είναι να επιμηκύνει την αποτελεσματική ίσαλο γραμμή και να ελαττώσει το βρέξιμο του άβακα πρύμνης. Αυτό έχει θετική επίδραση στην αντίσταση του πλοίου<sup>67</sup>.



Figure 5.27 Ducktail

Source: DSME (Daewoo : “Energy Saving Devices 2008”)

Σε ορισμένες περιπτώσεις καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν χρησιμοποιείται ducktail μαζί με Interceptor (μεταλλική πλάκα ελέγχου ροής στην πρύμνη). Σαν αποτέλεσμα χρειαζόμαστε 4-10 % χαμηλότερη ζήτηση ισχύος πρόωσης. Αντίστοιχη βελτίωση/εξοικονόμηση σύμφωνα με την Wärtsilä 3-7 % στην συνολική κατανάλωση ενέργειας για ένα τυπικό ferry<sup>68</sup>.



Figure 5.28 Ducktail with Interceptor

Source: DSME (Daewoo : “Energy Saving Devices 2008”)

---

<sup>67</sup> DSME (Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering presentation: “Energy Saving Devices” , 2008

<sup>68</sup> DSME (Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering presentation: “Energy Saving Devices” , 2008

### 5.8.2 AIR LUBRICATION SYSTEM

Πεπιεσμένος αέρας ωθείται σε μία εσοχή στο πυθμένα του κύτους/γάστρας του πλοίου. Ο αέρας σχηματίζει ένα "χαλί" που μειώνει την αντίσταση τριβής μεταξύ του νερού και της επιφάνειας του κύτους/γάστρας. Αυτό μειώνει την απαιτούμενη ισχύ πρόωσης. Η πρόκληση εδώ είναι να εξασφαλισθεί ότι ο αέρας παραμένει κάτω από το κύτος και δεν διαφεύγει. Οπότε κάποια σταθερή ισχύς αντλίας είναι απαραίτητη<sup>69</sup>.

Η εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου ανά τύπο πλοίου κατά την Wärtsilä είναι:

Tanker: ~ 15% , Container: ~ 7,5% , PCTC: ~ 8,5% , Ferry: ~ 3,5%

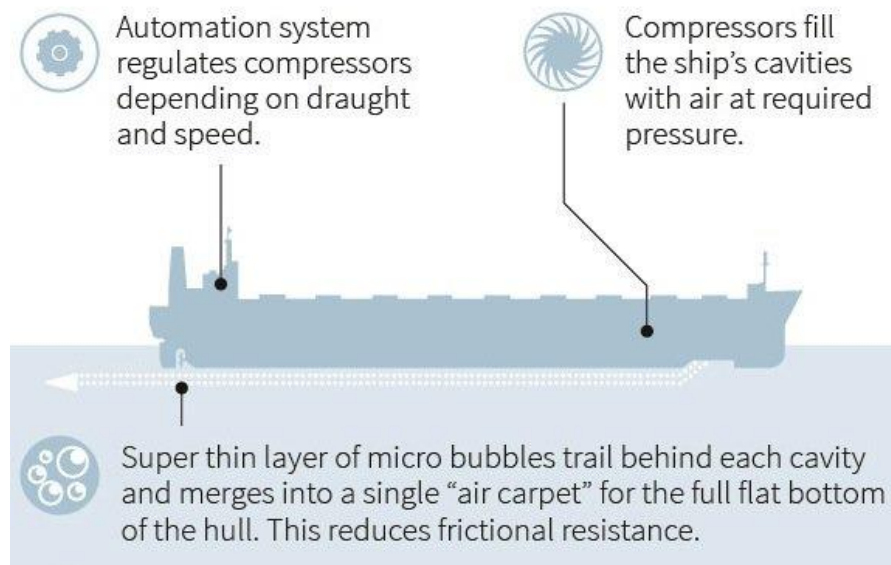


Figure 5.29 Air Lubrication System

Source: Courtesy Silverstream

### 5.8.3 WASTE HEAT RECOVERY

Η ανάκτηση απωλειών θερμότητας Waste heat recovery (WHR) ανακτά την θερμική ενέργεια των αερίων της εξάτμισης, μετατρέποντάς την σε ηλεκτρική ενέργεια ή σε πρόσθετη πρόωση στον κινητήρα άξονα και είναι ήδη εμπορικά διαθέσιμη για κάποια πλοία. Η υπολειπόμενη θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω για υπηρεσίες του πλοίου εν πλω. Το σύστημα μπορεί να αποτελείται από έναν λέβητα, έναν στρόβιλο/τουρμπίνα ισχύος και ένα ατμοστρόβιλο με εναλλάκτη/δυναμό. Ο επανασχεδιασμός της διάταξης του πλοίου μπορεί αποτελεσματικά να προσθέσει τους λέβητες στο πλοίο. Η ανάκτηση της θερμικής ενέργειας καυσαερίων μπορεί να προσφέρει έως 15% της ισχύος του κινητήρα. Εν δυνάμει με νέους σχεδιασμούς φτάνει έως 20%<sup>70</sup>.

<sup>69</sup> ABS Ship Energy Efficiency Measures Advisory

<sup>70</sup> Boosting Energy Efficiency, Wärtsilä, 3 February 2009 Energy Efficiency Catalogue / Ship Power R&D

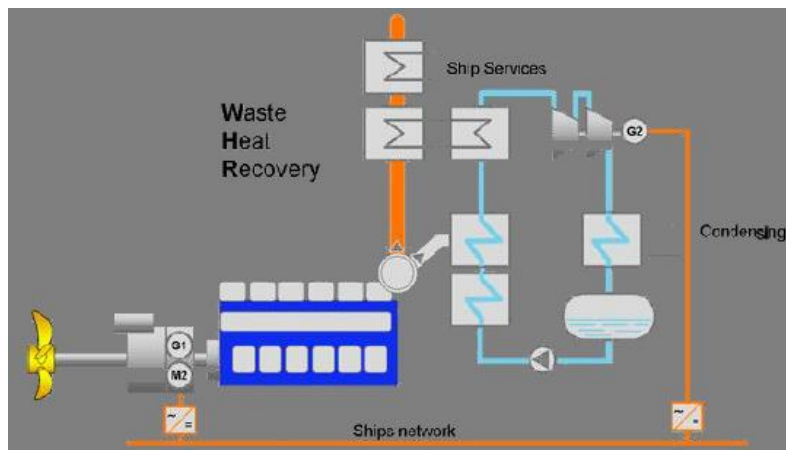


Figure 5.30 Waste heat recovery

Source: Wärtsilä

Η ανάκτηση απολεσθείσας θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ζεστού νερού, ατμού ή ηλεκτρικού ρεύματος από τα ζεστά καυσαέρια ή το ζεστό νερό από το σύστημα ψύξης των μηχανών. Οι κύριες υποψήφιες περιοχές ανάκτησης θερμότητας είναι οι εξατμίσεις των μηχανών όπου η θερμοκρασία είναι υψηλή.

Οι εξοικονομητές καυσαερίων είναι το συνηθισμένο σύστημα ανάκτησης θερμότητας που χρησιμοποιείται επί του παρόντος σε πολλά πλοία. Επίσης, πιο εξελιγμένο σύστημα ατμού καυσαερίων με ατμοστρόβιλο χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερα πλοία. Αυτό βέβαια δεν αποτελεί συνήθως αντικείμενο ανακατασκευής αλλά εφαρμόζεται κυρίως σε νέα πλοία. Για υπάρχοντα πλοία σε λειτουργία, πρέπει να επανεξεταστεί η δυνατότητα για επιπλέον ανάκτηση θερμότητας και γενικά εάν απαιτείται χαμηλότερων βαθμών θερμότητα επί του πλοίου, τότε θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το σύστημα ανάκτησης θερμότητας.

Στα εμπορικά πλοία, το σύστημα ατμού περιλαμβάνει κανονικά τον ακόλουθο εξοπλισμό:

- Βοηθητικοί λέβητες
- Εξοικονομητές καυσαερίων

Όπως υποδηλώνουν τα ονόματα, ο εξοικονομητής καυσαερίων είναι ένα σύστημα ανάκτησης απολεσθείσας θερμότητας που ανακτά/απορροφά θερμότητα από την εξάτμιση κύριων ή βοηθητικών μηχανών και συνεπώς δεν χρησιμοποιεί καύσιμο. Όσο περισσότερο χρησιμοποιείται το δεύτερο σύστημα, τόσο λιγότερη θα είναι η ανάγκη χρήσης των βοηθητικών λεβήτων, επομένως οι καλές συνθήκες συντήρησης και λειτουργίας του εξοικονομητή καυσαερίων θα πρέπει πάντα να θεωρούνται μέρος της εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα ατμού<sup>71</sup>.

Το ακόλουθο σχήμα δείχνει ένα συνολικό τυπικό σύστημα ατμού για ένα πλοίο, με επιμέρους μέρη: βοηθητικοί λέβητες, εξοικονομητής καυσαερίων, σύστημα διανομής ατμού, τελική χρήση ατμού.

<sup>71</sup> IMO (TTT) M4 Ship Board Energy Management, January 2016

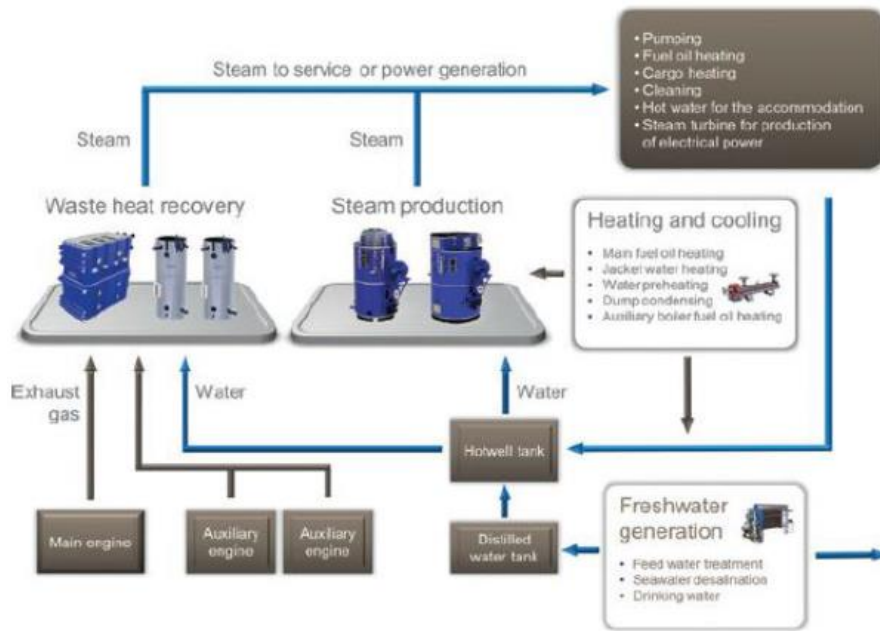


Figure 5.31 Overall ship-board steam system

Source: Alfa Laval

## 5.9 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η αιολική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους στα πλοία, όπως:

- Παραδοσιακά ιστία
- ιστία μονού-φτερού (solid-wing sails)
- χαρταετός (kite)
- περιστρεφόμενοι ρότορες (flettner rotor)

Όλα τα παραπάνω παρέχουν επιπλέον συμπληρωματική ισχύ και πρόωση. Φυσικά η ενέργεια του αέρα διαφέρει ανά περιοχή αλλά αδιαμφισβήτητα είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης. Μάλιστα, σε μία έρευνα του Τεχνικού Πανεπιστημίου του Βερολίνου, ένα πλοίο με τον βέλτιστο τρόπο πλεύσης και χρήσης αιολικής ενέργειας, ταξιδεύοντας με τον πιο ευνοϊκό καιρό κι αέρα (Βόρειος Ατλαντικός) , κατέγραψε 15% εξοικονόμηση καυσίμου στους 15 κόμβους και 44% (!) στους 10 κόμβους<sup>72</sup>.

Στις πιο συμβατικές εκφάνσεις, ιστία σε σχήμα φτερού εγκατεστημένα στο κατάστρωμα, εκμεταλλεύονται την αιολική ενέργεια για πρόσθετη ώθηση προς τα εμπρός. Μπορούμε να έχουμε στατικά φτερά με συνθετικά ή υφασμάτινα υλικά. Η εξοικονόμηση καυσίμου εκτιμάται: Δεξαμενόπλοιο ~ 21% , PCTC ~ 20% , Ferry ~ 8,5%<sup>73</sup>

<sup>72</sup> Second IMO GHG Study 2009, International Maritime Organization (IMO) London, UK, April 2009

<sup>73</sup> Boosting Energy Efficiency, Wärtsilä, 3 February 2009 Energy Efficiency Catalogue / Ship Power R&D





Figure 5.32 Solid-wing sails

Source: B9 Energy Group (marineinsight.com)

Μια ανερχόμενη τεχνολογία για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας είναι ο towing kite, που συνδέεται στο πλοίο μέσω ενός καλωδίου και μπορεί να ρυθμιστεί για να βελτιστοποιήσει την χρήση πηγών υψηλών ανέμων στην θάλασσα. Ένα towing kite σύστημα στην πλώρη ενός πλοίου, ελαχιστοποιεί την κλίση των πλοίων που προέρχεται από δυνατούς ανέμους και μπορεί να πιάσει υψηλούς ανέμους μέχρι 40 κόμβους, 100 με 300 μέτρα πάνω από το επίπεδο του καταστρώματος<sup>74</sup>.

Η προσαρμογή ενός towing kite σε υπάρχοντα πλοία δεν θεωρείται δύσκολη ή ακριβή και μειώνει την κατανάλωση καυσίμου έως και 35%<sup>75</sup>

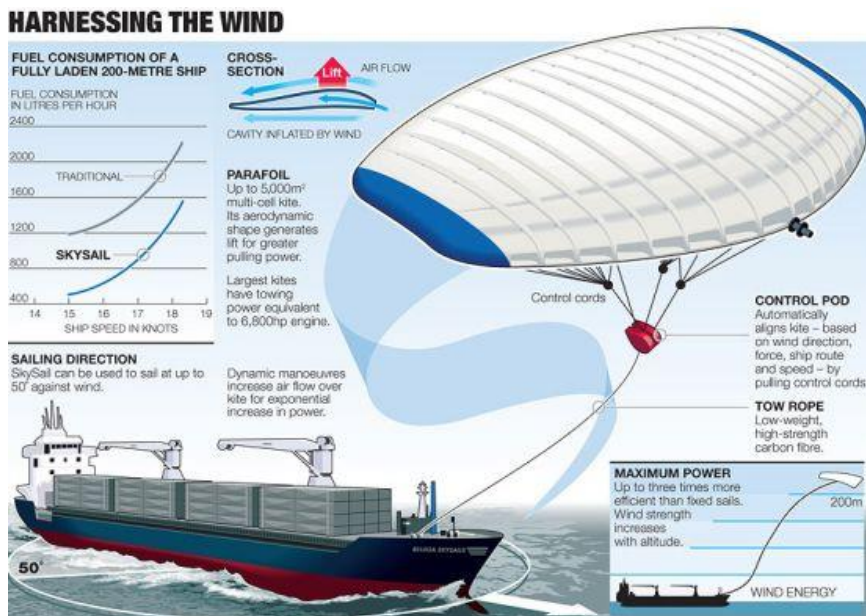


Figure 5.33 Towing kite explained | Source: www.ecofriend.org

<sup>74</sup> Existing Energy Audit Report παραδοτέο από Ναυτιλιακή Εταιρεία για υπάρχον VLCC Tanker

<sup>75</sup> WMU-IMO, 2013: Training course on Energy Efficient Operation

Το Aghina Marina (το μεγαλύτερο bulk carrier που χρησιμοποιεί την εν λόγω τεχνολογία) και το Belunga Skysail είναι κάποια παραδείγματα όπου η τεχνολογία χαρταετού έχει επιτυχώς χρησιμοποιηθεί<sup>76</sup>.



Figure 5.34 Το 400-foot Beluga SkySails, το πρώτο φορτηγό πλοίο που χρησιμοποίησε kite

Source: [www.marineinsight.com](http://www.marineinsight.com)

Η επιλογή των Flettner rotors αποφέρει εξοικονόμηση καυσίμου έως και 30%<sup>77</sup>. Περιστρεφόμενοι κάθετοι ρότορες εγκατεστημένοι στο πλοίο μετατρέπουν αιολική ενέργεια σύμφωνα με το φαινόμενο Magnus σε ώθηση (πρόωση) στην κάθετη κατεύθυνση του ανέμου. Αυτό σημαίνει ότι σε περιπτώσεις πλευρικών ανέμων το πλοίο επωφελείται από την προστιθέμενη ώθηση. Σαν αποτέλεσμα, απαιτείται λιγότερη ενέργεια πρόωσης και ως εκ τούτου έχουμε μειωμένη κατανάλωση καυσίμου.

<sup>76</sup><https://www.marineinsight.com/green-shipping/top-7-green-ship-concepts-using-wind-energy/>

<sup>77</sup> Boosting Energy Efficiency, Wärtsilä, 3 February 2009 Energy Efficiency Catalogue / Ship Power R&D



Figure 5.35 Flettner Rottors

Source: MAERSK: <http://splash247.com/rotor-sails-installed-maersk-tanker/>

### 5.10 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η τεχνολογία ηλιακών/φωτοβολταϊκών κυψελών έχει βελτιωθεί θεαματικά τα τελευταία χρονιά. Για αυτό, αξίζει να εξεταστεί η εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών πάνω στα πλοία, ιδιαίτερα, όταν το πλοίο συμμετέχει σε εμπόριο όπου αναμένεται σεβαστή ποσότητα ηλιοφάνειας. Δεδομένου ότι είναι σε θέση να εκμεταλλευτούν την ανανεώσιμη ηλιακή ενέργεια, τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών συστοιχιών είναι σαφή. Το κύριο μειονέκτημα, ωστόσο, είναι η πολύ μεγάλη εκτεθειμένη επιφάνεια που απαιτείται ανά kW παραγόμενης ισχύος<sup>78</sup>.

Σύμφωνα με την Wärtsilä ανάλογα με τον διαθέσιμο χώρο στο κατάστρωμα, οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να δώσουν τις ακόλουθες μειώσεις στην συνολική κατανάλωση καυσίμου:  
 Δεξαμενόπλοιο ~ 3,5% , PCTC ~ 2,5% , Ferry ~ 1%

Για να πάρουμε μια ιδέα του πόση ενέργεια είναι δυνατό να πάρουμε από τις φωτοβολταϊκές κυψέλες σε ένα πλοίο, το ακόλουθο παράδειγμα υπολογισμού διενεργήθηκε για ένα tanker με μήκος 270m και πλάτος 50m. Ένα tanker τέτοιου τύπου εξοπλίζεται με μία μηχανή περίπου 18.000 kW και βοηθητική ισχύ περίπου 1.000 kW<sup>79</sup>

	Current	Current best	Future
Approximate energy conversion efficiency (%)	13	30	60
Nominal power (kW)	609	1,406	2,811
Power adjusted for reflection (kW)	426	984	1968

Table 5.3 Παραγωγή ισχύος φωτοβολταϊκών θεωρώντας ότι καλύπτεται όλη η επιφάνεια καταστρώματος

Source: Second IMO GHG Study 2009

<sup>78</sup> Existing Energy Audit Report παραδοτέο από Ναυτιλιακή Εταιρεία για υπάρχον VLCC Tanker

<sup>79</sup> Second IMO GHG Study 2009, International Maritime Organization (IMO) London, UK, April 2009

Το 2012 το Turanor PlanetSolar ολοκλήρωσε επιτυχώς το 18μηνο ταξίδι του κάνοντας τον γύρο του κόσμου και όντας το μεγαλύτερο τροφοδοτούμενο από ηλιακή ενέργεια σκάφος στον κόσμο.



Figure 5.36 Turanor PlanetSolar Catamaran

Source: <http://www.planetsolar.org/>

Συγκεντρωτικά, για τα tanker που μας ενδιαφέρουν περισσότερο, καθώς είναι το είδος πλοίου για το οποίο θα γίνει Energy Audit, η Wartsila ξεχωρίζει-συνοψίζει τα βασικότερα σημεία:

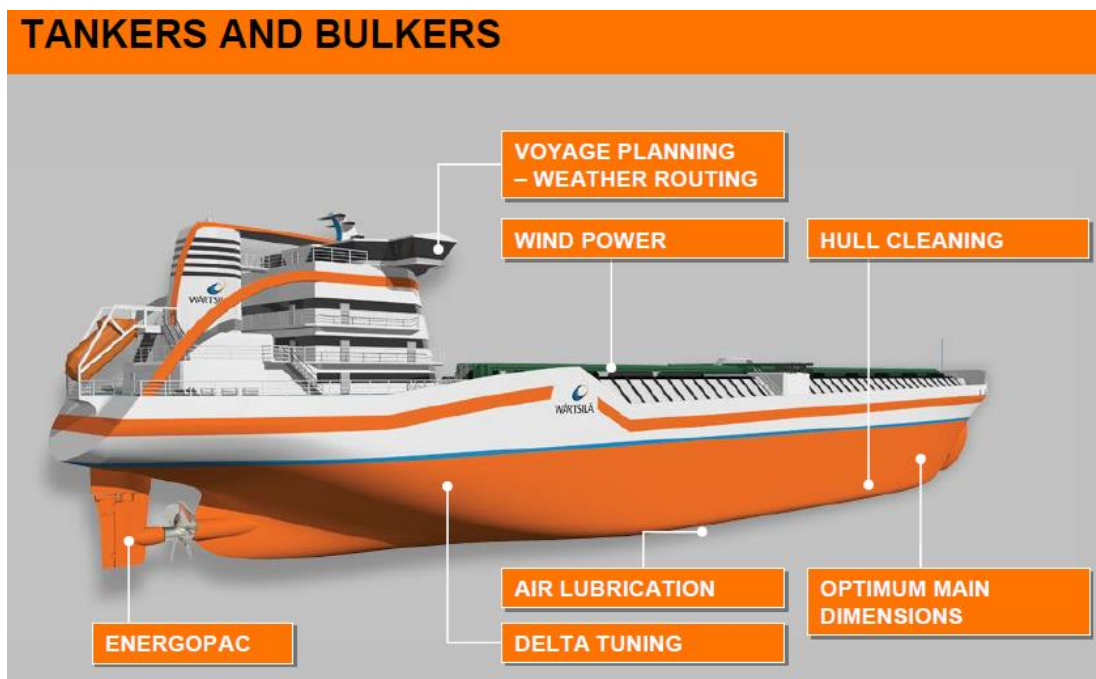


Figure 5.37 Tankers and Bulkers most efficient energy efficiency improvement measures

Source: Wärtsilä, 3 February 2009 Energy Efficiency Catalogue / Ship Power R&D

Πολλά από τα μέτρα αυτά που ξεχωρίσαμε ως τα σημαντικότερα, με την μεγαλύτερη συνεισφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας στο πλοίο, επαληθεύονται και προτείνονται μαζί με άλλα, από την μεγάλη μελέτη της Ένωσης Ναυπηγών και Ναυτικών Μηχανολόγων (SNAME) σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Ναυτικής Μηχανολογίας και Τεχνολογίας (IMarEST). Η μελέτη αυτή που πραγματοποιεί μία σε βάθος ανάλυση της σχέσης κόστους – απόδοσης των τεχνικών μέτρων που μπορούν να βελτιώσουν την ενεργειακή αποδοτικότητα των πλοίων, δημοσιεύθηκε τον Ιούλιο του 2010. Σημαντικότερο πόρισμα ήταν ότι τα μέτρα αυτά μπορούν είτε ανεξάρτητα είτε συνολικά όλα μαζί να οδηγήσουν σε σημαντικές μειώσεις εκπομπών CO<sub>2</sub>, ακόμα και με μείωση του κόστους. Τα κυριότερα μέτρα που εξετάστηκαν ήταν τα ακόλουθα:

### Τεχνικά μέτρα

- Χρήση ελαφρών συνθετικών ή μεταλλικών υλικών
- Βελτιστοποίηση κύριων διαστάσεων
- Οικονομία μεγέθους
- Χρήση βελτιωμένων / ειδικών χρωμάτων για την βρεχόμενη επιφάνεια της γάστρας
- Βελτιστοποίηση ανοιγμάτων γάστρας
- Μείωση προβλεπόμενης υπερησιακής ταχύτητας
- Βελτιστοποίηση συνεργασίας σκάφους-προπέλας
- Χρησιμοποίηση συστήματος air lubrication σε βρεχόμενη επιφάνεια γάστρας
- Βελτιστοποίηση συστήματος πρόωσης
- Βελτιστοποίηση επί μέρους συστημάτων κύριας μηχανής
- Εγκατάσταση συστημάτων ανάκτησης θερμικής ενέργειας από τα καυσαέρια
- Χρησιμοποίηση αιολικής ενέργειας
- Υβριδική παραγωγή ενέργειας
- Χρησιμοποίηση ηλιακής ενέργειας
- Βελτιστοποίηση χρήσης ενεργειακών καταναλωτών πάνω στο πλοίο
- Έλεγχος ταχύτητας αντλιών και ανεμιστήρων
- Χρησιμοποίηση συστήματος καθαρισμού καυσαερίων (scrubber)
- Χρήση λεβήτων παραγωγής ατμού βελτιωμένης απόδοσης
- Χρήση εναλλακτικών καυσίμων

Ακολουθεί μία μελέτη του DNV , όπου υποστηρίζεται ότι οι εκπομπές CO<sub>2</sub> μέχρι το 2030 μπορούν να μειωθούν κατά 30% και σχεδόν κατά 60% αν εφαρμοσθούν όλα τα προσδιορισμένα μέσα.

Αναπαρίστανται οι επιτευχθείσες μειώσεις από επιλεγμένα μέτρα μείωσης εκπομπών, σε σχέση με την εκτιμώμενη αποτελεσματικότητά τους ως προς το κόστος. Έχουν συμπεριληφθεί 25 διαφορετικά μέτρα, από τα οποία τα 17 εκλαμβάνονται ως τεχνικά και τα υπόλοιπα 8 ως λειτουργικά<sup>80</sup>.

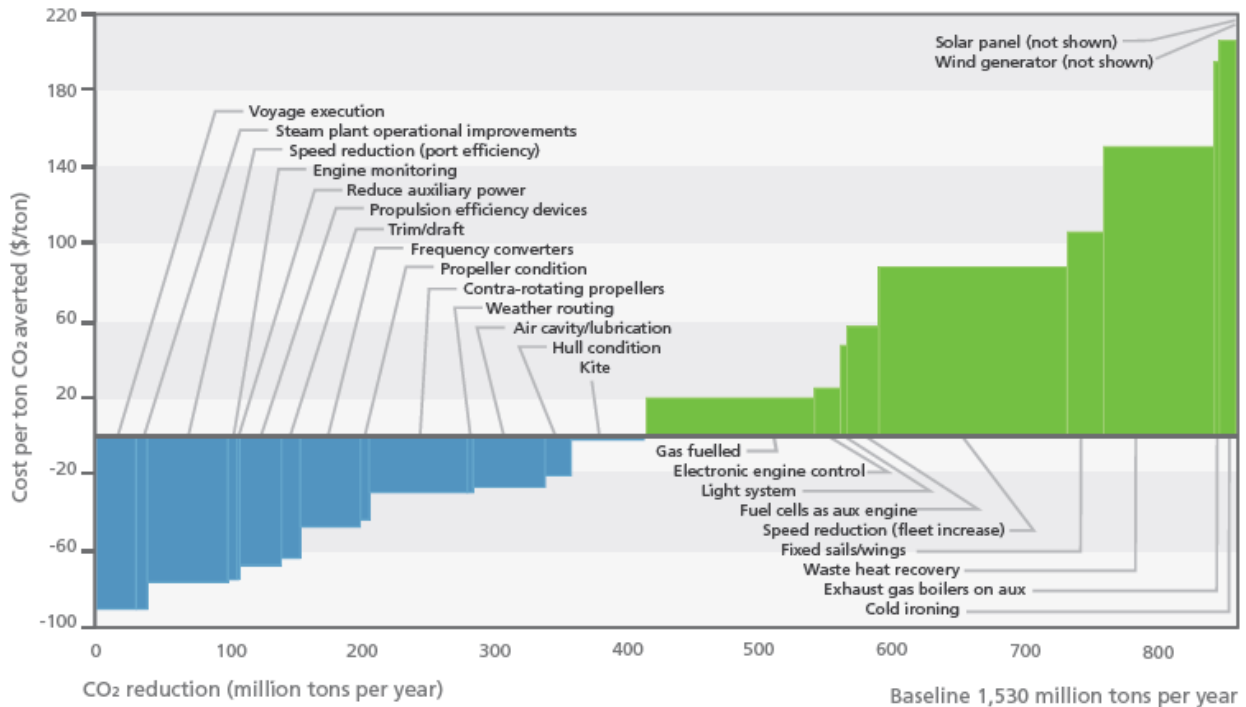


Figure 5.38 Average marginal CO2 reduction cost per option

Source: Pathways to low Carbon Shipping. Abatement potential towards 2030, DNV, February 2010

Αντίστοιχα, σε σχετική παρουσίαση της ναυτιλιακής εταιρείας Arcadia τον Φεβρουάριο του 2016, οι βασικότερες τεχνικές πρακτικές στις οποίες καταλήγουν για βέλτιστη κατανάλωση ενέργειας είναι:

- Διαχείριση/Μείωση της αντίστασης, των στροβιλισμών και των τριβών (Propulsion resistance management)
- Προγραμματισμός/Βελτιστοποίηση λειτουργίας μηχανών και μηχανημάτων (Machinery optimization)
- Προγραμματισμός/Βελτιστοποίηση χειρισμών φορτίου (Cargo Handling Optimization)
- Διαχείριση καυσίμων και λιπαντικών (Bunker Management)
- Ελαχιστοποίηση χρήσης αποτεφρωτήρα (Minimize incinerator use)

<sup>80</sup> Pathways to low carbon shipping. Abatement potential towards 2030, DNV, 2010

Στην ακόμα πιο πρόσφατη μελέτη του DNV το 2011, “Emission Reduction Potential in Shipping”, η οποία συνέκρινε τις βασικές μελέτες προοπτικών μείωσης εκπομπών στην ναυτιλία, ήτοι

- DNV (2009): Pathways to low carbon shipping
- CE Delft (2009): Technical support for European action to reducing Greenhouse Gas Emissions from international maritime transport
- SNAME/IMarEST (2011): Marginal Abatement Costs and Cost Effectiveness of Energy-Efficiency Measures
- Comparison study by CE Delft (2011): Analysis of GHG Marginal Abatement Cost Curves

βλέπουμε το προηγούμενο γράφημα οριακού κόστους μείωσης CO<sub>2</sub> ανά επιλογή για τον παγκόσμιο στόλο το 2030 με την εμφάνιση επιπλέον των μέτρων που μειώνουν τον EEDI αλλά και της επίδρασης της αύξησης της τιμής καυσίμου<sup>81</sup>.

## Marginal abatement cost curve

AVERAGE MARGINAL CO<sub>2</sub> REDUCTION COST PER OPTION – WORLD SHIPPING FLEET IN 2030

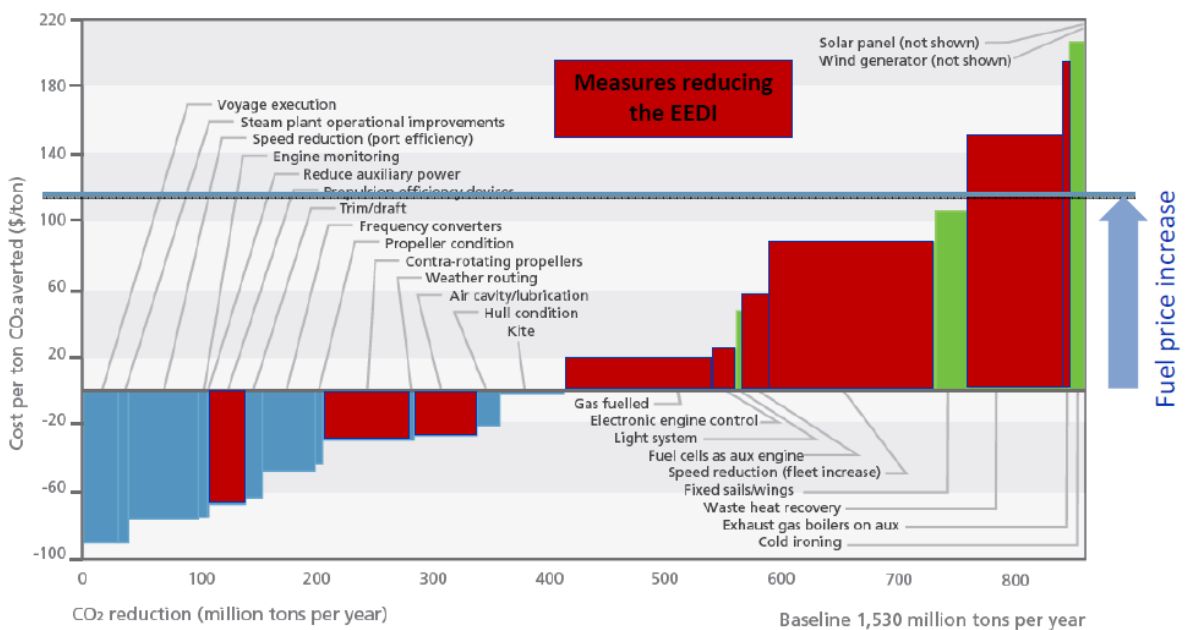


Figure 5.39 Marginal abatement cost curve

Source: Emission reduction potential in shipping, DNV, Tore Longva, November 16, 2011

<sup>81</sup> Emission reduction potential in shipping, DNV, Tore Longva, November 16, 2011

## 6. SEEMP

### 6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το 90% του παγκόσμιου εμπορίου διακινείται μέσω της ναυτιλίας κι ωστόσο αυτό γίνεται με τέτοιο τρόπο που δημιουργεί πολύ μικρό αντίκτυπο στο παγκόσμιο περιβάλλον. Η συμμόρφωση πολλών ναυτιλιακών με την MARPOL κι άλλα όργανα του IMO , καθώς και οι επιπλέον δράσεις κι ενέργειες που αναλαμβάνουν πέρα από τις υποχρεωτικές απαιτήσεις, στοχεύουν στην περαιτέρω μείωση του αντίκτυπου αυτού. Αδιαμφισβήτητα η ενίσχυση των αποδόσεων μπορεί να μειώσει τις καταναλώσεις καυσίμων, να εξοικονομήσει χρήματα και να ελαττώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις μεμονωμένων πλοίων. Ενώ λοιπόν το όφελος εξατομικευμένων μέτρων μπορεί να είναι μικρό, η συνολική επίδραση συνδυαστικά για όλο τον εν ενεργεία στόλο θα είναι σημαντική.

Ένα Ship Energy Efficiency Management Plan παρέχει μία πιθανή προσέγγιση για την παρακολούθηση της επίδοσης αποδοτικότητας πλοίων και στόλων στο πέρασμα του χρόνου καθώς και κάποιες επιλογές που μπορούν να ληφθούν υπόψη στην προσπάθεια βελτιστοποίησης της απόδοσης του πλοίου<sup>82</sup>.

Στην MEPC 62 τον Ιούλιο του 2011, η υποχρεωτική εφαρμογή/υλοποίηση του SEEMP συμφωνήθηκε. Στην MEPC.213(63) στις 2 Μαρτίου 2012 εκδόθηκαν επίσημες οδηγίες για την ανάπτυξη σχεδίου ενεργειακής αποδοτικότητας για τα πλοία (2012 GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF A SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)) , και από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2013, ως μέρος του MARPOL Annex VI με τον κανονισμό 22 (SEEMP) αποτελεί υποχρέωση για όλα τα πλοία, υπάρχοντα και νέα, των 400 GT (gross tonnage) και πάνω. Την συμμόρφωση με τον κανονισμό θα καταδεικνύει το International Energy Efficiency (IEE) Certificate το οποίο θα εκδίδεται από τον οργανισμό δεδομένου ότι το SEEMP πληροί τις καθορισμένες απαιτήσεις και προδιαγραφές.

Στις 28 Οκτωβρίου 2016 στο Resolution MEPC.282(70) θεσπίστηκαν επικαιροποιημένες, αναθεωρημένες οδηγίες αυτών του 2012 από τον IMO , με τον τίτλο 2016 GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF A SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP).

Υπάρχουν δύο μέρη ενός SEEMP. Το πρώτο παρέχει μία πιθανή προσέγγιση παρακολούθησης της επίδοσης απόδοσης του πλοίου και στόλου στον χρόνο και κάποιες επιλογές προς εξέταση στην προσπάθεια βελτιστοποίησης της απόδοσης του πλοίου. Το δεύτερο παρέχει τις μεθοδολογίες που τα πλοία 5,000 GT και άνω θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν για να συλλέξουν τα απαραίτητα δεδομένα προς συμμόρφωση με τον κανονισμό 22A του MARPOL Annex VI και τις διαδικασίες ώστε να αναφέρουν τα δεδομένα στην Διοίκηση του πλοίου Administration ή οποιοδήποτε οργανισμό εξουσιοδοτημένο από αυτή<sup>83</sup>. [MEPC.282(70)]

### 6.2 ΣΚΟΠΟΣ SEEMP

Το SEEMP σκιαγραφεί τις καλύτερες πρακτικές και μεθόδους για την βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων. Παρέχει τα μέσα ώστε να θεσπιστούν επίσημα διαδικασίες

---

<sup>82</sup> [MEPC.1/Circular 683 , 2009]

<sup>83</sup> [MEPC.282(70) , 2016]



μέσω των οποίων ένας πλοιοκτήτης μπορεί να επιδιώξει να βελτιώσει τις πτυχές περιβαλλοντικής αποδοτικότητας των λειτουργιών του τόσο εν πλω για κάθε πλοίο του όσο και ευρύτερα ως εταιρεία<sup>84</sup>.

Ο σκοπός του SEEMP είναι να εδραιώσει έναν μηχανισμό για μια εταιρεία και/ή ένα πλοίο ώστε να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση του πλοίου κατά την λειτουργία του. Κατά προτίμηση, το SEEMP συνδέεται με μία ευρύτερη εταιρική πολιτική ενεργειακής διαχείρισης για την εταιρεία που κατέχει, λειτουργεί ή ελέγχει το πλοίο, αναγνωρίζοντας ότι δύο ναυτιλιακές εταιρείες ή πλοιοκτήτες δεν είναι το ίδιο, κι ότι τα πλοία λειτουργούν κάτω από ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών συνθηκών<sup>85</sup>.

Πολλές εταιρείες θα έχουν ήδη ένα σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης (EMS) σε λειτουργία σύμφωνα με το ISO 14001 που περιέχει διαδικασίες για να επιλέγονται τα καλύτερα μέτρα για εκάστοτε πλοία και μετά να θέτονται στόχοι για την μέτρηση σχετικών παραμέτρων, μαζί με σχετικά στοιχεία ελέγχου και ανατροφοδότησης. Η παρακολούθηση της λειτουργικής ενεργειακής απόδοσης θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως αναπόσπαστο/ενιαίο στοιχείο ευρύτερων συστημάτων διαχείρισης της εταιρείας.

Επιπροσθέτως, πολλές εταιρείες ήδη αναπτύσσουν, εφαρμόζουν και συντηρούν ένα Safety Management System. Σε αυτή την περίπτωση, το SEEMP μπορεί να αποτελέσει μέρος του Safety Management System του πλοίου.

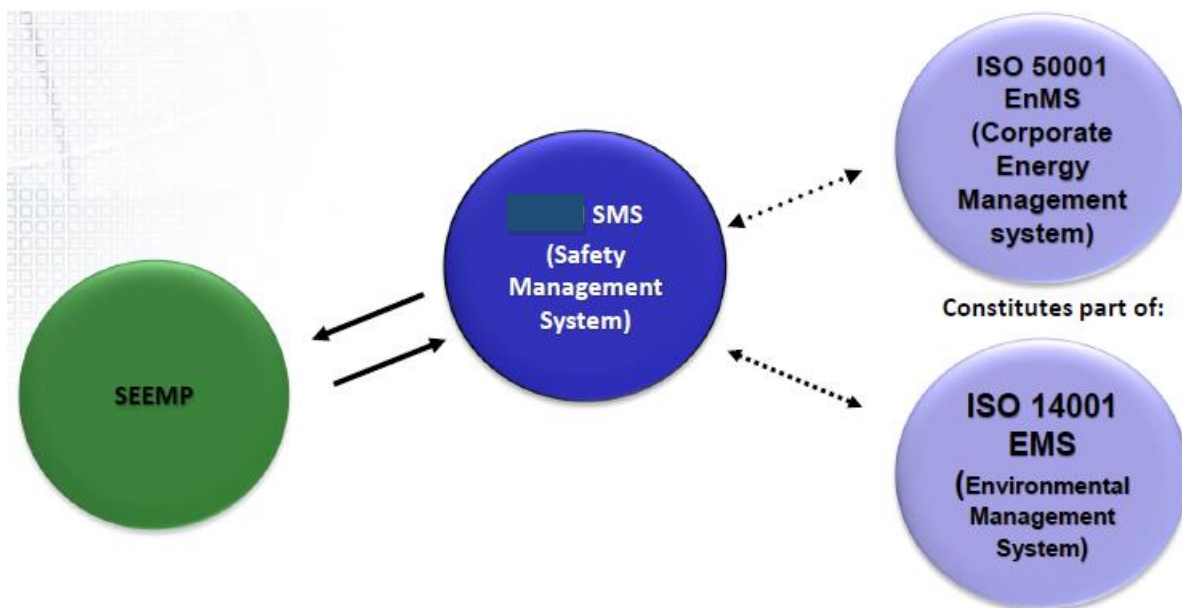


Figure 6.1 SEEMP as part of SMS

Όπως βλέπουμε στο παραπάνω σχήμα της εταιρείας της οποίας το tanker υποβλήθηκε στο energy audit της παρούσας διπλωματικής, το SEEMP συνδέεται στην πολιτική της εταιρείας για energy Efficiency Management και στο σχετικό Environmental Program σε Energy Efficiency που έχει καθιερωθεί, συντηρηθεί και εφαρμοστεί σύμφωνα με τις διαδικασίες του ISO 140001.

<sup>84</sup> Implementing a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)– Guidance for shipowners and operators, Lloyd’s Register, June 2012, version 2.0

<sup>85</sup> MEPC.213(63) , 2012

Το SEEMP προορίζεται να είναι ένα εργαλείο διαχείρισης για να βοηθήσει μία εταιρεία να διαχειριστεί την υπό εξέλιξη περιβαλλοντική επίδοση των πλοίων της κι ως τέτοιο, προτείνεται η εταιρεία να αναπτύξει διαδικασίες για να υλοποιηθεί το SEEMP με ένα τρόπο που περιορίζει οποιοδήποτε διοικητικό βάρος στο ελάχιστο αναγκαίο.

### 6.3 ΔΟΜΗ SEEMP

Το SEEMP πρέπει να αναπτύσσεται ως ένα συγκεκριμένο για το πλοίο πλάνο από τον πλοιοκτήτη, χειριστή ή οποιονδήποτε άλλο αφορά. Το SEEMP επιδιώκει να βελτιώσει την ενεργειακή απόδοση του πλοίου μέσω τεσσάρων βασικών βημάτων<sup>86</sup>:

- Προγραμματισμός (Planning)
- Υλοποίηση (Implementation)
- Παρακολούθηση (Monitoring)
- Αυτοαξιολόγηση και βελτίωση (Self-evaluation and improvement)

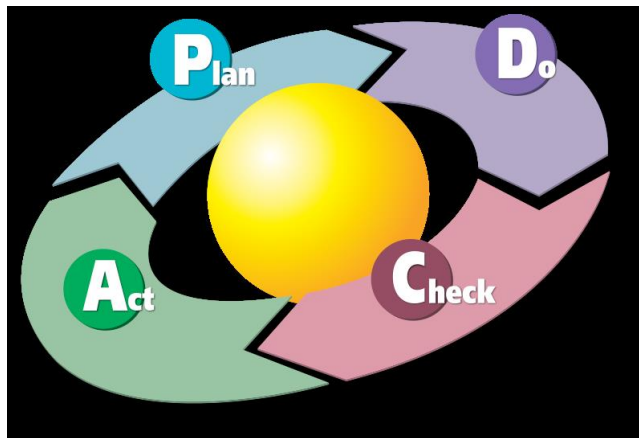


Figure 6.2 Βασικό concept SEEMP

WMU-IMO, 2013: Training course on Energy Efficient Operation

Αυτά τα στάδια παίζουν καθοριστικό ρόλο στον συνεχή κύκλο για την βελτίωση της διαχείρισης ενέργειας του πλοίου. Ακόμα, ο SEEMP παρέχει σπάντα διαδικασίες και πρακτικές για την καλύτερη δυνατή διαχείριση ενέργειας υπό τις διάφορες λειτουργικές φάσεις του πλοίου, καθώς και πληροφορίες που αφορούν την βιομηχανία και τον IMO με στόχο να μειωθούν οι εκπομπές GHG .

<sup>86</sup> M2 Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, IMO (TTT) 2016

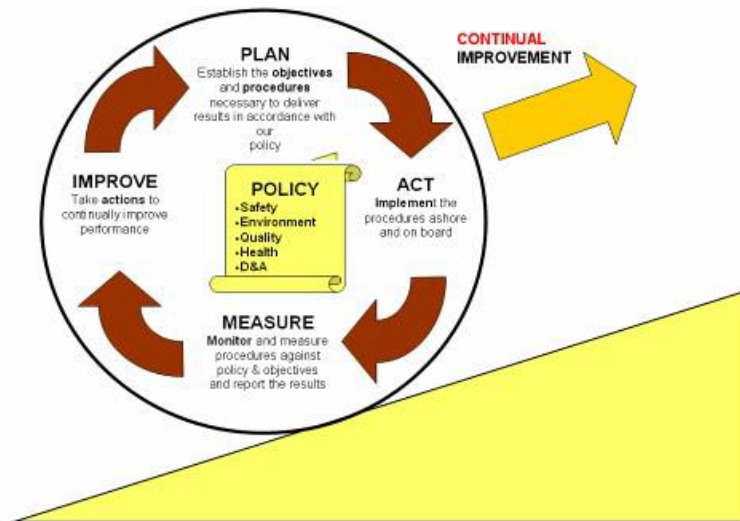


Figure 6.3 Συνεχής βελτίωση μέσω κύκλου SEEMP

Source: IMO Technical Presentation on SEEMP

Με κάθε επανάληψη του κύκλου, κάποια στοιχεία του SEEMP θα αλλάξουν απαραίτητως, ενώ άλλα θα παραμείνουν ως είχαν. Τα τέσσερα βασικά βήματα θα αναλυθούν περαιτέρω και το ακόλουθο σχήμα παρέχει πιο λεπτομερείς πτυχές κάθε σταδίου του κύκλου:

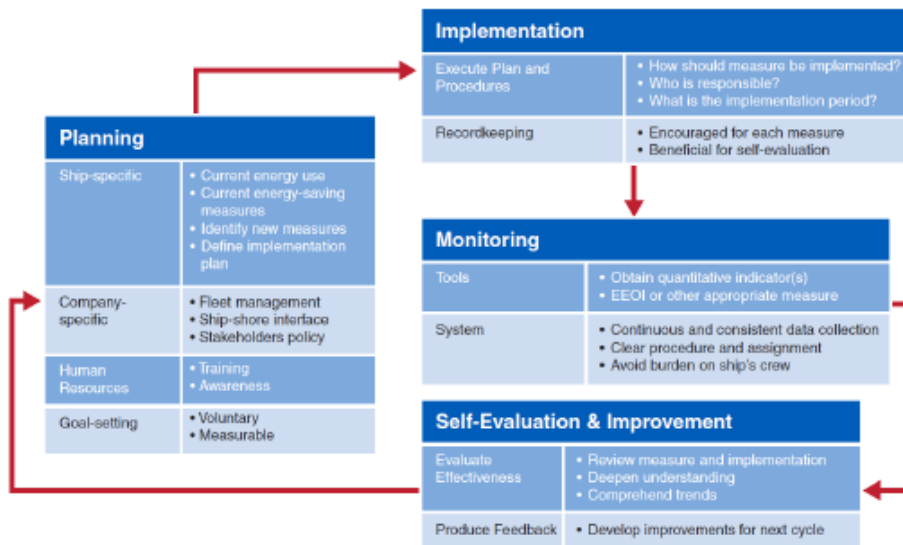


Figure 6.4 SEEMP as 4-step ship energy management

Source: ABS

### 6.3.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ/ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ (PLANNING)<sup>87</sup>

Ο σχεδιασμός είναι το πιο κρίσιμο στάδιο του SEEMP, καθώς καθορίζει τόσο την τρέχουσα κατάσταση χρήσης ενέργειας στο πλοίο όσο και την αναμενόμενη βελτίωση της ενεργειακής

<sup>87</sup> MEPC .282(70) , 2016 GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF A SEEMP

απόδοσης του πλοίου. Συστήνεται έτσι να αφιερώνεται επαρκής χρόνος για τον σχεδιασμό, έτσι ώστε το πιο κατάλληλο, αποτελεσματικό και εύκολα υλοποιήσιμο σχέδιο να μπορεί να αναπτυχθεί.

#### *Ειδικά μέτρα για τα πλοία (Ship-specific measures)*

Αναγνωρίζοντας ότι υπάρχουν διάφορες επιλογές για να βελτιωθεί η αποδοτικότητα (όπως βελτιστοποίηση ταχύτητας, weather routing, συντήρηση γάστρας/κύτους) και ότι το καλύτερο, πιο κατάλληλο πακέτο μέτρων για τη βελτίωση της απόδοσης ενός πλοίου διαφέρει σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με τον τύπο πλοίου, τα φορτία, τις διαδρομές και άλλους παράγοντες, τα ειδικά μέτρα βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης για το εκάστοτε υπό εξέταση πλοίο πρέπει να εντοπίζονται σε πρώτη φάση. Τα μέτρα αυτά θα πρέπει να απαριθμούνται και αναφέρονται ως ένα πακέτο μέτρων προς εφαρμογή, παρέχοντας έτσι μια σφαιρική εικόνα των δράσεων που θα αναληφθούν για το συγκεκριμένο πλοίο.

Συνεπώς, κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, είναι σημαντικό να προσδιοριστεί και κατανοηθεί η τρέχουσα κατάσταση χρήσης ενέργειας. Το πρώτο μέρος του SEEMP θα πρέπει να προσδιορίσει μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που έχουν αναληφθεί καθώς επίσης και πόσο αποτελεσματικά είναι τα μέτρα αυτά ως προς την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Ακόμα, να προσδιορίσει ποια μέτρα μπορούν να υιοθετηθούν για την περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου. Πρέπει να σημειωθεί, ωστόσο, ότι δεν μπορούν όλα τα μέτρα να εφαρμοστούν σε όλα τα πλοία ή ακόμα και στο ίδιο πλοίο υπό διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας και ότι ορισμένα από αυτά είναι κατά περίπτωση αποκλειστικά. Ιδανικά, τα αρχικά μέτρα θα μπορούσαν να αποδώσουν αποτελέσματα εξοικονόμησης ενέργειας (και κόστους) τα οποία στη συνέχεια μπορούν να επανεπενδυθούν σε πιο δύσκολες ή δαπανηρές αναβαθμίσεις αποδοτικότητας που προσδιορίζονται στο μέρος I.

Καθοδήγηση για βέλτιστες πρακτικές για την αποδοτική ως προς τα καύσιμα λειτουργία των πλοίων, όπως ορίζεται στο SEEMP, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διευκολυνθεί αυτό το τμήμα της φάσης σχεδιασμού. Επίσης, στη διαδικασία σχεδιασμού, ιδιαίτερη θεώρηση θα πρέπει να δοθεί στην ελαχιστοποίηση οποιαδήποτε διοικητικού εμποδίου επί του πλοίου.

#### *Μέτρα ειδικά για την εταιρεία (Company-specific measures)*

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης της λειτουργίας του πλοίου δεν βασίζεται απαραίτητα μόνο στη μεμονωμένη διαχείριση του πλοίου. Απεναντίας, μπορεί να εξαρτάται από πολλούς εμπλεκόμενους όπως τα ναυπηγεία επισκευής πλοίων, τους πλοιοκτήτες, τους χειριστές, τους ναυλωτές, τους ιδιοκτήτες φορτίων, τα λιμάνια και τις υπηρεσίες διαχείρισης κυκλοφορίας/διακίνησης. Για παράδειγμα, το JIT, προϋποθέτει καλή έγκαιρη επικοινωνία μεταξύ των χειριστών, των λιμανιών και της υπηρεσίας διαχείρισης κυκλοφορίας. Όσο καλύτερος είναι ο συντονισμός μεταξύ αυτών των ενδιαφερομένων μερών τόσο μεγαλύτερη βελτίωση μπορεί να αναμένεται. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ένας τέτοιος συντονισμός ή συνολική διαχείριση γίνεται καλύτερα μάλλον από μια εταιρεία παρά από ένα πλοίο. Υπό αυτή την έννοια, συνιστάται η εταιρεία να θεσπίσει επίσης ένα σχέδιο διαχείρισης ενέργειας για τη διαχείριση του στόλου της (αν δεν έχει ήδη ένα σε ισχύ) και να κάνει τους απαραίτητους συντονισμούς μεταξύ των ενδιαφερομένων μερών<sup>88</sup>.

---

<sup>88</sup> MEPC .282(70) , 2016 GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF A SEEMP

## Planning – Company energy management plan



Figure 6.5 Ship Energy Management Stakeholders

Source: M2 Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, IMO (TTT) 2016

### Ανάπτυξη ανθρώπινου δυναμικού

Για αποτελεσματική και σταθερή εφαρμογή των ληφθέντων μέτρων, η αύξηση/ενδυνάμωση της επίγνωσης/ευαισθητοποίησης του προσωπικού και η παροχή της αναγκαίας κατάρτισης/εκπαίδευσης σε αυτό (ξηράς και επί πλοίου) είναι σημαντικά στοιχεία. Τέτοια ανάπτυξη ανθρώπινων πόρων ενθαρρύνεται και πρέπει να θεωρείται σημαντική συνιστώσα του σχεδιασμού καθώς και κρίσιμο στοιχείο της εφαρμογής (implementation).

### Καθορισμός στόχου (Goal Setting)

Το τελευταίο τμήμα του σχεδιασμού είναι το να τεθούν στόχοι. Πρέπει να τονιστεί ότι η στοχοθεσία είναι εθελοντική, δεν υπάρχει καμία ανάγκη να ανακοινώνεται ο στόχος ή το αποτέλεσμα στο κοινό, και ότι ούτε η εταιρεία ούτε το πλοίο υπόκεινται σε εξωτερικούς ελέγχους. Ο σκοπός της θέσπισης στόχων είναι να λειτουργεί ως ένα σήμα το οποίο οι εμπλεκόμενοι άνθρωποι πρέπει να λαμβάνουν υπόψη, να δημιουργεί ένα καλό κίνητρο για την ορθή εφαρμογή και, στη συνέχεια, να αυξήσει την δέσμευση/αφοσίωση στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Ο στόχος μπορεί να λάβει οποιαδήποτε μορφή, όπως η ετήσια κατανάλωση καυσίμου ή έναν συγκεκριμένο στόχο επιπέδου του Επιχειρησιακού Δείκτη Ενεργειακής Απόδοσης (ΕΕΟΙ). Οποιοσδήποτε κι αν είναι ο στόχος, πρέπει να είναι μετρήσιμος και εύκολος στην κατανόηση.

### 6.3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ (IMPLEMENTATION)<sup>89</sup>

#### Δημιουργία συστήματος εφαρμογής

Αφού το πλοίο και η εταιρεία προσδιορίσουν τα μέτρα που πρέπει να εφαρμοστούν, είναι απαραίτητο να θεσπιστεί ένα σύστημα για την εφαρμογή/υλοποίηση των εντοπισθέντων και επιλεγμένων μέτρων, αναπτύσσοντας τις διαδικασίες για την ενεργειακή διαχείριση, μέσω καθορισμού καθηκόντων και ανάθεσής τους στο εξειδικευμένο προσωπικό. Επομένως, το μέρος I του SEEMP πρέπει να περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο κάθε μέτρο θα εφαρμοστεί και ποιος είναι ο (οι) υπεύθυνος (-οι) για αυτό. Η περίοδος υλοποίησης (ημερομηνίες έναρξης και λήξης) κάθε επιλεγμένου μέτρου πρέπει επίσης να υποδεικνύεται. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος

<sup>89</sup> MEPC .282(70) , 2016 GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF A SEEMP

μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μέρος του σχεδιασμού, και ως εκ τούτου μπορεί να ολοκληρωθεί στο στάδιο του planning.

A SAMPLE FORM OF A SHIP EFFICIENCY ENERGY MANAGEMENT PLAN			
Name of Vessel:		GT:	
Vessel Type:		Capacity:	
Date of Development:		Developed by:	
Implementation Period:		Implemented by:	
Planned Date of Next Evaluation:			
<b>1 MEASURES</b>			
Energy Efficiency Measures	Implementation (including the starting date)	Responsible Personnel	
Weather Routing	<Example> Contracted with [Service providers] to use their weather routing system and start using on-trial basis as of 1 July 2012.	<Example> The master is responsible for selecting the optimum route based on the information provided by [Service providers].	
Speed Optimization	While the design speed (85% MCR) is 19.0 kt, the maximum speed is set at 17.0 kt as of 1 July 2012.	The master is responsible for keeping the ship's speed. The log-book entry should be checked every day.	
<b>2 MONITORING</b>			
Description of monitoring tools			
<b>3 GOAL</b>			
Measurable goals			
<b>4 EVALUATION</b>			
Procedures of evaluation			

Figure 6.6 Sample SEEMP template

Source: MEPC .282(70) , 2016 GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF A SEEMP

### Εφαρμογή και τήρηση αρχείων

Τα προβλεπόμενα μέτρα θα πρέπει να εκτελούνται σύμφωνα με το προκαθορισμένο σύστημα εφαρμογής. Η τήρηση αρχείων για την υλοποίηση κάθε μέτρου είναι ωφέλιμη για αυτοαξιολόγηση σε μεταγενέστερο στάδιο και πρέπει να ενθαρρυνθεί. Αν κάποιο εντοπισμένο μέτρο δεν μπορεί να εφαρμοστεί για οποιονδήποτε λόγο, πρέπει να καταγράφεται ο (οι) λόγος (λόγοι) αυτός (οί) για εσωτερική χρήση.

### 6.3.3 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ (MONITORING)<sup>90</sup>

#### Εργασία παρακολούθησης

Η ενεργειακή απόδοση ενός πλοίου πρέπει να παρακολουθείται ποσοτικά. Αυτό πρέπει να γίνεται με μία καθιερωμένη μέθοδο, κατά προτίμηση σε συμμόρφωση με ένα διεθνές πρότυπο. Ο ΕΕΟΙ που αναπτύχθηκε από τον Οργανισμό (IMO) είναι ένα από τα διεθνώς καθιερωμένα εργαλεία για να αποκτήσουμε ένα ποσοτικό δείκτη ενεργειακής απόδοσης ενός πλοίου ή / και στόλου σε λειτουργία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σκοπό αυτό. Ως εκ τούτου, ο ΕΕΟΙ θα μπορούσε να θεωρηθεί ως το κύριο, βασικό εργαλείο παρακολούθησης, αν και άλλα ποσοτικά μέτρα μπορεί επίσης να είναι κατάλληλα.

<sup>90</sup> MEPC .282(70) , 2016 GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF A SEEMP

Εάν χρησιμοποιείται, συνιστάται ο ΕΕΟΙ να υπολογίζεται σύμφωνα με τις Guidelines for the development of a ship Energy Efficiency Management Plan (MEPC.1 / Circ.684) που συστάθηκε από τον Οργανισμό, προσαρμοσμένο, ανάλογα με τις ανάγκες, σε ένα συγκεκριμένο πλοίο και εμπόριο.

Εκτός από τον ΕΕΟΙ, εάν είναι βολικό και / ή ωφέλιμο για ένα πλοίο ή εταιρεία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλα εργαλεία μέτρησης. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται άλλα εργαλεία παρακολούθησης, το concept του εργαλείου και η μέθοδος παρακολούθησης μπορούν να καθοριστούν στάδιο του σχεδιασμού.

#### *Δημιουργία συστήματος παρακολούθησης*

Πρέπει να σημειωθεί ότι, ανεξάρτητα από τα εργαλεία μέτρησης που χρησιμοποιούνται, η συνεχής και συνεπής συλλογή δεδομένων είναι το θεμέλιο της παρακολούθησης. Για να επιτραπεί ουσιαστική και αδιάλειπτη παρακολούθηση, το σύστημα παρακολούθησης, συμπεριλαμβανομένων των διαδικασιών συλλογής δεδομένων και της ανάθεσης στον εκάστοτε υπεύθυνο από το προσωπικό, πρέπει να δομηθεί. Η ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος μπορεί να θεωρηθεί ως μέρος του σχεδιασμού και επομένως πρέπει να ολοκληρωθεί στο στάδιο του σχεδιασμού.

Πρέπει να σημειωθεί ότι, προκειμένου να αποφευχθούν περιττοί διοικητικοί ανασταλτικοί παράγοντες για το προσωπικό των πλοίων, η παρακολούθηση θα πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν περισσότερο από το προσωπικό της ξηράς, χρησιμοποιώντας δεδομένα που προέρχονται από υπάρχοντα απαιτούμενα αρχεία, όπως τα επίσημα και μηχανικών ημερολόγια, βιβλία καταγραφής προμήθειας καυσίμου κλπ. Μπορούν να ληφθούν πρόσθετα δεδομένα ανάλογα με την περίπτωση.

#### *Ψάξε και σώσε (Search and rescue)*

Όταν ένα πλοίο παρεκκλίνει από το προγραμματισμένο του πέρασμα/διαδρομή για να συμμετάσχει σε περιπτώσεις αναζήτησης και διάσωσης, συνιστάται τα δεδομένα που καταγράφονται κατά τη διάρκεια αυτών των εργασιών να μην χρησιμοποιούνται στην παρακολούθηση της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου και μπορούν να καταγράφονται χωριστά.

#### *Αυτοαξιολόγηση και βελτίωση (Self-evaluation and improvement)*

Η αυτοαξιολόγηση και η βελτίωση είναι η τελική φάση του κύκλου διαχείρισης. Αυτή η φάση πρέπει να παράγει ουσιαστική ανατροφοδότηση για το επόμενο επικείμενο πρώτο στάδιο, δηλαδή το στάδιο σχεδιασμού του επόμενου κύκλου βελτίωσης.

Ο σκοπός της αυτοαξιολόγησης είναι να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα των προγραμματισμένων μέτρων και της εφαρμογής τους, για να εμβαθύνουμε την κατανόηση στα συνολικά χαρακτηριστικά της λειτουργίας του πλοίου, όπως ποια είδη μέτρων μπορούν / δεν μπορούν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά και πώς και / ή γιατί, να κατανοήσουμε την τάση βελτίωσης της απόδοσης για αυτό το πλοίο και να αναπτύξει το βελτιωμένο σχέδιο διαχείρισης για τον επόμενο κύκλο.

Για τη διαδικασία αυτή, θα πρέπει να αναπτυχθούν διαδικασίες αυτοαξιολόγησης της διαχείρισης ενέργειας του πλοίου. Επιπλέον, η αυτοαξιολόγηση θα πρέπει να εφαρμόζεται σε τακτά χρονικά διαστήματα χρησιμοποιώντας δεδομένα που συλλέγονται μέσω της παρακολούθησης. Επιπλέον, συνιστάται να επενδυθεί χρόνος στην αναγνώριση αιτίου και αποτελέσματος της απόδοσης κατά την εξεταζόμενη περίοδο για τη βελτίωση της επόμενης φάσης του σχεδίου διαχείρισης.

Η ΜΕΡC.213(63) παρέχει “Guidance on best Practices for Fuel-Efficient Operation of Ships” που περιέχει λεπτομερώς μία λίστα με μεθόδους βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης για πιθανή υιοθέτηση/ενσωμάτωση στο SEEMP του πλοίου. Αυτές παρατίθενται συνοπτικά παρακάτω<sup>91</sup>:

Category	Improvement method	Description
Fuel Efficient Operations	Improved voyage planning	Careful planning and execution of voyages.
	Weather routeing	Potential efficiency savings using routeing tools from existing providers.
	Just in time	Optimise speed based on early communication with next port on berth availability.
	Speed optimisation	To minimise fuel consumption, taking into account engine manufacturers optimal settings and arrival times/availability of berths at port.
Optimised Ship Handling	Optimised shaft power	Efficiency can be improved by setting constant RPM.
	Optimum trim	Operating at optimum trim for specified draft and speed.
	Optimum ballast	Ballasting for optimum trim and steering conditions.
	Optimum propeller and propeller inflow considerations	Possible retrofitting of improved propeller designs and/or inflow modifiers such as fins or ducts in order to improve efficiency.
Hull Maintenance	Optimum use of rudder and heading control systems (autopilots)	Reducing distance sailed ‘off track’ and minimising losses caused by rudder corrections. Possible improvements through retrofitting optimised rudder designs.
		Use of advanced coating systems, better management of cleaning intervals and underwater inspection.
Propulsion System	Propulsion system maintenance	Systematic minimisation of heat and mechanical loss through routine maintenance and optimisation.
Waste Heat Recovery		Thermal heat loss from exhaust gases to generate electricity or propulsion via shaft motors.
Improved Fleet Management		Better utilisation of fleet capacity and use of ‘best practise’.
Improved Cargo Handling		Cargo handling matched to ship and port requirements.
Energy Management		Review of energy usage such as electrical and HVAC systems.
Fuel Type		Potential use of emerging alternative fuels.
Other Measures		Computer software to calculate fuel consumption; use of renewable energy technology; use of shore power.

Figure 6.7 Methods for energy improvement within SEEMP

[Implementing a Ship Energy Efficiency Management Plan, LR, June 2012 version 2.0)

#### 6.4 ΜΕΡΟΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ SEEMP (SHIP SPECIFIC & COMPANY SPECIFIC MEASURES) ΓΙΑ ΥΠΑΡΧΟΝ DOUBLE HULL OIL / CHEMICAL TANKER

Εδώ παραθέτουμε τμήμα από ένα σε ισχύ πραγματικό SEEMP ενός υπάρχοντος Chemical Tanker με DW 50.439 MT. Βλέπουμε κάποια μέτρα ενεργειακής εξοικονόμησης του πλοίου, χωρισμένα σε δύο μέρη, Ship Specific και Company Specific. Ο IMO No του πλοίου και κάποια άλλα στοιχεία έχουν παραληφθεί για λόγους εμπιστευτικότητας.

<sup>91</sup> Implementing a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)– Guidance for shipowners and operators, Lloyd’s Register, June 2012, version 2.0



### 6.4.1 SHIP SPECIFIC

Ακολουθούν τα μέτρα όπως εμφανίζονται στο “Ship Specific” κομμάτι του υπάρχον SEEMP ενός Chemical Tanker.

#### 6.4.1.1 Λειτουργικά Μέτρα

<b>SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)</b>	
<b>PART A – SHIP SPECIFIC</b>	IMO No. [REDACTED] <span style="float: right;">PAGE 15/71</span>
<b>PART A – SHIP SPECIFIC</b>	
<b>SHIP ENERGY EFFICIENCY MEASURES</b>	
<p>This Section contains all procedures and measures related to improving energy efficiency onboard already adopted by the Company, and defines responsible personnel (both ashore and onboard), relevant monitoring methods, associated targets, etc. for each measure.</p> <p>All measures below should be reviewed quarterly.</p>	
<b>Speed Selection Optimization ([REDACTED])</b>	
<b>Related Environmental Program:</b>	EP-1 “Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions”
<b>Responsible personnel ashore:</b>	FOD, FMD.
<b>Responsible personnel onboard:</b>	Master.
<b>Records:</b>	Daily Noon Reports.
<b>Implementation Period:</b>	Whenever possible and taking into account Charter Party obligations and requirements and safe navigation, weather routing.
<b>Target:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- During ballast voyages: Reduce vessel’s speed to be within <math>\pm 1.0</math> knot of the vessel’s Most Economical Speed.</li> <li>- During laden voyages: Optimize the speed in order to keep the used fuel per tonne-mile at a minimum level so as to ultimately reduce time spent in anchorage or drifting at waiting areas annually by 1%.</li> </ul>
<b>Target Date:</b>	January each year.
<b>Monitoring method:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Random checking of Daily Noon Reports.</li> <li>- Monitor statistical data on the time spent in anchorage or drifting at waiting areas (per laden voyage / per vessel).</li> </ul>
<b>Notes/ Follow-up:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- The Operator should provide the desired ETA at ports to allow the ship’s crew to better manage the speed and fuel consumption of the vessel.</li> <li>- Necessary margins, taking into account possible adverse currents, unexpected weather changes and other negative factors, to be considered.</li> <li>- Ship to report about alterations to voyage commands.</li> <li>- The Operator shall request permission from the Charterers to reduce vessel’s speed to the calculated value, when possible.</li> </ul>	

92

<sup>92</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015

**SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN  
 (SEEMP)**

IMO No. [REDACTED]

PAGE 16/71

**PART A – SHIP SPECIFIC**

<b>Just in Time Arrival / Virtual Arrival ([REDACTED])</b>	
<b>Related Environmental Program:</b>	EP-1 “Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions”
<b>Responsible personnel ashore:</b>	FOD.
<b>Responsible personnel onboard:</b>	Master.
<b>Records:</b>	Daily Noon Reports, voyage logs, weather routing service provider reports (if applicable) and Departure report. Charter Party (C/P) clause.
<b>Implementation Period:</b>	Whenever an opportunity exists, the Operator in liaison with Charterers will instruct the vessel to proceed at the appropriate/calculated speed for arrival in time.
<b>Target:</b>	Subject to C/P obligations and applicable to laden conditions: - Increase the ratio of Sea Passage in laden condition / to Sea Passage in ballast condition. - Optimize the speed in order to keep the used fuel per tonne-mile at a minimum level so as to ultimately reduce time spent in anchorage or drifting at waiting areas annually by 1%.
<b>Target Date:</b>	January each year.
<b>Monitoring Method:</b>	Record time while in: - Sea Passage - Ballast - Sea Passage - Laden - Anchored / drifting The waiting (idle) and ballast time to be monitored.
<b>Notes / Follow-up:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- The concept of Virtual Arrival is about identifying delays at discharge ports so as to better manage the vessel's arrival time by managing / reducing the vessel's speed, aiming at reduced fuel consumption and emissions.</li> <li>- Anyone involved in the decision making process should be aware of the cost / benefit before defining a ship's arrival time. Small speed adjustments can save huge amounts of energy. The relationship between speed and fuel consumption should be considered during the voyage planning process.</li> </ul>	

<sup>93</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015

6.4.1.2 Μέτρα προπέλας / γάστρας

<b>SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)</b>	
IMO No. [REDACTED]	
PAGE 17/71	
<b>PART A – SHIP SPECIFIC</b>	
<b>Propeller Polishing (see [REDACTED])</b>	
Related Environmental Program:	EP-1 "Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions"
Responsible personnel ashore:	FMD.
Responsible personnel onboard:	Master / Chief Engineer.
Records:	Underwater survey report or visual inspection, when possible. Dry docking report. Daily Noon Reports.
Implementation Period:	Propeller cleaning to be conducted whenever there are clear indications of deteriorating propeller performance. Periodicity to take into account the time spent at anchorage and at ports.
Target:	Keep propeller efficiency high. Propeller polishing to be carried out whenever required and as a minimum every intermediate and / or special survey.
Target Date:	January each year.
Monitoring Method:	Review of Daily Noon Reports and assessment of reported propeller slip in conjunction with prevailing weather conditions. Evaluation of the divers' reports and last drydocking survey assessment.
Notes/ Follow up:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Close monitoring of vessel's performance, speed, slip and consumption.</li> <li>- Adjustment of policy for propeller underwater survey or visual inspection. Consider propeller polishing between dry-dockings if necessary.</li> </ul>	
<b>Hull Cleaning (see [REDACTED])</b>	
Related Environmental Program:	EP-1 "Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions"
Responsible personnel ashore:	FMD.
Responsible personnel onboard:	Master / Chief Engineer / Chief Officer.
Records:	Underwater survey report or visual inspection, when possible. Dry docking report. Daily Noon Reports.
Implementation Period:	Hull cleaning whenever there are clear indications of deteriorating hull performance. Periodicity to take into account the time spent at anchorage and at ports.
Target:	Keep vessel's performance high. Hull cleaning to be carried out whenever required.
Target Date:	Yearly.
Monitoring Method:	Review of Daily Noon Reports and assessment of vessel's performance, slip, etc. in conjunction with prevailing weather conditions. Evaluation of the divers' reports and last dry- docking report.
Notes/ Follow-up:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Close monitoring of vessel's performance, speed, slip and consumption.</li> </ul>	

94

<sup>94</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015

6.4.1.3 Μέτρα μηχανημάτων / εξοπλισμού

<b>SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)</b>	
<b>IMO No. [REDACTED]</b>	PAGE 18/71
<b>PART A – SHIP SPECIFIC</b>	
<b>M/E Performance Monitoring System (see [REDACTED])</b>	
Related Environmental Program:	EP-1 "Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions"
Responsible personnel ashore:	FMD.
Responsible personnel onboard:	Chief Engineer.
Records:	Main Engine Performance Reports / PMS Records.
Implementation Period:	Continuous.
Target:	Keep deviation from sea trials not more than 5%.
Target Date:	January each year.
Monitoring Method:	Main Engine Performance Reports to be taken / recorded according to intervals specified in the Company's PMS and forwarded to Head Office for further verification. Main Engine SFOC to be measured and compared to sea trials records with the aim of identifying cases where the vessel is underperforming, thus corrective action is needed.
<b>Notes / Follow-up:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Early identification of any deteriorating trend in ship's performance by continuous monitoring of specific indicators of the condition of the Main Engine and the ship's overall propulsion system.</li> <li>- In case vessel is underperforming, appropriate corrective action may be needed (i.e. M/E maintenance, hull / propeller cleaning etc.).</li> </ul>	
<b>D/G Performance Monitoring (see [REDACTED])</b>	
Related Environmental Program:	EP-1 "Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions"
Responsible personnel ashore:	FMD.
Responsible personnel onboard:	Chief Engineer.
Records:	D/G Performance Reports / PMS Records.
Implementation Period:	Continuous.
Target:	Keep deviation from sea / shop trials not more than 5%.
Target Date:	January each year.
Monitoring Method:	D/G Performance Reports to be taken / recorded quarterly and forwarded to Head Office for further verification. D/G SFOC to be measured and compared to sea / shop trials records with the aim of identifying cases where the vessel is underperforming, thus corrective action is needed.
<b>Notes/ Follow up:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Early identification of any deteriorating trend in D/G SFOC by continuous monitoring of specific indicators of the condition of the D/Gs.</li> <li>- In case vessel is underperforming, appropriate corrective action may be needed (i.e. D/G maintenance / overhaul, etc.).</li> </ul>	

95

<sup>95</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015

**SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN  
 (SEEMP)**

IMO No. [REDACTED]

PAGE 19/71

**PART A – SHIP SPECIFIC**

<b>D/G Engine Load Optimization - Efficient Use of E/R Pumps and Fans (see [REDACTED])</b>	
<b>Related Environmental Program:</b>	EP-1 "Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions"
<b>Responsible personnel ashore:</b>	FMD.
<b>Responsible personnel onboard:</b>	Chief Engineer.
<b>Records:</b>	Relevant Company's Standing Orders. Technical Superintendent Inspection Reports.
<b>Implementation Period:</b>	Continuous.
<b>Target:</b>	Strict adherence to relevant Company's Standing Orders.
<b>Target Date:</b>	January each year.
<b>Monitoring Method:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The C/E should review yard's electric balance study and operate system pumps accordingly while at port, if possible and safety permitting.</li> <li>- The C/E should also review the yard's air balance study and operate E/R fans accordingly. This involves reduction of number of E/R fans operating based on prevailing ambient conditions and safety permitting.</li> <li>- Note that many terminals require the M/E to be on stand-by mode in order for the vessel to be able to sail on a short notice. In that case, stopping of these pumps should not be considered. A slightly positive pressure should be always maintained in the engine room. High pressure engine room is indicative of air overpressure.</li> <li>- Checks during shipboard attendances by Superintendents.</li> </ul>
<b>Notes / Follow-up:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stop unnecessary pumps whilst in port and / or anchorage. Lube oil, cam shaft and fuel oil pumps may be stopped whilst in port or anchorage. Use port cooling pumps at port or anchorage, when available. Many terminals require the M/E to be ready on short notice so it might not be possible to implement the above at all times, but when possible this should be considered. The implementation of this instruction is up to Chief Engineer's discretion.</li> <li>- When switching off E/R fans, those fans that supply air to auxiliary engines, boilers and air compressors' spaces are best to remain on. Monitoring of E/R pressure can be used for deciding on the exact number of fans that could be switched off.</li> <li>- A good engineering practice for the vessel's auxiliary machinery operation is also considered the implementation of "Odd/Even" practice.</li> </ul>	

96

<sup>96</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015

<b>SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)</b>	
<b>IMO No. [REDACTED]</b>	
PAGE 21/71	
<b>PART A – SHIP SPECIFIC</b>	
<b>Auxiliary Boiler Maintenance (see [REDACTED])</b>	
Related Environmental Program:	EP-1 "Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions"
Responsible personnel ashore:	FMD.
Responsible personnel onboard:	Chief Engineer.
Records:	PMS Records. Boiler Internal Inspection Report. Distillate Water Consumption. Water Treatment Program. Engine Log.
Implementation Period:	Continuous.
Target:	Auxiliary boilers operation to be optimized minimizing unnecessary fuel consumption Steam production and fuel oil consumption to be not less than the values stated in the maker's manual.
Target Date:	January each year.
Monitoring Method:	Boiler washing instructions and frequency to be optimized. Review of PMS records related to boiler maintenance. Monitor water analysis as well as chemicals suitability and dosing.
<b>Notes/ Follow-up:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Do not start auxiliary boilers too far in advance of intended use.</li> <li>- Minimize steam dumping, when possible.</li> <li>- Maintain pipe/valve laggings in good order to minimize heat loss.</li> <li>- Maintain steam traps in good order.</li> <li>- Use steam tracing judiciously.</li> <li>- Optimize bunker tank heating.</li> <li>- Unnecessary heating of bunker tanks to be avoided. Fuel oil analysis results to be taken into account for heating the storage tanks.</li> <li>- Maintain boiler in low mode during loading operation, if no ballast pump is running and during unloading if no cargo operations needed for a reasonable time.</li> <li>- Check the O<sub>2</sub> analyzer and the piping system prior to every operation. The sensing / sample line and condensation/dirt in the line prevents good flow of sample to the analyzer and hence the O<sub>2</sub> comes down very slowly. This causes a lot of fuel wastage as load increased on the boiler to produce better O<sub>2</sub>.</li> </ul>	
<b>VOC Emission Control (VOCON Procedure) (see [REDACTED])</b>	
Responsible personnel ashore:	FMD.
Responsible personnel onboard:	Chief Officer.
Records:	Vessel Environmental Performance Report (EMS Form ENV-004).
Implementation Period:	Whenever crude oil is transported.
Target:	Proper implementation of the VOCON procedure in order to minimize VOC emissions.
Target Date:	January each year.
Monitoring Method:	Follow the procedures included in the vessel's approved VOC Management Plan.
Notes/ Follow-up:	

97

<sup>97</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015

<b>SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)</b>	
<b>IMO No. [REDACTED]</b>	
PAGE 22/71	
<b>PART A – SHIP SPECIFIC</b>	
<b>Fuel Oil Purchasing (see [REDACTED])</b>	
Related Environmental Program:	EP-1 "Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions"
Responsible personnel ashore:	FOD.
Responsible personnel onboard:	Chief Engineer.
Records:	Bunker Delivery Notes (BDNs). Vessel Environmental Performance Report (EMS Form ENV-004).
Implementation Period:	Continuous, whenever possible.
Target:	Ensure that only bunkers meeting ISO 8217:2010 are purchased.
Target Date:	January each year.
Monitoring Method:	FOD to review / approve all bunker stems.
<b>Notes/ Follow-up:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- All fuels are purchased against the internationally recognized standard ISO 8217:2010.</li> <li>- Before ordering bunkers, each ship should calculate the expected bunker consumption and verify the amount with the Office.</li> <li>- As a minimum, vessels should have enough onboard to complete the current voyage maintaining also a safe margin as per bunkers procedure manual.</li> <li>- The decision to carry excess bunkers above the above-mentioned quantity is to be justified by economic and operational considerations. Factors that can influence this decision include bunker cost, quality, the absence of firm orders, and cargo heating requirements.</li> </ul>	
<b>Fuel Oil Analysis (see [REDACTED])</b>	
Related Environmental Program:	EP-1 "Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions"
Responsible personnel ashore:	FOD.
Responsible personnel onboard:	Chief Engineer.
Records:	Fuel Oil Analysis Reports.
Implementation Period:	Continuous.
Target:	Monitor the lower calorific value and water content of the purchased fuel and keep statistics for each supplier. Identify if the fuel is within the ISO range.
Target Date:	January each year.
Monitoring Method:	Review FO analysis reports and forward same to the vessel with instructions, as necessary. Take appropriate corrective action / handling in case a substandard fuel is delivered onboard. Inspect filters for deposits and monitor M/E performance.
<b>Notes/ Follow-up:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuel Oil analysis ensures that the certain parameters that affect the fuel oil quality are maintained within ISO 8217:2010 requirements.</li> </ul>	

98

<sup>98</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015

<b>SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)</b>	
<b>IMO No. [REDACTED]</b>	PAGE 23/71
<b>PART A – SHIP SPECIFIC</b>	
<b>Sludge Generation Monitoring (see [REDACTED])</b>	
<b>Related Environmental Program:</b>	EP-1 “Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions” EP-3 “Handling of Oily Bilge Water and Sludge Generated in Machinery Spaces”
<b>Responsible personnel ashore:</b>	FMD.
<b>Responsible personnel onboard:</b>	Chief Engineer.
<b>Records:</b>	Oil Record Book. Daily Noon Reports. Vessel Environmental Performance Report (EMS Form ENV-004).
<b>Implementation Period:</b>	Continuous.
<b>Target:</b>	The average ratio % of sludge generated / HFO consumed not to exceed 1.50%.
<b>Target Date:</b>	January each year.
<b>Monitoring Method:</b>	Through continuous monitoring of the waste stream development.
<b>Notes / Follow-up:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sludge (oil residue) is considered to be the residual waste oil products generated during the normal operation of a ship such as those resulting from the purification of fuel or lubricating oil for main or auxiliary machinery, separated waste from oil filtering equipment, waste oil collected in drip trays, and waste hydraulic and lubricating oils.</li> <li>- Excessive sludge in the fuel oil is a parameter that reduces the fuel efficiency of the bunkers purchased. Therefore, the Company is monitoring the sludge production onboard fleet vessels in relation to the fuel consumption and takes the necessary corrective action as needed.</li> </ul>	
<b>Lube Oil Sampling (see [REDACTED])</b>	
<b>Related Environmental Program:</b>	EP-1 “Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions”
<b>Responsible personnel ashore:</b>	FMD.
<b>Responsible personnel onboard:</b>	Chief Engineer.
<b>Records:</b>	Lube Oil Analysis Reports.
<b>Implementation Period:</b>	According to PMS requirements.
<b>Target:</b>	Ensure optimum use of lube oil - Optimum operation of the machinery. Samples to be taken and forwarded to laboratory for analysis three (3) times per year.
<b>Target Date:</b>	January each year.
<b>Monitoring Method:</b>	Sampling as above. Examination of sediments and / or dispatch to the contracted laboratory for analysis.

99

<sup>99</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015



**SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN  
 (SEEMP)**

IMO No. [REDACTED]

PAGE 24/71

**PART A – SHIP SPECIFIC**

**Lube Oil Sampling (see [REDACTED])**

**Notes/ Follow-up:**

It is essential that the sample drawn is representative of the oil circulating in the system. The sampling points for each system should be located in accordance with the instructions provided with the LO sampling kit. Each sampling point should be conspicuously identified and used exclusively for the test program. Standard LO sampling points must be established and marked for each machinery item, according to the following guidelines:

- Sampling points should be selected according to the manufacturers’ manuals.
- Samples should not be taken from stagnant lines. If this cannot be avoided, sufficient draining of the line at the sampling point must be effected to ensure representative sampling. This is especially applicable in the case of stern tube oil sampling points.
- The samples must be drawn from a point on the discharge side of any LO pump, as near to the point of entry to the engine as practical and with the oil circulating. Cold oil samples should not be taken.
- The sampling point may be before or after the LO filter or cooler. The position of this sampling point must be noted on the sample bottle and the same sampling point should be used for any future sampling.
- Samples must not be taken from the purifiers or coalesce suction or discharges.

**SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN  
 (SEEMP)**

IMO No. [REDACTED]

PAGE 20/71

**PART A – SHIP SPECIFIC**

**Exhaust Gas Economizer (EGE) Maintenance (see [REDACTED])**

<b>Related Environmental Program:</b>	EP-1 “Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions”
<b>Responsible personnel ashore:</b>	FMD.
<b>Responsible personnel onboard:</b>	Chief Engineer.
<b>Records:</b>	PMS records for the internal cleaning of the EGE. Distillate Water Consumption, Boiler Internal Inspection Report and Engine Log.
<b>Implementation Period:</b>	Continuous.
<b>Target:</b>	EGE efficiency to be maximized. Under normal sea going conditions, steam production of the EGE to be not less than the values depicted in the maker’s manual.
<b>Target Date:</b>	January each year.
<b>Monitoring Method:</b>	Review distillate water consumption, Boiler Internal Inspection Report and Engine Log.

**Notes/ Follow-up:**

- The EGE should be maintained in a clean condition so as to maximize its efficiency.
- Under normal operating condition of M/E the steam production by the EGE should cover the domestic use without the operation of the Auxiliary Boilers. Slow steaming may cause a higher / faster fouling of the heating surface of EGE.
- Soot blowing to be performed as per Maker’s instructions.

<b>SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)</b>	
<b>IMO No. [REDACTED]</b>	
PAGE 25/71	
<b>PART A – SHIP SPECIFIC</b>	
<b>Minimize Incinerator Use (see [REDACTED])</b>	
<b>Related Environmental Program:</b>	EP-1 “Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions”
<b>Responsible personnel ashore:</b>	FMD.
<b>Responsible personnel onboard:</b>	Chief Officer / Chief Engineer.
<b>Records:</b>	Running hours of Incinerator (through PMS). Vessel Environmental Performance Report (EMS Form ENV-004).
<b>Implementation Period:</b>	Under consideration.
<b>Target:</b>	Reduce amount of garbage and sludge incinerated onboard by 1% annually (average over the whole fleet).
<b>Target Date:</b>	Within 2013.
<b>Monitoring Method:</b>	Review of Incinerator running hours as well as receipts for delivery of garbage and sludge ashore.
<b>Notes / Follow-up:</b>	

#### 6.4.1.4 Μέτρα στέγασης

<b>IT and other Household Equipment Replacement (see [REDACTED])</b>	
<b>Related Environmental Program:</b>	EP-1 “Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions”
<b>Responsible personnel ashore:</b>	FMD, Supply Department.
<b>Responsible personnel onboard:</b>	Master / Chief Officer
<b>Records:</b>	Purchasing specifications / orders. IT equipment inventory.
<b>Implementation Period:</b>	Continuous.
<b>Target:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procurement for installation onboard only of household appliances with an energy star rating.</li> <li>- Select energy efficient equipment for installation when replacing equipment on board the vessel.</li> <li>- Replace with 3.0 or 4.0 energy star rating all electronic / electrical appliances that need replacement.</li> </ul>
<b>Target Date:</b>	January each year.
<b>Monitoring Method:</b>	Review of purchasing specifications / orders. N/B specifications, manuals, etc.
<b>Notes / Follow-up:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Replacing e.g. the TVs onboard with 3.0 or 4.0 energy star appliances could lead to a reduction in kilowatts consumed.</li> <li>- Turn off PCs when not in use, turn off/plug out DVDs/TVs/audio systems and microwaves as these use several watts when in standby mode.</li> <li>- Wise and not excessive use of washing machines and dryers to save water and energy.</li> </ul>	

100

<sup>100</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015

Replacement of Incandescent Lamps (see [REDACTED])	
Related Environmental Program:	EP-1 “Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions”
Responsible personnel ashore:	FMD, Supply Department.
Responsible personnel onboard:	Chief Engineer / Electrician.
Records:	Electric Load Analysis. TFL / CFL supply records.
Implementation Period:	Continuous.
Target:	Replace incandescent lamps with TFL or CFL in order to improve energy efficiency. Reduce FO consumption by up to 2 MT per year over the whole fleet.
Target Date:	January each year.
Monitoring Method:	Supply orders and purchasing forms.
Notes / Follow-up: - Benefits to be quantified through relevant calculations / study.	

#### 6.4.1.5 Μέτρα πληρώματος

Personnel Awareness and Training (see [REDACTED])	
Related Environmental Program:	EP-1 “Enhance Onboard Energy Conservation, Efficiency and Reduce Air Emissions” EP-6 “Increase of Environmental Awareness of Office / Shipboard Personnel”
Responsible personnel ashore:	FMD / HSQE.
Responsible personnel onboard:	Master, Safety Officer.
Records:	Deck / Engine Officers Familiarization Checklist (CR-2, CR-3)
Implementation Period:	Continuous.
Target:	- Onboard personnel should have available and valid all the required certificates. - Continuous improvement of personnel awareness. - Carry out onboard pre-joining training on “Shipboard energy efficiency management”.
Target Date:	January each year.
Monitoring Method:	Personnel awareness and training to be part of the agenda of the management review meeting.
Notes/ Follow-up: - Officers should be familiarized on the procedures and practices contained in this Plan as part of their familiarization program ashore and onboard. - A list of energy best practices has been developed on what can be done to save energy (see Appendix IV). - An in-house training course on “Shipboard energy efficiency and management” should be carried out during officers-on-leave meetings at the Company’s training center (if possible, otherwise use Computer Based Training (CBT) CD provided onboard) with the view to improving officers’ awareness of onboard energy efficiency and areas in which energy can be conserved. The aim is to integrate energy saving management into general ship management operations and to ensure that all relevant information is being used and understood by the crew.	

**6.4.2 COMPANY SPECIFIC**

Οι ακόλουθοι πίνακες συνοψίζουν τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης που έχει ήδη ή σκοπεύει στο άμεσο μέλλον να αναλάβει η εταιρεία (EEMs) όπως αυτά εμφανίζονται στο SEEMP του πλοίου.

<b>SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)</b>																																			
<b>IMO No. ██████████</b>				<small>PAGE 68/71</small>																															
<b>PART B – COMPANY SPECIFIC</b>																																			
<b>6. SYNOPSIS</b>																																			
<p>Table 4 presents the Energy Efficiency Measures (EEMs) the Company has either already adopted or are under consideration to be adopted in the future, aiming at improvement of the Ship Energy Efficiency.</p> <p style="text-align: center;"><b>Table 4: Synopsis of Energy Efficiency Measures</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Ref.</th> <th style="width: 30%;">Energy Saving Measure</th> <th style="width: 10%;">Ref.</th> <th style="width: 30%;">Energy Saving Measure</th> <th style="width: 10%;">Ref.</th> <th style="width: 30%;">Energy Saving Measure</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td><b>Speed Selection Optimization</b> <i>Speed reduction may reduce emissions, when Charter Party terms permit. Encourage the ship to operate at optimum speed in order to maximize energy efficiency.</i></td> <td></td> <td><b>Optimized Voyage Planning</b> <i>The optimum route and improved efficiency can be achieved through the careful planning and execution of voyages.</i></td> <td></td> <td><b>Weather Routing</b> <i>Software availability / weather charts / consideration of current and tide optimization.</i></td> </tr> <tr> <td></td> <td><b>Optimized Heading Control / Autopilot Function</b> <i>Minimize the distance sailed “off track” through less frequent and smaller rudder corrections.</i></td> <td></td> <td><b>Trim &amp; Ballast Optimization</b> <i>Each draught has an assigned best trim. Trim and ballast quantity may be optimized either through use of special software or through empirical methods.</i></td> <td></td> <td><b>“Just in Time” / Virtual Arrival</b> <i>Virtual Arrival involves reducing speed to meet a revised arrival time. The reduction in speed will result in lower fuel consumption and reduced GHG emissions.</i></td> </tr> <tr> <td></td> <td><b>Propeller Polishing</b> <i>Propeller polishing should be carried out when possible. The polishing standard should be of no less than Rupert B on any parts, confirmed by the polishing provider.</i></td> <td></td> <td><b>Hull Cleaning</b> <i>Hull cleaning should be carried out based on a condition assessment basis.</i></td> <td></td> <td><b>Propulsion Hydrodynamic Improvement Devices</b> <i>New designs to deliver greater fuel economy.</i></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="5"><b>Resistance Monitoring Programs</b> <i>Software to compare the actual performance of the ship to the sea trial performance when it was built with a completely clean and smooth hull.</i></td> </tr> </tbody> </table>						Ref.	Energy Saving Measure	Ref.	Energy Saving Measure	Ref.	Energy Saving Measure		<b>Speed Selection Optimization</b> <i>Speed reduction may reduce emissions, when Charter Party terms permit. Encourage the ship to operate at optimum speed in order to maximize energy efficiency.</i>		<b>Optimized Voyage Planning</b> <i>The optimum route and improved efficiency can be achieved through the careful planning and execution of voyages.</i>		<b>Weather Routing</b> <i>Software availability / weather charts / consideration of current and tide optimization.</i>		<b>Optimized Heading Control / Autopilot Function</b> <i>Minimize the distance sailed “off track” through less frequent and smaller rudder corrections.</i>		<b>Trim &amp; Ballast Optimization</b> <i>Each draught has an assigned best trim. Trim and ballast quantity may be optimized either through use of special software or through empirical methods.</i>		<b>“Just in Time” / Virtual Arrival</b> <i>Virtual Arrival involves reducing speed to meet a revised arrival time. The reduction in speed will result in lower fuel consumption and reduced GHG emissions.</i>		<b>Propeller Polishing</b> <i>Propeller polishing should be carried out when possible. The polishing standard should be of no less than Rupert B on any parts, confirmed by the polishing provider.</i>		<b>Hull Cleaning</b> <i>Hull cleaning should be carried out based on a condition assessment basis.</i>		<b>Propulsion Hydrodynamic Improvement Devices</b> <i>New designs to deliver greater fuel economy.</i>		<b>Resistance Monitoring Programs</b> <i>Software to compare the actual performance of the ship to the sea trial performance when it was built with a completely clean and smooth hull.</i>				
Ref.	Energy Saving Measure	Ref.	Energy Saving Measure	Ref.	Energy Saving Measure																														
	<b>Speed Selection Optimization</b> <i>Speed reduction may reduce emissions, when Charter Party terms permit. Encourage the ship to operate at optimum speed in order to maximize energy efficiency.</i>		<b>Optimized Voyage Planning</b> <i>The optimum route and improved efficiency can be achieved through the careful planning and execution of voyages.</i>		<b>Weather Routing</b> <i>Software availability / weather charts / consideration of current and tide optimization.</i>																														
	<b>Optimized Heading Control / Autopilot Function</b> <i>Minimize the distance sailed “off track” through less frequent and smaller rudder corrections.</i>		<b>Trim &amp; Ballast Optimization</b> <i>Each draught has an assigned best trim. Trim and ballast quantity may be optimized either through use of special software or through empirical methods.</i>		<b>“Just in Time” / Virtual Arrival</b> <i>Virtual Arrival involves reducing speed to meet a revised arrival time. The reduction in speed will result in lower fuel consumption and reduced GHG emissions.</i>																														
	<b>Propeller Polishing</b> <i>Propeller polishing should be carried out when possible. The polishing standard should be of no less than Rupert B on any parts, confirmed by the polishing provider.</i>		<b>Hull Cleaning</b> <i>Hull cleaning should be carried out based on a condition assessment basis.</i>		<b>Propulsion Hydrodynamic Improvement Devices</b> <i>New designs to deliver greater fuel economy.</i>																														
	<b>Resistance Monitoring Programs</b> <i>Software to compare the actual performance of the ship to the sea trial performance when it was built with a completely clean and smooth hull.</i>																																		
<small>REVISION No: 00, DATE: DEC 2015</small>																																			

<sup>101</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015

**SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN  
 (SEEMP)**

IMO No. [REDACTED]

PAGE 69/71

**PART B – COMPANY SPECIFIC**

Ref.	Energy Saving Measure	Ref.	Energy Saving Measure	Ref.	Energy Saving Measure
	<b>KYMA Performance Monitoring System</b> <i>M/E and D/G combustion parameters are regularly monitored in detail. Hull performance and shaft power requirement are measured.</i>		<b>MAN PMI System</b> <i>System to monitor M/E cylinders' pressure.</i>		<b>CoCos-EDS Performance Monitoring System</b> <i>Alternative to KYMA Performance Monitoring System.</i>
	<b>Shaft Torque / Thrust Meters</b> <i>Digital measuring system using a laser beam for detection of shaft torque, shaft RPM and consequently the transferred power.</i>		<b>M/E Performance Monitoring System</b> <i>M/E performance monitoring is established within the PMS and is carried out on a periodical basis. It includes recording and reviewing of M/E operating as well as regular assessment / inspection of M/E parts.</i>		<b>D/G Performance Monitoring System</b> <i>D/G performance monitoring is established within the PMS and it is carried out on a periodical basis aiming at early identification of any deteriorating trend in the performance of the D/Gs.</i>
	<b>Installation of Electronically Controlled Main Engines</b> <i>Improved efficiency in almost all loads, smokeless operation, NOx reduction, enhanced reliability and less CO<sub>2</sub> emissions.</i>		<b>Part Load and Low Load Operation</b> <i>The increased demand for continuous running in slow speeds has lead the industry to consider technical systems and modifications to marine Diesel engines, in order to operate the machinery plant for long periods of time at low or ultra-low speeds.</i>		<b>M/E Fuel Injection Slide Valves</b> <i>Installation of fuel valves of sliding type in order to achieve significant savings, lower emissions and lower fuel consumption. The slide fuel valves both optimize the combustion of the fuel and ensure a cleaner engine.</i>
	<b>Installation of De-rated Engines</b> <i>Better fuel efficiency, NOx compliance. One of the most common options for new-buildings in order to reduce SFOC and achieve minimum required EEDI. Propeller replacement may be required for existing ships.</i>		<b>Main Engine Cylinder Oil and Lubrication Control</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alpha Lubricator or</li> <li>• Hans Jensen Lubricator System or</li> <li>• Pulse Lubricating System or</li> <li>• Vogel Central Lubrication for reduction of Cylinder Oil consumption</li> </ul>		<b>Cylinder Oil Feed Rate Optimization (FRO) / Scrapedown Analysis</b> <i>Scrapedown samples are analyzed in order to identify the optimum cylinder oil feed rate resulting in reduced consumption without affecting wear rate.</i>

REVISION No: 00, DATE: DEC 2015

**SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN  
 (SEEMP)**

IMO No. [REDACTED]

PAGE 70/71

**PART B – COMPANY SPECIFIC**

Ref.	Energy Saving Measure	Ref.	Energy Saving Measure	Ref.	Energy Saving Measure
	<b>D/G Engine Load Optimization and Electric Load Demand Minimization - Optimum E/R Fans / Pumps Operation</b> <i>Review electric load analysis and operate system pumps accordingly. Minimize piping system resistance when possible. Review air balance study and operate E/R fans accordingly.</i>		<b>Waste Heat Recovery – Exhaust Gas Economizer (EGE) Maintenance</b> <i>EGE proper maintenance not only improves energy efficiency but also reduces maintenance overall costs and reduces safety risks associated with soot fires.</i>		<b>HVAC System Optimization and Load Factor - Thermostat Adjustment</b> <i>Set the air inlet thermostat to 27 deg. C in the summer and 21 deg. C in the winter.</i>
	<b>Compressed Air System</b> <i>Operate service and/or control air compressors for E/R control pneumatic loads and deck service loads. Operate main air compressors only for keeping main air receivers pressurized for engine starting.</i>		<b>Lighting Loads</b> <i>It is estimated that the use of energy saving light bulbs will save 33 megawatts per year per ship. Replacement of Incandescent Bulbs with Fluorescent Tubes.</i>		<b>Optimum Use of Bow Thruster(s)</b> <i>Switch on necessary capacitor only when bow thruster is intended for use and not during normal safe passage situations.</i>
	<b>Cargo Heating &amp; Temperature Control Optimization</b> <i>Optimization of cargo temperature taking into consideration cargo/voyage specific heating and Charterer / Cargo Receiver requirements.</i>		<b>Optimum Cargo Pumps Operation</b> <i>The minimum number of pumps to be used for maintaining the pressure at ship's manifolds. Operation of two pumps close to their full capacity is more efficient than using three pumps at reduced RPM.</i>		<b>Auxiliary Boilers Maintenance</b> <i>Auxiliary boilers operation to be optimized minimizing unnecessary fuel consumption Steam production and fuel oil consumption to follow maker's instruction manual.</i>
	<b>Steam Distribution and Condensate Return System – Insulation Maintenance</b> <i>Piping insulation should be regularly inspected. Damaged insulation leads to heat losses.</i>		<b>Cargo Vapour Emission Control Procedure on Crude Oil Tankers</b> <i>Implementation of VOC Management Plan as required by Regulation 15 of Annex VI of MARPOL.</i>		<b>Independent Inert Gas Generator</b> <i>Installation of independent IG generator limits the use of larger generators / boilers.</i>

REVISION No: 00, DATE: DEC 2015

<b>SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)</b>			
IMO No. ██████████			
PART B – COMPANY SPECIFIC			
Ref.	Energy Saving Measure	Ref.	Energy Saving Measure
	<b>Bunker Management – Fuel Oil Purchasing</b> <i>Purchasing only fuel meeting ISO 8217:2010 standard.</i>		<b>Bunker Management – Fuel Oil Analysis</b> <i>Fuel samples are analyzed. FO analysis reports are reviewed and forwarded to the vessels, with instructions as necessary.</i>
	<b>Fuel Oil Measurement &amp; Reporting / Fuel Oil Purifiers</b> <i>Flow meter accuracy measurements / Optimum selection of purifier gravity discs.</i>		<b>Fuel Oil Additives</b> <i>FO additives improve the M/E combustion, performance and efficiency.</i>
	<b>IT &amp; Other Household Equipment Replacement</b> <i>The policy of installing “energy saving” devices should also be applied to the procurement of other household devices such as refrigerators, microwave ovens, washing &amp; drying machines.</i>		<b>Minimize the Use of Incinerator</b> <i>Ships should make effort to reduce the incinerator ash by minimizing the generation of waste and maximizing recycling opportunities. Sludge generation should be minimized by the use of purifiers and homogenizers.</i>
<b>Glossary</b>	<b>Energy Audit / Energy Consumption Survey</b> <i>Independent survey, assessment and recommendations for energy consumption and efficiency of the ship.</i>		
REVISION No. 00, DATE: DEC 2015			

### 6.4.3 Βέλτιστες πρακτικές-Energy Efficiency Checklist

Ακολουθεί ένα σύνολο βέλτιστων πρακτικών ενεργειακής απόδοσης, το οποίο έχει συσταθεί και περιλαμβάνεται στο SEEMP του πλοίου. Αυτές οι πρακτικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην μορφή μίας “checklist” από τους επιτηρητές (superintendents) όταν επιβαίνουν στο πλοίο της Εταιρείας με σκοπό να ενισχύσουν την ευαισθητοποίηση και ενασχόληση του πληρώματος σχετικά με την ενεργειακή απόδοση. Η χρήση τέτοιας λίστας είναι τυπική και συνήθης διαδικασία από superintendents που εκδίδουν πιστοποιητικά κι εκτιμούν την πληρότητα του SEEMP ενός πλοίου και η εν λόγω λίστα βασίζεται στις προδιαγραφές και απαιτήσεις της MEPC.1/Circular 683

<sup>102</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015

SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)					
APPENDIX IV					
PAGE 5/10					
ENERGY EFFICIENCY CHECKLIST					
Area of Inspection	REMARKS / see SEEMP Appendix IV Energy Efficiency Best Practices	SATISFACTORY			
		YES	NO	N/A	
<b>A. At sea</b>					
Accommodation	<b>All ships</b>				
	A.1	Crew turn-off computers when they finish their job / when not in use.			
	A.2	External accommodation doors / windows to be kept closed while air-condition or heating is working.			
	A.3	Air condition re-circulation flaps always to have suction air from accommodation space.			
	A.4	Proper usage of heating / air condition plant.			
	A.5	Crew turn off unnecessary cabin and public rooms lights to save energy/maximize economy, especially in day-time.			
	A.6	Save water and energy by proper use of washing machines.			
	A.7	Collect water from Accommodation Air Conditioning drain.			
	A.8	External accommodation doors / windows to be kept closed while air-condition or heating is working.			
	A.9	Switch off unnecessary accommodation fans.			
	A.10	Switch off accommodation external lights during daylight.			
	A.11	Make proper use of galley equipment (switch off hot plates when not in use).			
	A.12	Eliminate frequent opening of reefer rooms' doors.			
	A.13	Check lighting fixture cleaning - Six monthly inspection and cleaning of lighting fixtures in the accommodation spaces would be suggested as a starting inspection interval.			
	A.14	Unnecessary operation of galley exhaust fan to be avoided. It should be used when cooking foods produce smoke (i.e., when frying or grilling).			
	A.15	Set thermostat of HVAC to 27°C in the summer and 21°C in the winter.			
	A.16	Minimize use of the HVAC system during satisfactory ambient conditions.			
	A.17	The air conditioning to be stopped during the night, when ambient temperature falls below 25°C (depending on the humidity, the wind, etc).			
	A.18	Use the air conditioning at re-circulation mode with minimum suction from outside.			
<b>Only Bulkers</b>					
A.19	Use the air conditioning at re-circulation mode, as frequently as possible. This will save energy & at the same time will minimize the amount of dust in the accommodation especially with dusty cargoes (clinker, HBI, coal, etc.).				
E.R.	<b>All ships</b>				
	A.20	Keep doors and skylights hermetically closed. Operate all fans to obtain adequate air pressure for good running of diesel driven engines.			
Main Engine	<b>All ships</b>				
	A.21	Check shop/sea trials data and operate main engine at best specific fuel consumption range of RPM/Power operation.			
	A.22	After satisfactory inspection through scavenging spaces gradually reduce cylinder oil feed rate.			
	A.23	Eliminate fuel oil leakages from fuel pumps.			
	A.24	Eliminate lube oil leakages from crankcase doors and stuffing boxes.			
	A.25	Maintain clearances / temperature / pressures within makers' standards.			
	A.26	Maintain M/E components directly affecting M/E performance like the T/C, air cooler, fuel injection system, liner and piston, piston rings etc. to a good condition to ensure maximum possible M/E total efficiency (i.e. the ratio of the shaft power to the power of the fuel burnt in the engine).			
	A.27	Keep air cooler(s) clean, maintain pressure drop and temperatures within makers values.			
	A.28	Clean T/C during engine operation.			
	A.29	Use genuine spare parts.			
	A.30	Maintain adequate spare parts as per minimum safety stock list.			

103

<sup>103</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015

SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)					
APPENDIX IV					
ENERGY EFFICIENCY CHECKLIST					
Area of Inspection	REMARKS / see SEEMP Appendix IV Energy Efficiency Best Practices	SATISFACTORY			
		YES	NO	N/A	
<b>A. At sea</b>					
<b>Main Engine</b>	<b>All ships</b>				
	A.31	Ensure engine components are maintained as per makers' instructions and planned maintenance system (PMS).			
	A.32	Carry out required modifications as per engine maker's service letters.			
	A.33	Carry out reconditioning of main engine parts only at authorized workshops.			
	A.34	Check Exhaust Gas Boiler back pressure. Clean boiler.			
	A.35	Optimize use of chemicals for fresh water treatment.			
	A.36	M/E F.O. Valves to be sent out for reconditioning to approved workshops. As soon as more than 6 set F.O. Valves are collected, the office to be informed to arrange offloading and transportation.			
	A.37	Cyl. Oil consumption to be minimized by checking piston rings, reducing the feed rate.			
	A.38	Specific HFO consumption of M/E and D/G is satisfactory and within maker's specification.			
	A.39	Compare M/E performance with sea/shop trials data.			
<b>Auxiliary Machinery</b>	<b>All ships</b>				
	A.40	Maintain feed water temperature at 85 C.			
	A.41	Keep M/E Air Compressors on manual mode at ports.			
	A.42	Operate service and control Air Compressors for E/R control pneumatic loads. Operate main air compressors only for keeping the main air receivers pressurized for engine starting.			
	A.43	Minimize air leakages of Air Compressors, as far as possible, by frequent inspection of piping, valves and equipment.			
	A.44	Avoid unregulated uses of compressed air like unregulated hoses, used for cleaning and personnel ventilation.			
	A.45	Minimize system pressure drop by maintaining filters and air dryers downstream of the Air Compressors in a clean condition.			
	A.46	Ensure that pumps are running efficiently.			
	A.47	Manage efficiently the pumping system by operating the minimum number of pumps for the minimum number of loads required.			
	A.48	Replace damaged motors with high efficiency motors, instead of rewinding them.			
	A.49	Auxiliary machinery operating pressures and temperatures within makers' limits.			
	A.50	Pumps are running without leakages.			
	A.51	Coolers are cleaned regularly for improved performance and to maintain pressures & temperatures within makers' values.			
	A.52	Check frequency of fuel oil purifiers' auto-cleaning (desludging) and adjust to minimum required.			
	A.53	Restoration of refrigerant leakages.			
	A.54	Good performance of fresh water generators.			
	A.55	Electrical equipment / motors, generators, switchboards, panels, breakers are inspected and cleaned as per PMS.			
	A.56	Megger readings are in order.			
	A.57	Substitute big motors by smaller ones, whenever possible.			
	A.58	In cold areas, the S.W. flow to the atmospheric condenser may be stopped.			
	A.59	M/E L.O. Cooler to be cleaned frequently, as it is connected in series with M/E Air Cooler and when it gets dirty it directly affects the amount of water reaching the air cooler and thus M/E performance.			
A.60	Ensure that the HVAC compressor load/unload control is in good operating condition.				
A.61	Maintain adequate quantity of refrigerant in the HVAC system for proper operation. An amount of liquid refrigerant must be present in the condenser.				

104

<sup>104</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015



**SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN  
 (SEEMP)**

**APPENDIX IV**

PAGE 7/10

ENERGY EFFICIENCY CHECKLIST					
Area of Inspection	REMARKS / see SEEMP Appendix IV Energy Efficiency Best Practices	SATISFACTORY			
		YES	NO	N/A	
<b>A. At sea</b>					
Auxiliary Machinery	<b>All ships</b>				
	A.62	Maximize air re-circulation of HVAC system as far as possible, to increase energy efficiency. Of course there is an upper limit to re-circulation to maintain healthy conditions in the accommodation.			
	A.63	Regularly check and adjust/ replace AHU fan drive belts and bearings for optimum operation.			
	A.64	Ensure supply HVAC duct insulation is kept in good condition.			
Boiler/Steam Related Machinery	<b>All ships</b>				
	A.65	The temperature of the boiler feed water in the cascade tank to be kept 85 deg. C. When in cool areas, the cooling sea water to the atmospheric condenser must be closed.			
	A.66	Boiler pressure and dump valve pressure should be correctly tuned to prevent unnecessary opening of dump valve or trip of boiler.			
	A.67	Avoid operating boilers at low load as much as possible, since efficiency i.e. kg of produced steam divided by kg of burnt FO is deteriorating.			
	A.68	Frequently check the colour, size and shape of the burner flame and the colour of the exhaust gas. Generally flames must be of a yellow to white colour. To monitor combustion efficiency more accurately the periodical use of a combustion analyzer is suggested.			
	A.69	Frequently monitor and control boiler water quality, which affect water tube deposits, which in turn cause decreased heat transfer efficiency to the boiler water.			
	A.70	Adjust frequency and quantity of boiler water blowdowns to minimize dissolved solids on the one hand but also minimize clean hot water loss on the other.			
	A.71	Make proper use of chemicals and check that water condition is within acceptable limits.			
	A.72	Soot blowing is carried out regularly.			
	A.73	C/E is aware of ship's steam balance.			
	A.74	Necessary maintenance of boilers and steam related machinery is carried out as per makers' manual and PMS.			
	A.75	Steam pipes and heaters are properly insulated.			
	A.76	Heaters / condensers / hot well are kept clean.			
	A.77	Heating coils in engine room tanks and bunker tanks are tight.			
	A.78	Carry out boiler water side chemical cleaning and furnace side cleaning when there is indication of reduced efficiency that cannot be attributed to burner problems.			
	A.79	Establish a regular inspection program for steam traps installed at the outlet of the various steam consumers in the E/R.			
	A.80	Establish a regular inspection program for steam and condensate return piping insulation.			
	A.81	Minimize steam and condensate piping drainage as far as possible.			
	A.82	Increase boiler steam production efficiency by frequently washing the tubes at F.O. burning side and exhaust gas side.			
	<b>Only Tankers</b>				
A.83	During cargo discharging coordinate with Deck Officers for optimum operation of the aux. boilers and avoid rapid load changes resulting to excess steam dumping.				
A.84	The boiler to be fired up immediately after washing in order to reduce sulfuric acid corrosion.				

105

<sup>105</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015

SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)				
APPENDIX IV				
PAGE 8/10				
ENERGY EFFICIENCY CHECKLIST				
Area of Inspection	REMARKS / see SEEMP Appendix IV Energy Efficiency Best Practices	SATISFACTORY		
		YES	NO	N/A
<b>A. At sea</b>				
Bunkering & Bunkering	<b>All ships</b>			
	A.85	Engine crew is guided and follows up office instructions to receive the quantities of bunkers ordered.		
	A.86	Engine crew is checking during bunkering the temperature and water content of the fuel.		
	A.87	New bunkers are stored in empty tanks (as far possible).		
	A.88	Bunker analysis done. Comments / instructions followed.		
	A.89	Always measure the barge tanks before bunkering.		
Diesel Generators	<b>All ships</b>			
	A.90	C/E is aware of ship's electric load distribution.		
	A.91	Carry out good maintenance of DG's so that 1 unit may carry the electric load at sea.		
	A.92	Operate electric loads having also energy efficiency in mind. For example avoid using the fire pump for filling the swimming pool and recirculation of the water. Use a smaller pump if possible.		
	A.93	Exercise some load management when possible with the aim to minimize the number of running generators and maximizing the load factor.		
	A.94	Check performance every 3 months to ensure good operation.		
	A.95	Carry out engine's overhaul as per maker's instructions and PMS.		
	A.96	Investigate reasons if observed frequent lube oil contamination.		
	A.97	Use genuine spare parts.		
	A.98	The D/Gs may run with F.O. even at very low loads 30-40 kw provided that the last 15 minutes before they are stopped, they will run at full load for 15 minutes.		
Deck-Navigation	<b>All ships</b>			
	A.99	Use emergency fire pump instead of main fire for anchor or deck washing.		
	A.100	Avoid Unnecessary running of mooring winch hydraulic power packs when mooring operations had already been completed.		
	A.101	Loaded passage even keel sailing.		
	A.102	Maintain Ballast passage optimum draught (ballast only necessary tanks).		
	A.103	Maintain Ballast passage optimum trim.		
	A.104	Make sure that the propeller is not partly submerged during ballast voyage.		
	A.105	Implement good voyage planning (currents, winds, and waves).		
	A.106	Calculate slip and compare with those reported in noon reports.		
	A.107	Avoid very sensitive operation of autopilot. Observe wake. Adjust course at longer intervals (i.e. every 500 meters instead of every 10 meters).		
	A.108	Keep recommended speed with least power.		
	A.109	Pilot to pilot consumption to be evaluated.		
	A.110	Most economical combination between speed and consumption for a certain voyage.		
	A.111	Keep minimum safe speed when approaching pilot stations / anchoring positions to minimize main engine extreme movements (half astern-full astern, hard port – hard stbd, etc).		
	A.112	Any observation by the Master for over-consumption or loss of speed to be reported immediately to the office.		
	A.113	Propeller polishing as planned.		
A.114	Master must notify office if hull or propeller fouling is present.			
A.115	Evaluate/reduce the constants.			
A.116	Make sure that the ballast tanks are free of mud.			

106

<sup>106</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015

SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN (SEEMP)					
APPENDIX IV					
PAGE 9/10					
ENERGY EFFICIENCY CHECKLIST					
Area of Inspection	REMARKS / see SEEMP Appendix IV Energy Efficiency Best Practices	SATISFACTORY			
		YES	NO	N/A	
<b>A. At sea</b>					
Deck-Navigation	<b>All ships</b>				
	A.117	Ballasting / deballasting to be optimized - carried out partly by gravity (as much as possible).			
	A.118	Keep deck and cargo lights switched off during daylight.			
	A.119	Good working condition of windlass and mooring winches.			
	A.120	Computers, Chartco, C-map, to be turned off when not in use.			
	A.121	Make sure that the all radars and navigational equipment that are not required to be running at port, are switched off.			
	<b>Only Tankers</b>				
	A.122	Make sure that the cargo tanks are free of sediments.			
	A.123	Unnecessary steam supply to deck lines to be avoided.			
	A.124	Be sure that the Steam traps operate correctly.			
	A.125	When washing cargo tanks ensure that the heater performance deliver of at least 75° C.			
	A.126	Washing line pressures must be as per makers' manual, thus avoiding repetitive operation.			
	A.127	During washing, simultaneously purging must be carried out.			
	A.128	Good management of cargo heating.			
	A.129	Repair heating coils in cargo tanks.			
	A.130	PV valves tight and adequate spares exist on board.			
	A.131	Maximize heat capacity extracted from the exhaust Gas Boiler to use it for heating the cargo.			
	A.132	Check the specific consumption requirements to raise and maintain cargo temperatures.			
	A.133	In cooperation with OPS Dept, the boiler to be used minimum time possible, sea and weather condition permitting, (i.e. last days) for cargo heating.			
A.134	In case vessel stays for a long time at warm/tropical areas (India, Nigeria, Jeddah, Indonesia, etc.) Master to inspect hull sides in ballast condition. If fouling is observed, to inform office immediately so that, if possible, arrange hull cleaning at same port.				
Incinerator	<b>All ships</b>				
	A.135	Collect sufficient sludge / waste material before starting incineration.			
	A.136	Avoid frequent start-stops and use of MDO for warming up.			
	A.137	Maintain refractory in good condition.			
<b>B. At anchor (long stay – more than 3 days and weather permitting)</b>					
Bunkers & Bunkering	<b>All ships</b>				
	B.1	Minimize electric load.			
	B.2	Stop unnecessary pumps.			
	B.3	Reduce engine room ventilation.			
	B.4	Change over from F.O. to D.O. and shut down the boiler (in agreement with OPS/TECH dept).			
	B.5	Shut down preheating to FO tanks (in agreement with OPS/TECH dept).			
	B.6	Run DGs on DO (in agreement with OPS/TECH dept).			
	B.7	Steering gear room fan to be stopped.			

107

<sup>107</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015

**SHIP ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT PLAN  
 (SEEMP)**

**APPENDIX IV**

PAGE 10/10

ENERGY EFFICIENCY CHECKLIST				
Area of Inspection	REMARKS / see SEEMP Appendix IV Energy Efficiency Best Practices	SATISFACTORY		
<b>C. In Port/Loading/Discharging/Ballasting/Deballasting:</b>				
<b>Auxiliary Machinery</b>	<b>All ships</b>			
	C.1	Stop unnecessary pumps.		
	<b>Only Tankers</b>			
	C.2	Run the cargo pumps at the design RPM / capacity for best performance.		
	C.3	Choose carefully the number of cargo pumps needed to satisfy charterers' discharging requirements.		
	C.4	Consult the characteristics curves of the cargo pumps & steam turbines to find the optimum operating point.		
	C.5	Make a good program so that stripping of the first tanks is done concurrently with the bulk discharge, so as to reduce stripping at the end of discharging to the absolute minimum tanks.		
	C.6	Ensure COW operating satisfactory.		
	C.7	COW program to be carried out at minimum allowed time as per COW manual and cargo / receivers instructions.		
	C.8	In case of steam turbine driven ballast pumps try to utilize excess steam from boiler (for example during inerting) for running the pumps.		
	C.9	Ballasting operation to be optimized (initially to be conducted by gravity).		
	C.10	For FRAMO system optimize the operation of power packs by running only the units needed.		
	<b>Only Bulkers</b>			
C.11	Eliminate hydraulic oil leakages from cargo cranes and grabs.			
C.12	Keep safe level of spare parts for cranes and grabs.			

108

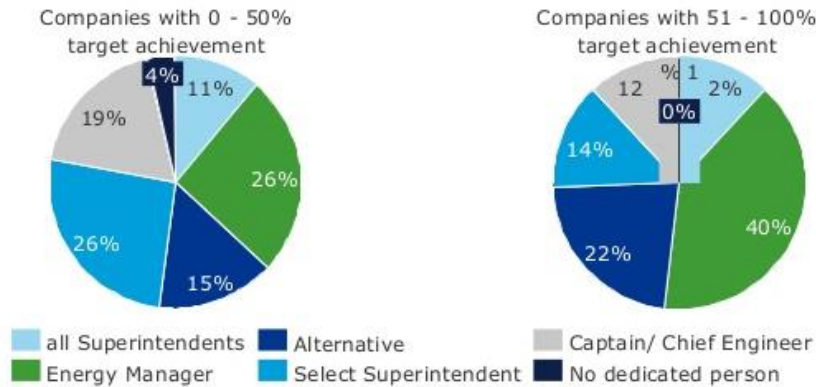
## 6.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ SEEMP

Αδιαμφισβήτητα όλα αυτά τα στοιχεία που δομούν το SEEMP τα περιεγράφηκαν και παρουσιάστηκαν παραπάνω, συμβάλλουν στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου. Εξίσου σημαντικό με τον καθορισμό των βέλτιστων πρακτικών και μέτρων και των υπευθύνων προς εκτέλεση για κάθε ένα από αυτά, είναι σε ποιόν έχει ανατεθεί μέσα στην Εταιρεία η ενεργειακή διαχείριση συνολικά κι εποπτικά. Αυτό αντικατοπτρίζεται στο ακόλουθο σχήμα από έρευνα που διεξήχθη από τον DNV GL το 2013 για το ποσοστό επίτευξης στόχων των Εταιρειών συναρτήσει του υπευθύνου ενεργειακής διαχείρισης. Ουσιαστικά ένα βήμα παραπέρα από το SEEMP, διαφαίνεται η βαρύτητα που έχει το να οριστεί Energy Manager για αυτό το σκοπό σε μια Εταιρεία/Οργανισμό.

<sup>108</sup> Existing SEEMP of Chemical Tanker, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, 2015

Survey on total 85 participants by DNV GL in 2013

Who has the key responsibility within your organisation for energy management?



- Establishing **energy manager** has **positive impact** on targets achievements

Figure 6.8 Survey, Responsible for Energy Management

Source: DNV GL, Energy Management Survey 2013

Μια συστηματική προσέγγιση για την κατάρτιση του SEEMP έχει δοθεί από τον IMO σε τεχνική του παρουσίαση και ουσιαστικά περιλαμβάνει τρία βήματα, με το βήμα βάσης (μηδέν) να αντιπροσωπεύει την στοχοθεσία και τον σχεδιασμό. Έπειτα στο πρώτο, γίνεται επικέντρωση σε απλές βελτιώσεις, στην καθημερινή λειτουργία και συντήρηση. Στο δεύτερο, βελτίωση συστημάτων και μικρών αλλαγών κατά την κανονική λειτουργία καθώς κι επικέντρωση σε στοιχεία για τα οποία γίνεται απόσβεση σε λιγότερο από δύο χρόνια. Στο τρίτο, φτάνουμε σε βελτίωση συστημάτων και της γάστρας του πλοίου καθώς και σε τροποποιήσεις που απαιτούν δεξαμενισμό<sup>109</sup>.

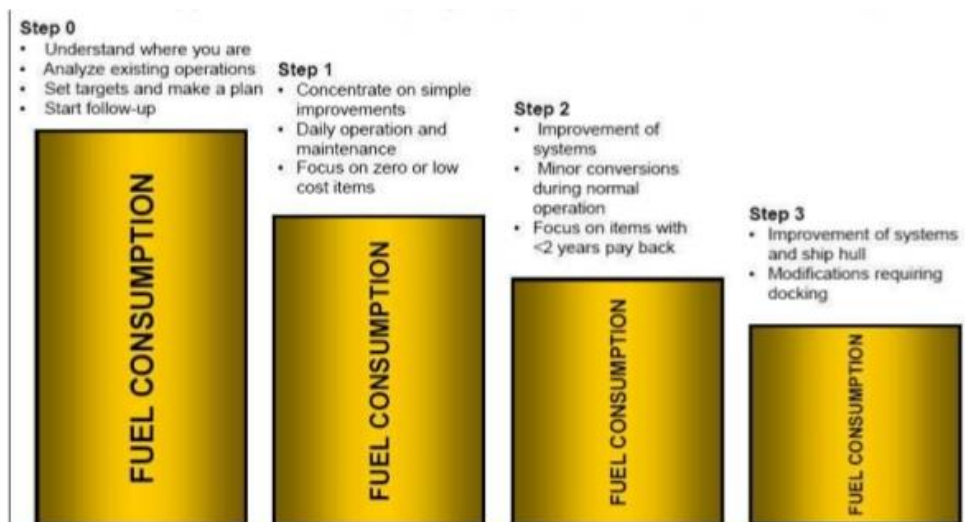


Figure 6.9 SEEMP 4 step approach

Source: IMO Technical Presentation on SEEMP

<sup>109</sup> IMO Technical Presentation on SEEMP

Η προαναφερθείσα έρευνα Ενεργειακής Διαχείρισης του DNV GL , την επόμενη χρονιά, το 2014, εκτίμησε και παρουσίασε το ποσοστό Ναυτιλιακών που έχουν επιτύχει εξοικονόμηση κατανάλωσης καυσίμου, συναρτήσει των μέτρων που έχουν εφαρμόσει, μέτρα τα οποία υπάγονται στα τρία παραπάνω βήματα.

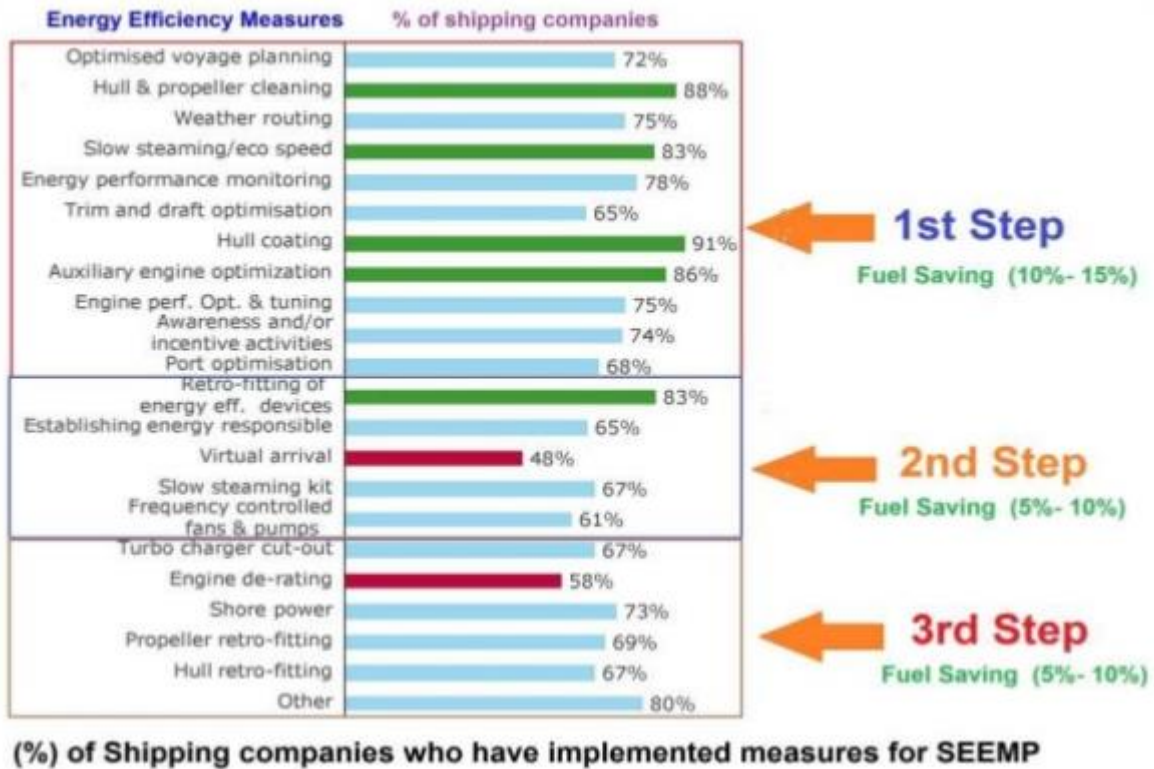


Figure 6.10 (%) of Shipping companies who have implemented measures for SEEMP

Ship Energy Efficiency Management Mohammad Hanif Dewan, IEng IMarEng IMarEST MRINA Lecturer, Malaysian Maritime Academy 1

Συνοψίζοντας, αρκετές δημοσιευμένες μελέτες δείχνουν ότι υπάρχει υψηλή προοπτική μείωσης εκπομπών, περίπου 50%. Η μελέτη επιπτώσεων δείχνει ότι με την πάροδο του χρόνου το SEEMP θα μειώσει τις εκπομπές κατά 9% μέχρι το 2030 και 14% μέχρι το 2050. Το SEEMP δεν προϋποθέτει άμεσες μειώσεις αλλά θα αυξήσει την επίγνωση/ευαισθητοποίηση της προοπτικής των μέτρων ενεργειακής απόδοσης<sup>110</sup>.

Τα περισσότερα λειτουργικά μέτρα είναι αποδοτικά ως προς το κόστος αλλά πολλά δεν υλοποιούνται, που σημαίνει ότι μη οικονομικοί φραγμοί εμποδίζουν την εφαρμογή τους. Αδιαμφισβήτητα, οι υψηλές τιμές καυσίμων θα οδηγήσουν την τεχνολογική ανάπτυξη, αλλά μη οικονομικά εμπόδια θα χρειαστούν μάλλον άλλα κίνητρα για να ξεπεραστούν.

<sup>110</sup> Emission reduction potential in shipping, ECCP – WG Ships Meeting 3, DNV, Tore Longva, November 16,2011

## 7. MRV & DCS

### 7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τον Δεκέμβριο του 2015 διεξάχθηκε η COP21 στο Παρίσι, στα πλαίσια της UNFCCC. Ως πρώτο βήμα στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από την ναυτιλία, ο κανονισμός 2015/757 της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) σχετικά με την παρακολούθηση, αναφορά και επαλήθευση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) από τις θαλάσσιες μεταφορές και η τροποποιητική Οδηγία 2009/16 / EC (‘the shipping Monitoring Reporting Verification (MRV) regulation’), που εγκρίθηκε στις 29 Απριλίου 2015 και τέθηκε σε ισχύ την 1<sup>η</sup> Ιουλίου 2015, δημιούργησαν ένα πανευρωπαϊκό νομικό πλαίσιο για το monitoring, reporting και verification των εκπομπών CO<sub>2</sub> από τις θαλάσσιες μεταφορές<sup>111</sup>.

The Regulation 2015/757 came into force on 1 July 2015

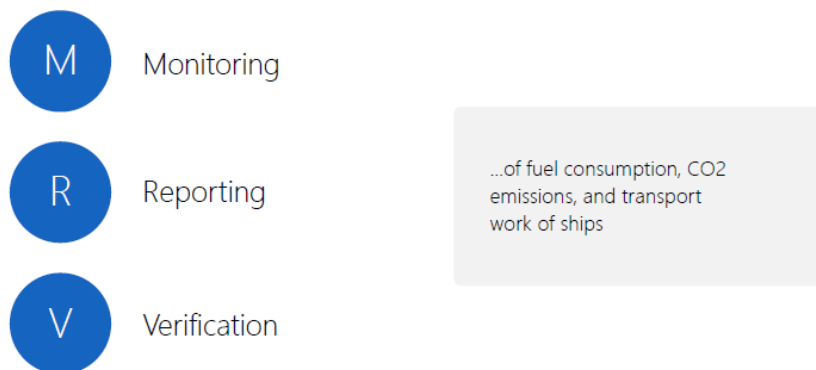


Figure 7.1 MRV initials

Source: EU Shipping MRV Regulation-A status update & How to get ready, VERIFAVIA shipping, 5 April 2016

Ο κανονισμός υποχρεώνει όλα τα πλοία άνω των 5.000 GT , ανεξαρτήτως σημαίας ή χώρας κατοχής, που καταπλέουν σε λιμάνια της ΕΕ από την 1η Ιανουαρίου 2018 και μεταφέρουν φορτίο ή επιβάτες για εμπορικούς σκοπούς, να συλλέγουν και αναφέρουν εξακριβωμένα ετήσια δεδομένα σχετικά με τις εκπομπές CO<sub>2</sub> και άλλες σχετικές πληροφορίες.

Ο IMO, συντεταγμένος με τους παγκόσμιους στόχους μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>, ανέπτυξε το IMO DCS (Data Collection System for fuel oil consumption). Κατά την MEPC 70, έγιναν τροποποιήσεις στο κεφάλαιο 4 του MARPOL Annex VI, που προβλέπουν υποχρεωτική συλλογή δεδομένων κατανάλωσης καυσίμου για όλα τα πλοία των 5.000 GT και πάνω που εκτελούν διεθνή δρομολόγια και την υποβολή τους στην αρμόδια Διοίκηση Κράτους Σημαίας (Flag State Administration). Όταν επαληθευθούν τα υποβληθέντα στοιχεία, η Διοίκηση θα εκδίδει για τα πλοία μία δήλωση συμμόρφωσης (Statement of Compliance-SoC) που σχετίζεται με την κατανάλωση καυσίμου. Οι τροποποιήσεις θα τεθούν σε ισχύ την 1η Μαρτίου 2018, με την πρώτη περίοδο

<sup>111</sup> Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators, Lloyd’s Register, Sept. 2017

αναφοράς να είναι το 2019 ως ημερολογιακό έτος. (αρχή monitoring Ιανουάριος 2019, ένα χρόνο μετά το σύστημα EU MRV)<sup>112</sup>.

Με την πιο πρόσφατη προσθήκη αυτή λοιπόν του MRV, το πλαίσιο ελέγχου των εκπομπών GHG από τα πλοία έχει λάβει μία ξεκάθαρη, ολοκληρωμένη εικόνα η οποία φαίνεται παρακάτω:

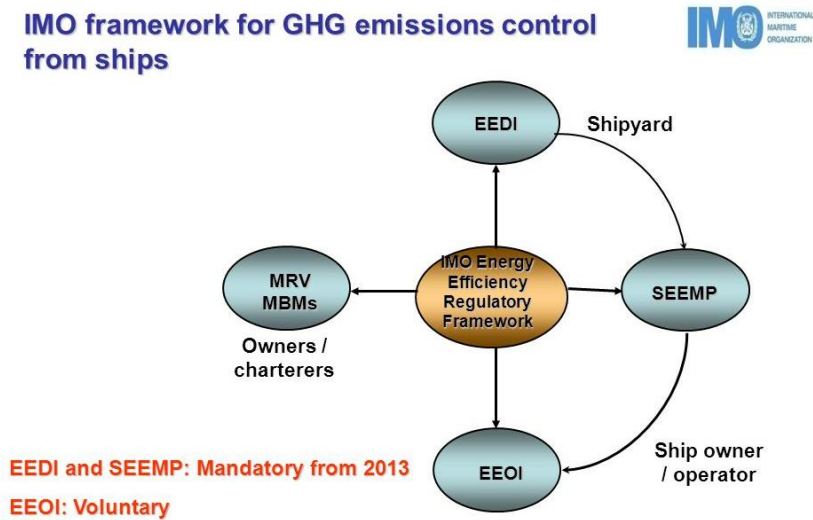


Figure 7.2 IMO framework GHG

Source: Module 2: Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines, IMO Train the Trainer Course, Energy Efficient Ship Operation (Presentation 2016)

## 7.2 ΟΡΙΣΜΟΣ-ΣΚΟΠΟΣ MRV

[Lloyd] MRV είναι μία τυποποιημένη μέθοδος για να παράγεται μία ακριβής καταγραφή των εκπομπών CO<sub>2</sub> μέσω της ποσοτικοποίησης των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Οι βασικές αρχές του προγράμματος είναι να παράσχει εύρωστα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας μία λεπτή προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη παραμέτρους που ήδη παρακολουθούνται κατά την διάρκεια φυσιολογικών λειτουργιών<sup>113</sup>.

Ο κανονισμός καλύπτει το monitoring, reporting και verification της κατανάλωσης καυσίμου, εκπομπών CO<sub>2</sub> και μεταφορικού έργου (μεταφερόμενο φορτίο, μίλια ταξιδιών και χρόνος που αναλώνεται στην θάλασσα) των πλοίων. [DNV] Ο MRV κανονισμός λοιπόν σκοπεύει να ποσοτικοποιήσει και μειώσει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> από την ναυτιλία και θα δημιουργήσει ένα νέο είδος συγκριτικής αξιολόγησης/αναφοράς (benchmarking) στην Ευρώπη<sup>114</sup>.

<sup>112</sup> Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators, Lloyd’s Register, Sept. 2017

<sup>113</sup> Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators, Lloyd’s Register, Sept. 2017

<sup>114</sup> Source: EU Shipping MRV Regulation-A status update & How to get ready, VERIFAVIA shipping, 5 April 2016



Μία επισκόπηση του σχεδίου MRV φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα :

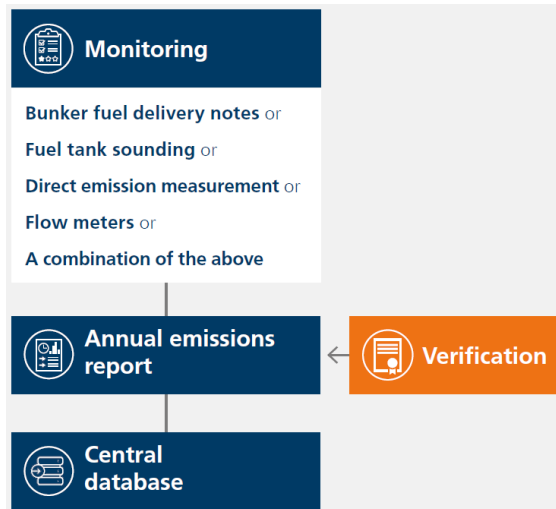


Figure 7.3 MRV overview

Source: Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators A Lloyd’s Register guidance document, Version 1.0 September 2017

Από αριστερά προς τα δεξιά βλέπουμε την σειρά ξεκάθαρα και στο παρακάτω σχήμα, η οποία αποτελείται από τρία βασικά βήματα, με την δυνατότητα επιλογής του τρόπου που θα γίνει το monitoring από τέσσερες εναλλακτικές και το δεύτερο βήμα που είναι η ετήσια έκθεση/αναφορά εκπομπών να είναι αυτό που υπάγεται σε επαλήθευση/πιστοποίηση (verification).



EU-MRV scheme overview (Source: LR)

Figure 7.4 : MRV scheme

Source: LR

### 7.3 ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ-ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Οι ναυτιλιακές εταιρείες πρέπει για κάθε πλοίο τους που υπάγεται στον κανονισμό να προετοιμάσουν ένα monitoring plan μέχρι τον Αύγουστο του 2017 το αργότερο. Κάθε πλοίο από αυτά πρέπει να παρακολουθεί/καταγράφει και αναφέρει τις εκπομπές του και την δραστηριότητα

του, να έχει την αναφορά εκπομπών του (Emissions Report) πιστοποιημένη και να φέρει επί του πλοίου ένα Έντυπο Συμμόρφωσης (Document of Compliance – DOC)<sup>115</sup>.

Η περίοδος αναφοράς θα είναι ετήσια και το Emission Report πρέπει να κατατίθεται στην κεντρική βάση δεδομένων (EMSA) μέχρι τις 30 Απριλίου το αργότερο κάθε χρόνο. Ακολούθως, οι αναφερόμενες κι εξακριβωμένες εκπομπές, καθώς και τα σχετικά δεδομένα ενεργειακής απόδοσης, θα καταστούν δημοσίως διαθέσιμα από την ΕΕ για την πρώτη περίοδο αναφοράς, στις 30 Ιουνίου 2019 κι αντιστοίχως για κάθε επόμενο χρόνο από εκεί κι έπειτα<sup>116</sup>.

Στο σχήμα που ακολουθεί από την παρουσίαση της Verifavia βλέπουμε το χρονοδιάγραμμα και την συνολική διαδικασία του κανονισμού MRV

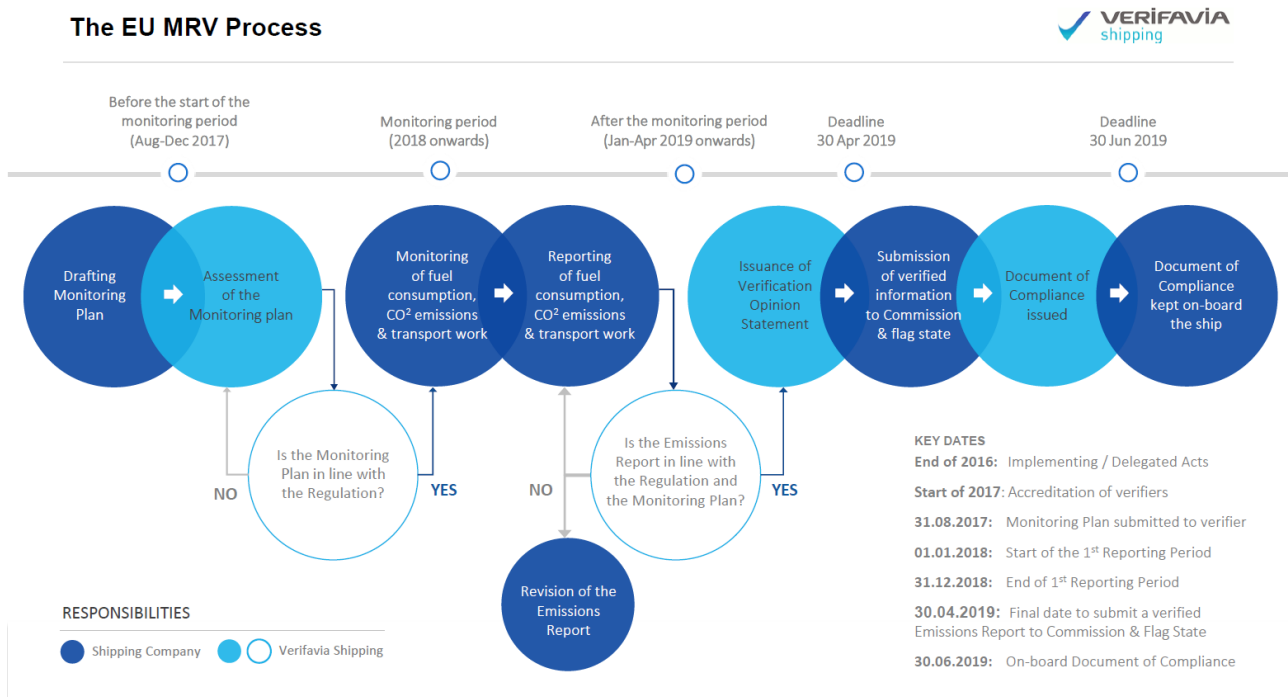


Figure 7.5 The EU MRV process and time table

Source: EU Shipping MRV Regulation-A status update & How to get ready, VERIFAVIA shipping, 5 April 2016

Τα κυριότερα σημεία αναφοράς και deadlines έχουν ως κάτωθι<sup>117</sup>:

- Ιούλιος 2015 : έναρξη ισχύος
- Πριν από τις 31 Αυγούστου 2017 : το σχέδιο παρακολούθησης πρέπει να υποβληθεί προς έγκριση από διαπιστευμένο εξωτερικό πιστοποιητή

<sup>115</sup> TECHNICAL AND REGULATORY NEWS No. 18/2016 – Statutory, PREPARING FOR THE MRV REGULATION, REVISED VERSION, DNV GL, SEPTEMBER 2016

<sup>116</sup> DNV GL EU\_MRV\_Brochure, EU MRV REGULATION, April 2017

<sup>117</sup> Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators, Lloyd’s Register, Sept. 2017

- Πριν από την 1η Ιανουαρίου 2018 : πρέπει να ολοκληρωθεί η εκτίμηση/κατάρτιση του σχεδίου παρακολούθησης
- 1η Ιανουαρίου 2018 έως 31 Δεκεμβρίου 2018 : ετήσια παρακολούθηση για το ημερολογιακό έτος ανά ταξίδι
- 2019 κι έπειτα : έως τις 30 Απριλίου κάθε έτους, υποβολή εγκεκριμένης έκθεσης/αναφοράς επαλήθευσης Ευρωπαϊκή Επιτροπή (EC) και στο σχετικό κράτος σημαίας
- 30 Ιουνίου 2019 κι έπειτα : Το πλοίο να φέρει έγκυρο εν ισχύ DoC σχετιζόμενο με την σχετική περίοδο αναφοράς
- 30 Ιουνίου κάθε έτους : εκθέσεις εκπομπών πλοίων δημοσιοποιούνται από την EC

Τα πλοία που δεν έχουν επισκεφθεί ποτέ ιστορικά λιμάνι της ΕΕ και για αυτό δεν διαθέτουν εγκεκριμένο σχέδιο παρακολούθησης ή DoC τους επιτρέπεται ακόμα να εμπορεύονται εντός της ΕΕ αλλά θα πρέπει να καταρτίσουν σχέδιο παρακολούθησης εντός δύο μηνών από την πρώτη επίσκεψή τους και θα πρέπει να υποβάλουν έκθεση του ταξιδιού αυτού για την περίοδο αναφοράς.

Ο PSC (Port State Control) θα ελέγξει ότι υπάρχει DoC επί του πλοίου. Εάν δεν υπάρχει αντίγραφο, το πλοίο δεν συμμορφώνεται με τη νομοθεσία και, ως εκ τούτου, είναι υποκείμενο σε πρόστιμα ή ακόμα και περιορισμό, όπως καθορίζεται από το κράτος μέλος. Η τελική διάταξη για τις κυρώσεις πρέπει να κοινοποιηθεί έως την 1η Ιουλίου 2017<sup>118</sup>.

Αντίστοιχα η παρουσίαση του DNV GL Απρίλη 2017 μας δίνει τα κρίσιμα milestones<sup>119</sup>

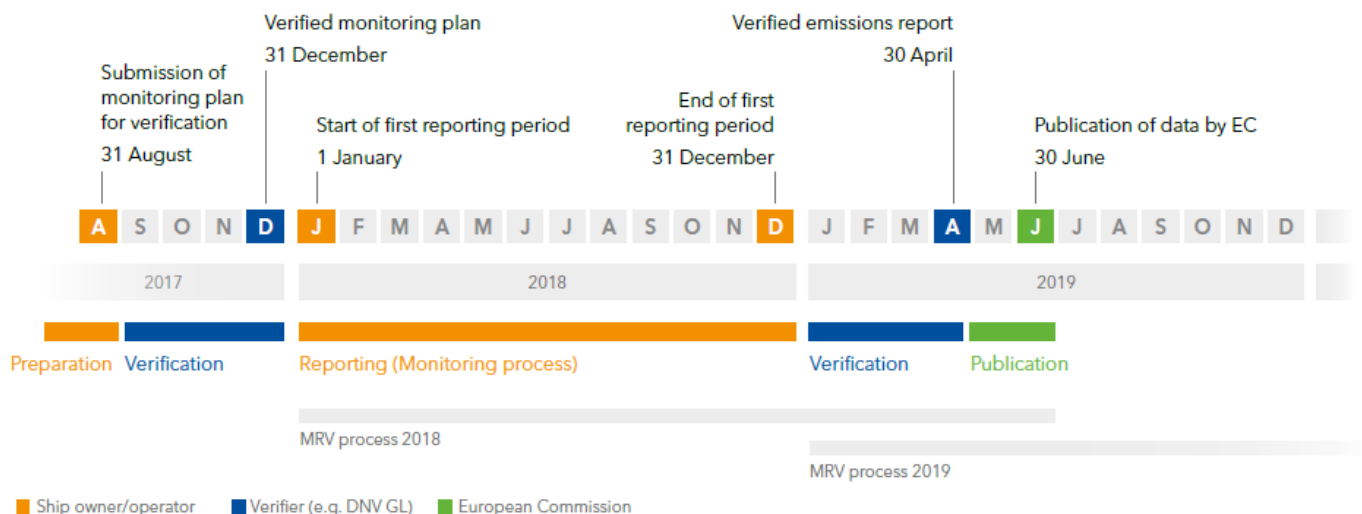


Figure 7.6 MRV timeline-milestones

Source: DNV GL EU\_MRV\_Brochure, EU MRV REGULATION, April 2017

<sup>118</sup> Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators, Lloyd’s Register, Sept. 2017

<sup>119</sup> DNV GL EU\_MRV\_Brochure, EU MRV REGULATION, April 2017

Κοινή παράμετρος στον κανονισμό MRV είναι το μεταφερόμενο φορτίο (“cargo carried”). Στο ερώτημα ποια είναι αυτή η παράμετρος, δεν υπάρχει μία απλή μεμονωμένη απάντηση. Το μεταφερόμενο φορτίο εξαρτάται από τον τύπο πλοίου και τους ορισμούς αυτού όπως λαμβάνονται από την δομή του IMO EEDI. Ο ορισμός μεταφερόμενου φορτίου για επιβατικά, ro-ro και πλοία εμπορευματοκιβωτίων περιγράφεται στον κανονισμό (ΕΥ) 2015/757, ενώ ο κανονισμός (ΕΥ) 2016/1928 περιέχει έναν ορισμό για άλλους τύπους πλοίων. Οι ορισμοί αυτοί, ώστε να είναι ξεκάθαρο το κομμάτι συλλογής δεδομένων του MRV, συνοψίζονται στον ακόλουθο απλοποιημένο πίνακα<sup>120</sup>:

SHIP TYPE	DEFINITION	CARGO PARAMETER
Passenger ship	“Passenger ship” means a ship that carries more than twelve passengers but not cargo.	No. of passengers (as defined in MRV Reg. 2016/757, Annex II, § A.1.(d))
Container ship	“Container ship” means a ship designed exclusively for the carriage of containers in holds and on deck.	Mass (as defined in MRV Reg. 2016/757, Annex II, § A.1.(f))
Oil tanker	“Oil tanker” means a ship constructed or adapted primarily to carry oil in bulk in its cargo spaces. Note that this definition does not include combination carriers, NLS tankers or gas tankers.	Mass
Chemical tanker	“Chemical tanker” means a ship constructed or adapted for the carriage in bulk of any liquid product listed in chapter 17 of the International Bulk Chemical Code (a chemical tanker) or a ship constructed or adapted to carry a cargo of noxious liquid substances in bulk (an NLS tanker).	Mass
LNG carrier	“LNG carrier” means a tanker for the bulk carriage of liquefied natural gas (LNG) (primarily methane) in independently insulated tanks. Liquefaction is achieved at temperatures down to -163°C.	Volume (and its aggregation of part loads)
Gas carrier	“Gas carrier” means a tanker for the bulk carriage of liquefied gases other than LNG.	Mass
Bulk carrier	“Bulk carrier” means a ship which is intended primarily to carry dry cargo in bulk, including such types as ore carriers as defined in SOLAS chapter XII, regulation 1, but excluding combination carriers.	Mass
Combination carrier	“Combination carrier” means a ship designed to load 100% dead weight with both liquid and dry cargo in bulk.	Mass
General cargo ship	“General cargo ship” means a ship with a multi-deck or single-deck hull designed primarily for the carriage of general cargo.	DWT carried (as defined in MRV implementing act, without fuel on board)
Refrigerated cargo ship	“Refrigerated cargo carrier” means a ship designed exclusively for the carriage of refrigerated cargoes in holds.	Mass
Vehicle carrier	“Vehicle carrier” means a multi-deck, roll-on roll-off cargo ship designed for the carriage of empty cars and trucks.	Mass (actual mass or as units occupied multiplied by default values for their weight)
Ro-ro ship	“Ro-ro ship” means a ship designed for the carriage of roll-on roll-off cargo transportation units or with roll-on roll-off cargo spaces.	In essence: Mass no. of cargo units (trucks, cars, etc.) or lane-metres multiplied by default values for their weight (Annex B, EN 16258 [2012])
Ro-pax ship	“Ro-pax ship” means a passenger ship with roll-on roll-off cargo space.	1. No. of passengers and 2. Mass
Container / ro-ro cargo ship	“Container/ro-ro cargo ship” means a hybrid of a container ship and a ro-ro cargo ship in independent sections.	Volume (occupied deck area multiplied by deck height and added by container volume)
Other ship types	“Other ship types” mean ships not covered by any of the above definitions which fall under the scope of the regulation.	Mass or DWT carried

Figure 7.7 Cargo Carried in MRV

Source: DNV GL EU\_MRV\_Brochure, EU MRV REGULATION, April 2017

<sup>120</sup> DNV GL EU\_MRV\_Brochure, EU MRV REGULATION, April 2017

❖ Monitoring

Το περιεχόμενο του monitoring plan είναι προκαθορισμένο από τον κανονισμό EU MRV, και η σχετική ηλεκτρονική πλατφόρμα δημοσιεύθηκε στο τέλος του 2016 από την Ευρωπαϊκή Commission. [Lloyd] Κάθε ναυτιλιακή αναμένεται να αναπτύξει ένα ship-specific monitoring plan , το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την συλλογή και παρακολούθηση δεδομένων σε μία ανά ταξίδι ή ετήσια βάση, κατά περίπτωση. [DNV] Δεδομένου ότι για εταιρεία που χειρίζεται αρκετά πλοία το περιεχόμενο και οδηγίες του σχεδίου είναι παρόμοιες κι εφαρμόσιμες σε όλο τον στόλο, υπάρχει η δυνατότητα το σχέδιο να χωριστεί σε company-specific και ship-specific τομέα<sup>121</sup>.

Το monitoring plan είναι ένα ηλεκτρονικό αρχείο στο οποίο η εταιρεία περιγράφει τον σχεδιασμό του συστήματος διαχείρισης που είναι εν ισχύ στο πλοίο ώστε να παρακολουθήσει/καταγράψει (monitor) τις απαιτούμενες παραμέτρους και τις ship-specific λεπτομέρειες. [DNV] Το monitoring plan πρέπει αρχικά να περιγράψει το σχετικό πλοίο και τα εγκατεστημένα μηχανήματα εσωτερικής καύσης και να παρέχει πληροφορίες με έναν ολοκληρωμένο και διαφανή τρόπο. Τί τύπος καυσίμου θα χρησιμοποιηθεί και ποια από τις διαθέσιμες/προτεινόμενες μεθόδους για τον καθορισμό της κατανάλωσης καυσίμου για παρακολούθηση και αναφορά των εκπομπών CO<sub>2</sub> ή άλλων σχετικών πληροφοριών θα επιλεγεί<sup>122</sup>.

Το περιεχόμενο του monitoring plan φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

Basic data	Activity data	Data gaps	Management
Ship identification	Methods and procedures for: fuel consumption monitoring, density and uncertainty	For fuel consumption	Check the adequacy of monitoring plan
Company details	Quality assurance of measuring equipment	For distance	Control activities, e.g. IT system
Emission sources and fuel types	Completeness of voyages and distance procedure	For cargo carried	Internal review of data
Emission factors	Cargo/passengers carried and time spent at sea	For time spent at sea	Corrective actions
Procedure for completeness	-	-	Outsourced activities and documentation

Figure 7.8 Monitoring Plan

Source: Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators, Lloyd’s Register, Sept. 2017

<sup>121</sup> DNV GL EU\_MRV\_Brochure, EU MRV REGULATION, April 2017

<sup>122</sup> Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators, Lloyd’s Register, Sept. 2017

Οι ακόλουθοι παράμετροι πρέπει να παρακολουθούνται (monitored) κι έπειτα να κοινοποιηθούν (reported)<sup>123</sup> :

- Λιμάνι αναχώρησης και λιμάνι άφιξης, συμπεριλαμβανομένων της ημερομηνίας και ώρας αναχώρησης και άφιξης
- Ποσότητα και συντελεστής εκπομπής για κάθε τύπο καυσίμου που καταναλώνεται.
- Εκπεμπόμενο CO<sub>2</sub>
- Απόσταση που διανύθηκε
- Χρόνος που περάστηκε στην θάλασσα (εξαιρουμένης της αγκυροβολίας)
- Μεταφερόμενο φορτίο
- Μεταφερόμενο έργο

Να σημειωθεί ότι οι ποσότητες κάθε τύπου καυσίμου που καταναλώνονται στην θάλασσα και σε λιμάνια (αντίστοιχα) πρέπει να αναφέρονται ξεχωριστά.

Η βάση υπολογισμού των εκπομπών CO<sub>2</sub> θα είναι η κατανάλωση καυσίμου για ταξίδια που αρχίζουν από ή καταλήγουν σε οποιοδήποτε λιμάνι της ΕU. Η κατανάλωση καυσίμου μπορεί να καθοριστεί και υπολογιστεί χρησιμοποιώντας μία από τις ακόλουθες μεθόδους<sup>124</sup>:

- Σημειώσεις ανεφοδιασμού/παράδοσης καυσίμου (Bunker Delivery Note-BDN) και περιοδικές αποθεματοποιήσεις δεξαμενών καυσίμου (stocktakes)
- Παρακολούθηση δεξαμενής αποθήκης πετρελαίου (bunker fuel tank-αμπάρι) εν πλω
- Μετρητές ροής για τις εφαρμόσιμες διεργασίες καύσης
- Απευθείας μετρήσεις εκπομπών CO<sub>2</sub>

#### ❖ Reporting

Οι παράμετροι που αναφέραμε στο κομμάτι του monitoring σε δεύτερη φάση πρέπει φυσικά να κοινοποιηθούν, οπότε αποτελούν τα δεδομένα που πρέπει να κάνουν οι πλοιοκτήτες reporting. Οι περίοδοι reporting ορίζονται ως ημερολογιακά έτη. Για ταξίδια που αρχίζουν και τελειώνουν σε δύο διαφορετικά έτη, τα δεδομένα monitoring και reporting λαμβάνονται υπόψη στο πρώτο ημερολογιακό έτος.

Επιπρόσθετα του ανά ταξίδι reporting, ο κανονισμός MRV προδιαγράφει reporting σε ετήσια βάση (Art.10 του κανονισμού (ΕU) 2015/757). Συνεπώς υπάρχουν κι άλλες παράμετροι που πρέπει

---

<sup>123</sup> Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators, Lloyd’s Register, Sept. 2017

<sup>124</sup> TECHNICAL AND REGULATORY NEWS No. 18/2016 – Statutory, PREPARING FOR THE MRV REGULATION, REVISED VERSION, DNV GL, SEPTEMBER 2016

επίσης να κοινοποιούνται<sup>125</sup>. Ετήσια, οι εταιρείες (κάτοχοι DoC ISM) πρέπει να παρέχουν μία ship-specific αναφορά εκπομπών για την δραστηριότητα του προηγούμενου ημερολογιακού έτους κάθε πλοίου. Αυτό θα περιλαμβάνει την τεχνική απόδοση του πλοίου (EEDI ή Estimated Index Value (EIV) βάση του IMO MEPC.231(65), όπου υφίσταται) και τα συγκεντρωτικά δεδομένα των παραμέτρων φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα. Ο πίνακας δείχνει τις παραμέτρους που πρέπει να γίνονται reporting ετησίως<sup>126</sup>.

Annual results of the monitoring	Technical information about the ship
Total aggregated CO <sub>2</sub> emitted	Name of the ship
Amount and emission factor of each type of fuel consumed (in total)	IMO identification number
Aggregated CO <sub>2</sub> emissions from all voyages between ports under a member state’s jurisdiction	Port of registry or home port
Aggregated CO <sub>2</sub> emissions from all voyages that departed from ports under a member state’s jurisdiction	Ice class of the ship, if included in the monitoring plan
Aggregated CO <sub>2</sub> emissions from all voyages to ports under a member state’s jurisdiction	Technical efficiency of the ship (the EEDI or the EIV) – it is necessary to calculate the EIV for the reports if the ships do not fall under the EEDI in accordance with MEPC.231(65)
CO <sub>2</sub> emissions that occurred at berth within ports under a member state’s jurisdiction	Name of the shipowner, address of the shipowner and the company’s principal place of business
Total distance travelled	Name of the company (if not the shipowner), address of the company (if not the shipowner) and its principal place of business
Total time spent at sea (the time spent at sea and the time spent at port should be reported separately, and the manoeuvring voyage time should be counted as time at sea)	Address, telephone and email details of a contact person
Total transport work	The name of the verifier that assessed the emissions report
Average energy efficiency	Information on the monitoring method used and the related level of uncertainty (default values on uncertainty will be provided)

Figure 7.9 Annual reporting

Source: Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators, Lloyd’s Register, Sept. 2017

<sup>125</sup> DNV GL EU\_MRV\_Brochure, EU MRV REGULATION, April 2017

<sup>126</sup> Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators, Lloyd’s Register, Sept. 2017

Η έκθεση εκπομπών θα κατατεθεί σε έναν εξωτερικό διαπιστευμένο πιστοποιητή για επαλήθευση/πιστοποίηση. Η επαληθευμένη αναφορά θα κατατίθεται στην πλατφόρμα EU THETIS MRV. Τα μέλη κράτη (και κράτη σημαίας) θα λάβουν και / ή θα έχουν πρόσβαση στην έκθεση εκπομπών και Πιστοποιητικά Συμμόρφωσης (DoCs) πλοίων που έχουν την σημαία τους.

#### ❖ Verification

Οι διαπιστευμένοι επικυρωτές/επαληθευτές/πιστοποιητές (Accredited Verifiers) θα έχουν τρεις κύριες εργασίες<sup>127</sup>:

1. Να επικυρώσουν τα ειδικά για το πλοίο σχέδια παρακολούθησης (ship-specific monitoring plans) (πληρότητα, ακρίβεια, σχετικότητα, συμμόρφωση)
2. Να επαληθεύσουν ότι οι ετήσιες ειδικά για το πλοίο εκθέσεις εκπομπών συμμορφώνονται με τα σχέδια παρακολούθησης
3. Να επιβεβαιώσουν ότι οι αριθμοί/στοιχεία που περιέχονται στις ετήσιες ειδικά για το πλοίο εκθέσεις εκπομπών είναι ακριβή

Γενικότερα λοιπόν, η επαλήθευση περιλαμβάνει την επιθεώρηση και την ανεξάρτητη επιβεβαίωση πληροφοριών που σχετίζονται με:

- ταυτοποίηση της εταιρείας, του πλοίου και του συστήματος παρακολούθησης και αναφοράς, συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού διαδικασιών, συστημάτων, κινδύνων και ελέγχων (οι πληροφορίες αυτές πρέπει να συνοψιστούν και να αναφερθούν στο σχέδιο παρακολούθησης)
- Παρακολούθηση και αναφορά εκπομπών CO<sub>2</sub> και μεταφορικού έργου, συμπεριλαμβανομένων εγγράφων που παρέχουν αποδεικτικά στοιχεία για τα αναφερόμενα σημεία δεδομένων για τα καύσιμα, την απόσταση, το χρόνο και το φορτίο ανά ταξίδι, εγγράφων που παρουσιάζουν την διενέργεια εσωτερικών ελέγχων, καθώς και έγγραφα που αποδεικνύουν επαρκείς υπολογισμούς, πληρότητα και ενοποίηση δεδομένων

Ο επαληθευτής υποχρεούται<sup>128</sup>:

- να είναι διαπιστευμένος από εθνικό οργανισμό διαπίστευσης
- να επιδείξουν την ικανότητά τους και στο φορέα διαπίστευσης κατά τη διάρκεια επιτόπιας επίσκεψης στα κεντρικά γραφεία της εταιρείας και σε μια γεωγραφική θέση (η διαπίστευση θα είναι για πέντε έτη με ετήσια επίσκεψη επιτήρησης)
- Να αξιολογήσει την συμμόρφωση του σχεδίου παρακολούθησης

---

<sup>127</sup> DNV GL EU\_MRV\_Brochure, EU MRV REGULATION, April 2017

<sup>128</sup> Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators, Lloyd's Register, Sept. 2017



- Να αξιολογήσει τις ετήσιες εκθέσεις εκπομπών και να επαληθεύσει ότι είναι ακριβείς και ορθές σε ένα λογικό επίπεδο διασφάλισης
- Να επισημάνει λεπτομερώς ασυνέπειες και δώσει την ευκαιρία να διορθωθούν
- να εκδώσει έκθεση πιστοποίησης και δήλωση συμμόρφωσης (DoC) σχετικά με την επιτυχή ολοκλήρωση της επαλήθευσης
- Να ενημερώσει το κράτος σημαίας και την EC ότι έχει εκδοθεί το DoC.

Η εταιρεία υποχρεούται:

- να επιδείξει τη συμμόρφωση με το σχέδιο παρακολούθησης
- να αποδείξει πώς συνέλεξε/έλαβε, υπολόγισε και έφθασε στις τελικές πληροφορίες και δεδομένα αναφοράς
- Να διορθώσει τις ανακρίβειες και παραλείψεις (εάν υπάρχουν) που διαπιστώθηκαν από τον ελεγκτή και
- Να διατηρεί το ειδικό για το πλοίο DoC επί του πλοίου για μελλοντικούς ελέγχους

Η διαδικασία κι επισκόπηση της πιστοποίησης (verification) αναπαρίσταται κατανοητά και συνοπτικά στο ακόλουθο σχήμα από τον Lloyd’s Register :

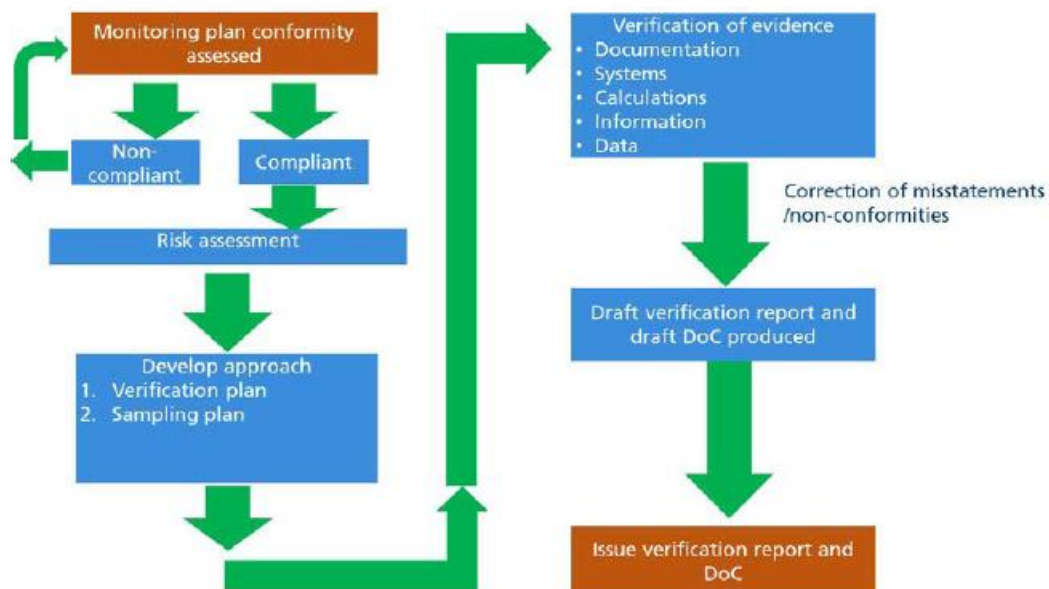


Figure 7.10 MRV verification

Source: Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators, Lloyd’s Register, Sept. 2017

Το ακόλουθο σχήμα, που αποτελεί μέρος πραγματικής πρότασης από εξωτερικό διαπιστευμένο φορέα προς ναυτιλιακή εταιρεία για monitoring και reporting της επίδοσης των πλοίων της, ώστε να υπάρχει συμμόρφωση με τον κανονισμό MRV, δείχνει συνοπτικά την ροή πληροφοριών προς την πιστοποίηση συμμόρφωσης με τον EU MRV Shipping Κανονισμό. Ολόκληρη η πρόταση, με σβησμένα τα ονόματα του φορέα, της ναυτιλιακής και κάποιων άλλων ευαίσθητων πληροφοριών για λόγους εμπιστευτικότητας, παρατίθεται στο παράρτημα.

### *The EU MRV Shipping Regulation* Information flow

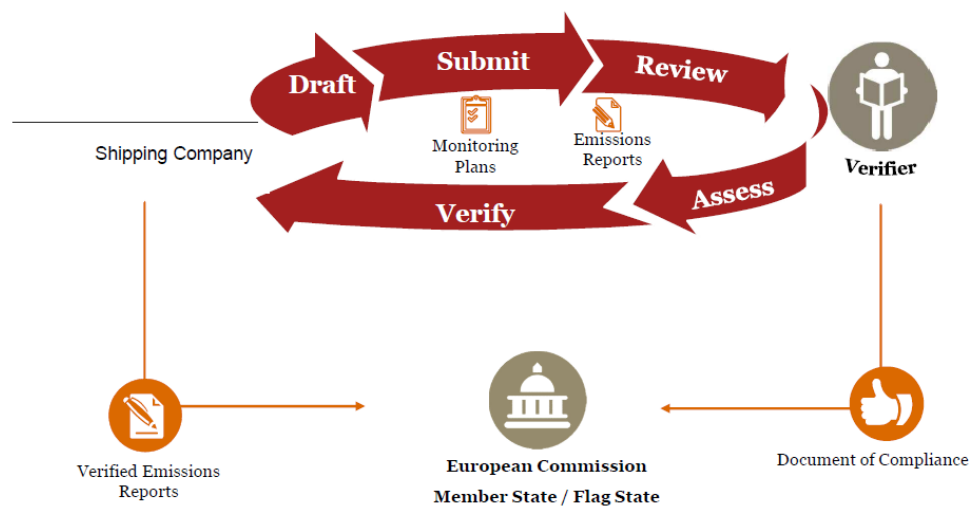


Figure 7.11 MRV shipping regulation

Shipping Company Draft Proposal-Performance Monitoring for MRV Compliance, Private and Confidential, February 2016

Σύμφωνα με παρουσίαση της Bureau Veritas στο SNAME meeting τον Οκτώβριο του 2015, η εφαρμογή του MRV αναμένεται στην Ευρώπη μέχρι το 2030 να μειώσει τις ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> σε ένα επίπεδο κάτω των 220 εκατομμυρίων τόνων.

## CO<sub>2</sub> Emissions optimization due to MRV for the EU maritime space



Figure 7.12 Βελτίωση εκπομπών CO<sub>2</sub> από MRV

Source: MONITORING, REPORTING, AND VERIFICATION OF EXHAUST EMISSIONS (MRV), John Kokarakis, BV

### 7.4 MRV VS DCS

Όπως είπαμε στην αρχή του κεφαλαίου, περαιτέρω τροποποιήσεις του MARPOL Annex VI, που θεσπίστηκαν στην MEPC 70, εισήγαγαν ένα υποχρεωτικό IMO DCS για την συλλογή και αναφορά των δεδομένων/στοιχείων κατανάλωσης καυσίμων για κάθε τύπο καυσίμου που χρησιμοποιείται από το πλοίο (Resolution MEPC.278(70)). Οπότε και το SEEMP, όπως αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, πρέπει να αναπτυχθεί σε δύο μέρη. Το δεύτερο μέρος του SEEMP είναι λοιπόν καθαυτό το Data Collection System (DCS) του IMO.

Το χρονοδιάγραμμα φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα από LR, και ουσιαστικά η πρώτη περίοδος monitoring τίθεται ένα χρόνο μετά την αντίστοιχη του MRV.

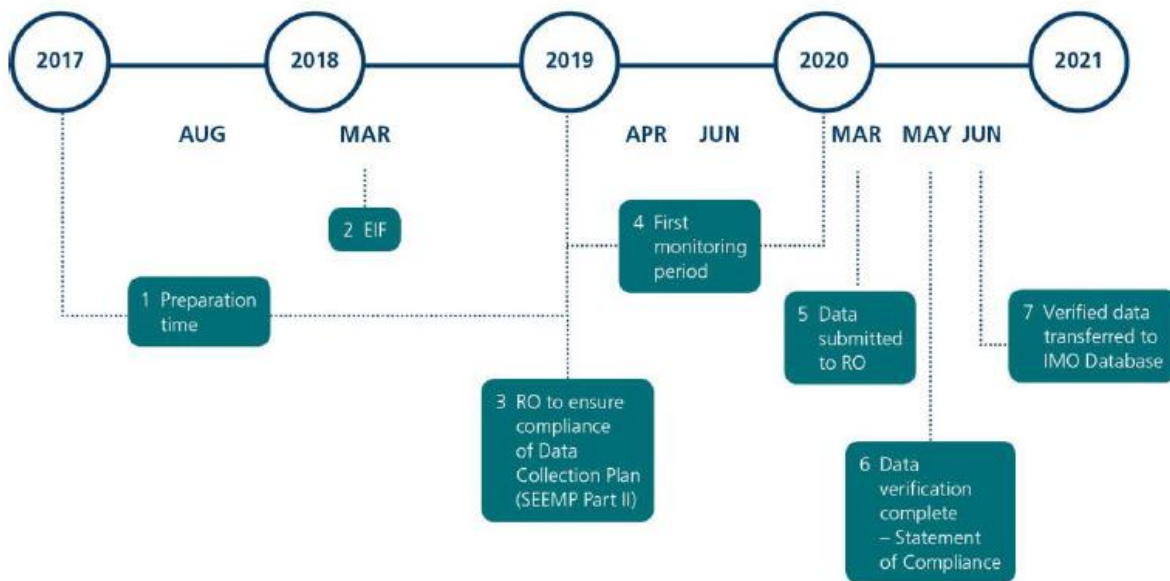


Figure 7.13 IMO DCS timeline and milestones

Source: Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators, Lloyd’s Register, Sept. 2017

Τα κυριότερα σημεία αναφοράς και deadlines έχουν ως κάτωθι<sup>129</sup>:

- 1 Μαρτίου 2018- Έναρξη ισχύος
- Πριν την 31 Δεκεμβρίου 2018– νέο SEEMP Part II (data collection plan) να περιέχεται στο SEEMP και σημαία/Αναγνωρισμένος Οργανισμός θα βεβαιώσει ότι το Part II συμμορφώνεται με τον κανονισμό
- 1 Ιανουαρίου 2019 έως 31 Δεκεμβρίου 2019– εκτέλεση ετήσιου monitoring για ημερολογιακό έτος
- 2020 κι έπειτα– τα πλοία πρέπει να καταθέσουν δεδομένα μέσα σε τρεις μήνες μετά το ημερολογιακό έτος στην Διοίκηση ή οποιοδήποτε Οργανισμό εξουσιοδοτημένο από αυτήν. (μέχρι 31 Μαρτίου το αργότερο)
- Ένα SoC θα εκδίδεται μέσα σε δύο μήνες από την λήψη δεδομένων από την Διοίκηση ή οποιοδήποτε Οργανισμό εξουσιοδοτημένο από αυτήν. (μέχρι 31 Μαΐου το αργότερο)
- Οι πληροφορίες/δεδομένα θα κατατίθενται στον IMO από την Διοίκηση ή οποιοδήποτε Οργανισμό εξουσιοδοτημένο από αυτήν μέσα σε έναν μήνα από την ασφάλεια του SoC

Ακολουθεί ένας συγκεντρωτικός πίνακας σύγκρισης/αντιπαράθεσης των EU MRV και IMO DCS από τον DNV GL:

<sup>129</sup> Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators, Lloyd’s Register, Sept. 2017



	EU MRV (MONITORING, REPORTING AND VERIFICATION) 	IMO DCS (DATA COLLECTION SYSTEM) 
<b>Applicability</b>	Ships >5,000 gross tonnage (GT) calling at any EU port will be covered	All ships ≥5,000 gross tonnage (GT) will be covered
<b>First reporting period</b>	January 2018	January 2019
<b>Monitoring plan</b>	Separate document, predefined format published by European Commission (EC)	Integrated as part of the Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP, Part II). The data collection and reporting methodology shall be described in Part II and be subject to confirmation of compliance.
<b>Reporting needs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Amount and emission factor for each type of fuel consumed in total [...]</li> <li>■ CO<sub>2</sub> emitted:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>■ EU in-bound voyages</li> <li>■ EU out-bound voyages</li> <li>■ At berth</li> </ul>                             Note: differentiation of CO<sub>2</sub> emissions between sea and at berth                         </li> <li>■ Port of departure / arrival</li> <li>■ Distance travelled</li> <li>■ Time spent at sea</li> <li>■ Cargo carried</li> <li>■ Transport work</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Distance travelled</li> <li>■ Amount and emissions factor for each type of fuel consumed in total [...]</li> <li>■ Hours underway</li> <li>■ DWT (as cargo proxy)</li> </ul>
<b>Verification</b>	Independent accredited verifier	Flag states or recognized organizations
<b>Reports to</b>	Company reports to EMSA database (THETIS MRV); European Commission makes data publicly available	Flag state (or recognized organization) reports to IMO database; individual ship data is kept confidential

Figure 7.14 EU MRV vs IMO DCS [DNV]

Source: DNV GL EU\_MRV\_Brochure, EU MRV REGULATION, April 2017

Δυστυχώς, η ναυτιλιακή κοινότητα κατέληξε με δύο παρόμοια/παρεμφερή συστήματα, τα οποία είναι πολύ πιθανό, για ορισμένο χρονικό διάστημα, να λειτουργούν παράλληλα<sup>130</sup>.

Αντίστοιχο πίνακα σύγκρισης σε υψηλό επίπεδο έχει καταρτίσει και ο Lloyd’s Register, από τον οποίο διαπιστώνουμε ότι τα μέτρα και μετρήσεις που περιέχονται στον κανονισμό EU MRV είναι πιο λεπτομερή από τα αντίστοιχα που απαιτούνται για το IMO DCS. Φυσικά, μεταξύ των δύο συστημάτων, υπάρχουν ομοιότητες στα δεδομένα που απαιτούνται για κατάθεση αλλά αναμένεται όπως είπαμε να υπάρχει παράλληλη ξεχωριστή λειτουργία τους για κάποιο διάστημα<sup>131</sup>.

<sup>130</sup> DNV GL EU\_MRV\_Brochure, EU MRV REGULATION, April 2017

<sup>131</sup> Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators, Lloyd’s Register, Sept. 2017

	EU MRV for CO <sub>2</sub> emissions	IMO DCS for fuel oil consumption
Entry into force	1 July 2015	1 March 2018
First monitoring period	Calendar year 2018	Calendar year 2019
Applies to	Ships of 5,000 GT and above on commercial voyages into, out of and between EU ports	Ships of 5,000 GT and above on international voyages
Monitoring plan	Yes – standardised template	Included in SEEMP
To be included in the reported data	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuel oil consumption</li> <li>Direct CO<sub>2</sub> emissions measurement acceptable</li> <li>Cargo monitoring</li> <li>Distance travelled</li> <li>Time at sea and in port</li> <li>Transport work based on actual cargo</li> <li>CO<sub>2</sub> emissions calculated/tabulated</li> <li>Port of departure/arrival</li> <li>Separate data to be collected for berthing and voyage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuel oil consumption</li> <li>Direct CO<sub>2</sub> emissions measurement not required</li> <li>Design deadweight used as cargo proxy</li> <li>Distance travelled</li> <li>Hours underway</li> </ul>
Reports to	European Commission (EC)	Flag state (or authorised organisation)
Verification	Third-party independent accredited verifier to a materiality level of 5%	Flag state (or authorised organisation) No materiality level
Disclosure	Public	Confidential
Data reporting format	Standardised format for annual emissions report provided as set out in implementing act	Standardised format set out in Appendix 3 of the <i>2016 Guidelines for the Development of a SEEMP (MEPC.282(70))</i>
Reporting platform	EU THETIS MRV	No global reporting platform for shipowners
Voluntary reporting	Yes, various data are voluntary	No

Figure 7.15 EU MRV vs IMO DCS [Lloyds]

Source: Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators, Lloyd’s Register, Sept. 2017

## 8. ENERGY AUDIT

Ως μέρος χρηματοδοτούμενου από την Ευρωπαϊκή ένωση ερευνητικού προγράμματος, ένα Energy Audit διενεργήθηκε για λογαριασμό μεγάλης Ναυτιλιακής Εταιρείας (πάνω από 30 oil και chemical tankers) επί του δεξαμενόπλοιου **VLCC1**, κατά την διάρκεια των ταξιδιών του στον Περσικό κόλπο, από τα FUJEIRAH (UAE) στην RAS TANURA (SAUDI ARABIA) (23/12 - 25/2/2012) κι από την RAS TANURA στο MUSCAT (OMMAN) (27/12/2012 – 30/12/2012).

Το Energy Audit Report κατέστη διαθέσιμο σε εμένα από μεγάλη Ναυτιλιακή Εταιρεία με πάνω από 30 tanker, στην οποία ανήκει το VLCC που υποβλήθηκε σε auditing και ήταν δυνατή η περαιτέρω επεξεργασία του και πραγματοποίηση υπολογισμών.

Θα παρουσιαστεί ουσιαστικά η δομή και τα βήματα ενός Energy Audit, για να γίνει κατανοητή η σύστασή του και υλοποίησή του. Το όνομα του πλοίου, ο αριθμός IMO, η σημαία και κάποιες ευαίσθητες πληροφορίες, έχουν σκοπίμως παραληφθεί για λόγους εμπιστευτικότητας.

### 8.1. ΣΚΟΠΟΣ

Ο σκοπός ενός energy audit είναι να εκτιμήσει τα ακόλουθα :

- ❖ Το φορτίο του πλοίου, το λειτουργικό του αποτύπωμα (operational pattern), την ενεργειακή απόδοση και χαρακτηριστικά κατανάλωσης των κυριότερων μηχανημάτων κατανάλωσης ενέργειας επί του πλοίου .
- ❖ Τις επιχειρησιακές/λειτουργικές πρακτικές και χειρισμούς του πληρώματος που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας εν πλω.

Οι βασικοί στόχοι ενός energy audit είναι :

- ❖ Προσδιορισμός/καθορισμός δεικτών ενεργειακής κατανάλωσης Key Performance Indicators (KPIs) ώστε να υπολογιστούν οι αντίστοιχες τιμές και να συγκριθούν με τιμές αναφοράς από τα δοκιμαστικά (sea trials) σε ό,τι αφορά τα πιο ενεργοβόρα στοιχεία του πλοίου. Αυτοί οι KPIs κι οι υπολογισμένες τιμές μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για σύγκριση με άλλες μελλοντικές μετρήσεις, εντοπίζοντας έτσι εγκαίρως περιπτώσεις επιδείνωσης που μπορεί να απαιτούν άμεσες διορθωτικές ενέργειες. Τέτοιοι KPIs μπορεί να είναι για παράδειγμα η Specific Fuel Oil Consumption (SFOC) της κύριας μηχανής, ο συντελεστής φορτίου, χρησιμοποίησης κι ισχύος της γεννήτριας και των ηλεκτρικών κινητήρων, καθώς και η κατανάλωση καυσίμου ανά μίλι ή ανά μετρικό τόνο μεταφερόμενου φορτίου.
- ❖ Να αναγνωρίσει Energy Saving Potentials (ESPs) – Προοπτικές Εξοικονόμησης Ενέργειας. Αυτές αναγνωρίζονται συγκρίνοντας την ενεργειακή απόδοση του πλοίου καθώς και τις συνήθεις πρακτικές του πληρώματος με σχετικά πρότυπα/standard του κλάδου και προτεινόμενες βέλτιστες πρακτικές. Τα ESPs καθορίζονται από μία κατάταξη βάση της βιωσιμότητάς τους και μια οικονομική εκτίμηση/αξιολόγηση (Cost Benefit Analysis – CBA). Ο σκοπός των προαναφερθέντων εκτιμήσεων είναι να μας παράσχουν μια ιδέα του εμπλεκόμενου κόστους και των απαιτούμενων εργασιών. Ειδικά σε περιπτώσεις όπου απαιτείται ένα σεβαστό ποσό αρχικού επενδυτικού κεφαλαίου, λεπτομερής ανάλυση/έρευνα, υπολογισμοί κι εφαρμογή σχετικών μοντέλων πρέπει να γίνουν, προτού πράγματι υλοποιηθούν οι προτάσεις.

## 8.2. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ/ΠΛΑΝΟ ENERGY AUDIT

Το energy audit ολοκληρώθηκε σε δύο φάσεις και πέντε στάδια, ως ακολούθως :

### Φάση I

- Στάδιο 1: Επιλογή του πλοίου που θα ελεγχθεί.
- Στάδιο 2: Απόκτηση των εγγράφων και σχεδίων του πλοίου. Επισκόπηση των επιχειρησιακών / λειτουργικών δεδομένων του πλοίου του τελευταίου έτους. Εντοπισμός σημείων/περιοχών για περαιτέρω βελτίωση και πρόταση για προκαταρκτικά Energy Saving Potentials (ESPs).

### Φάση II

- Στάδιο 3: Εν πλω Energy Audit: Συλλογή δεδομένων από τις διάφορες διαδικασίες, μηχανήματα και συστήματα που ελέγχθηκαν για σκοπούς επιβεβαίωσης / επαλήθευσης. Επιβεβαίωση των προκαταρκτικών ESPs της Φάσης 1 και εντοπισμός επιπλέον ESPs.
- Στάδιο 4: Ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν στα Στάδια 2 και 3, επιβεβαίωση της μελέτης σκοπιμότητας/βιωσιμότητας και επιλογή / κατηγοριοποίηση των ESPs. Προετοιμασία της μελέτης οικονομικής βιωσιμότητας.
- Στάδιο 5: Παράδοση του Energy Audit Report.



### 8.3. ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Οι ακόλουθες συντομογραφίες χρησιμοποιούνται:

Συντομογραφία	Επεξήγηση
A/B	Auxiliary Boiler
A/C	Air Conditioning
AHU	Air Handling Unit
BHP	Brake Horse Power
C/E	Chief Engineer
CFL	Compact Fluorescent Lamp
C/O	Chief Officer
COT	Cargo Oil Tank
D/G	Diesel Generator
DO	Diesel Oil
ECR	Engine Control Room
EGE	Exhaust Gas Economizer
EHP	Effective Horse Power
E/R	Engine Room
ESP	Energy Saving Opportunity
FAD	Free Air Delivery (air compressors)
FLCV	Fuel Lower Calorific Value
FO	Fuel Oil (Residual fuel with a viscosity of 180cSt at 40°C)
FW	Fresh Water
GS	General Service
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
IHP	Indicated Horse Power
IR	Infrared
KPI	Key Performance Indicator
LO	Lubricating Oil
MCR	Maximum Continuous Rating
M/E	Main Engine
MT	Metric Tonne
PMS	Preventive Maintenance System
R/G	Reduction Gear
RPM	Revolutions per minute
SFOC	Specific Fuel Oil Consumption
SHP	Shaft Horse Power
SW	Sea Water
T/C	Turbocharger
WG	Water Gauge

Table 8.3.1 Συντομογραφίες που χρησιμοποιούνται στο Energy Audit Report

#### 8.4. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ, ΤΙΜΕΣ, ΑΛΛΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.

Οι ακόλουθοι συντελεστές μετατροπής, τιμές, κτλ. χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την αναφορά:

Στοιχείο	Τιμή
1 PS	0.736 kW
1 kcal	4.1868 kJ
Συντελεστής Μετατροπής CO <sub>2</sub> για DO grade DMB:	3.206 MT/MT of DO
Συντελεστής Μετατροπής CO <sub>2</sub> για FO grade RMG 380:	3.1144 MT/MT of FO
Τιμή RMG 380 (380 cSt at 40 °C):	598,50 \$/MT
FLCV για RMG 380 as per FO ανάλυση (κατά την διάρκεια του audit):	40,100 kJ/kg
Euro σε US δολάριο σχέση ισοτιμίας (τρέχουσα):	€ 1.00 = \$ 1.24

Table 8.4.1 Συντελεστές μετατροπής και τιμές στο Energy Audit

Χρησιμοποιείται η μέση ημερήσια τιμή την περίοδο του Audit (Δεκέμβρης 2012) από bunkers στα Fujairah, όπως πάρθηκε από το “Bunkerworld” Internet site.

### 8.5. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΝΤΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Όργανο	Κατασκευαστής / Τύπος
3-phase power analyzer:	FLUKE 1735
3-phase power analyzer:	FLUKE 1735
3-phase power analyzer:	FLUKE 1735
Single phase power analyzer:	FLUKE 43B
Digital recording multi meter:	FLUKE 189
IR camera:	FLIR Systems – ThermoCAM E45
IR thermometer:	FLUKE IR 566
Flue Gas Analyzer:	KANE 900 Plus
Lux / Air flow Meter:	FLUKE 922 KIT
Humidity / Temperature Meter:	LT Lutron HT-3006HA
Tachometer:	Extech 461995
Pyranometer:	Kipp & Zonen SP Lite 2

Table 8.5.1 Χρησιμοποιηθέντα όργανα μέτρησης Energy Audit

Κατά την διάρκεια των μετρήσεων, όλες οι προφυλάξεις ασφαλείας και περιορισμοί ελήφθησαν υπόψη, βάση των απαιτήσεων ασφαλείας του SMS (Safety Management System) της Εταιρείας.

Όλα τα όργανα βαθμονομούνται είτε από τον κατασκευαστή είτε από εγκεκριμένα Ινστιτούτα με διαδικασίες σύμφωνα με τα σχετικά διεθνή πρότυπα.

### 8.6. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΝΤΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΓΑΣΤΡΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Το σκάφος χρησιμοποιεί επί του παρόντος τα όργανα και τους δείκτες των κατασκευαστών κινητήρων στην αίθουσα ελέγχου του κινητήρα (engine control room) για την παρακολούθηση (monitoring) της απόδοσης όπως μετρητή RPM, δείκτη στάθμης αντλίας καυσίμου κλπ.

## 8.7. ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΤΟΠΙΣΘΕΝΤΩΝ ESPs

### Προοπτικές Εξοικονόμησης Ενέργειας (ESP):

Το περιθώριο βελτίωσης (διαδικασιών, μεθόδων κι εξοπλισμού) που μπορεί να εντοπιστεί όταν μετράμε κι αναλύουμε ένα σύστημα κατανάλωσης/μετατροπής ενέργειας, που μπορεί να οδηγήσει σε βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση και μειωμένη ενεργειακή σπατάλη / κατανάλωση. Η εφαρμογή / υλοποίηση ενός ESP προϋποθέτει αλλαγές σε διεργασίες και διαδικασίες και / ή αντικατάσταση εξοπλισμού με πιο αποδοτικές και / ή μεγαλύτερου μεγέθους μονάδες.

### Ενεργειακή Απόδοση:

Είναι η αναλογία/σχέση μεταξύ μίας εξόδου απόδοσης, υπηρεσιών, αγαθών, ενέργειας και μίας εισόδου ενέργειας.

### Εξοικονομήσεις Ενέργειας:

Είναι το ποσό της εξοικονομούμενης ενέργειας, που καθορίζεται μετρώντας πριν και μετά την εφαρμογή των μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

### Διατήρηση Ενέργειας:

Μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας που συνδέεται με την ελάττωση των υπηρεσιών και την ποσότητα/αριθμό των αγαθών.

### Κατηγοριοποίηση ESP

Οι Energy Saving Potentials σε αυτή την έκθεση κατηγοριοποιούνται με βάση τα ακόλουθα κριτήρια:

- ❖ Κόστος.
- ❖ Όφελος (τόσο περιβαλλοντολογικό όσο και οικονομικό).
- ❖ Βιωσιμότητα/Μελέτη Σκοπιμότητας (Feasibility).

Το κόστος / όφελος ενός ESP κατηγοριοποιείται ως εξής :

- “Χαμηλό” – όταν το ετήσιο αντιστοιχιζόμενο ποσό είναι μεταξύ 0 \$ και 5,000 \$ ;
- “Μεσαίο” - όταν το ετήσιο αντιστοιχιζόμενο ποσό είναι μεταξύ 5,000 \$ και 25,000 \$; και
- “Υψηλό” - όταν το ετήσιο αντιστοιχιζόμενο ποσό είναι μεγαλύτερο των 25,000 \$

Βάση των παραπάνω, τα ESPs μπορούν να κατηγοριοποιηθούν περαιτέρω ως εξής :

- **Χαμηλού κόστους / Χαμηλού οφέλους ESPs:**  
 ESPs τα οποία μπορούν εύκολα και γρήγορα να εφαρμοστούν με ελάχιστα υφιστάμενα έξοδα. Συνήθως το αποτύπωμα/αντίκτυπο στην ενεργειακή απόδοση αυτών των ESPs είναι μικρό. Η μελέτη σκοπιμότητας/βιωσιμότητας για πραγματική εφαρμογή του είναι υψηλή.
- **Χαμηλού ή μεσαίου κόστους / Υψηλού οφέλους ESPs:**  
 Γενικά αυτά τα ESPs μπορούν εύκολα να εφαρμοστούν πραγματοποιώντας εφάπαξ μία επένδυση κεφαλαίου, ή ξοδεύοντας ένα μικρό ποσό χρημάτων περιοδικά όπου το όφελος συσσωρεύεται σε μία μακρά περίοδο λειτουργίας. Η μελέτη σκοπιμότητας/βιωσιμότητας για πραγματική εφαρμογή είναι μέτρια προς υψηλή.
- **Υψηλού κόστους / Μεσαίου και υψηλού οφέλους ESPs:**  
 Αυτά τα ESPs περιλαμβάνουν αντικατάσταση κύριου μηχανολογικού εξοπλισμού ή μηχανημάτων ώστε να αναβαθμιστεί το υψηλότερο standard ενεργειακής απόδοσης.
- **Υψηλού κόστους / Χαμηλού οφέλους ESPs:**  
 ESPs τα οποία, παρότι δεν είναι οικονομικά βιώσιμα/αποδοτικά, παράγουν ένα αξιοσημείωτο περιβαλλοντικό όφελος.
- **Λειτουργικά ESPs:**  
 ESPs που απαιτούν αλλαγές στις επιχειρησιακές/λειτουργικές διαδικασίες, ενίσχυση της ετοιμότητας και γνώσεων του πληρώματος και χρήση φιλικών προς το περιβάλλον πρακτικών.

## 8.8. ΣΥΝΟΨΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Ο ακόλουθος πίνακας περιέχει συγκεντρωτικά και συνοπτικά τα εντοπισθέντα Energy Saving Potentials, δείχνοντας τις επιτευχθείσες εξοικονομήσεις, τα αποφευχθέντα κόστη και την σχέση κόστους/οφέλους για κάθε ένα από αυτά. Στα κεφάλαια που ακολουθούν θα αναλυθεί κάθε ένα από αυτά με ακριβείς μαθηματικούς υπολογισμούς, μέσω οικονομικής μελέτης κόστους-οφέλους και μελέτης σκοπιμότητας, για να είμαστε σε θέση να εκτιμήσουμε αυτά που είναι πιο εύκολο και πιθανό να εφαρμοστούν (Σκοπιμότητα/Βιωσιμότητα), αυτά που είναι πιο ωφέλιμο να εφαρμοστούν (Όφελος) και αυτά που είναι από κοστολογικής άποψης προτιμότερα να εφαρμοστούν (Κόστος) (με μικρό ή ακόμα και μηδενικό κόστος).

### 8.8.1 ΣΥΝΟΨΗ ΕΝΤΟΠΙΣΘΕΝΤΩΝ ESPs

ESPs	Περιγραφή	Εκτιμώμ. Εξοικον. Καυσίμου (MT/year)	Ισοδύναμη Μείωση CO <sub>2</sub> (MT/year)	Εκτιμώμ. Αποφευχθ. Κόστη (\$/year)	Εκτιμώμ. Επένδυση Κεφαλ.(\$)	Κόστος	Όφελος	Σκοπιμότητα/ Βιωσιμότητα Υλοποίησης
ESP-01	Κρίσιμη μείωση SFOC για όφελος από την γενική επισκευή της M/E	30,104	93,756	18.017,427	50.000,00	Υψηλό	Μεσαίο	Υψηλή
ESP-02	Εκτιμώμενο όφελος από συντήρηση D/G (Βελτίωση της SFOC)	25,808	82,586	15.446,088	9.621,30	Μεσαίο	Μεσαίο	Μεσαία
ESP-03	Εκτιμώμενο όφελος από βέλτιστη χρήση D/G	21,340	68,288	12.770,000	0,00	Μηδέν	Μεσαίο	Υψηλή
ESP-04	Αντικατάσταση Cooling SW Pump & General Service Pump Motors with Κινητήρες Υψηλής Απόδοσης (με βαθμό απόδοσης EFF1)	7,676	24,563	4.594,090	4.300,00	Χαμηλό	Χαμηλό	Μεσαία
ESP-05	Αποτελεσματική διαχείριση ανεμιστήρα E/R	69,896	223,667	41.832,760	0,00	Μηδέν	Υψηλό	Υψηλή
ESP-06	Χρήση βοηθητικών λεβήτων για την αποτέφρωση των υπολειμμάτων ιλύος	9,538	30,522	5.708,493	0,00	Μηδέν	Μεσαίο	Υψηλή

ESPs	Περιγραφή	Εκτιμώμ. Εξοικον.	Ισοδύναμη Μείωση	Εκτιμώμ. Αποφευχθ.	Εκτιμώμ. Επένδυση	Κόστος	Όφελος	Σκοπιμότητα/ Βιωσιμότητα
ESP-07	Εγκατάσταση FUEL MILL MC Ομογενοποιητή	23,760	73,998	14.220,360	50.000,00	Υψηλό	Μεσαίο	Χαμηλή
ESP-08	Ελαχιστοποίηση διαρροών συστήματος συντήρησης πεπιεσμένου αέρα	1,169	3,741	699,650	1.000,00	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλή
ESP-09	Ελαχιστοποίηση λειτουργίας συστήματος HVAC σε συνθήκες μέτριας θερμοκρασίας περιβάλλοντος	3,600	11,520	2.139,640	0,00	Μηδέν	Χαμηλό	Υψηλή
ESP-10	Βελτιστοποίηση φωτισμού χώρων στέγασης	3,347	10,710	2.003,180	0,00	Μηδέν	Χαμηλό	Υψηλή
ESP-11	Βελτιστοποίηση φωτισμού χώρων πολύ χαμηλής χρήσης	2,380	7,616	1.424,430	0,00	Μηδέν	Χαμηλό	Υψηλή
ESP-12	Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως από λαμπτήρες φθορισμού	3,056	9,779	1.829,016	80,00	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλή
ESP-13	Ελαχιστοποίηση ασυμμετρίας τάσης	8,006	25,619	4.791,600	3.000,00	Χαμηλό	Χαμηλό	Μεσαία

Table 8.8.1 Σύνοψη Εντοπισθέντων ESPs

Το παρακάτω γράφημα αναπαριστά συγκριτικά τα ESPs ως προς την επένδυση κεφαλαίου που απαιτούν για να εφαρμοστούν και ως προς τα αποφευχθέντα κόστη (ανά έτος) που επιφέρουν αφού εφαρμοστούν.

Ήδη, για παράδειγμα, με μια ματιά χωρίς περαιτέρω σκέψη και ανάλυση, διαβλέπουμε την ξεκάθαρη επιλογή εφαρμογής του ESP 05, αφού απαιτεί μηδενικό κόστος επένδυσης ενώ ταυτόχρονα η μπλε μπάρα που αντιπροσωπεύει το ετήσιο οικονομικό όφελος, στέκεται εμφανώς πιο ψηλά από όλες και πολύ ψηλά για τα δεδομένα όλων των ESPs γενικότερα.

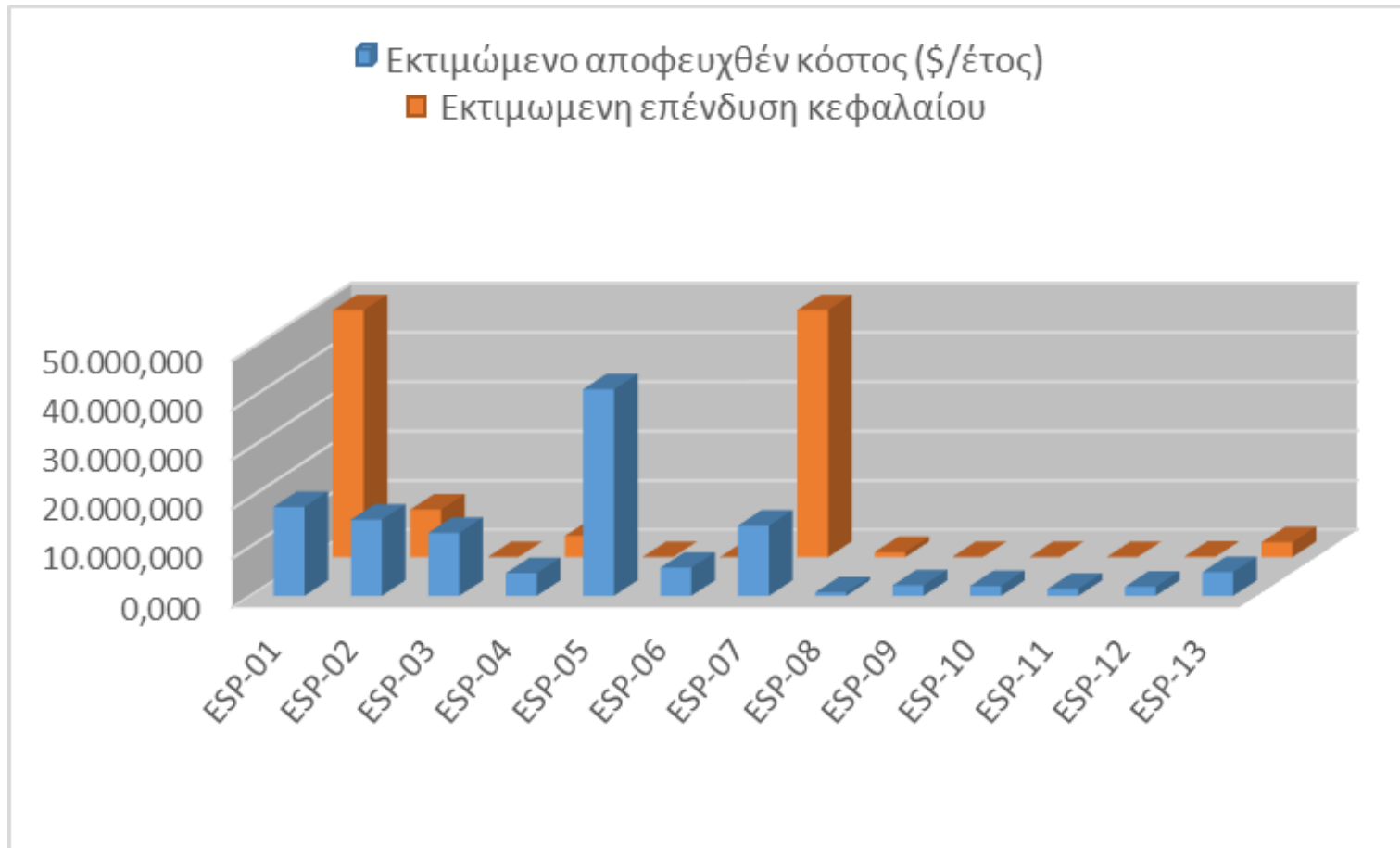


Fig. 8.8.1 Οικονομική Συγκριτική Αξιολόγηση ESPs

### 8.8.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ENERGY AUDIT

Energy saving potentials, που εντοπίστηκαν σε αυτή την έκθεση, μπορούν στην πορεία να αξιολογηθούν από την Εταιρεία, με στόχο να υιοθετηθούν κάποιες από αυτές σαν “βέλτιστες πρακτικές”. Μπορούν να επικοινωνηθούν και να εφαρμοστούν μέσα στον πλήρωμα για να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση του πλοίου όσο πιο πρακτικά γίνεται. Σε μια τέτοια διαδικασία, και λαμβάνοντας υπόψη τις ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες και την διεθνώς αυξανόμενη ευαισθητοποίηση/συνειδητοποίηση σχετικά με την ανάγκη μείωσης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ως μέτρο εξοικονόμησης ενέργειας είναι εξίσου σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη μαζί με την μελέτη τεχνικοοικονομικής σκοπιμότητας/βιωσιμότητας.

Ένα παράδειγμα αποκόμισης οφέλους με μηδενικό κόστος είναι η βελτιστοποίηση της λειτουργίας της D/G’ (ESP 03), ο βέλτιστος χειρισμός του ανεμιστήρα E/R (ESP 05) που προαναφέραμε, η χρήση του A/B για την αποτέφρωση της λάσπης/ίλυος (sludge) που δημιουργείται στο μηχανοστάσιο (engine room) (ESP-06) και η ελαχιστοποίηση της λειτουργίας HVAC (ESP-09).

Όπως μπορούμε να δούμε από τον πίνακα στο 8.8.1, παρ’ ότι ορισμένα ESPs δεν αποδίδουν σημαντικές ποσότητες εξοικονόμησης FO με αντίστοιχη μείωση CO<sub>2</sub> και οικονομικά οφέλη, προϋποθέτουν μόνο τροποποιήσεις επιχειρησιακών/λειτουργικών πρακτικών με μηδενικό κόστος. Αυτά τα ESPs πρέπει προφανώς να είναι οι πρώτοι υποψήφιοι για εφαρμογή μέσα σε ένα πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας του στόλου.

Τα ESP-10 & 11, που σχετίζονται με απλό χειρισμό των φώτων, είναι επίσης άμεσα εφαρμόσιμα επί των πλοίων της Εταιρείας, παρ’ όλο που τα αναμενόμενα οφέλη είναι σχετικά μέτριας επίδρασης.

Όσο αφορά την αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως από λαμπτήρες φθορισμού (ESP 12) και παρ’ ότι τα σχετικά οφέλη είναι χαμηλά, αυτό το ESP σχετίζεται επίσης με μία καθολική/γενικότερη αντίληψη περιβαλλοντικής ευθύνης/ευαισθητοποίησης και καμπάνιες εξοικονόμησης ενέργειας, οπότε και η εφαρμογή του θεωρείται επίσης ως προτεραιότητα.

Όπως φαίνεται από μία σύγκριση των εντοπισμένων ESPs, κάποια σχετιζόμενα με σχετικά μεγαλύτερη προοπτική εξοικονόμησης ενέργειας και αντίστοιχη μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα είναι ταυτόχρονα ελκυστικά από οικονομικής άποψης. Άλλα energy saving potentials που δεν παρέχουν σημαντικά οφέλη σε ένα μεμονωμένο μηχάνημα ή στην βάση του πλοίου (όπως η εγκατάσταση ενεργειακά αποδοτικών ηλεκτροκινητήρων), θα μπορούσαν να αποφέρουν σημαντικά οφέλη στο πλαίσιο της γενικότερης βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, αν εφαρμοστούν σε όλο τον στόλο.

Γενικά, επιπλέον απλές ενέργειες που μπορούν να συμπεριληφθούν σε ένα πρόγραμμα εξοικονόμησης ενέργειας του στόλου παρουσιάζονται στα “Energy Efficiency Tips” στο παράρτημα Annex II. Παρ’ όλο που κάποια από τα efficiency tips δεν επιλέχθηκαν και ποσοτικοποιήθηκαν ως ESPs κατά την διάρκεια του energy audit του συγκεκριμένου πλοίου, θα μπορούσαν να οριστούν ως ESPs σε άλλα πλοία της Εταιρείας. Γι’ αυτό τον λόγο αυτά εμπεριέχονται χάρη πληρότητας και καθοδήγησης του προσωπικού /στόλου που συμμετάσχει στην ανάπτυξη ενός προγράμματος εξοικονόμησης ενέργειας.



### 8.9 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΞΕΤΑΣΘΕΝΤΟΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ

Εδώ παρέχονται σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το πλοίο υπό το πρίσμα της ενεργειακής κατανάλωσης. Τα στοιχεία του πλοίου, οι χαρακτηριστικές καμπύλες της γάστρας και των πετρελαιοκινητήρων και οι βασικές τεχνικές πληροφορίες σχετικά με τα βοηθητικά μηχανήματα και συστήματα που καταναλώνουν ενέργεια, παρουσιάζονται με σκοπό να στηρίξουν τα πορίσματα του energy audit που ακολουθούν.

#### 8.9.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΛΟΙΟΥ

Ship's Name:	<b>VLCC1</b>
Ship's Type:	Crude Oil Tanker
Flag:	A Country
Port of Registry:	A Port
Call Sign:	V7DG3
Classification:	Lloyd's Register
IMO Number:	A number
Gross Tonnage:	161,233
Net Tonnage:	110,526
Built by:	Hyundai Heavy Industries Co Ltd – Ulsan, South Korea
Hull No.:	1395
Year Built:	2003
Bow:	Bulbous
Stern:	Transom
Navigational Area:	Worldwide
Service Speed:	16.00 knots
Length O.A.:	333.000 m
Length B.P.:	319.000 m
Breadth (mld.):	60.046 m
Depth (mld.):	30.400 m
Summer Load Draught (extr.):	22.500 m
Lightship Weight:	44,957 MT
Summer Deadweight:	317,972 MT

### 8.9.2 OPERATIONAL PATTERN ΠΛΟΙΟΥ

Το πλοίο είναι ένα VLCC δεξαμενόπλοιο που μεταφέρει αργό πετρέλαιο. Δυστυχώς, η Εταιρεία δεν μπορούσε να παρέχει όλα τα απαιτούμενα δεδομένα ταξιδιού (Voyage Data) ώστε να αναλυθεί λεπτομερώς το operational pattern του πλοίου. Ως εκ τούτου κάποια από τα ESP’s δεν μπόρεσαν να αναλυθούν καταλλήλως.

Παρ’ όλα αυτά, υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες για το sea passage (laden και ballast) και για αυτές που λείπουν, χρησιμοποιώντας πληροφορίες από άλλο Energy Audit Report υπάρχοντος πλοίου VLCC Tanker και χωρίζοντας την λειτουργία του πλοίου σε κάποια βασικά τμήματα, η κατανομή χρόνου στις λειτουργίες αυτές έχει ως ακολούθως:

- Πλεύση στην θάλασσα (laden) : 47,21%
- Πλεύση στην θάλασσα (ballast) : 26,29%
- Αγκυροβόλιο (Anchorage) : 11,4%
- Φόρτωση : 4,2%
- Εκφόρτωση : 4,1%
- Πιλοτάρισμα/Πλοήγηση (Manoeuvring) : 3,4%
- Καθυστερήσεις σε λιμάνια (Alongside) : 3,4%

Τα ποσοστά αυτά για ένα τυπικό VLCC Crude Oil Tanker επιβεβαιώνει και η “Special Edition – tanker update No 2” του DNV GL το 2010, η οποία καταγράφοντας τρεις διαδρομές, δίνει τα ακόλουθα operating profiles, στα οποία εμφανίζεται και το “conventional VLCC” :

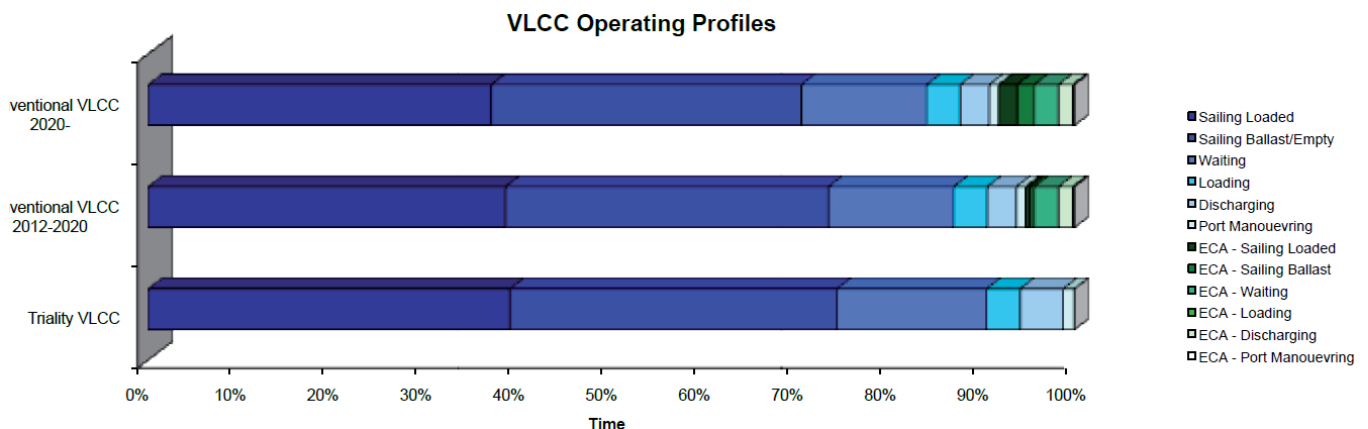


Figure 8.9.2 Typical VLCC Operating Profiles

Source: Special Edition – tanker update No 2 , DNV GL , 2010

Για τον χρόνο πλεύσης στην θάλασσα (sea passage) για τον οποίο υπήρχαν στοιχεία από τα σχετικά ταξίδια, ο χρόνος στον οποίο το πλοίο ταξιδεύει φορτωμένο είναι αυξημένος σε σχέση με το τυπικό VLCC αφού συνήθως είναι 40% laden και 33% ballast. Η καταγεγραμμένη διάρκεια κάθε ταξιδιού δεν αποκαλύπτει κάποιο σύνηθες pattern, πράγμα λογικό αφού το πλοίο δεν έχει κάποια προκαθορισμένη σταθερή πορεία κι εμπορική διαδρομή. Η μέση διάρκεια ταξιδιού ανέρχεται σε 152,71 ώρες, ήτοι σχεδόν 7 ημέρες.

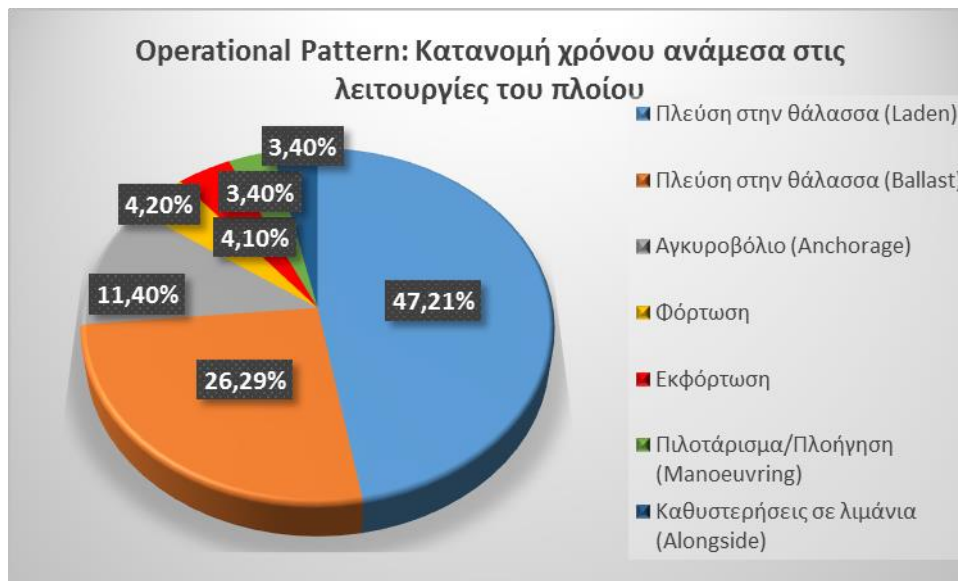


Figure 8.9.2.1 Διάγραμμα κατανομής χρόνου ανάμεσα στις βασικές λειτουργίες του πλοίου / Operational Pattern

### 8.9.3 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ/ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Δύο τύποι καυσίμου χρησιμοποιούνται στο πλοίο: Βαρύ Μαζούτ (Residual Fuel Oil) RMG 380 (ιξώδες 326 cSt στους 50°C) και Πετρέλαιο Ντίζελ (Diesel Oil) DMB. Τα κύρια μηχανήματα επί του πλοίου που λειτουργούν υπό την αρχή εσωτερικής καύσης είναι η κύρια μηχανή M/E και οι τρεις γεννήτριες D/Gs. Υπάρχουν δύο A/Bs και μία IG Γεννήτρια επί του πλοίου που καταναλώνει RMG 380 και ένας καυστήρας που “καίει” DO. Η D/G και A/B σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να λειτουργήσουν και με DO. Η χρήση καυσίμου ανά τύπο παρέχεται στον ακόλουθο πίνακα:

Μηχάνημα	Λειτουργία	Καύσιμο
M/E	Ελιγμοί	FO grade RMG 380
	Πλοήγηση	FO grade RMG 380
D/G	Start / Stop	FO grade RMG 380
	Κανονική Λειτουργία	FO grade RMG 380
	Παρατεταμέν. Διάρκεια Shutdown	DO grade DMB
A/B	Δοκιμαστικός καυστήρας	DO grade DMB
	Κύριος καυστήρας	FO grade RMG 380
IG Generator	IG generation & Topping up	DO grade DMB
Incinerator	Καύση Απορριμμάτων & Ιλύος	DO grade DMB

Table 8.9.3.1 Χρησιμοποιηθέν καύσιμο ανά είδος μηχανήματος/μηχανής

Με βάση το αρχείο ταξιδιών, η κατανομή των καυσίμων (Fuel Oil και Diesel Oil) έχει ως κάτωθι:

- Κατανομή για πλεύση σε κατάσταση Laden : 93,46% FO και 6,54% DO
- Κατανομή για πλεύση σε κατάσταση Ballast : 88,94% FO και 11,06% DO
- Κατανομή ανά ταξίδι : 91,71% FO και 8,29% DO

Οι τιμές αυτές είναι λογικές και συνάδουν με την συνήθη μέση χρήση καυσίμου σε VLCC αν και θα μπορούσε και στις δύο περιπτώσεις και λίγο περισσότερο σε ballast ταξίδια να αυξηθεί ελάχιστα η χρήση των ηλεκτρογεννητριών και οπότε και η κατανάλωση DO για να μην καταπονείται η μηχανή.

Ενδεικτικά, τα αντίστοιχα μέσα ποσοστά για VLCC είναι Laden: 93% και 7% , Ballast: 87% και 13% , Voyage: 91% και 9% . Ακολουθούν οι υπολογισμοί που έγιναν από το αρχείο ταξιδιών.

Voyage Type	HFO Consumption (tons)	LSDO Consumption (tons)	Total Consumption (tons)	FO & DO Distribution Laden		FO & DO Distribution Ballast		FO & DO Distribution per Voyage	
				FO	DO	FO	DO	FO	DO
Laden	1614,2	113,0	1727,2	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Ballast	1096,1	138,8	1234,9			88,76%	11,24%	88,76%	11,24%
Laden	999,4	70,0	1069,4	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Ballast	115,6	15,1	130,7			88,45%	11,55%	88,45%	11,55%
Laden	736,4	51,5	787,9	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Laden	757,8	53,0	810,9	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Ballast	716,6	91,0	807,6			88,73%	11,27%	88,73%	11,27%
Laden	817,9	57,3	875,2	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Laden	186,2	13,0	199,3	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Ballast	172,8	21,8	194,6			88,80%	11,20%	88,80%	11,20%
Laden	1045,6	73,2	1118,7	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Laden	481,0	33,7	514,6	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Ballast	1184,3	155,1	1339,4			88,42%	11,58%	88,42%	11,58%
Laden	285,5	20,0	305,5	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Laden	1103,2	77,2	1180,4	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Ballast	275,6	35,1	310,7			88,70%	11,30%	88,70%	11,30%
Laden	137,6	9,6	147,3	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Ballast	184,4	23,4	207,8			88,74%	11,26%	88,74%	11,26%
Laden	118,7	8,3	127,0	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Laden	1395,3	97,7	1493,0	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Ballast	1013,0	127,5	1140,5			88,82%	11,18%	88,82%	11,18%
Ballast	132,8	17,7	150,4			88,27%	11,73%	88,27%	11,73%
Laden	821,0	57,5	878,5	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Laden	178,9	12,5	191,4	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Ballast	151,5	17,4	168,9			89,70%	10,30%	89,70%	10,30%
Laden	195,6	13,7	209,3	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Ballast	136,9	16,4	153,3			89,30%	10,70%	89,30%	10,70%
Laden	75,4	5,3	80,7	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Laden	1192,1	83,5	1275,6	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Laden	80,4	5,6	86,0	93,46%	6,54%			93,46%	6,54%
Ballast	746,6	76,0	822,6			90,76%	9,24%	90,76%	9,24%
SUMS->	18.148,6	1.590,8	19.739,4	93,46%	6,54%	88,95%	11,06%	91,71%	8,29%

Table 8.9.3.2 Πίνακας δεδομένων ταξιδιών και υπολογισμών κατανομής κατανάλωσης FO και DO

### Ιδιότητες καυσίμων

Οι ιδιότητες των καυσίμων που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια του audit εν πλω επισυνάπτονται στο παράρτημα Appendix III.



Figure 8.9.3.1 Διάγραμμα κατανομής κατανάλωσης FO και DO στα ballast ταξίδια

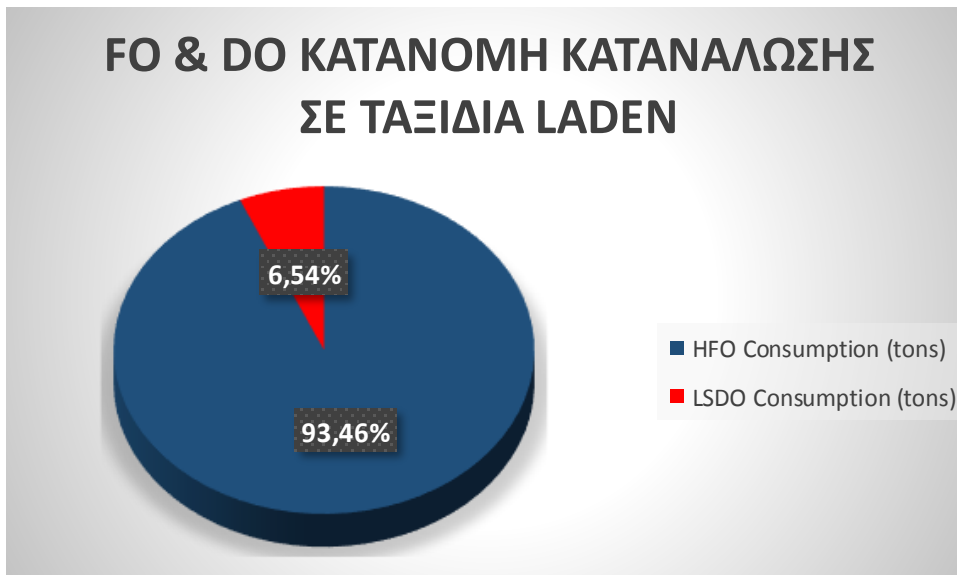


Figure 8.9.3.2 Διάγραμμα κατανομής κατανάλωσης FO και DO στα laden ταξίδια

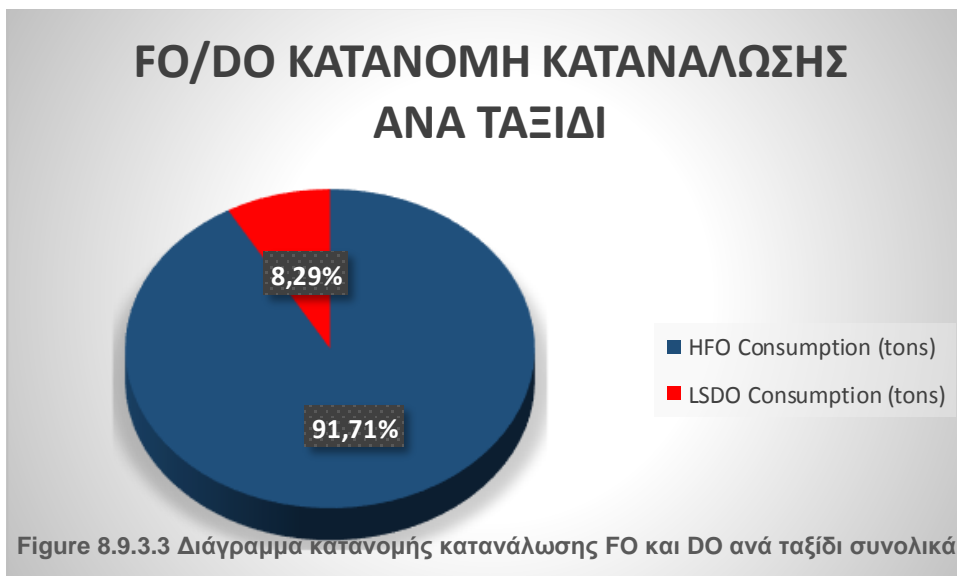


Figure 8.9.3.3 Διάγραμμα κατανομής κατανάλωσης FO και DO ανά ταξίδι συνολικά

#### 8.9.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΡΙΑΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Maker:	<b>HYUNDAI-MAN B&amp;W</b>
Model:	6S90MC-C
Cycle:	2 stroke diesel engine
Number of Cylinders:	6
Cylinder Bore:	900 mm
Stroke:	3188 mm
MCR:	39900 HP
RPM (at MCR):	76 rpm
Specific Fuel Consumption (SFOC) at shop trials:	128.85 gr/HPH
Specific Fuel Consumption (SFOC) at sea trials:	
Firing Order:	1-5-3-4-2-6-1
Service Power (Sea trial NCR: 90% MCR):	39900 HP

#### 8.9.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ DIESEL-ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Τρεις (3) dieseloγενήτριες είναι εγκατεστημένες επί του πλοίου:

Maker:	<b>HYUNDAI HEAVY IND.</b>
Model:	6L28/32H
Type:	4–Stroke Diesel Engine
Number of Cylinders:	6
Engine Rated Power:	1180 PS
Rated Speed:	720 rpm
Firing Order:	1-4-2-6-3-5
DO Consumption at 100% Load (Shop Trial):	235.20 kg/h
SFOC at 100% Load (Shop Trial – ISO Corrected):	196.716 g/kWh
Generator Rated Power:	1100 kW

### 8.9.6 ΒΑΣΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα ακόλουθα στοιχεία αντλήθηκαν από την ανάλυση ηλεκτρικού φορτίου του ναυπηγείου.

Classification	AT SEA			AT PORT				AT EMC'Y	
	NORMAL SEA GOING	W/GS TOP.UP	TANK CLEAN	AT PORT IN/OUT	AT UNLOADING	AT LOADING	AT HARBOR	BLACK OUT	FIRE
Continuous load	779.2	1,227.7	1,306.3	1,293.3	1,491.9	1,031.5	481.8	50.5	100.1
Intermittent Load	251.3	251.3	256.5	456.9	400.7	362.0	229.2		
Group diversity	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4		
Actual Intermittent Load	100.5	100.5	102.6	182.8	160.3	144.8	91.7		
Deck Machinery Load	0	0	0	331.9	207.4	207.4	16.0		
Total Load	879.7	1,328.2	1,408.9	1,753.9	1,859.6	1,383.7	589.5	50.5	100.1
No. of Generator	(kW)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	250	250
	(set)	1	2	2	2	2	1	1	1
Load Factor of Generator (%)	80.0	60.4	64.0	79.7	84.5	62.9	53.6	20.2	40.1

Table 8.9.6 Ανάλυση Ηλεκτρικού Φορτίου Πλοίου από Ναυπηγείο

Σύμφωνα με την μελέτη builder’s balance, δύο γεννήτριες πρέπει να λειτουργούν κατά τη διάρκεια της αδρανοποίησης, της θέρμανσης δεξαμενών και του καθαρισμού των δεξαμενών, των ελιγμών, της εκφόρτωσης και της φόρτωσης. Μια γεννήτρια πρέπει να λειτουργεί μόνο κατά τη διάρκεια της κανονικής πλοήγησης και κατά την αγκυροβόληση ή πλευρισμένο.

Ο ακόλουθος πίνακας παρέχει τα βασικά χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού συστήματος του πλοίου:

Nominal Voltage:	<b>450 V</b>
Rated Current:	1170.7 A
Frequency:	60 Hz
Phases:	3
Single Phase Circuitry Nominal Voltage:	110 V

### 8.9.7 ΑΞΙΟΛΟΓΗΘΕΝΤΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η επιλογή των καταναλωτών ενέργειας, των οποίων το φορτίο αξιολογήθηκε, βασίστηκε στις ακόλουθες παραμέτρους:

- Άγνωστος συντελεστής χρησιμοποίησης.
- Άγνωστος ή μεταβλητός συντελεστής φορτίου.
- Ενδείξεις αναποτελεσματικής λειτουργίας μηχανήματος το θέτουν υποψήφιο για προκαταρκτικό ESP.
- Υψηλής ισχύος ή εκτεταμένη ή συνεχής λειτουργία του καταναλωτή ενέργειας.

Οι ακόλουθοι καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας επελέγησαν να αξιολογηθούν σχετικά με τον συντελεστή φορτίου , χρησιμοποίησης, ισχύος, με τον έλεγχο φόρτισης και το λειτουργικό πρότυπο (operational pattern):

Consumer	Motor power (kW)	Load type
No.1 Main L.O pump	140.4	Continuous load
No.1 Main CSW pump	80.6	Continuous load
No.1 Central Cooling FW pump	59.1	Continuous load

Table 8.9.7 Αξιολογηθέντες καταναλωτές ενέργειας



### 8.9.8 ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ

Τα χαρακτηριστικά των Auxiliary Boiler(s) παρατίθενται παρακάτω:

Maker:	<b>KANG RIM INDUSTRIES CO., LTD.</b>
Model:	MB10SFAY AUTOMATIC FORCED DRAFT
No. of Units	2
Type:	HFO BURNING MARINE BOILER
Steam Production:	40000 kg/h
Working Pressure:	
• At Unloading:	16 kg/cm <sup>2</sup>
• At Normal Sea-going Condition:	6 kg/cm <sup>2</sup>
Steam Temperature (or condition) :	SATURATED
Feed Water Temperature, Design:	60 deg C
Fuel Specification:	HFO

Burner characteristics:

Maker:	<b>VOLCANO</b>
Type:	MANUAL ROTARY
Model:	SFVF-U500
Number:	1 per boiler
FO Viscosity at Burner:	600 cSt at 50 deg C
Water Volume:	26.0 m <sup>3</sup>

Οι λέβητες και οι καυστήρες μπορούν να λειτουργήσουν σε λειτουργία χαμηλής και υψηλής πίεσης. Συνήθως, όταν το πλοίο δεν αποβιβάζει φορτίο, ένας λέβητας χειρίζεται σε λειτουργία χαμηλής πίεσης για να παρέχει ατμό στο σύστημα συντήρησης. Για παράδειγμα, για την FO ανθρακαποθήκη, για τακτοποιήσεις και θέρμανση των δεξαμενών συντήρησης, για M/E και D/G FO θερμαντήρες, θερμαντήρες καθαρισμού, καλοριφέρ κτλ. Η έκταση/διάρκεια του κύκλου λειτουργίας του καυστήρα εξαρτάται από τις απαιτήσεις παροχής ατμού και συνεπώς στις ανάγκες θέρμανσης των φορτίων.

Όταν το πλοίο εκφορτώνει, με την χρήση αντλιών φορτίου που κινούνται/τροφοδοτούνται από ατμοστρόβιλους, η πίεση του λέβητα αυξάνεται και διατηρείται στα 15.5-16.0 kg/cm<sup>2</sup>. Οι λέβητες και καυστήρες δουλεύουν συνεχώς/αδιάκοπα σε αυτή την κατάσταση/φάση λειτουργίας. Ένας λέβητας παρέχει αρκετό ατμό για να κινήσει/οδηγήσει μία αντλία φορτίου, την αντλία έρματος ή δύο αντλίες φορτίου. Παρ' όλα αυτά, αν περισσότερες από μία αντλία φορτίου χρειάζεται να λειτουργήσουν, τότε και οι δύο λέβητες πρέπει να είναι σε κατάσταση λειτουργίας.

### 8.9.9 ΣΥΣΤΗΜΑ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗΣ/ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΑΤΜΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΟΣ

Το σύστημα αναπλήρωσης νερού λέβητα περιλαμβάνει τις αντλίες τροφοδοτικού νερού του λέβητα και του προθερμαντήρα, τις αντλίες κυκλοφορίας, τους βοηθητικούς λέβητες, τον λέβητα καυσαερίων και την δεξαμενή φίλτρου τροφοδοτικού νερού (cascade). Το νερό αντλείται από τη δεξαμενή τροφοδοτικού νερού, χρησιμοποιώντας τις αντλίες τροφοδοσίας νερού, μέσα στους βοηθητικούς λέβητες μέσω μίας βαλβίδας ρύθμισης στάθμης νερού. Ταυτόχρονα, η αντλία κυκλοφορίας νερού λέβητα, παρέχει εξαναγκασμένη κυκλοφορία μέσω της αναρρόφησης νερού από τον χαμηλότερο οδηγό διαστολής διανομής του λεβητών κι εναπόθεσης στον σωλήνα του λέβητα καυσαερίων, ο οποίος με την σειρά του είναι συνδεδεμένος με το υψηλότερο σημείο πίεσης των βοηθητικών λεβητών. Η εξαναγκασμένη κυκλοφορία νερού ενισχύει την θερμική μεταφορά από τα αέρια καύσης/εξάτμισης των καυστήρων προς τους λέβητες. Πλεονάζον ατμός παρεχόμενος στο σύστημα συντήρησης ατμού, παρακάμπτεται στον ατμοσφαιρικό ψύκτη, μέσω μιας βαλβίδας ελεγχόμενης πίεσης, προκειμένου να συμπυκνωθεί και να επιστρέψει στη δεξαμενή τροφοδοτικού νερού.

Το σύστημα διανομής ατμού διαχωρίζεται στο υψηλής πίεσης 16 & 10 kg/cm<sup>2</sup> σύστημα και χαμηλής πίεσης 6kg/cm<sup>2</sup> σύστημα συντήρησης αέρα.

Το υψηλής πίεσης σύστημα διανέμει σε τρία Cargo Oil Pump Turbines (COPTs), την WB αντλία και την CO αντλία καταλοίπων. Επιπροσθέτως, παρέχει ατμό στην φραγή καταστρώματος (ανεπίστροφη βαλβίδα) , τα αποπλύματα, τις σπείρες θέρμανσης των δεξαμενών πετρελαίου (φορτίου) (8k).

Το χαμηλής πίεσης σύστημα τροφοδοτεί τους καταναλωτές αέρα χαμηλής πίεσης του E/R (μηχανοστασίου) που περιλαμβάνουν:

- Δεξαμενές καυσίμων, υδάτων υδροσυλλεκτών (bilge) και λάσπης (sludge) στο E/R.
- Θερμαντήρας διύλιση καθαρισμού (purifier) .
- Στοιχείο θέρμανσης HVAC.
- Προθερμαντήρας νερού εμβόλων χιτωνίων (jacket) M/E.
- M/E, D/G and A/B FO προθερμαντήρες.
- M/E, D/G and A/B FO σωληνώσεις ανίχνευσης ατμού.
- Καλοριφέρ γλυκού νερού.
- Δεξαμενή αποτεφρωτήρα απορριμμάτων λαδιού.

Τα περισσότερα από τα θερμαινόμενα με ατμό φορτία είναι εξοπλισμένα είτε με πνευματικές βαλβίδες που ελέγχονται από ελεγκτές θερμοκρασίας είτε με βαλβίδες ελέγχου αυτοτελούς τύπου (τριχοειδή σωλήνα) για τη ρύθμιση της ροής του ατμού. Ορισμένα θερμαντικά φορτία, τα οποία δεν απαιτούν ακριβή έλεγχο της θερμοκρασίας, όπως οι δεξαμενές λάσπης και καυσίμου, είναι εξοπλισμένα με χειροκίνητα ρυθμιζόμενες βαλβίδες. Γενικά, τα θερμανθέντα φορτία διατηρούνται σε θερμοκρασίες που κανονικά απαιτούνται για την ορθή λειτουργία του εμπλεκόμενου εξοπλισμού.

Μετά τους καταναλωτές ατμού χαμηλής πίεσης, το παραγόμενο συμπύκνωμα επιστρέφει από τις ατμοπαγίδες στη δεξαμενή φίλτρου τροφοδότησης μέσω του ατμοσφαιρικού συμπυκνωτή.

Τα καυσαέρια (της εξάτμισης) από τις COPTs αναρροφώνται στο κενό ψυγείου. Το παραγόμενο συμπυκνωμένο νερό οδηγείται στην δεξαμενή τροφοδότησης μέσω των αντλιών συμπύκνωσης των εγκατεστημένων COPTς.

Οι γραμμές/σωληνώσεις ατμού μονώνονται για να ελαχιστοποιηθεί η απώλεια θέρμανσης στο E/R. Οι ατμοπαγίδες είναι εξοπλισμένες με αντλίες αποστράγγισης για να ελέγχεται η λειτουργία τους. Έλεγχος επιτελέστηκε κατά την διάρκεια του audit.

### 8.9.10 ΣΥΣΤΗΜΑ FUEL OIL ΚΑΙ DIESEL OIL

Το FO σύστημα αποτελείται από/είναι διατεταγμένο με ένα χωριστό σύστημα σωληνώσεων τροφοδοσίας FO, αντλίες, και FO προθερμαντήρες, που εξυπηρετούν την M/E, τα σετ D/G, και τα A/B. Ωστόσο, υπάρχουν κοινές FO δεξαμενές υπηρεσίας και διαχωρισμού για να τροφοδοτούν την M/E, την D/G και τα A/Bs. Η δεξαμενή υπηρεσίας θερμαίνεται περίπου στους 95 °C. Ο FO προθερμαντήρας διατηρεί την θερμοκρασία στην επιθυμητή τιμή, χρησιμοποιώντας ένα ιξωδόμετρο και έναν ρυθμιστή/ελεγκτή ιξώδους πριν την εισαγωγή της μηχανής. Η ροή αέρα, οπότε και η θερμοκρασία στον θερμαντήρα FO της M/E ελέγχεται από ένα πνευματικό (βαλβίδα πεπιεσμένου αέρα), που ρυθμίζεται από τον ελεγκτή ιξώδους.

Η θερμοκρασία του FO διατηρείται περίπου στους 135 °C για να διασφαλιστεί ότι το καύσιμο θα φτάσει στα μπεκ (εγχυτήρες) της μηχανής με το κατάλληλο ιξώδες.

Ξεχωριστοί μετρητές ροής εγκαθίστανται για μέτρηση της κατανάλωσης της M/E και των τριών σετ D/G.

Αντιθέτως, τα A/Bs εξυπηρετούνται από ένα κοινό όργανο/μετρητή ροής. Τα όργανα ροής της M/E και D/G εγκαθίστανται μετά τις αντλίες κυκλοφορίας και πριν τους FO θερμαντήρες. Τα όργανα ροής των A/Bs εγκαθίστανται μετά τις FO αντλίες τροφοδοσίας και FO θερμαντήρες. Η κατανάλωση είναι δυνατό να ελέγχεται από τις συσκευές ένδειξης στάθμης των δεξαμενών υπηρεσίας και διαχωρισμού. Οι FO σωληνώσεις είναι μονωμένες για να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες θερμότητας/θέρμανσης στο E/R.

Το DO σύστημα συντήρησης περιέχει τις DO δεξαμενές υπηρεσίας και διαχωρισμού. Οι σωληνώσεις από την DO δεξαμενή υπηρεσίας είναι επίσης συνδεδεμένες με τις FO αντλίες τροφοδοσίας και το σύστημα σωληνώσεων της M/E, D/G και των A/Bs. Ο αποτεφρωτήρας είναι εξοπλισμένος με μία ξεχωριστή DO δεξαμενή υπηρεσίας που τροφοδοτείται από την DO αντλία μεταφοράς.

### 8.9.11 ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΗΣ ΝΕΡΟΥ ΘΑΛΑΣΣΗΣ ΚΑΙ ΦΡΕΣΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το σύστημα ψύξης του νερού εμφανίζει τέσσερα διασυνδεδεμένα συστήματα ψύξης, το κυρίως SW σύστημα ψύξης, το βοηθητικό SW σύστημα, το κυρίως FW σύστημα ψύξης και το βοηθητικό FW σύστημα.

Το κυρίως και το βοηθητικό SW σύστημα ψύξης τροφοδοτούνται από τα τρία κύρια COPT. Οι SW αντλίες ψύξης, οι δύο βοηθητικές SW αντλίες, η SW αντλία ψύξης διαχωριστήρα (scrubber), η IG ανεπίστροφη βαλβίδα SW αντλία και η FW αντλία ακροφυσίου γεννήτριας. Το κυρίως και βοηθητικό SW σύστημα ψύξης παρέχουν το απαιτούμενο φορτίο ψύξης στα κεντρικά FW / SW ψυγεία, τον ατμοσφαιρικό, το ακροφύσιο αέρα και τους COPT συμπυκνωτές, πολλούς LO ψυκτήρες κι επιπλέον εξυπηρετούν την φραγή καταστρώματος και την FW γεννήτρια.

Το κυρίως FW σύστημα ψύξης εξυπηρετείται από τις τρεις κεντρικές FW αντλίες ψύξης κι αποτελείται από δύο M/E jacket FW αντλίες ψύξης κι ένα FW/FW ψυγείο. Το κύριο κεντρικό FW σύστημα ψύξης εξυπηρετεί τόσο τα ψυγεία αέρος της M/E όσο και το M/E Jacket FW προθερμαντήρα.

Η χαμηλή θερμοκρασία του FW νερού οδηγείται στο FW σύστημα ψύξης και παρέχει ψύξη στο LO των diesel γεννητριών και στα ψυγεία αέρα, τον ατμοσφαιρικό συμπιεστή, τους δύο κύριους κι έναν επισκευής συμπιεστές αέρα και τους ψυκτήρες των μονάδων ECR μεταξύ άλλων. Επιπροσθέτως, το σύστημα αποτελείται από of LO/FW ψυκτήρες και της D/G' το jacket FW/FW ψυγείο.

Τα δύο FW/SW τύπου πλάκας κεντρικά ψυγεία εναποθέτουν απορρίπτουσα θερμότητα στο περιβάλλον (θαλασσινό νερό). Ένα από αυτά είναι για υποστηρικτική λειτουργία.

Μία τριφασική πνευματικά ελεγχόμενη θερμοστατική βαλβίδα ρυθμίζει την ποσότητα του κεντρικού συστήματος ψύξης του νερού, που περνάει μέσα από το κεντρικό σε χρήση ψυγείο, διατηρώντας την θερμοκρασία του ψυγμένου νερού.

Μία τριφασική πνευματικά ελεγχόμενη θερμοστατική βαλβίδα ρυθμίζει την θερμοκρασία του νερού της M/E jacket. Η βαλβίδα προσαρμόζει/ρυθμίζει την ποσότητα νερού που περνάει μέσα από το ψυγείο της M/E. Η βαλβίδα ρυθμίζεται, ώστε να διατηρήσει την εξωτερική θερμοκρασία του νερού χιτωνίου/περιβλήματος στους 90°C και να αποφευχθεί η συμπύκνωση θειικού οξέος στους κυλίνδρους της M/E.

Δύο κύριες/COPT SW αντλίες ψύξης και δύο κεντρικές FW αντλίες ψύξης απαιτούνται για να διατηρηθεί επαρκής πίεση στο σύστημα κατά την διάρκεια ναυσιπλοΐας, εκφόρτωσης, φόρτωσης ή πλευρισμένο (στην προβλήτα).

### 8.9.12 ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ

Το σύστημα τροφοδότησης συμπιεσμένου αέρα εμπεριέχει δύο κύριους συμπιεστές αέρα παλινδρόμησης δύο-σταδίων (χωρητικότητα: 400 m<sup>3</sup>/hr FAD σε 30 kg/cm<sup>2</sup> έκαστος), ένα συμπιεστή αέρα ανυψωτικού φορτωτήρα (χωρητικότητα: 155 m<sup>3</sup>/hr FAD σε 30 kg/cm<sup>2</sup>), ένα βοηθητικό συμπιεστή αέρα συντήρησης (χωρητικότητα: 220 m<sup>3</sup>/hr FAD σε 7 kg/cm<sup>2</sup>), δύο κύριες δεξαμενές αέρα (χωρητικότητα: 13.7 m<sup>3</sup> έκαστος), μία δεξαμενή ελέγχου αέρα (χωρητικότητα: 2.0 m<sup>3</sup>), μία εφεδρική δεξαμενή αέρα (χωρητικότητα: 4.0 m<sup>3</sup>) και μια βοηθητική δεξαμενή αέρα (capacity: 0.25 m<sup>3</sup>).

Οι κύριοι συμπιεστές αέρα παρέχουν αέρα στα 30 kg/cm<sup>2</sup> στις κύριες δεξαμενές αέρα.

Η M/E και η D/G θεωρούνται ως καταναλωτές αέρα υψηλής πίεσης για να εκκινήσουν. Εξυπηρετούνται από τους κύριους συμπιεστές αέρα μέσω των κύριων δεξαμενών αέρα.

Οι συμπιεστές αέρα χαμηλής πίεσης αποτελούνται από ένα σύνολο/αριθμό φορτίων ελέγχου, π.χ. πνευματικές βαλβίδες ελέγχου θερμοκρασίας και στάθμης, φίλτρα, διύλιστήρες κτλ. κι ένας αριθμός εξαγωγών/απολήξεων συμπιεσμένου αέρα που διανέμονται στο E/R, έξω από τον χώρο ενδιαίτησης του πληρώματος, που βρίσκονται στο κυρίως κατάστρωμα και στο P/R. Οι τελευταίες χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση φορητών εργαλείων αέρα και αντλιών με διάφραγμα για ανάγκες συντήρησης. Τα παραπάνω φορτία εξυπηρετούνται από τον συμπιεστή αέρα υπηρεσίας]. Τα φορτία ελέγχου εξυπηρετούνται μέσω του ξηραντήρα ελέγχου αέρα, που είναι πολύ καλή πρακτική σχεδίασης. Ο συνδυασμός ενός ενσωματωμένου φίλτρου λαδιού στη μονάδα ελέγχου του συμπιεστή και των ξηραντών προσδίδει στον αέρα τροφοδοσίας βελτιωμένη ποιότητα και οδηγείται στα πνευματικά φορτία ελέγχου, με αποτέλεσμα την παράταση της διάρκειας ζωής τους και την ελαχιστοποίηση συντηρήσεων και αντικαταστάσεων.

### 8.9.13 ΣΥΣΤΗΜΑ HVAC

Δεν ήταν διαθέσιμο το manual του συστήματος HVAC και τα χαρακτηριστικά του στην βιβλιοθήκη/αρχεία του πλοίου, ώστε να παρέχουμε λεπτομερή περιγραφή του συστήματος.

Σύμφωνα με τα σχέδια των αεραγωγών κι εξαερισμού και την επιθεώρηση στην αρχική του κατάσταση ηρεμίας, ο κλιματιζόμενος αέρας από μονάδα AHU τροφοδοτείται μέσω του ανεμιστήρα και μονωμένων αεραγωγών προς τις καμπίνες, τις τραπεζαρίες, την γέφυρα και το δωμάτιο ελέγχου φορτίου. Ο αέρας διανέμεται στους κλιματιζόμενους χώρους μέσω ειδικών διαχύτων οροφής .

Όταν έχουν κλιματιστεί οι χώροι, ο αέρας μεταφέρεται στους διαδρόμους από τις περσίδες των πορτών. Μια σχάρα που έχει εγκατασταθεί στον κορμό του κλιμακοστασίου, η οποία χρησιμεύει ως αναρρόφηση του κύριου αγωγού επιστροφής, οδηγεί πίσω στην AHU. Στην είσοδο/εισαγωγή της AHU υπάρχει ένα τμήμα φράκτη/αποσβεστήρα από όπου μπορεί να ρυθμιστεί ο λόγος του εξωτερικού αέρα και του αέρα επιστροφής που τροφοδοτείται στην AHU.

Η θερμοκρασία του αέρα ελέγχεται από έναν θερμοστάτη, του οποίου ο αισθητήρας είναι εγκατεστημένος στον υπερθερμαντήρα. Η υγρασία που σχετίζεται με τον αέρα ρυθμίζεται από "υγραντήρα" που επενεργεί στην σωληνοειδή ηλεκτρονική βαλβίδα ελέγχου ατμού. Η θερμοκρασία του αέρα, κατά τη θέρμανση, ελέγχεται από μια αυτόματη βαλβίδα ρύθμισης ατμού, η οποία διατηρεί τη θερμοκρασία μετά το πηνίο (σπείρα) θέρμανσης σε σταθερό επίπεδο.

### 8.9.14 ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Το σύστημα φωτισμού του πλοίου χωρίζεται σε ομάδες κανονικής λειτουργίας και έκτακτης ανάγκης. Για το energy audit, η ομάδα κανονικής λειτουργίας παρουσιάζει ενδιαφέρον. Κανονικά, ο φωτισμός λειτουργεί στα 115V. Το σύστημα τροφοδοτείται από τους δύο τριφασικούς μετασχηματιστές 440 / 120V 120kVA που διατίθενται επί του σκάφους. Τα φορτία φωτισμού διανέμονται σε τρεις πίνακες διανομής για το μηχανοστάσιο, οκτώ για τα καταλύματα (συμπεριλαμβανομένων των φώτων πλοήγησης, φανών σημάτων και φώτων γέφυρας) και έναν για την πλώρια αποθήκη.

Όλα τα φωτιστικά σώματα καταλυμάτων που είναι εγκατεστημένα επί του σκάφους είναι σωληνοειδή φθορίζων τύπου 15W, 20W & 40W T10 ψυχρού λευκού. Φωτιστικά με διπλό σωλήνα φθορισμού εγκαθίστανται σε κοινόχρηστους χώρους, διαδρόμους αλλά και ως γενικού τύπου φωτιστικά σε καμπίνες και στο μηχανοστάσιο, στο μαγειρείο κλπ.

Ένας μικρός αριθμός φωτιστικών με λαμπτήρες πυρακτώσεως εγκαθίστανται επί του πλοίου. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει πού εγκαθίστανται και την ισχύ τους. Ορισμένα από αυτά αναμένεται να έχουν υψηλό μέσο συντελεστή χρησιμοποίησης, όπως στο μηχανοστάσιο, ενώ άλλα χαμηλό συντελεστές χρησιμοποίησης, όπως τα ερμάρια/ντουλάπες.

Accommodation Spaces	Quantity	Power (W)	Type
Wheel House	2	20	FL
Wheel House	2	40	FL
Pilot Cabin	2	20	FL
Pilot Cabin	1	15	FL
Pilot Cabin	1	15	FL
Alleways Nav. Bridge Deck	4	40	FL
Ch.Eng.Bedroom	2	20	FL
Ch.Eng.Bedroom	1	15	FL
Ch.Eng.Bedroom	1	15	FL
2nd.Eng.Bedroom	2	20	FL
2nd.Eng.Bedroom	1	15	FL
2nd.Eng.Bedroom	1	15	FL
Ch.Of.Bedroom	2	20	FL
Ch.Of.Bedroom	1	15	FL
Ch.Of.Bedroom	1	15	FL
Captain's Bedroom	2	20	FL
Captain's Bedroom	1	15	FL
Captain's Bedroom	1	15	FL
2nd Officer	2	20	FL
2nd Officer	1	15	FL
2nd Officer	1	15	FL
3rd Officer	2	20	FL
3rd Officer	1	15	FL
3rd Officer	1	15	FL
Chief Steward	2	20	FL
Chief Steward	1	15	FL
Chief Steward	1	15	FL
Electrician	2	20	FL
Electrician	1	15	FL
Electrician	1	15	FL
Owner	2	20	FL
Owner	1	15	FL
Owner	1	15	FL
4th Engineer	2	20	FL
4th Engineer	1	15	FL
4th Engineer	1	15	FL
3rd Engineer	2	20	FL
3rd Engineer	1	15	FL
3rd Engineer	1	15	FL
Ch.Eng.Day Room	2	40	FL

Accommodation Spaces	Quantity	Power (W)	Type
2nd.Eng.Day Room	2	40	FL
Ch.Of.Day Room	2	40	FL
Captain's Day Room	2	40	FL
Cable Duct Room	1	20	FL
Electric Eq. Room	1	20	FL
Officers Laundry	1	20	FL
Locker Room	1	20	FL
Alleways C-Deck	4	40	FL
Crew(A)	2	20	FL
Crew(A)	1	15	FL
Crew(A)	1	15	FL
Crew(B)	2	20	FL
Crew(B)	1	15	FL
Crew(B)	1	15	FL
Crew(C)	2	20	FL
Crew(C)	1	15	FL
Crew(C)	1	15	FL
Crew(D)	2	20	FL
Crew(D)	1	15	FL
Crew(D)	1	15	FL
Crew(E)	2	20	FL
Crew(E)	1	15	FL
Crew(E)	1	15	FL
Crew(F)	2	20	FL
Crew(F)	1	15	FL
Crew(F)	1	15	FL
Crew(G)	2	20	FL
Crew(G)	1	15	FL
Crew(G)	1	15	FL
Crew(H)	2	20	FL
Crew(H)	1	15	FL
Crew(H)	1	15	FL
2-Crew(C)	2	20	FL
2-Crew(C)	1	15	FL
2-Crew(C)	2	15	FL
Crew(I)	2	20	FL
Crew(I)	1	15	FL
Crew(I)	1	15	FL
Crew(J)	2	20	FL
Crew(J)	1	15	FL

Accommodation Spaces	Quantity	Power (W)	Type
Crew(J)	1	15	FL
Crew(K)	2	20	FL
Crew(K)	1	15	FL
Crew(K)	1	15	FL
Crew(L)	2	20	FL
Crew(L)	1	15	FL
Crew(L)	1	15	FL
Crew(M)	2	20	FL
Crew(M)	1	15	FL
Crew(M)	1	15	FL
2-Crew(A)	2	20	FL
2-Crew(A)	1	15	FL
2-Crew(A)	1	15	FL
2-Crew(B)	2	20	FL
2-Crew(B)	1	15	FL
2-Crew(B)	1	15	FL
Cable Duct Room	1	20	FL
Locker A Room	1	20	FL
Locker B Room	1	20	FL
Locker C Room	1	20	FL
Alleways B-Deck	4	40	FL
Common Smoking Room	8	20	FL
Cargo Control Room	4	20	FL
Cargo Control Room	4	20	FL
Ship's Office	4	20	FL
Common Mess Room	8	20	FL
Galley	4	20	FL
Galley	4	20	FL
Duty Messroom	2	20	FL
Cable Duct Room	1	20	FL
Locker A Room	1	20	FL
Locker B Room	1	20	FL
Public Toilet	1	20	FL
Alleways B-Deck	4	40	FL
Foam & Fire Control Room	2	20	FL
Ship's Laundry	1	20	FL
Hydro Power Unit	1	20	FL
Crew's Change Room	2	40	FL
Hospital	4	20	FL
Gymnasium	4	20	FL



Accommodation Spaces	Quantity	Power (W)	Type
Safety Locker Room	4	20	FL
Cable Duct Room	1	20	FL
Locker Room	1	20	FL
Meat Room	2	40	INC
Vegetable Room	2	40	INC
Bonded Store	1	20	FL
Lobby	2	40	FL
Fish Room	2	40	INC
Dry Provision Store	2	40	INC
Air Condition Room	2	20	FL
6-Suez Crew	2	20	FL
6-Suez Crew	2	20	FL
<b>Total Power (W)</b>		<b>5035</b>	<b>-</b>

Table 8.9.14.1 Φωτιστικά-Λαμπτήρες και εγκατεστημένη ισχύς αυτών στο πλοίο

Τα φωτιστικά φθορισμού συνδέονται με τον πίνακα τροφοδοσίας 115V και βρίσκονται σε χώρους που κανονικά αναμένεται να έχουν φυσιολογικούς καθημερινούς κύκλους απενεργοποίησης (on-off). Στους χώρους αυτούς, ο φωτισμός αναμένεται να είναι κλειστός κατά τη διάρκεια των ωρών εργασίας και κατά τη διάρκεια ενός σημαντικού μέρους της νύχτας, όταν το πλήρωμα εργάζεται και κανείς δεν βρίσκεται στους χώρους αυτούς.

Ο παρακάτω πίνακας παρέχει μια σύνοψη για διάφορους χώρους που συνήθως παρακολουθούνται για πολύ σύντομα χρονικά διαστήματα, όπου ο φωτισμός αναμένεται να ελαχιστοποιηθεί ή να απενεργοποιηθεί εντελώς.

Space
Μαγαζιά
Τραπεζαρία
10 Καμπίνες
Καπνιστήριο
Πλυντήριο-Στεγνωτήριο
Νοσοκομείο-Γυμναστήριο

Table 8.9.14.2 Χώροι πολύ μικρής συχνότητας χρησιμοποίησης

## 8.10 ΕΥΡΗΜΑΤΑ AUDIT ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Αυτό το παράρτημα εξυπηρετεί τους παρακάτω κύριους σκοπούς:

- Να παρουσιάσει τα δεδομένα/στοιχεία που συγκεντρώθηκαν πριν και κατά την διάρκεια του energy audit στο πλοίο με ένα συνεκτικό/συνοπτικό τρόπο, απεικονίζοντας έτσι τα ενεργειακά χαρακτηριστικά του πλοίου στην παρούσα κατάσταση.
- Να εντοπίσει περιοχές, όπου υπάρχει προοπτική για βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση και διατήρηση, π.χ. αναγνώριση ESPs.
- Να προβεί σε προκαταρκτική εκτίμηση των ποσοτήτων ενέργειας που μπορούν να εξοικονομηθούν εάν χρησιμοποιηθούν εναλλακτικές διαδικασίες, μέθοδοι και εξοπλισμός.
- Διεξαγωγή προκαταρκτικής εκτίμησης των οικονομικών πτυχών των ESPs, όπου ήταν δυνατή η απόκτηση επαρκών οικονομικών στοιχείων.

Συλλογή δεδομένων και / ή μετρήσεων και αντίστοιχη ανάλυση έγινε για τα ακόλουθα:

- Λειτουργικό μοτίβο (Operational Pattern) του πλοίου.
- Υδροδυναμική απόδοση / Απόδοση πρόωσης πλοίου.
- Απόδοση M/E.
- Απόδοση D/G.
- Διαχείριση ηλεκτρικού φορτίου.
- Λειτουργία κι έλεγχος κυριότερων βοηθητικών μηχανημάτων/μηχανικού εξοπλισμού.
- Απόδοση και λειτουργικό μοτίβο A/B.
- Σύστημα ψύξης FW .
- Σύστημα συμπιεσμένου αέρα.
- Σύστημα HVAC.
- Σύστημα φωτισμού.

### 8.10.1 OPERATIONAL PATTERN ΠΛΟΙΟΥ

Ο βασικός λόγος για να μελετήσουμε το operational pattern του πλοίου είναι για να βρούμε πώς οι διαφορετικές φάσεις λειτουργίας διαμοιράζονται μέσα στον χρόνο πλεύσης/ταξιδιού και να εκτιμήσουμε κατά πόσο η κατανομή ενέργειας είναι αποδοτική.

Το operational pattern του πλοίου επηρεάζει τις FO και DO καταναλώσεις και το συντελεστή φορτίου κυρίως της M/E και δευτερευόντως της D/G οπότε, δεν επηρεάζονται μόνο τα μηχανήματα, αλλά επίσης η SFOC η οποία είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ενεργειακή απόδοση.

Οι KPIs που μας ενδιαφέρουν σε αυτό το παράρτημα είναι οι ακόλουθοι:

- M/E FO κατανάλωση ανά ώρα (kg/hr).
- M/E FO κατανάλωση ανά πλοηγημένο μίλι (kg/mile)
- M/E SFOC σε gr/kWh.
- Πραγματική ταχύτητα και εντολοδόχος ταχύτητα του πλοίου.
- Ο χρόνος πλοήγησης με speed overrun. Εδώ speed overrun θεωρείται η κατάσταση, όπου η πραγματική ταχύτητα ξεπερνά την εντολοδόχο ταχύτητα παραπάνω από 0.5 knot.
- D/G FO κατανάλωση σε kg/hr.
- D/G SFOC σε gr/kWh (ηλεκτρική).
- A/B FO κατανάλωση σε kg/hr.

Οι ακόλουθες παράμετροι μας ενδιαφέρουν στην ανάλυση του operational pattern του πλοίου:

- Κατανομή χρόνου ανάμεσα στις επτά φάσεις λειτουργίας του πλοίου. (το είδαμε στο Κεφ. 8.9.2)

- Ο χρόνος overrun speed του πλοίου
- Συντελεστής φορτίου της M/E.
- Υπολογισμός των KPIs στην μορφή FO and DO καταναλώσεων ανά ώρα, ανά μίλι και SFOC της M/E και D/G.

### 8.10.1.1 Υπολογισμός σχετικών KPIs FO και DO κύριας μηχανής και diesel γεννήτριας

Από τα δεδομένα των ταξιδιών υπολογίζουμε τους κρίσιμους KPIs κατανάλωσης FO και DO και παίρνουμε τον ακόλουθο πίνακα:

Ταξίδι	Κατανάλωση FO & DO σε Ballast			
	Μέση κατανάλωση FO της M/E			Μέση κατανάλωση DO της D/G
	kg/mile	kg/hr	SFOC(gr/kWh)	kg/hr
1	214,501	3432,016	144,0874948	434,5988258
2	346,2275	5539,641	286,2432535	723,3532934
3	189,5767	3033,228	156,7323507	385,1851852
4	239,3629	3829,806	181,1696538	483,1024931
5	225,1521	3602,433	147,5533699	471,7870722
6	243,2745	3892,392	168,46972	495,6751986
7	266,1328	4258,124	156,6442848	540,2597403
8	224,2573	3588,116	152,5479591	451,6271862
9	266,1122	4257,796	158,5423487	565,9892585
10	279,5572	4472,915	242,3070139	513,6531365
11	190,1944	3043,111	167,554074	364,4444444
12	197,5132	3160,212	163,2938502	321,6931217
Average	240,1552	3842,482	177,0954478	479,2807463
	<b>SFOC(gr/Psh)=</b>		130,3422496	
Ταξίδι	Κατανάλωση FO & DO σε Laden			
	Μέση κατανάλωση FO της M/E			Μέση κατανάλωση DO της D/G
	kg/mile	kg/hr	SFOC(gr/kWh)	kg/hr
1	240,2143	3843,429	163,4025164	269,04
2	254,2996	4068,794	166,6551949	284,8155725
3	275,381	4406,096	180,4708749	308,4267225
4	247,3274	3957,239	204,4777037	277,0067415
5	268,791	4300,656	169,9349822	301,0459152
6	242,4948	3879,917	173,7513357	271,5941667
7	223,4103	3574,564	148,2194127	250,2194872
8	249,4672	3991,475	165,5066232	279,4032282
9	227,6479	3642,367	156,8397338	254,9656778
10	333,1909	5331,054	221,5994832	373,1737844
11	241,9128	3870,605	144,7669966	270,9423691
12	305,1758	4882,813	198,5441498	341,7969357
13	222,2191	3555,506	145,9873298	248,8854404
14	260,8056	4172,889	187,8733025	292,1022618
15	242,0338	3872,541	194,1280399	271,077889
16	364,9043	5838,469	284,1952924	408,692806
17	223,7421	3579,873	162,4811356	250,5911264
18	236,3497	3781,596	176,4044759	264,7116891
19	325,502	5208,032	349,8409869	364,5622672
Average	262,3616	4197,785	189,2147142	293,8449516
	<b>SFOC(gr/Psh)=</b>		139,2620297	

Table 8.10.1.1 Καταναλώσεις FO και DO βάση μετρήσεων αρχείου ταξιδιών ως KPIs

Οι υπολογισμοί φαίνονται με τύπους στο αρχείο Excel που κατατέθηκε σε CD μαζί με την διπλωματική. Ας δούμε για παράδειγμα την πρώτη γραμμή (Ταξίδι 1) του πίνακα ταξιδιών ballast και την πρώτη γραμμή (Ταξίδι 1) του πίνακα ταξιδιών laden.

Τα στοιχεία ταξιδιών του πρώτου ταξιδιού ballast και laden αντίστοιχα φαίνονται παρακάτω:

Voyage Number	Voyage Type	Vessel Name	HFO Consumption (tons)	LSDO Consumption (tons)	Total Consumption (tons)	Distance (n.miles)	Duration (h)
27	Laden	VLCC	1614,24	112,99	1727,2	6720	420
28	Ballast	VLCC	1096,10	138,80	1234,9	5110	319

Σημείωση: Στα καταγεγραμμένα από το πλήρωμα δεδομένα ήταν η διανυθείσα απόσταση ταξιδιού σε ναυτικά μίλια. Η στήλη “Duration(h)” που υποδεικνύει την διάρκεια ταξιδιού σε ώρες, έχει υπολογιστεί από εμάς θεωρώντας την υπηρεσιακή/ονομαστική ταχύτητα (service speed) πλοίου που είναι 16 κόμβοι και διαιρώντας την απόσταση με αυτή. Εμφανίζεται με στρογγυλοποίηση στο τελευταίο ψηφίο.

Voyage Number	Voyage Type	Vessel Name	Main Engine 1 Total Revolutions	Main Engine 1 Total Running Hours	Main Engine 1 Average Load	Generator 1 Total Running Hours	Generator 1 Average Load
27	Laden	VLCC	2587110	519	79%	547	71%
28	Ballast	VLCC	1703160	342	80%	216	55%

Για τον υπολογισμό μέσης κατανάλωσης FO της κύριας μηχανής σε kg/mile (πρώτο κελί) έχουμε:

$$Ballast = \frac{1.096,1 \text{ tons}}{5.110 \text{ miles}} = \frac{1.096.100 \text{ kg}}{5.110 \text{ miles}} = 214,5009 \text{ kg/mile}$$

$$Laden = \frac{1.614,2 \text{ tons}}{6.720 \text{ miles}} = \frac{1.614.240 \text{ kg}}{6.720 \text{ miles}} = 240,2143 \text{ kg/mile}$$

Για τον υπολογισμό μέσης κατανάλωσης FO της κύριας μηχανής σε kg/hr (δεύτερο κελί) έχουμε:

$$Ballast = \frac{1.096,1 \text{ tons}}{319,375 \text{ hours}} = \frac{1.096.100 \text{ kg}}{319,375 \text{ hours}} = 3.432,0157 \text{ kg/hour}$$

$$Laden = \frac{1.614,2 \text{ tons}}{420 \text{ hours}} = \frac{1.614.240 \text{ kg}}{420 \text{ hours}} = 3.843,4286 \text{ kg/hour}$$

Για τον υπολογισμό της SFOC της κύριας μηχανής σε gr/kWh (τρίτο κελί) έχουμε:

$$Ballast = \frac{1.096,1 \text{ tons}}{\left[ \frac{0,79}{M/E \text{ load}} \cdot \frac{(39.900HP \cdot 1,01387)}{40.453,413PS} \right] \cdot 0,736 \cdot 319,37h} = \frac{1.096.100.000 \text{ gr}}{9.878.917,63kWh} = 144,0875 \text{ gr}/kWh$$

$$Laden = \frac{1.614,2 \text{ tons}}{\left[ \frac{0,79}{M/E \text{ load}} \cdot \frac{(39.900HP \cdot 1,01387)}{40.453,413PS} \right] \cdot 0,736 \cdot 420h} = \frac{1.614.240.000 \text{ gr}}{9.878.917,63kWh} = 163,4025 \text{ gr}/kWh$$

Σημείωση: Υπολογίζουμε τον μέσο όρο των SFOC από όλα τα ταξίδια και για να πάρουμε το αποτέλεσμα σε gr/PS<sub>h</sub> και να είναι συγκρίσιμο με τα shop, sea trials και τις μετρήσεις του Audit, το πολλαπλασιάζουμε απλά με 0,736 (αναιρώντας την μετατροπή από PS σε KW που κάναμε στον παρονομαστή).

Για τον υπολογισμό μέσης κατανάλωσης DO της diesel γεννήτριας σε kg/hr έχουμε:

$$Ballast = \frac{138,8 \text{ tons}}{319,375 \text{ hours}} = \frac{138800 \text{ kg}}{319,375 \text{ miles}} = 434,5988 \text{ kg}/hour$$

$$Laden = \frac{112,9968 \text{ tons}}{420 \text{ hours}} = \frac{1.129.968 \text{ kg}}{420 \text{ hours}} = 269,04 \text{ kg}/hour$$

Συνοψίζοντας και αναλύοντας τους υπολογισμούς και δεδομένα ταξιδιών, συγκρίνουμε την SFOC (όχι ISO διορθωμένη) της κύριας μηχανής στα shop trial ( $128,85 \text{ gr}/HP\text{h} = \frac{128,85 \text{ gr}}{1,01387PS\text{-h}} = 127,087 \text{ gr}/PS\text{h}$ ) σε φόρτιση M/E 76% με την μέση τιμή SFOC ταξιδιών ballast  $130,342 \text{ gr}/PS\text{h}$  που υπολογίσαμε, σε φόρτιση 75,44% (μέση φόρτιση κύριας μηχανής βάση αρχείου ταξιδιών). Η αντίστοιχη τιμή από sea trial δεν ήταν διαθέσιμη. Το αποτέλεσμα είναι ικανοποιητικό, καθώς βρίσκεται οριακά μέσα στην τυπική ανοχή απόκλισης +3% (αν και πολλές φορές δίνεται και 5%) που συνήθως δίνει ο κατασκευαστής και υποδεικνύει καλή λειτουργία κύριας μηχανής και φυσιολογική κατανάλωση καυσίμου. Βέβαια, παρακάτω θα δούμε ότι στην διάρκεια του Energy Audit μετρήθηκαν αρκετά υψηλότερες καταναλώσεις, που όμως είναι απόρροια και κακών καιρικών συνθηκών που αντιμετωπίστηκαν.

Σε ό,τι αφορά την φόρτιση της κύριας μηχανής, η μέση τιμή φόρτισης της μηχανής σε κατάσταση ballast (μέση τιμή δώδεκα ταξιδιών ballast) είναι 74,09% της MCR (Maximum Continuous Rating) ενώ σε κατάσταση laden (μέση τιμή δεκαεννέα ταξιδιών laden) είναι 76,29% της MCR. Η μέση τιμή φόρτισης της μηχανής συνολικά ανά ταξίδι είναι 75,44%. Τα νούμερα δείχνουν μία βέλτιστη λειτουργία αφού συνήθως τα πλοία λειτουργούν στην NCR (Nominal Continuous Rating) που είναι το 85% του 90% MCR, δηλαδή 75% με 77% της MCR. Έχουμε οπότε πολύ καλή απόδοση και

χρήση της ισχύος της μηχανής, ενώ ταυτόχρονα τα επίπεδα χρήσης είναι προς τα κάτω, κοντά στο 75% ώστε να υπάρχει και όσο το δυνατόν πιο οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον χρήση.

Για τις dieseloγεννήτριες, η SFOC της D/G μετρήθηκε στο Energy Audit 221.5 gr/KWh σε 62.3% φόρτιση (62,26% είναι και η μέση φόρτιση λειτουργίας των τριών γεννητριών - 62% , 62% , 63% - του πλοίου από τα δεδομένα ταξιδιού) και σε σύγκριση με την τιμή του shop trial (περίπου 202 gr/KWh, για την ίδια φόρτιση), είναι 10% υψηλότερη. Σε συνδυασμό και με τις πολύ υψηλές καταναλώσεις που καταγράφηκαν στα 31 ταξίδια από το αρχείο ταξιδιών (με το μέσο ηλεκτρικό φορτίο 62,26% όπως προαναφέραμε) , πρέπει αδιαμφισβήτητα να διερευνηθεί περαιτέρω και να γίνει προσπάθεια βελτίωσης των τιμών αυτών.

### **8.10.2 ΑΠΟΔΟΣΗ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΚΥΡΙΑΣ ΜΗΧΑΝΗΣ**

Μετρήσεις επί του πλοίου έγιναν χρησιμοποιώντας τον εξοπλισμό του πλοίου (όργανα μέτρησης πίεσης, θερμομέτρα, όργανα ροής FO and KYMA Diesel Analyzer). Ο εγκατεστημένος επί του πλοίου KYMA Diesel Analyzer παρείχε, μέσω της διαθέσιμης διεπαφής υπολογιστή, την ιπποδύναμη στον άξονα, καθώς και προς εκτύπωση δυναμοδεικτικά διαγράμματα (γραφική παράσταση του έργου που παράγουν τα καυσαέρια ατμού ή μηχανής Diesel στον κύλινδρο. Αποδίδεται από εξάρτημα που είναι τοποθετημένο στον κύλινδρο όταν λειτουργεί για να καταγράψει την πίεση του κυλίνδρου σε μια πλήρη διαδρομή) από τους κυλίνδρους της μηχανής, βασικά στον υπολογισμό της ενδεικτικής ιπποδύναμης της μηχανής . Οι ενδείξεις πίεσης καταγράφηκαν εγκαθιστώντας τον φορητό μετατροπέα ενέργειας στον κρουνό ενδείξεων κάθε κυλίνδρου.

#### **8.10.2.1 Μετρήσεις Απόδοσης Κύριας Μηχανής**

Οι μετρήσεις της M/E και οι μετρήσεις επίδοσης/απόδοσης ταχύτητας του πλοίου διεξήχθησαν μεταξύ 09:00 και 13:00 η ώρα στις 28 Φεβρουαρίου του 2012. Το πλοίο συνάντησε /αντιμετώπισε ελαφρώς δύσκολες καιρικές συνθήκες, μικρή αποθαλασσιά και το μέσο βύθισμα του πλοίου ήταν 19.52 m (βύθισμα έρματος δοκιμαστικών 22.50 m).

Ακολουθούν τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τα energy audit του πλοίου στα δοκιμαστικά:

EA 011 MAIN ENGINE PERFORMANCE REPORT No. 1											
VESSEL:			DATE:			28-11-12					
GENERAL DATA											
START TIME	9:30		END TIME	10:30		DURATION	1.00	HRS	REVOLUTIONS COUNTER		
M/E RPM	63.73	RPM	E/R PRESS	1015	mbar	S.W. TEMP.	27	°C	START	END	
PROP. RPM	63.73	RPM	E/R TEMP.	39.0	°C	Rel. Humid.	54.0	%	100696703	100700527	
PROP. PITCH	6937	mm	W. SPEED	21.0	knots	FWD Draft	19.580	m	TOTAL	3824.00	
OBS SPEED	10.67	knots	DIRECTION	2	fr. bow	MEAN Draft	19.580	m	START TIME	END TIME	
TH. SPEED	14.32	knots	DISPL.	308824.0	MT	AFT Draft	19.580	m	9:30:00	10:30:00	
SLIP	25.50	%	CARGO		MT	TRIM		m	DUR. (min)	60.00	
ENGINE TYPE	6S90MC-C		M/E MCR	39900	PS						
SER.NO.	AA1461		2-X	X							
BORE:	900	mm	4-X								
STROKE:	3180	mm	MECH. EFFICIENCY		0.93						
CYLINDER PARAMETERS											
PARAMETER	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.6	NO.7	Mean	Max-Mean		
MAX. PRESSURE (bar)	113.7	111.9	114.5	109.7	111.7	107.1		111.43	3.07		
COMP. PRESSURE(bar)	81.9	82.4	83.1	81.2	81.5	77.1		81.20	1.90		
INDIC. PRESSURE (bar)	13.2	13.0	13.1	12.6	13.0	12.7		12.93	0.27		
EXHAUST GAS OUTLET TEMP. (°C)	300.0	305.0	310.0	310.0	300.0	300.0		304.17	5.833333333		
FUEL PUMP INDEX	119.0	119.0	118.0	118.0	119.0	119.0		118.67	0.333333333		
VIT INDEX	3.5	3.5	3.1	3.1	3.1	3.2		3.25	0.25		
PISTON COOLING OUTLET TEMP. (°C)	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0		55.0	0.0		
F.W. JACKET OUTLET (°C)	80.0	80.0	80.0	78.0	79.0	80.0		79.50	0.5		
TURBOCHARGER PARAMETERS			NO.1	NO.2	OTHER ENGINE PARAMETERS						
TURBOCHARGER RPM			7440	7454	PRESSURE EXH. GAS RECEIVER				kg/cm <sup>2</sup>		
TEMP. AIR - BLOWER INLET			°C	39.0	39	TEMP. EXH. GAS RECEIVER				°C	
TEMP. AIR - BEFORE COOLER			°C	33.5	33.5	PRESSURE SCAVENGE AIR				1.5 kg/cm <sup>2</sup>	
TEMP. AIR-AFTER COOLER			°C	41.0	41	TEMP. SCAVENGE AIR				41.0 °C	
TEMP. F.W. - AIR COOLER INLET			°C			LO PRESSURE ENGINE INLET				2.35 kg/cm <sup>2</sup>	
TEMP. F.W. - AIR COOLER OUTLET			°C			LO TEMPERATURE ENGINE INLET				43.2 °C	
TEMP. EXH. GAS TURBINE INLET			°C	410.0	410	JACKET COOL FW PRESSURE				kg/cm <sup>2</sup>	
TEMP. EXH.GAS TURBINE OUTLET			°C	298.0	298	JACKET CFW TEMP. ME INLET				°C	
AIR COOLER PRESS. DROP			mmWG			JACKET CFW TEMP. ME OUTLET				°C	
INLET AIR FILTER PRESSURE DROP			mmWG			MAIN BEARING TEMPERATURE				°C	
PRESSURE EXH. GAS AFTER T/C			mmWG			MAIN BEARING LO PRESSURE				kg/cm <sup>2</sup>	
TURBOCHARGER OIL PRESS. INLET			kg/cm <sup>2</sup>								
FUEL DENSITY 15C	0.981	kg/lt				START	END	DIFF.	TEMP	DENSITY	FUEL
FUEL VISCOSITY 50C	367.8	cSt				ltrs	ltrs	ltrs	°C	kg/lt	kg
FUEL CCAI			FLOWMETER IN			596544	600128	3584.0	120	0.9128	3271.30
FUEL HEAT VALUE	40220	kJ/kg	FLOWMETER OUT								
FUEL TEMP ME INLET	133.0	°C	Cons	3271.30	kg/hr					Cons	3271.30
FUEL BOOSTER PRESSURE		kg/cm <sup>2</sup>	IHP	22672.38	PS	LOAD %NOMINAL				52.85	
FUEL INDEX			SHP	21085.31	PS						
GOVERNOR INDEX			SFOC	155.15	gr/PSh	SFOC (FLCV CORR.)				146.11	gr/PSh
LOAD INDICATOR			LO CONS.		l/24hrs	SPECIFIC LO CONS.				0	gr/PSh
COMMENTS:											

Fig. 8.10.2.1: Report Επίδοσης Κύριας Μηχανής No.1.

EA 011 MAIN ENGINE PERFORMANCE REPORT No. 2											
VESSEL:				DATE: 28-11-12							
GENERAL DATA											
START TIME	11:00		END TIME	12:00		DURATION	1.000	HRS	REVOLUTIONS COUNTER		
M/E RPM	71.67	RPM	E/R PRESS	1015		mbar	S.W. TEMP.	27	°C	START	END
PROP. RPM	71.67	RPM	E/R TEMP.	39.0		°C	Rel. Humid.	54.0	%	100702226	100706526
PROP. PITCH	6937	mm	W. SPEED	21.0		knots	FWD Draft	19.58	m	TOTAL	4300.00
OBS SPEED	12.49	knots	DIRECTION	2		fr.bow	MEAN Draft	19.58	m	START TIME	END TIME
TH. SPEED	16.11	knots	DISPL.	308824.0		MT	AFT Draft	19.58	m	11:00:00	12:00:00
SLIP	22.48	%	CARGO			MT	TRIM		m	DUR.(min)	60.00
ENGINE TYPE	6S90MC-C		M/E MCR	39900		PS					
SER.NO.	AA1461		2-X	X							
BORE:	900		4-X								
STROKE:	3180		mm		MECH. EFFICIENCY	0.94					
CYLINDER PARAMETERS											
PARAMETER	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.6	NO.7	Mean	Max-Mean		
MAX. PRESSURE (bar)	129.7	126.2	130.7	125.6	126.3	123.4		126.98	3.71666667		
COMP. PRESSURE(bar)	99.4	99.6	100.6	98.8	98.6	93.9		98.48	2.11666667		
INDIC. PRESSURE (bar)	15.7	15.4	15.6	15.3	15.4	15.2		15.43	0.26666667		
EXHAUST GAS OUTLET TEMP. (°C)	310.0	305.0	312.0	305.0	300.0	300.0		305.33	6.66666667		
FUEL PUMP INDEX	137.0	137.0	136.0	137.0	137.0	137.0		136.83	0.16666667		
VIT INDEX	4.5	4.3	4.1	4.2	3.7	4.3		4.18	0.31666667		
PISTON COOLING OUTLET TEMP. (°C)	58.0	58.0	58.0	57.0	57.0	58.0		57.67	0.33333333		
F.W. JACKET OUTLET (°C)	80.0	80.0	80.0	78.0	78.0	79.0		79.17	0.83333333		
TURBOCHARGER PARAMETERS			NO.1	NO.2	OTHER ENGINE PARAMETERS						
TURBOCHARGER RPM			8460	8469	PRESSURE EXH. GAS RECEIVER			1.73	kg/cm <sup>2</sup>		
TEMP. AIR - BLOWER INLET	°C		39	39	TEMP. EXH. GAS RECEIVER				°C		
TEMP. AIR - BEFORE COOLER	°C		35	35	PRESSURE SCAVENGE AIR			1.75	kg/cm <sup>2</sup>		
TEMP. AIR-AFTER COOLER	°C		46	46	TEMP. SCAVENGE AIR			46.0	°C		
TEMP. S.W. - AIR COOLER INLET	°C				LO PRESSURE ENGINE INLET			2.4	kg/cm <sup>2</sup>		
TEMP. S.W. - AIR COOLER OUTLET	°C				LO TEMPERATURE ENGINE INLET			46.0	°C		
TEMP. EXH. GAS TURBINE INLET	°C		420	420	JACKET COOL FW PRESSURE				kg/cm <sup>2</sup>		
TEMP. EXH.GAS TURBINE OUTLET	°C		285	275	JACKET CFW TEMP. ME INLET				°C		
AIR COOLER PRESS. DROP	mmWG				JACKET CFW TEMP. ME OUTLET				°C		
INLET AIR FILTER PRESSURE DROP	mmWG				MAIN BEARING TEMPERATURE				°C		
PRESSURE EXH. GAS AFTER T/C	mmWG				MAIN BEARING LO PRESSURE				kg/cm <sup>2</sup>		
TURBOCHARGER OIL PRESS. INLET	kg/cm <sup>2</sup>										
FUEL DENSITY 15C	0.981	kg/lt			START	END	DIFF.	TEMP	DENSITY	FUEL	
FUEL VISCOSITY 50C	367.8	cSt			ltrs	ltrs	ltrs	°C	kg/lt	kg	
FUEL CCAI			FLOWMETER IN	601914	606457	4543.0	120	0.9128	4146.6		
FUEL HEAT VALUE	40220	kJ/kg	FLOWMETER OUT								
FUEL TEMP ME INLET	°C		Cons	4146.6	kg/hr			Cons	4146.6		
FUEL BOOSTER PRESSURE	kg/cm <sup>2</sup>		IHP	30422.64	PS	LOAD %NOMINAL		71.60			
FUEL INDEX			SHP	28566.86	PS						
GOVERNOR INDEX			SFOC	145.16	gr/PSh	SFOC (FLCV CORR.)		136.70	gr/PSh		
LOAD INDICATOR			LO CONS.	l/24hrs		SPECIFIC LO CONS.		0	gr/PSh		
<b>COMMENTS:</b>											

Fig. 8.10.2.2: Report Επίδοσης Κύριας Μηχανής No.2.



Ο ακόλουθος πίνακας συνοψίζει τις δύο μετρήσεις επίδοσης/απόδοσης που διεξήχθησαν κατά την διάρκεια του energy audit στο πλοίο:

Parameters measured	Units	Audit Data	
Engine RPM	rpm	63.7	71.7
Mean Exhaust Gas Temp. of Cylinders	C	304.2	305.3
Scav Air Pressure in Receiver - Pscav	bar	1.50	1.75
Compression Pressure - Pcomp	bar	81.2	98.5
Mean Max. Combustion Press. - Pmax	bar	111.4	127.0
Mean Pump Index	const.	118.7	136.8
T/C Inlet Exhaust Gas Temperature	C	410.0	420.0
T/C Outlet Exhaust Gas Temperature	C	298.0	280.0
T/C Speed	rpm	7447	8465
Air Temperature before Air Cooler	C	33.5	35.0
Air Temperature after Air Cooler	C	41.0	46.0
Blower Inlet Temperature	C	39.0	39.0
Blower Inlet Pressure	mbar	1015	1015
Scavenging Receiver Air Temperature	C	41.0	46.0
E/R Temperature	C	39.0	39.0
Sea Water Temperature	C	27.0	27.0
Main L.O Inlet Pressure	bar	2.30	2.35
Main L.O Inlet Temperature	C	43.2	46.0
Cool. FW Jacket Outlet Temperature	C	79.5	79.2
Piston C.O Outlet Temperature	C	55.0	57.7
FO Booster Engine Inlet Pressure	bar	0.00	0.00
Mean Indicated Pressure	bar	12.93	15.43
Shaft Power	PS	23510	30400
Load	%	58.9	76.0
Start Time	hh:mm	9:30	11:00
End Time	hh:mm	10:30	12:00
Duration	hrs	1:00	1:00
F.O Density @ 15 C	kg/lt	0.981	0.981
F.O Temperature at Flowmeter	C	120.0	120.0
Measured FO Mass Consumption	Kg	3,271.3	4,146.6
Specific FO Mass Consumption	kg/hr	3,271.3	4,146.6
FLCV	kJ/kg	40220	40220
SFOC	gr/PSh	139.14	136.40
SFOC (ISO Corrected)	gr/PSh	131.04	128.46

Table 8.10.2.1 Συγκεντρωτικά καταγεγραμμένα δεδομένα μετρήσεων επίδοσης κύριας μηχανής

Τα διασκορπισμένα δεδομένα αποτυπώνονται γραφικά και τοποθετούνται σε σύγκριση με τις σχετικές διαθέσιμες καμπύλες δοκιμαστικών (sea και shop trial), με σκοπό να αξιολογηθεί/εκτιμηθεί η υδροδυναμική και μηχανική απόδοση του πλοίου

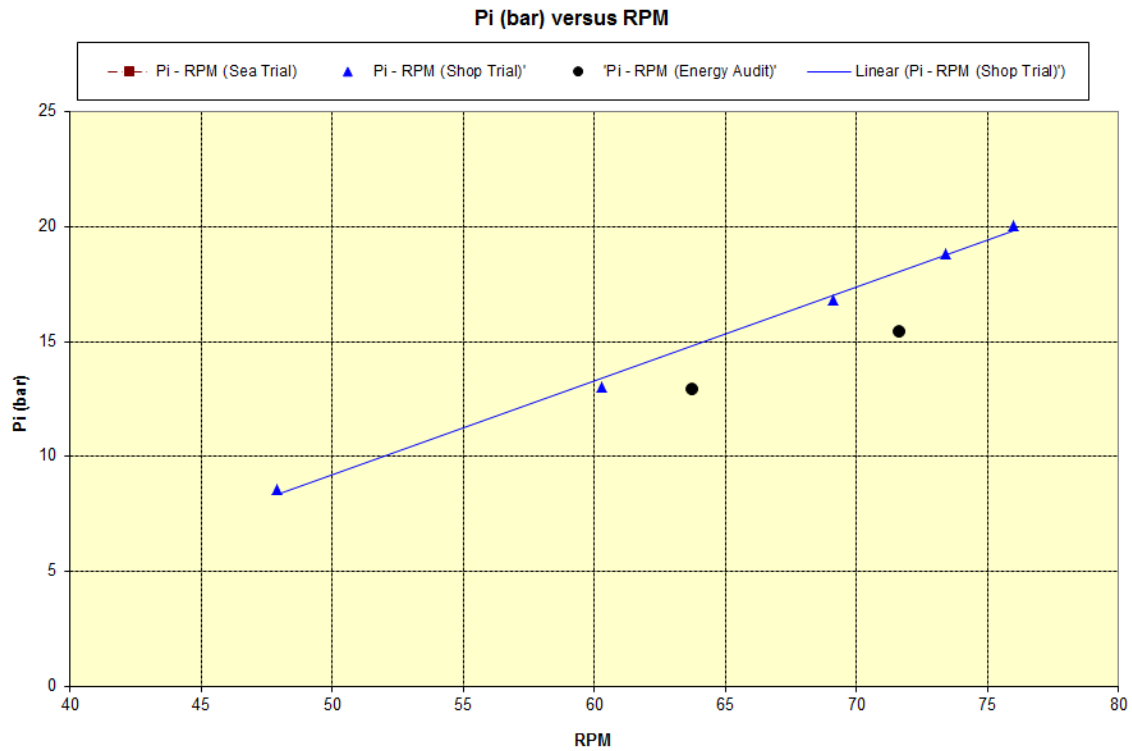


Figure 8.10.2.3 Pi [bar] vs. Κύρια Μηχανή [RPM]

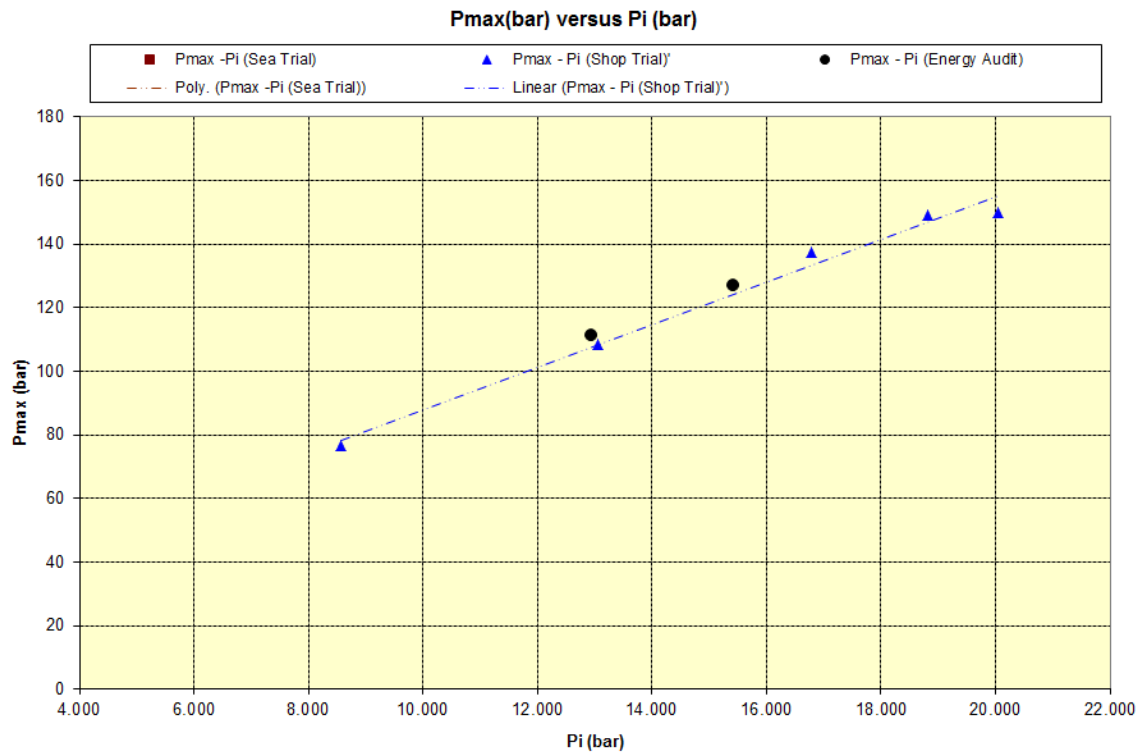


Figure 8.10.2.4 Μέγιστη πίεση ανάφλεξης (Pmax) [bar] vs. Προτεινόμενη Πίεση (Pi) [bar].

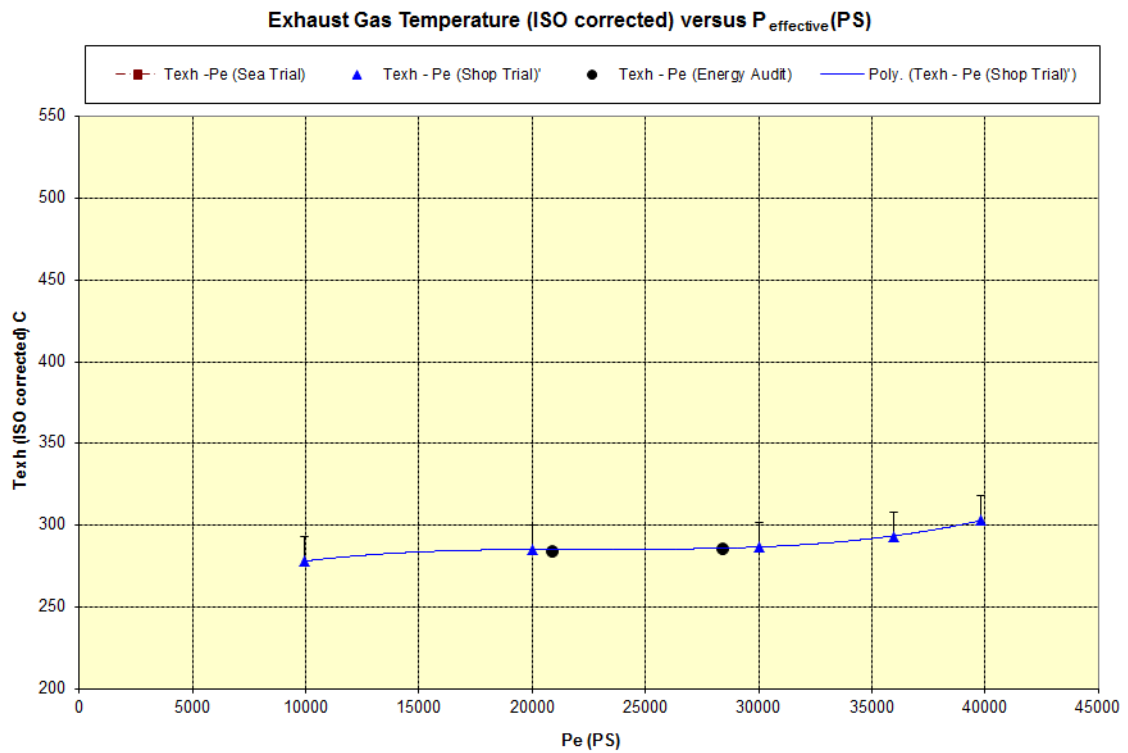


Figure 8.10.2.5 ISO Διορθωμένη Θερμοκρασία Καυσαερίων[C] vs. Αποτελεσματική Ισχύ (Peff.) [PS].

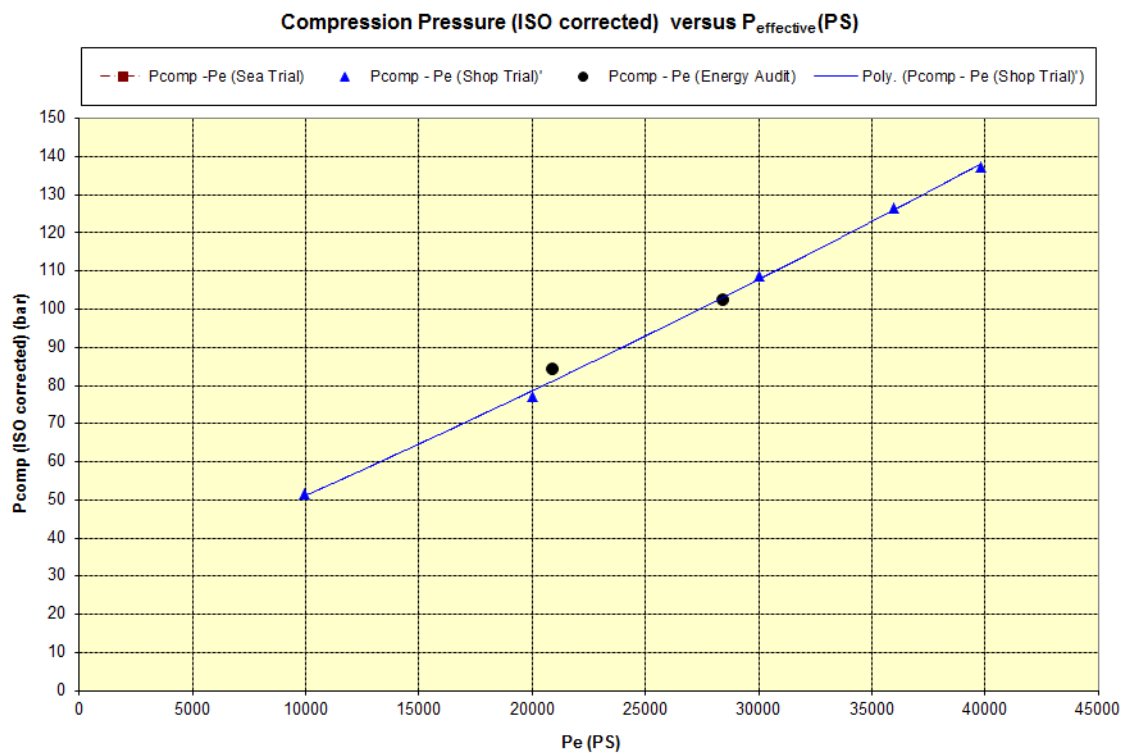


Figure 8.10.2.6 ISO διορθωμένη Πίεση Συμπίεσης (Pcomp.) [bar] vs. Αποτελεσματική Ισχύ [PS].

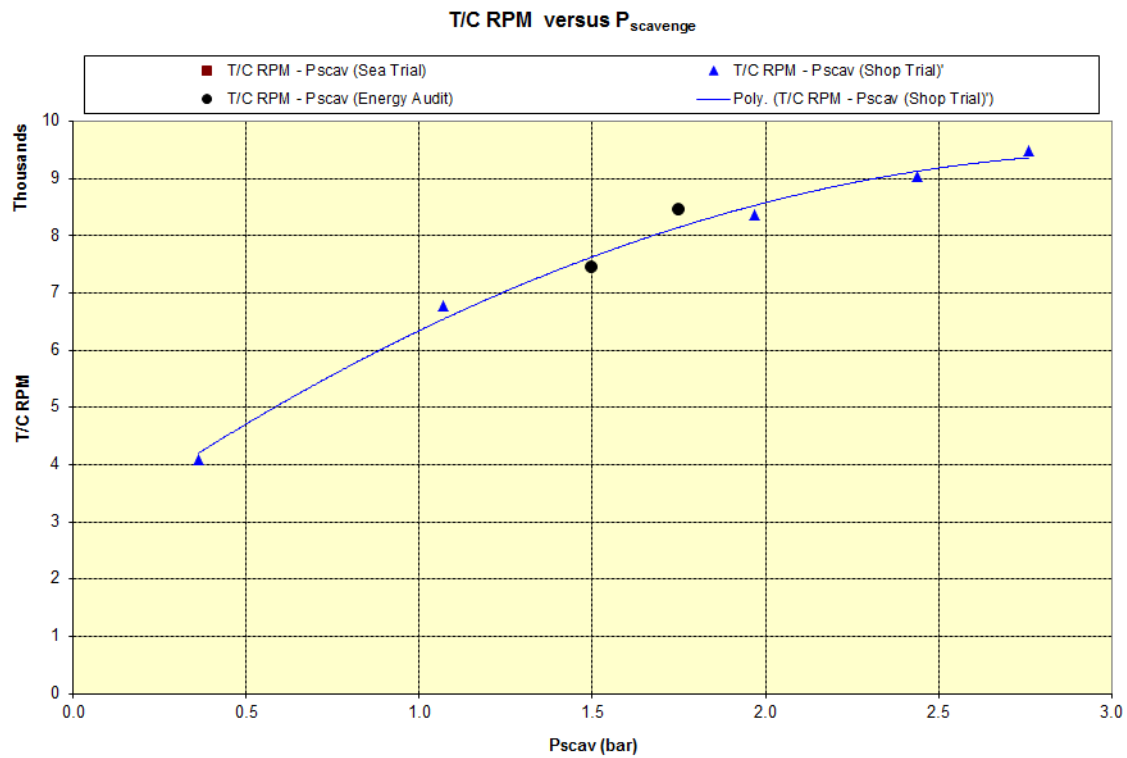


Figure 8.10.2.7 Περιστροφική ταχύτητα υπερσυμπιεστή [T/C RPM] vs. ISO Διορθωμένη Scavenge Πίεση [bar].

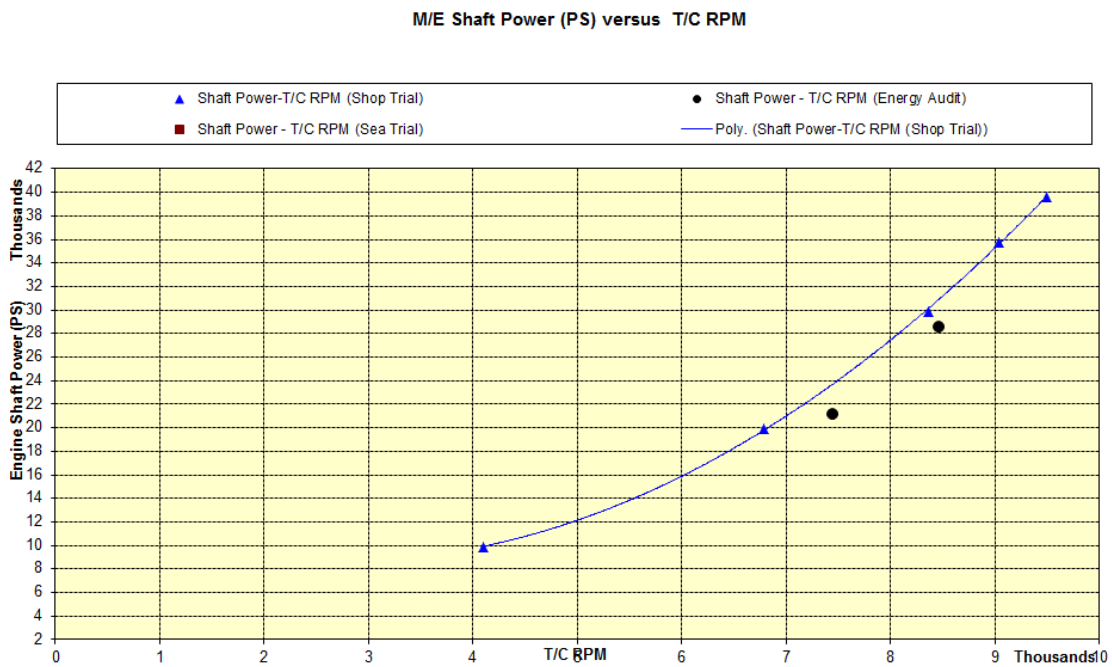


Figure 8.10.2.8 Ιπποδύναμη Άξονα Μ/Ε [PS] vs. Περιστροφική Ταχύτητα Υπερσυμπιεστή [RPM].

M/E Shaft Power (PS) versus M/E RPM

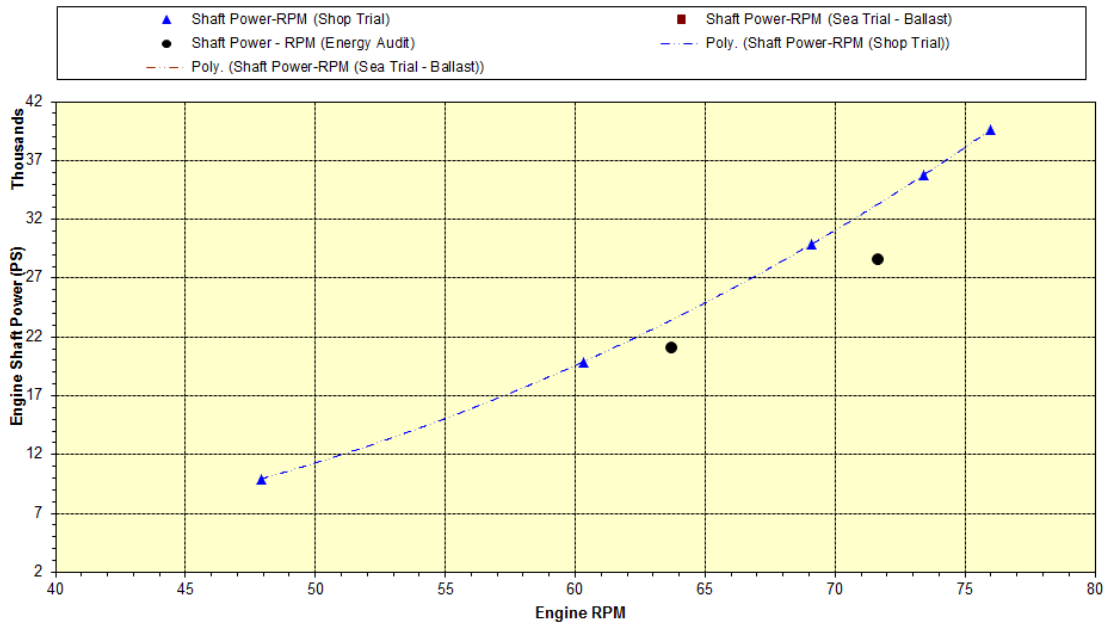


Figure 8.10.2.9: Ιπποδύναμη άξονα M/E [PS] vs. Περιστροφική ταχύτητα M/E [RPM].

M/E Shaft Power versus Pmax & Pcomp (ISO Corrected)

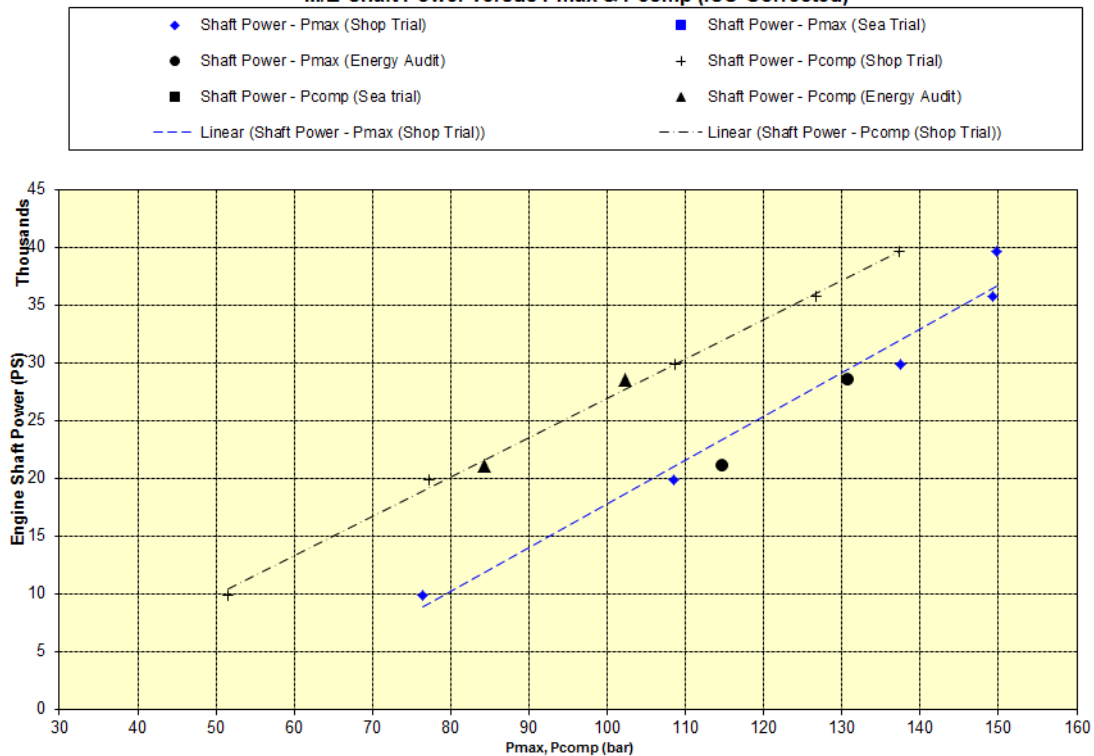


Figure 8.10.2.10 Ιπποδύναμη Άξονα M/E [PS] vs. Pmax & Pcomp (ISO διορθωμένες).

Exh. Gas Temperature ( °C) (ISO Corrected) versus M/E Shaft Power (PS)

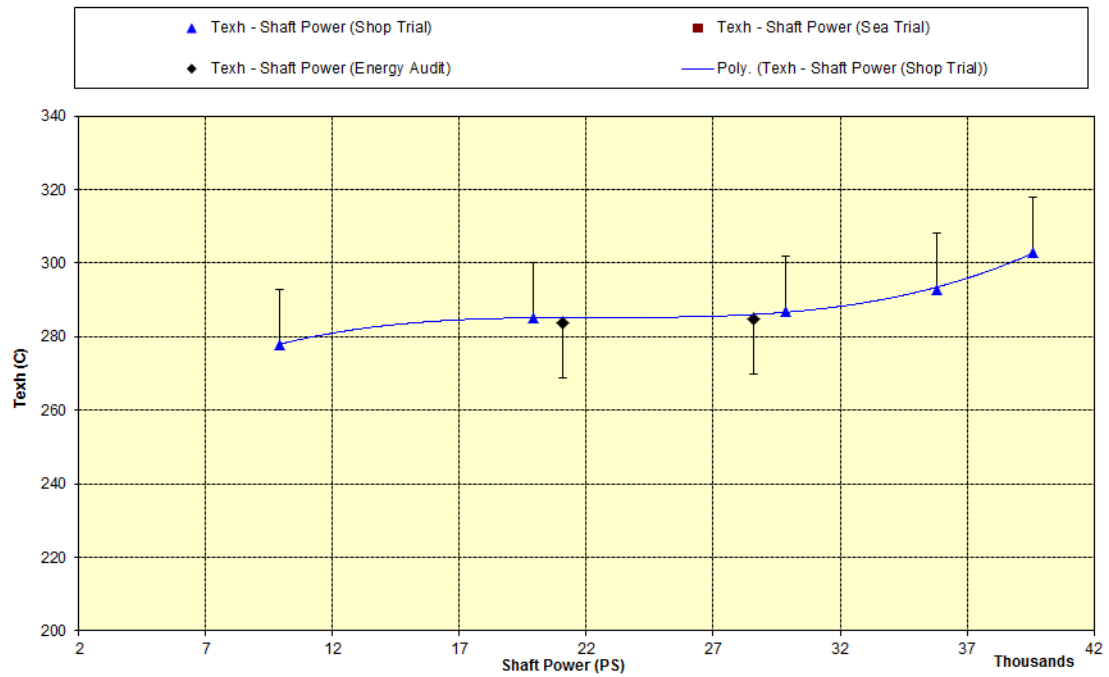


Figure 8.10.2.11 ISO διορθωμένη Θερμοκρασία Καυσαερίων [C] vs. Ιπποδύναμη άξονα M/E [PS].

SFOC (ISO Corrected) versus M/E Shaft Power (PS)

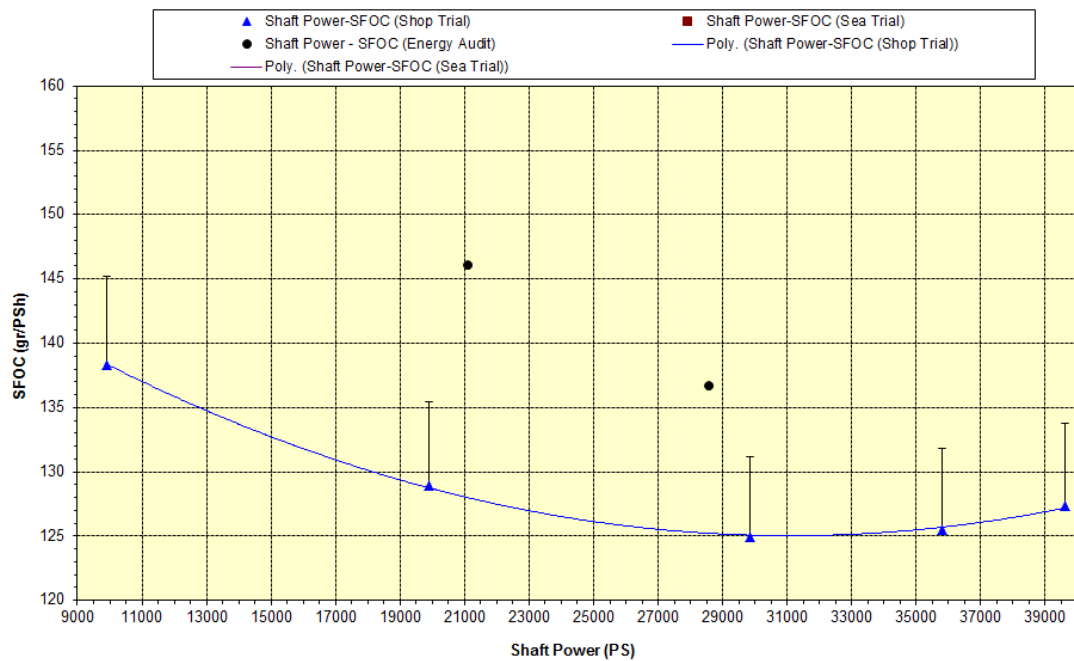


Figure 8.10.2.12 ISO διορθωμένη M/E SFOC [gr/PSH] vs. Ιπποδύναμη Άξονα [PS].

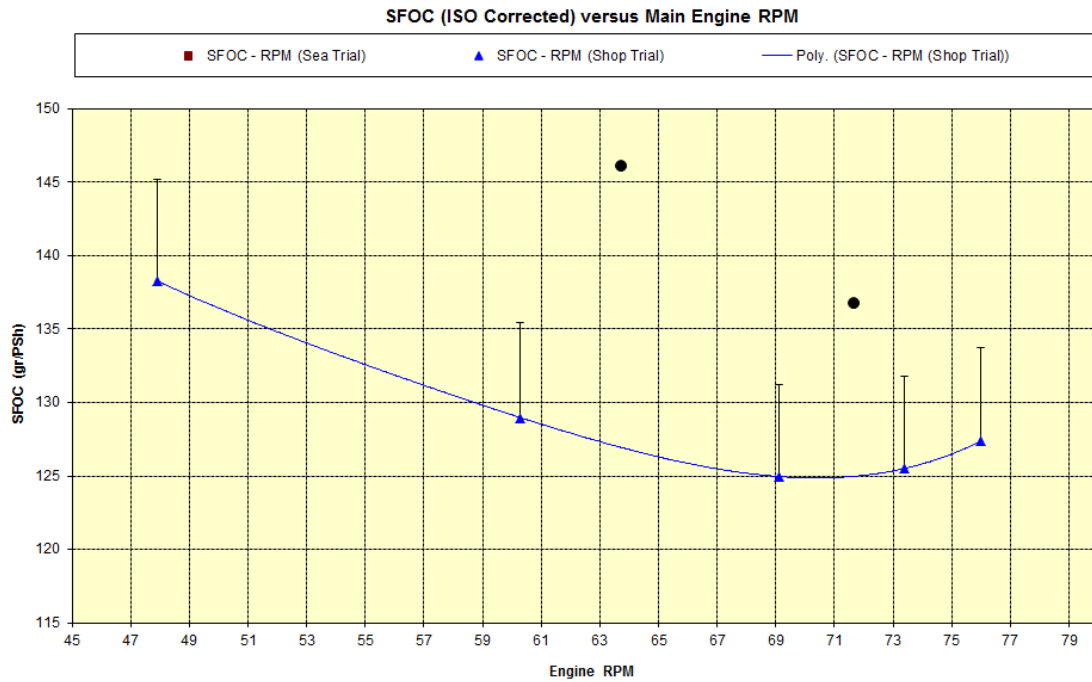


Figure 8.10.2.13 ISO διορθωμένη Μ/Ε SFOC [gr/PSH] vs. Μ/Ε Περιστροφική Ταχύτητα [RPM].

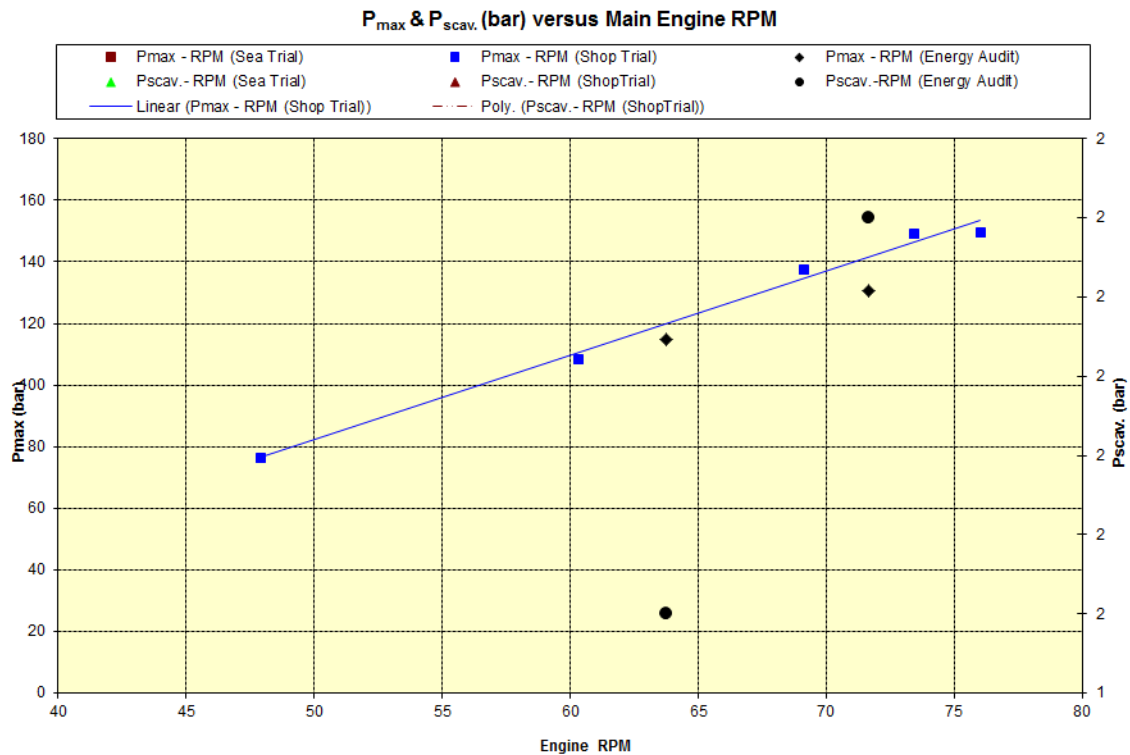


Figure 8.10.2.14 P max & Pscav. [bar] vs. Κύρια Μηχανή [RPM].

## 8.11 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ/ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ESPS ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μία λίστα λεπτομερών σχολίων και παράγωγων ενδείξεων της επίδοσης/απόδοσης της κύριας μηχανής παρέχονται παρακάτω:

- Οι μέσες  $P_{max}$  και  $P_{comp}$  είναι ελαφρώς αυξημένες σε σχέση με τις τιμές από το shop test. Επίσης:
  - Η τιμή  $P_{max}$  του κυλίνδρου No.3 (130.7 bar) αποκλίνει περισσότερο από την προτεινόμενη/επιτρεπόμενη των 3 bars, από την μέση πίεση συμπίεσης.
  - Η τιμή  $P_{max}$  του κυλίνδρου No.6 (123.4 bar) αποκλίνει περισσότερο από την προτεινόμενη/επιτρεπόμενη των 3 bars, από την μέση πίεση συμπίεσης  $P_{max}$  (126.98 bar στις 71.67RPM).
  - Η  $(P_{comp})$  του κυλίνδρου No.6 (93.9 bar) αποκλίνει περισσότερο από την προτεινόμενη/επιτρεπόμενη των 3 bars, από την μέση πίεση συμπίεσης  $P_{max}$  (98.48 στις 71.67 RPM).
- Αυτές οι παρατηρήσεις δείχνουν την ανάγκη μιας περαιτέρω διερεύνησης των δακτυλίων εμβόλου, του άνω μέρους εμβόλου, των βαλβίδων εξάτμισης (εκροής) και βαλβίδων καυσίμου.
- Η SFOC της M/E στο 71.6% βρέθηκε ίση με 136.70 gr/PSh (διορθωμένες με βάση το ISO 3046-1:2002(E)), ή περίπου 10% υψηλότερη από την καμπύλη του shop test. Η αύξηση είναι μεγαλύτερη από την ανοχή του κατασκευαστή, ήτοι 5%. Η υψηλότερη SFOC θα μπορούσε εν μέρει να αποδοθεί στις ιδανικές συνθήκες κατά την εκτέλεση των shop test, στην διαφορετική ποιότητα καυσίμου και στο υψηλότερο LCVF που χρησιμοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Παρ'όλα αυτά, οι ενδείξεις ρύπανσης του ψυγείου αέρα που σημειώθηκαν παραπάνω ή οι χαμηλές πιέσεις που παρατηρήθηκαν στους θαλάμους καύσης των κυλίνδρων είναι παράμετροι που αποδίδουν την αύξηση της SFOC.

Για να συνοψίσουμε, η κύρια μηχανή είχε ικανοποιητική λειτουργία, με εξαίρεση τις υψηλές μετρήσεις  $P_{max}$  and  $P_{comp}$  των κυλίνδρων No.3 και No.6

Η SFOC και η κατανάλωση ενέργειας καυσίμου ήταν ελαφρώς υψηλότερες από εκείνες των sea trial και shop test. Αυτό συσχετίζεται με τις παραπάνω παρατηρήσεις και πιθανόν με την ποιότητα του καυσίμου / πετρελαίου.

Είναι μάλλον δύσκολο να συσχετιστεί απολύτως μια ορισμένη μείωση της SFOC με συγκεκριμένες ενέργειες συντήρησης, όπως ο καθαρισμός του ψυγείου αέρα. Παρ'όλα αυτά, για να αναδείξουμε πιθανά οφέλη, η ελάχιστη επιτευχθείσα μείωση της SFOC θα προστεθεί στους υπολογισμούς της απόδοσης της επένδυσης (ROI). Το κόστος των επισκευών θα υπολογιστεί μία φορά κατά τη διάρκεια αυτής της τριετούς περιόδου. Η βελτίωση της SFOC αντιστοιχεί σε ίση ποσοστιαία μείωση για την μέση ωριαία κατανάλωση FO της M/E.



### 8.11.1 ESP 01: Κρίσιμη μείωση SFOC για όφελος από την γενική επισκευή Μ/Ε

Το ακόλουθο ESP αναγνωρίζεται:

<b>ESP 01:</b>	<b>Κρίσιμη μείωση SFOC για όφελος από την γενική επισκευή Μ/Ε</b>
Τύπος:	Υψηλού Κόστους / Υψηλού Οφέλους
Σκοπιμότητα/Βιωσιμότητα:	Υψηλή

Table 8.11.1.1 ESP-01 / Οικονομική Εκτίμηση

Σχετικές Παράμετροι:

Εκτιμώμενο κόστος γενικής συντήρησης (overhauling):	50,000	\$
Περίοδος απόσβεσης/αποπληρωμής:	3	Χρόνια
Οικονομικό όφελος/έτος για εξισορρόπηση κόστους συντήρησης σε 3 έτη	18,017	\$/έτος
Τιμή καυσίμου:	598.5	\$/MT
Αντίστοιχη εκτίμηση διατήρησης (RMG 380):	30.1	MT/ έτος
Ισοδύναμη μείωση CO <sub>2</sub> :	93.8	MT/ έτος
Μέσος ετήσιος χρόνος πλεύσης (sea passage time) :	268	μέρες/έτος
Κρίσιμη μείωση κατανάλωσης FO:	4.8	kg/ώρα
Ισχύουσα μέση κατανάλωση καυσίμου:	3,853.2	kg/ώρα
Κρίσιμη κατανάλωση FO για επιστροφή κόστους συντήρησης σε 3 χρόνια:	3,848.4	kg/ώρα
Κρίσιμο ποσοστό μείωσης κατανάλωσης FO (εφαρμόσιμο επίσης στη SFOC):	0.12	%

Table 8.11.1.2 Κύριοι Παράμετροι ESP-01

Η ανάλυση των παραπάνω πορισμάτων έχει ως κάτωθι:

Απαιτούμενο οικονομικό ετήσιο όφελος για εξισορρόπηση του κόστους συντήρησης σε 3 έτη=

$$P \left( i + \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right) = 50.000 \left( 0,04 + \frac{0,04}{1,04^3 - 1} \right) = 50.000 * 0,360349 = 18.017\$$$

Εκτίμηση ισοδύναμης εξοικονόμησης καυσίμου=

$$\frac{18.017 \text{ \$/έτος}}{598,5 \text{ \$/MT}} = 30,104 \text{ MT/έτος}$$

Ισοδύναμη μείωση CO<sub>2</sub>=

$$3,1144 \frac{\text{MT}_{CO_2}}{\text{MT}_{FO}} \times 30,104 \frac{\text{MT}_{DO}}{\text{έτος}} = 93,757 \frac{\text{MT}}{\text{έτος}}$$

Μέσος ετήσιος χρόνος πλεύσης= 73,5% \* 365 ημέρες \* 24 ώρες= 6.438,6 ώρες

Ισχύουσα τωρινή κατανάλωση καυσίμου=  $130,34225 \frac{\text{gr}}{\text{PS}h} \times 29.561,91\text{PS} = 3.853,16 \frac{\text{kg}}{\text{ώρα}}$

(αφού από αρχείο ταξιδιών average load κύριας μηχανής σε ballast ταξίδι είναι 74,09% και η μηχανή είναι 39.900PS, οπότε μέση ισχύς μηχανής:  $0,7409 * 39.900 = 2.9561,91\text{PS}$ )

Κρίσιμη κατανάλωση καυσίμου για επιστροφή κόστους συντήρησης σε 3 χρόνια=

$$3.853,16 \frac{kg}{\acute{\omega}ρα} - 30,104 \frac{MT}{\acute{\epsilon}τος} = 3.853,16 \frac{kg}{\acute{\omega}ρα} - 30,104 \frac{1000 kg}{6.438,6 \acute{\omega}ρες}$$
$$= 3.853,16 \frac{kg}{\acute{\omega}ρα} - 4,759 \frac{kg}{\acute{\omega}ρα} = 3.848,4 \frac{kg}{\acute{\omega}ρα}$$

Άρα η κρίσιμη μείωση κατανάλωσης καυσίμου είναι  $4,759 \frac{kg}{\acute{\omega}ρα}$  και αντιστοιχεί σε ποσοστό μείωσης=

$$\frac{4,759 \frac{kg}{\acute{\omega}ρα}}{3.853,16 \frac{kg}{\acute{\omega}ρα}} \cong 0,12\%$$

Σημειώσεις:

1. Το κόστος overhauling των ψυγείων αέρα και κυλίνδρων της κύριας μηχανής, συμπεριλαμβανομένης της αφαίρεσης και τοποθέτησης επί του πλοίου, εκτιμήθηκε βάση των τιμών ενός ναυπηγείου της Σιγκαπούρης.
2. Το απαιτούμενο οικονομικό όφελος υπολογίζεται υποθέτοντας ένα επιτόκιο 4%.
3. Επειδή η κρίσιμη μείωση κατανάλωσης είναι μόνο 0.12% η εφαρμοσιμότητα (feasibility) αυτού του ESP θεωρείται υψηλή. Επιπροσθέτως, το οικονομικό όφελος αξιολογείται ως υψηλό επειδή ουσιαστικά αναμένεται να είναι πάνω από 18,017 \$/χρόνο για μία μικρή αναμενόμενη μείωση κατανάλωσης.

Προτάσεις:

1. Το πλοίο εκτελεί καθημερινές μετρήσεις στην M/E. Τα στοιχεία/δεδομένα καταγράφονται σε reports Μηνιαίας Απόδοσης, τα οποία προωθούνται στην Εταιρεία. Μια ανασκόπηση αυτών των reports αποκάλυψε ότι παρόλο που οι βασικές παράμετροι λειτουργίας της M/E αναφέρθηκαν στην Εταιρεία, η σύγκριση σε ημερήσια ή μηνιαία βάση δεν ήταν δυνατή, επειδή τα αποτελέσματα δεν μπορούσαν να εξομαλυνθούν για τις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος. Προκειμένου να διορθωθούν και να συγκριθούν οι θερμοκρασίες, πιέσεις και η ημερήσια μέτρηση SFOC, είναι πολύ σημαντικό να καταγραφούν οι πραγματικές συνθήκες περιβάλλοντος του E/R κατά την διάρκεια των τεστ απόδοσης, οι οποίες είναι:
  - Η θερμοκρασία E/R στην εισαγωγή ανεμιστήρα της M/E (2 μετρήσεις, μία στις 10 η ώρα και μία στις 2 η ώρα, μέση τιμή στο φίλτρο εισόδου ) και
  - Η πραγματική πίεση αέρα κοντά στην είσοδο ανεμιστήρα (η πίεση στην εισαγωγή ανεμιστήρα είναι λίγο υψηλότερη από την ατμοσφαιρική πίεση που καταγράφεται στο βαρόμετρο της γέφυρας λόγω της στατικής πίεσης που επιβάλλεται από ανεμιστήρες E/R ).Επιπλέον, απαιτείται η πραγματική θερμοκρασία εισόδου νερού ψύξης του ψύκτη αέρα. Βάσει των παραπάνω, προτείνεται να καταγράφονται και να συμπεριλαμβάνονται στις αναφορές μηνιαίων επιδόσεων οι θερμοκρασίες της εισόδου του ανεμιστήρα M/E και της εισόδου νερού ψύξης του ψύκτη αέρα μαζί με την πίεση αέρα κοντά στην είσοδο ανεμιστήρα.

### Μετρήσεις απόδοσης/επίδοσης κύτους

Οι μετρήσεις απόδοσης του κύτους/γάστρας, όπως η ταχύτητα του πλοίου, η σχετική ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου, η σχετική τρέχουσα ταχύτητα και κατεύθυνση και τα εκτιμώμενα χαρακτηριστικά αλλά και κατευθύνσεις κυμάτων, διεξήχθησαν ταυτόχρονα με τις μετρήσεις απόδοσης της Μ/Ε. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών, το σκάφος ήταν φορτωμένο (κατάσταση Laden) και επικρατούσαν δυσμενείς καιρικές συνθήκες.

Parameters Measured		Audit Data	
Measurement		63.73 RPM	71.67 RPM
<b>Ship's speed over ground, <math>V_{Gk}</math></b>	<b>knots</b>	<b>14.32</b>	<b>16.11</b>
Ship's speed over ground, $V_G$	m/s	6.481	8.287
Engine revolutions	RPM	63.7	71.7
Propeller revolutions	RPM	63.7	71.7
Prop. frequency, $n$	Hz	1.1	1.1
<b>Power measured, <math>P_s</math></b>	<b>PS</b>	<b>21.085</b>	<b>28.567</b>

Table 8.11.1.3 Μετρήσεις απόδοσης γάστρας

Πρέπει να σημειωθεί ότι το πλοίο αντιμετώπισε δύσκολες καιρικές συνθήκες κατά την διάρκεια του audit.

### M/E Shaft Power - Ship Speed

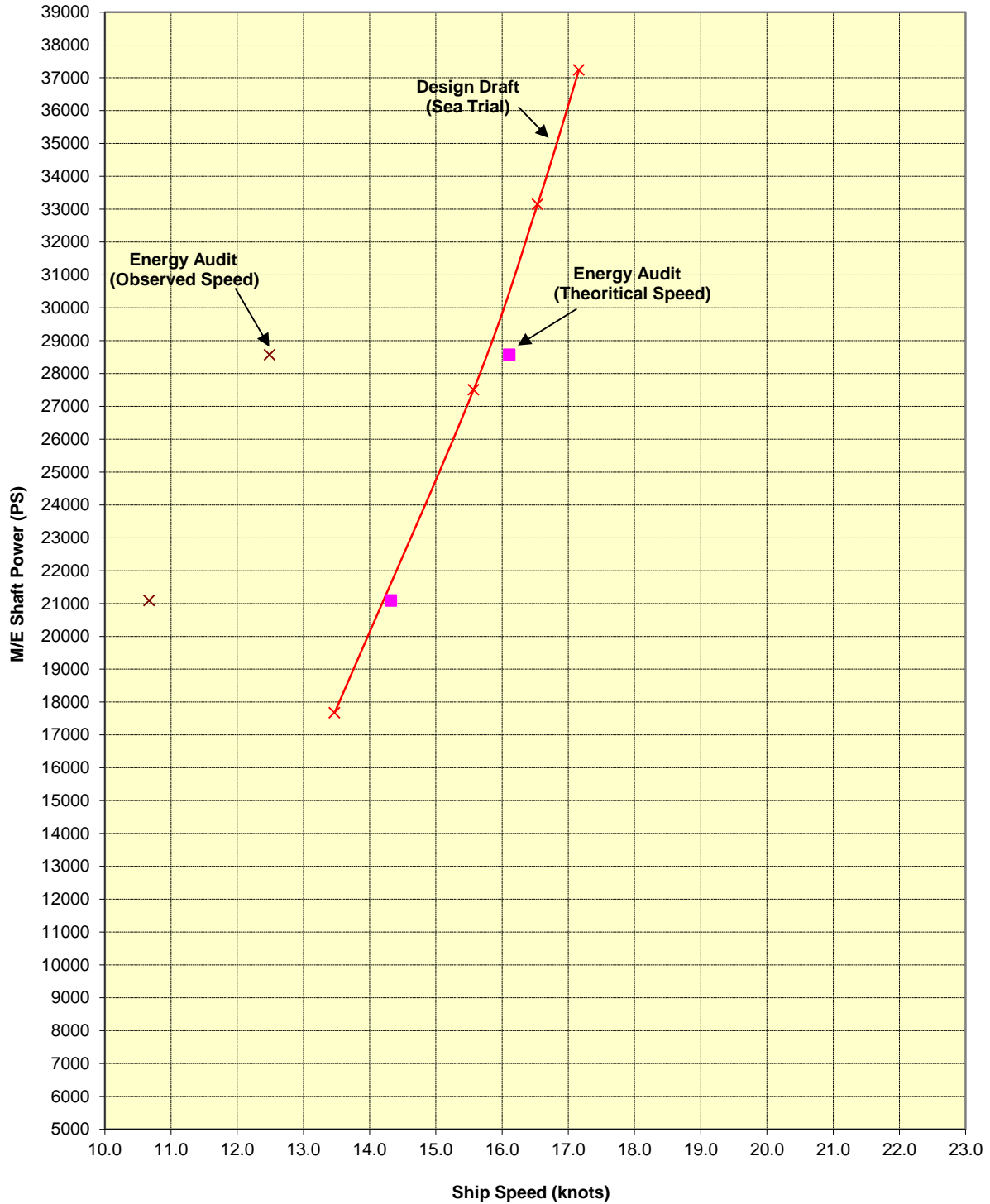


Figure 8.11.1.1 M/E Ιπποδύναμη Άξονα [PS] vs. Ταχύτητα Πλοίου [knots].

### Propeller Revolutions - Ship Speed

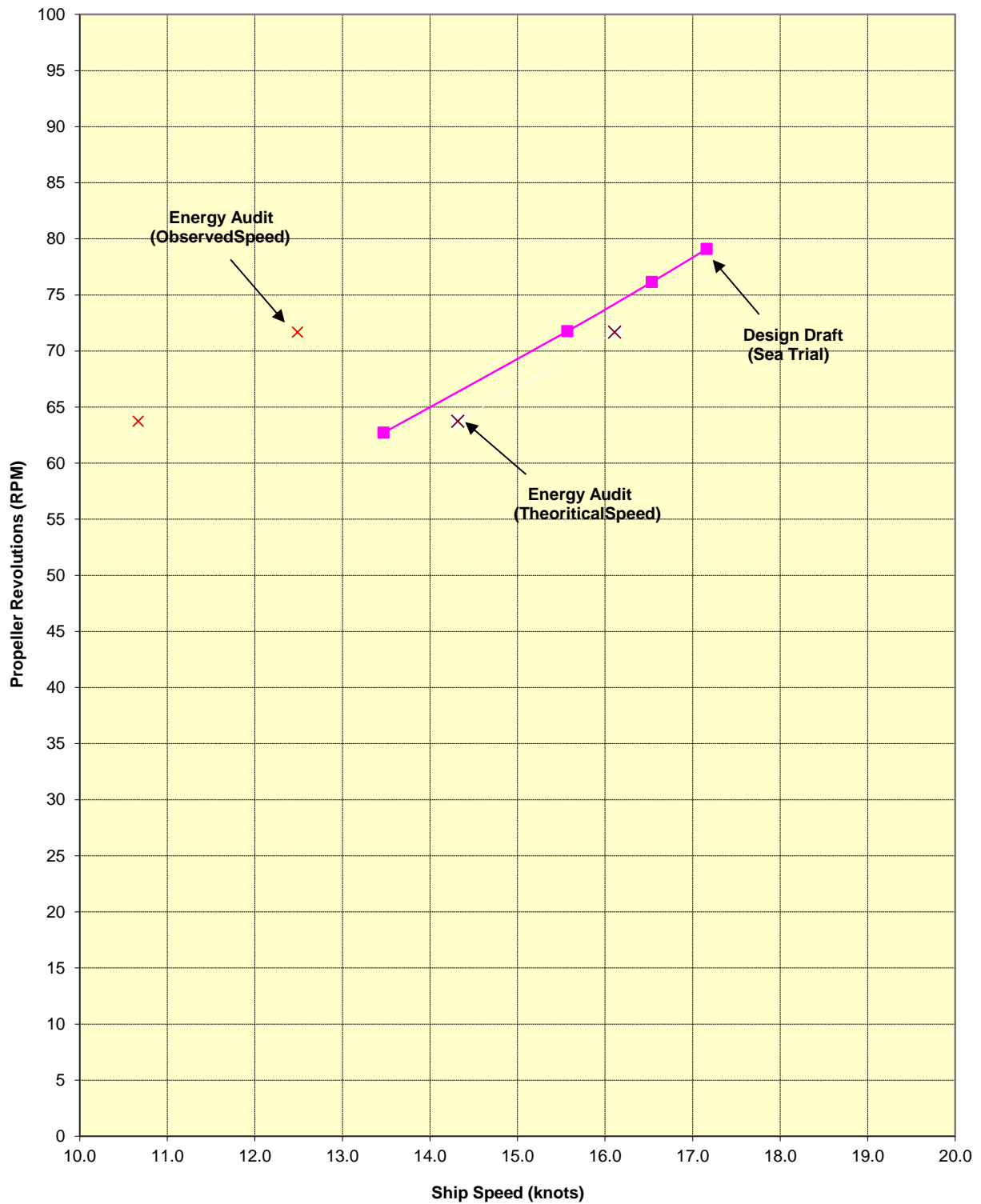


Figure 8.11.1.2 Περιστροφή προπέλας [RPM] vs. Ταχύτητα πλοίου [knots].

### M/E Shaft Power - Propeller Revolutions

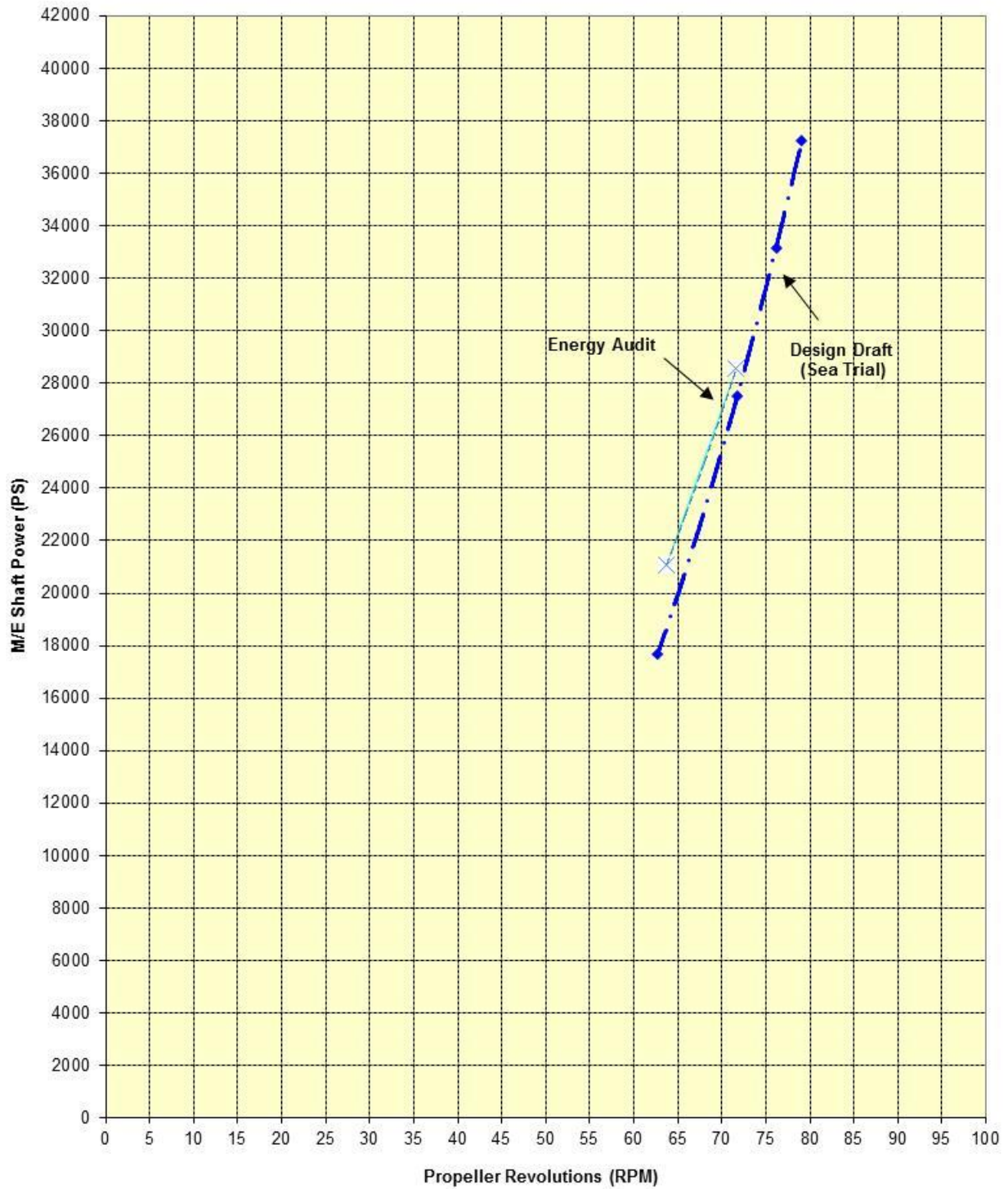


Figure 8.11.1.3 M/E ιπποδύναμη άξονα [PS] vs. Περιστροφές προπέλας [RPM].

### **8.11.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ D/G & ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ**

Μετρήσεις εν πλω πάρθηκαν χρησιμοποιώντας τον εξοπλισμό του πλοίου (όργανα μέτρησης πίεσης, θερμόμετρα, όργανα ροής FO, KYMA Diesel Analyser, κτλ.). Η απόδοση της D/G εκτιμήθηκε αναλύοντας τις παραμέτρους απόδοσης του audit κι έπειτα συγκρίνοντάς τες με τα shore και sea trial reports.

Μία περίοδος με σχετικά σταθερό μέσο φορτίο επιλέχθηκε για να φέρουμε εις πέρας τις μετρήσεις της M/E. Οι μετρήσεις της D/G έγιναν στις 25 Νοεμβρίου 2012, στην D/G No.3. Οι λεπτομερείς αναφορές(reports) μετρήσεων απόδοσης παρατίθενται παρακάτω:

EA 012		DIESEL GENERATOR No. 3 PERFORMANCE REPORT								
VESSEL: ██████████			DATE: 25-11-12							
GENERAL DATA										
START TIME	9:39	END TIME	10:44	DURATION	1.08	HRS				
EL. POWER	736.0 kW	ER. PRESS	1015 mbar	S.W. TEMP.	27.0	°C				
D/G RPM	720 RPM	ER. TEMP.	39.0	°C	Rel. Humid.	54 %				
TYPE	6L28/32H	TOT. POWER	1180 kW	2-X						
SER.NO.	BA1121-3 / 01 ORAL 226-03	NOM. POWER	1100 kW	4-X						
BORE:	mm	VOLTAGE	445 V	PF						
STROKE:	mm	CURRENT	1100 A							
CYLINDER PARAMETERS										
PARAMETER	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.6	NO.7	NO.8	Mean	Max-Mean
MAX. PRESSURE (Kg/cm <sup>2</sup> )	98.8	94.0	91.1	92.1	92.6	90.7			93.2	5.6
COMP. PRESSURE(Kg/cm <sup>2</sup> )	90.7	84.0	85.2	85.7	86.7	84.2			86.1	4.6
INDIC. PRESSURE (Kg/cm <sup>2</sup> )	12.5	12.4	11.3	11.7	10.5	10.2			11.5	1.1
EXH. GAS OUTLET TEMP. (°C)	420.0	410.0	390.0	400.0	415.0	410.0			407.5	12.5
FUEL PUMP INDEX										
F.W. JACKET OUTLET (°C)	72.0	74.0	73.0	72.0	72.0	74.0			72.8	1.2
TURBOCHARGER PARAMETERS		NO.1	NO.2	OTHER ENGINE PARAMETERS						
TURBOCHARGER RPM		3112		PRESS. EXH. GAS RECEIVER			bar			
TEMP. AIR - BLOWER INLET	°C	39.0		TEMP. EXH. GAS RECEIVER			°C			
TEMP. AIR - BEFORE COOLER	°C			PRESS. SCAVENGE AIR			kg/cm <sup>2</sup>	1.5		
TEMP. AIR-AFTER COOLER	°C	48.0		TEMP. SCAVENGE AIR			°C	34.0		
TEMP. F.W.- AIR COOLER IN	°C			LO PRESSURE ENGINE IN			kg/cm <sup>2</sup>	4.8		
TEMP. F.W.- AIR COOLER OUT	°C			LO TEMPERATURE ENGINE IN			°C	57.0		
TEMP. EXH. GAS TURBINE IN	°C	440.0		JACKET COOL FW PRESSURE			kg/cm <sup>2</sup>			
TEMP. EXH.GAS TURBINE OUT	°C	390.0		JACKET COOL FW TEMP. IN			°C	71.0		
AIR COOLER PRESS. DROP	mmWG			JACKET COOL FW TEMP. OUT			°C	75.0		
AIR FILTER PRESSURE DROP	mmWG			GENERATOR BEARING TEMP.			°C			
PRESSURE EXH. GAS AFTER T/C	mmWG			ENGINE BEARING LO PRESS.			bar			
T/C OIL PRESSURE	kg/cm <sup>2</sup>									
FUEL DENSITY 15C	0.981	kg/lt		START	END	Difference	Temp	Dens	FUEL	
VISCOSITY 50C	367.8	cSt		ltrs	ltrs	ltrs	°C	kg/lt	KG	
FUEL CCAI			FLOW IN	106270	106484	214.0	120	0.91	195.3	
FUEL HEAT VALUE	40220	kJ/kg	FLOW OUT							
FUEL TEMP ENG. IN	120.0	°C	IHP		kW	CONSUMPTION (KG)				195.3
BOOSTER PRESS		kg/cm <sup>2</sup>	BHP	766.7	kW	nm			LOAD %	66.9
FUEL INDEX			EL.POWER	736.0	kW	ne	0.960			
GOVERNOR INDEX			SFOC	235.2	gr/kWh	ISO CORR. SFOC (Only For FLCV)			221.5	gr/kWh
LOAD INDICATOR			LO CONS.		l/24hrs	SPECIFIC LO CONS.				gr/kWh

Figure 8.11.2.1 Stbd Diesel Generator Performance Report.



Parameters measured	Units	ShopTrial D/G No.3				Audit
		25%	50%	75%	100%	
<b>Load</b>	%	<b>720</b>	<b>720</b>	<b>720</b>	<b>720</b>	<b>62.3%</b>
<b>RPM</b>						<b>720</b>
Mean max. Combustion Pressure	bar	54.0	79.0	105.0	125.0	93.2
Mean Exhaust Gas Temp. of Cylinders	°C	275.8	290.8	293.3	323.8	407.5
Mean Pump Index	mm	16.0	21.5	27.0	33.0	n/a
Fuel Oil Pressure at Engine Inlet	kg/cm <sup>2</sup>	6.3	6.0	5.6	5.2	n/a
Air Cooler FW Inlet Temperature	°C	35.5	35.0	34.0	35.0	n/a
Air Cooler FW Outlet Temperature	°C	35.5	36.0	38.0	41.0	n/a
Charge Air Pressure after A/C	kg/cm <sup>2</sup>	0.30	0.80	1.37	1.90	1.47
Charge Air Temperature after Air Cooler	°C	n/a	n/a	n/a	n/a	48.0
T/C Revolutions	rpm	15610	24570	31070	35970	31112
T/C Outlet Exhaust Gas Temperature	°C	250	275	270	275	390
Blower Inlet Temperature	°C	20.0	20.5	20.5	20.5	39.0
Blower Inlet Pressure	mbar	1026	1026	1026	1026	1015
Jacket Water Inlet Pressure	kg/cm <sup>2</sup>	2.82	2.70	2.65	2.70	n/a
Jacket Water Inlet Temperature	°C	n/a	n/a	n/a	n/a	71.0
Jacket Water Outlet Temperature	°C	n/a	n/a	n/a	n/a	75.0
Lube Oil Pressure after Filter	kg/cm <sup>2</sup>	n/a	n/a	n/a	n/a	4.8
Lube Oil Temp. before Cooler	°C	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Lube Oil Temp. after Cooler	°C	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Engine Room Ambient Temperature	°C	n/a	n/a	n/a	n/a	39.0
Sea Water Temperature	°C	n/a	n/a	n/a	n/a	27.0

Table 8.11.2.1 Shop Trial D/G No.3

ISO corrected Parameters	Units	Sea Trial D/G No.3				Audit
		25%	50%	75%	100%	
<b>Load</b>	%	<b>720</b>	<b>720</b>	<b>720</b>	<b>720</b>	<b>62.3%</b>
<b>RPM</b>						<b>720</b>
Electric Power	kW	280.5	567.8	849.2	1124.9	736.0
Generator Efficiency		0.95	0.96	0.96	0.95	0.98
Fuel Lower Calorific Value	kJ/kg	n/a	n/a	n/a	n/a	40220
Fuel Oil Temp. at Engine Inlet	°C	n/a	n/a	n/a	n/a	120.0
Fuel Density at 15C	kg/lt	n/a	n/a	n/a	n/a	0.981
Fuel Density at Engine Inlet	kg/lt	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Test Start Time		n/a	n/a	n/a	n/a	09:30
Test End Time		n/a	n/a	n/a	n/a	10:30
Duration	mins	n/a	n/a	n/a	n/a	60
SFOC	gr/kWh	241.5	211.3	204.3	199.32	235.18
<b>SFOC (ISO-corrected incl. leakages)</b>	<b>gr/kWh</b>	<b>238.4</b>	<b>208.6</b>	<b>201.8</b>	<b>196.71</b>	<b>221.48</b>

Table 8.11.2.2 Sea Trial D/G No. 3 including ISO corrected

**$P_{max}$  (bar) (ISO Corrected) versus Engine Power (KW)**

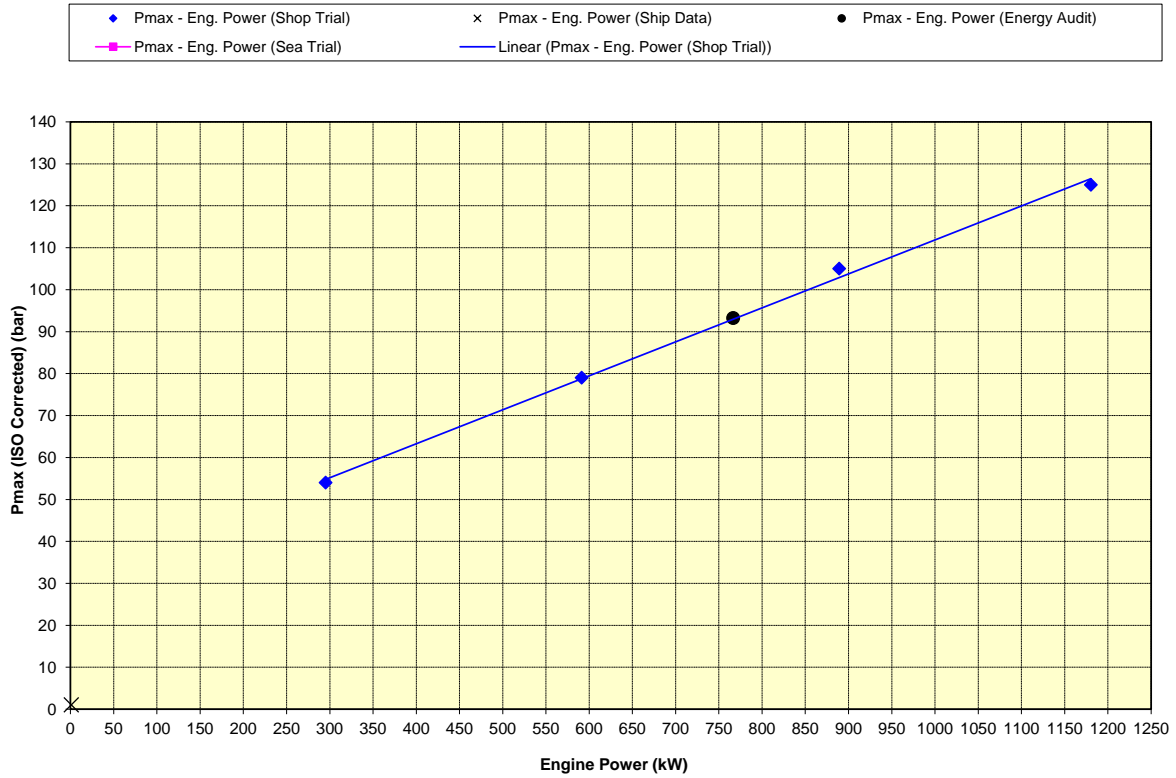


Figure 8.11.2.2 ISO διορθωμένη  $P_{max}$  [bar] vs. Ισχύς Μηχανής [kW].

**$P_{scav}$  (bar) (ISO Corrected) versus Engine Power (KW)**

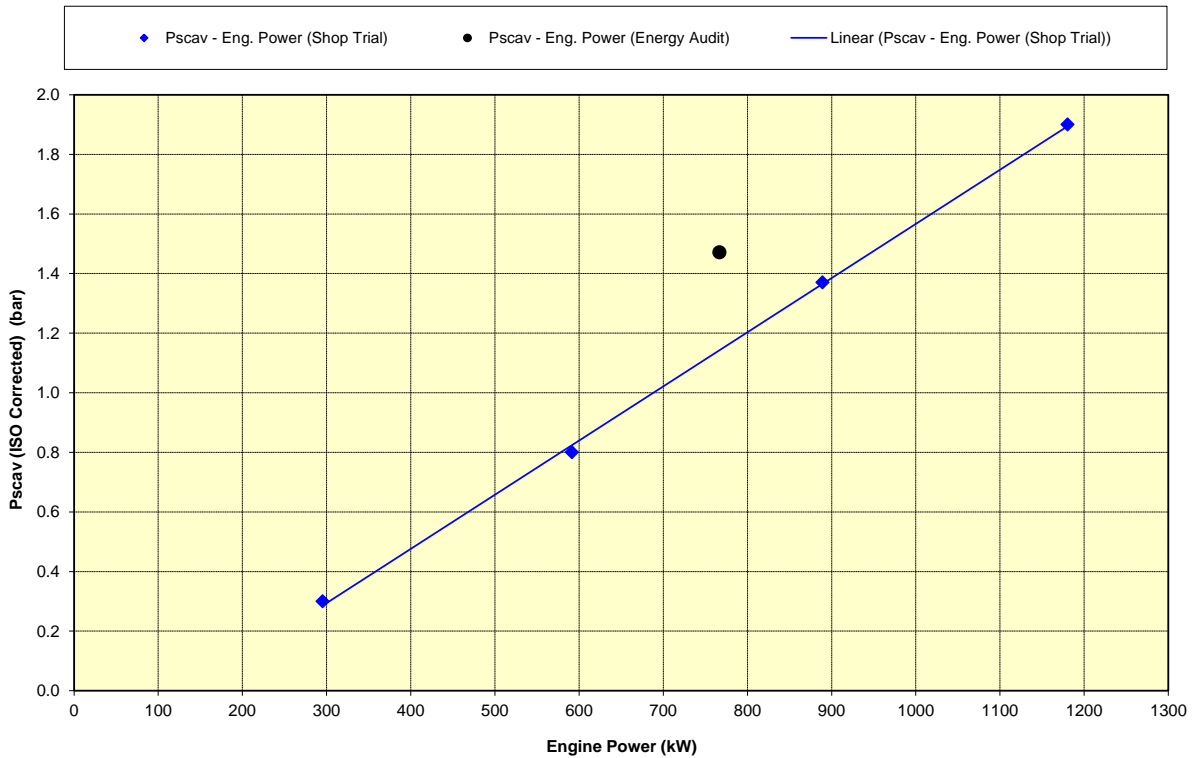


Figure 8.11.2.3 ISO διορθωμένη  $P_{scav}$  (bar) vs. Ισχύς Μηχανής [kW].

Engine Power (KW) versus T/C RPM

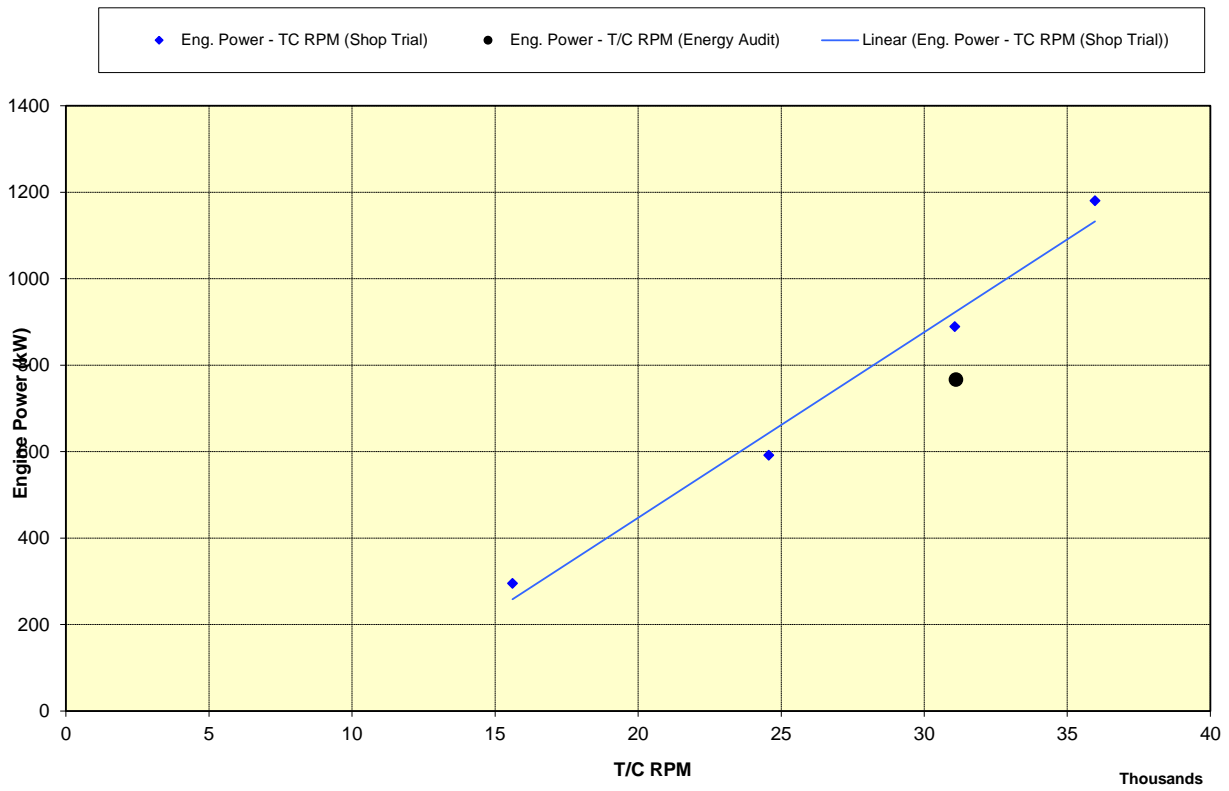


Figure 8.11.2.4 T/C Rpm vs. Ισχύς Μηχανής [kW].

Engine Power (KW) versus Exh. Gas Temperature (ISO Corrected)

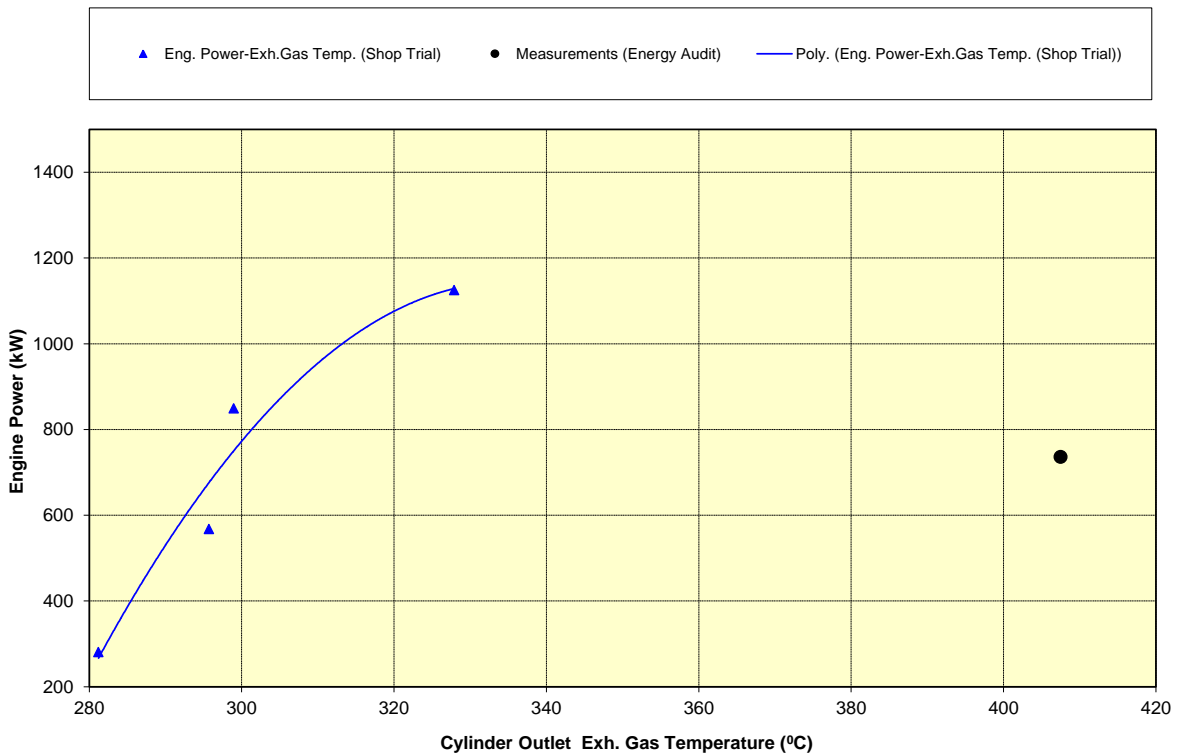


Figure 8.11.2.5 Ισχύς μηχανής (kW) vs. ISO διορθωμένη θερμοκρασία Καυσαερίων.

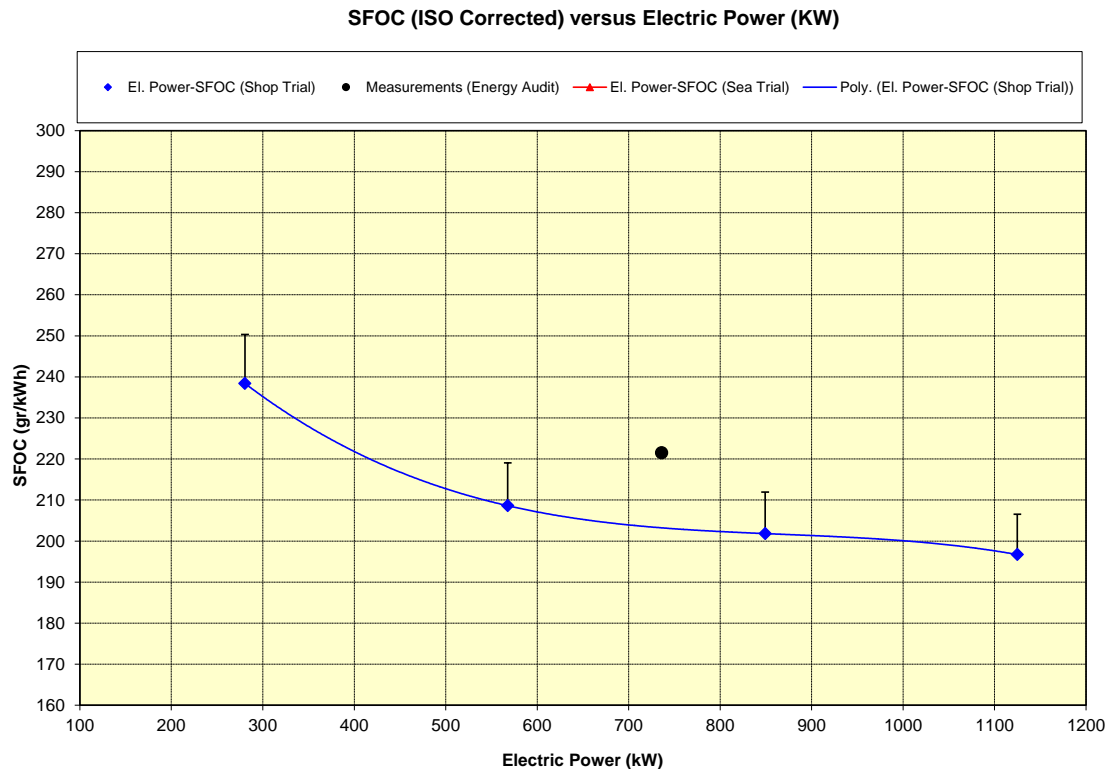


Figure 8.11.2.6 SFOC ISO διορθωμένη vs. Ηλεκτρική Ισχύς [kW].

### 8.11.2.1 Αποτελέσματα και εντοπισμός ESPs

Η επισκόπηση των δεδομένων απόδοσης της D/G αποκαλύπτει τα ακόλουθα:

- Η θερμοκρασία της εξαγωγής καυσαερίων είναι περίπου **40% υψηλότερη** από τις τιμές των shop trial. Αυτό μπορεί να καταλογιστεί αφενός στην χρήση DO κατά τα shop trials κι αφετέρου σε ένδειξη σημαντικού προβλήματος στον κύλινδρο No.1. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα και ιδιαίτερη προσοχή.
- Οι RPM του T/C είναι περίπου 5% χαμηλότερες από τις αναμενόμενες τιμές των shop trials . Αυτό είναι ένδειξη ελαττωματικού υπερσυμπιεστή (turbocharger) και μπορεί να είναι μία από τις αιτίες της υψηλής θερμοκρασίας εξαγωγής καυσαερίων που παρατηρήθηκε.
- Οι τιμές  $P_{max}$  του κυλίνδρου No.1 (98.8 και 90.7 bar αντίστοιχα) αποκλίνουν/απέχουν περισσότερο από την συνιστώμενη επιτρεπτή τιμή των 3 bars, από την μέση  $P_{max}$  (93.2 bar). Περαιτέρω διερεύνηση των δακτυλίων εμβόλων, βαλβίδων εκκένωσης/εκροής και βαλβίδων καυσίμου απαιτείται για τους εν λόγω κυλίνδρους.
- Η SFOC (διορθωμένη με βάση το ISO 3046-1:2002(E)) της D/G (221.5 gr/KWh, 62.3% φόρτιση) εμφανίζεται να είναι περίπου 10% υψηλότερη από την αναφορά του shop trial, περίπου..(202 gr/KWh, για την ίδια φόρτιση).

Η απόδοση της μηχανής αναμένεται να βελτιωθεί μετά την γενική επισκευή του υπερσυμπιεστή (turbocharger) και του κυλίνδρου No.1. Παρ’ όλα αυτά, είναι δύσκολο να συσχετίσουμε την υπέρμετρη SFOC με ιδιαίτερες ανάγκες συντήρησης.

### 8.11.3 ESP 02: Εκτιμώμενο όφελος από συντήρηση D/G (Βελτίωση της SFOC)

Το ακόλουθο ESP αναγνωρίζεται:

ESP 02:	Εκτιμώμενο όφελος από συντήρηση D/G (Βελτίωση της SFOC)
Τύπος:	Μεσαίου κόστους / Μεσαίου οφέλους
Σκοπιμότητα/ Βιωσιμότητα	Μεσαία

Table 8.11.3.1 ESP 02 / Οικονομική Εκτίμηση

Σχετικές Παράμετροι:

Εκτιμώμενη βελτίωση SFOC μετά την γενική συντήρηση:	4 %
Χρόνος πλεύσης και πιλοταρίσματος (sea passage-pilotage time):	76,9 % ανά ταξίδι
Μέση κατανάλωση καυσίμου πλεύσης:	148.8 kg/ώρα
Μέση κατανάλωση καυσίμου εντός λιμένα (port operations):	170.0 kg/ώρα
Μέσος χρόνος λειτουργίας μίας (1) D/G κατά τον χρόνο πλεύσης:	85.2 μέρες/έτος
Μέσος χρόνος λειτουργίας μίας (1) D/G στον χρόνο εντός λιμένα:	54.8 μέρες/έτος
Εκτίμηση Μέσης ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου για μία (1) D/G:	645.2 MT το έτος
Εκτίμηση εξοικονόμησης καυσίμου (RMG 380):	25.8 MT το έτος
Ισοδύναμη μείωση/εξοικονόμηση CO <sub>2</sub> :	82.6 MT το έτος
Τιμή καυσίμου:	598.5 \$/MT
Λειτουργικό κόστος που αποφεύχθηκε:	15,446.1 \$ το έτος
Εκτίμηση Inv. ποσού / έτος (υποθέτοντας overhauling κάθε 3 χρόνια):	9,621.3 \$/έτος
Περίοδος απόσβεσης/αποπληρωμής:	7.47 Μήνες

Table 8.11.3.2 Κύριοι Παράμετροι ESP 02

Ισχύουσα τωρινή κατανάλωση καυσίμου=  $221,5 \text{ gr}/\text{kWh}$  σε φόρτιση 62%

Χρόνος πλεύσης και πιλοταρίσματος= 73,5% + 3,4% = 76,9%

Μέσος ετήσιος χρόνος πλεύσης=  $(0,769 \cdot 365)_{\text{μέρες}} \cdot 24_{\text{ώρες}} = 280,685 \cdot 24 = 6.736,44$  ώρες

Μέσος ετήσιος χρόνος λειτουργίας μίας γεννήτριας diesel=  $0,62 \cdot 6.736,44 = 4.176,59$  ώρες

Εκτίμηση Μέσης ετήσιας κατανάλωσης καυσίμου για μία (1) D/G=

$$221,5 \text{ gr}/\text{kWh} \cdot 0,62 \cdot \overbrace{1.124,9 \text{ kW}}^{100\% \text{ sea trial}} \cdot 4.176,59 \text{ ώρες}/\text{έτος} = 645,21 \text{ MT}/\text{έτος}$$

Εκτίμηση εξοικονόμησης καυσίμου=  $4\% \times 645,21 = 25,808 \text{ MT}/\text{έτος}$

Ισοδύναμη εξοικονόμηση CO<sub>2</sub>=  $3,206 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{MT}_{\text{DO}}} \times 25,808 \text{ MT}_{\text{DO}}/\text{έτος} = 82,587 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{έτος}}$

Αποφευχθέν λειτουργικό κόστος=  $598,5 \frac{\$}{\text{MT}} \times 25,808 \frac{\text{MT}}{\text{έτος}} = 15.446,088 \text{ $}/\text{έτος}$

Απαιτούμενο ετήσιο ποσό επένδυσης=

$$P \left( i + \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right) = (15.000 + 11.700) \cdot \left( 0,04 + \frac{0,04}{1,04^3 - 1} \right) = 26.700 \cdot 0,360349 = 9.621,32\$$$

$$\text{Περίοδος απόσβεσης/αποπληρωμής} = \frac{9.621,3\$}{15.446,088 \frac{\$}{\text{έτος}}} = 0,6229 \text{ έτους} = 0,6229 \cdot 12 = 7,47 \text{ μήνες}$$

Σημειώσεις:

- Παρ' ότι υπάρχει μία σημαντική ενεργειακή και οικονομική εξοικονόμηση, οι λόγοι αξιοπιστίας του κινητήρα επικρατούν όσον αφορά τις αποφάσεις σχετικά με τα διαστήματα συντήρησης, με αποτέλεσμα η εφαρμοσιμότητα (feasibility) να χαρακτηρίζεται υψηλή.
- Οι υπολογισμοί βασίστηκαν στις ακόλουθες υποθέσεις:
  - Το κόστος ανταλλακτικών ανά μηχανή υπολογίζεται ότι είναι περίπου \$15.000.
  - Τα εργατικά ανά μηχανή υπολογίζονται στα \$11,700. (4 άτομα για 5 ημέρες, 9 ώρες/μέρα, \$65/ώρα).
  - Overhauling κάθε τρία χρόνια
- Το απαιτούμενο οικονομικό όφελος υπολογίζεται υποθέτοντας επιτόκιο 4% .

#### 8.11.4 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

Μία διερεύνηση της διαχείρισης χαρακτηριστικών φόρτισης και ισχύος έγινε καταγράφοντας το loading pattern της γεννήτριας και συσχετίζοντάς το με την ηλεκτρική συμπεριφορά επιλεγμένων ηλεκτρικών φορτίων ικανών να επηρεάσουν σημαντικά τα χαρακτηριστικά ισχύος.

Ηλεκτρικές παράμετροι φορτίων με υψηλή ονομαστική ισχύ είναι ικανές να επηρεάσουν σημαντικά τις ηλεκτρικές παραμέτρους δικτύου και γεννητριών. Απεναντίας, τα φορτία με άγνωστο συντελεστή χρησιμοποίησης και φορτίου παρουσιάζουν σημαντικό ενδιαφέρον για την σωστή ταξινόμηση των κινητήρων και για τα παροδικά φαινόμενα που προκαλούνται στο δίκτυο κατά την εκκίνηση.

Για να αποκτήσουμε μια αντιπροσωπευτική εικόνα του ηλεκτρικού συστήματος του πλοίου, οι ακόλουθες εργασίες επιτελέστηκαν:

- Monitoring των ηλεκτρικών παραμέτρων Νο.2 & 3 γεννητριών κατά την διάρκεια πλεύσης, ελιγμών και φορτώσεων.
- Monitoring συμπιεστών αέρα ελέγχου και συντήρησης οι οποίοι είναι τα κύρια φορτία διακοπτόμενης λειτουργίας κατά το θαλάσσιο πέρασμα (πλεύση).
- Ανάλυση κι επισκόπηση των δεδομένων που συλλέχθηκαν παραπάνω. Συσχετισμός του συντελεστή φόρτισης και ισχύος της γεννήτριας με τα διαστήματα λειτουργίας και συντελεστές ισχύος και φόρτισης επιλεγμένων φορτίων.

##### 8.11.4.1 Αποτελέσματα και εντοπισμός ESPs

Τα διαγράμματα ενεργού, άεργου ισχύος και συντελεστή ισχύος κατά τον χρόνο πλεύσης ακολουθούν. Εμφανίζουν διαφορετική συμπεριφορά, βάση των γεννητριών και φορτίων που είναι συνδεδεμένα, σταματημένα ή σε λειτουργία. Στα διαγράμματα, διάφορες φάσεις αναγνωρίζονται και περιγράφονται. Επιπροσθέτως, ο συντελεστής φόρτισης των ηλεκτρικών γεννητριών παρακολουθούνταν κατά την διάρκεια διαφορετικών φάσεων λειτουργίας του πλοίου.

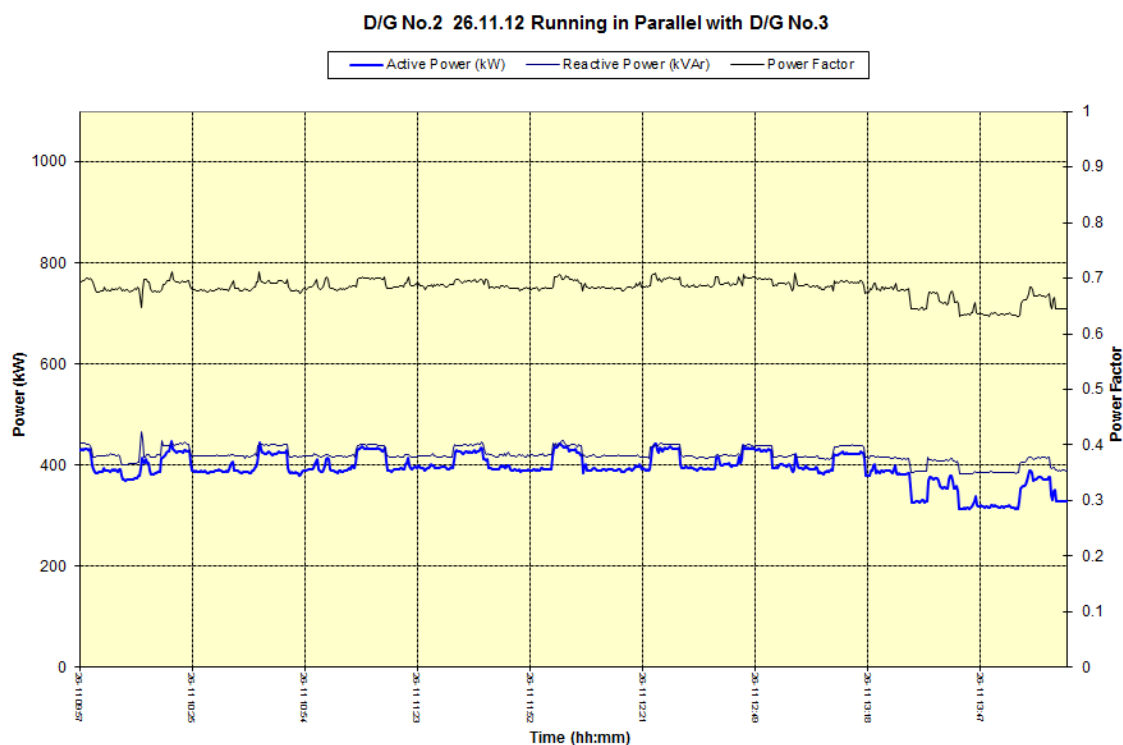


Figure 8.11.4.1 No.2 D/G Ενεργός Ισχύς [kW], Άεργος ισχύς [kVA] και Συντελεστής Ισχύος vs. Χρόνο [ώρες: λεπτά] Λειτουργίας παράλληλα με D/G.No.3

D/G No.2 26.11.12 Running in Parallel with D/G No.3

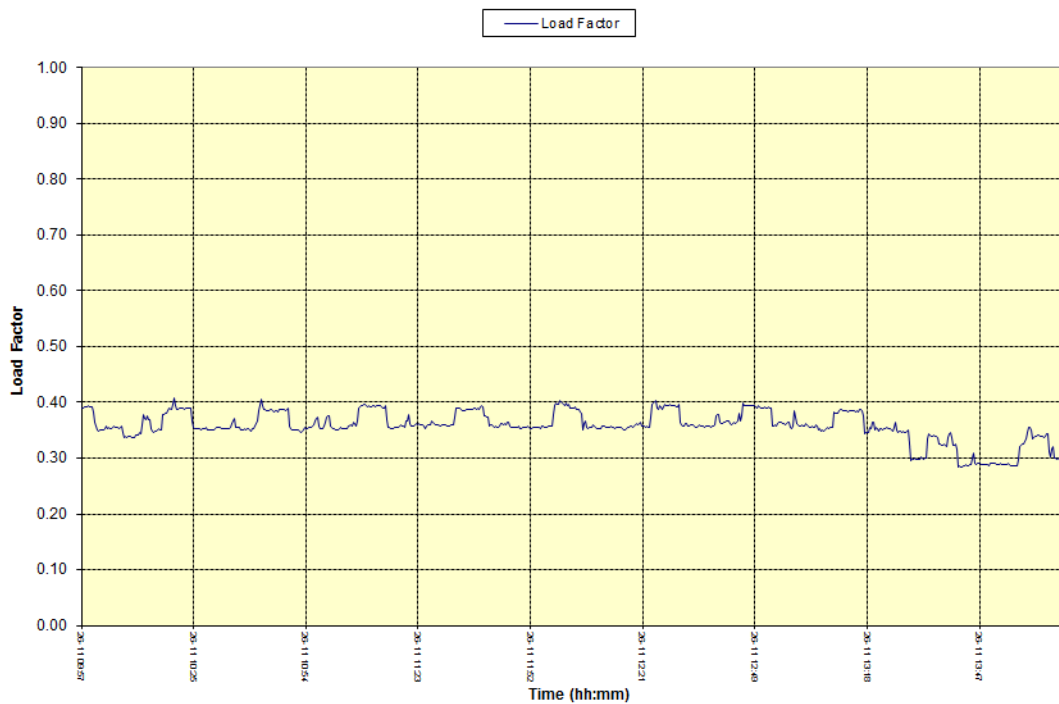


Figure 8.11.4.2 No.2 D/G Συντελεστής Ισχύος vs. Χρόνο [ώρες: λεπτά] λειτουργίας παράλληλα με D/G.No.3

D/G No.3 26.11.12 Running in Parallel with D/G No.2

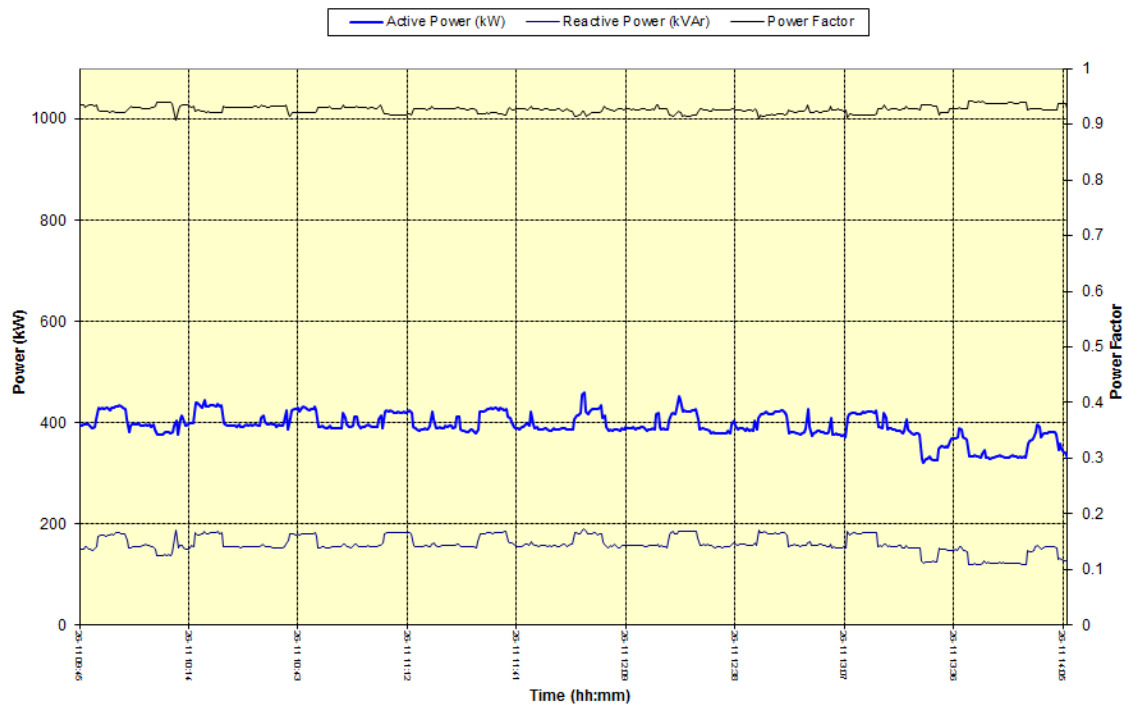


Figure 8.11.4.3 No. 3 D/G Ενεργός Ισχύς [kW], Άεργος Ισχύς [kVA] και Συντελεστής ισχύος vs.Χρόνο [ώρες: λεπτά] λειτουργίας παράλληλα με No.2 D/G



D/G No.3 26.11.12 Running in Parallel with D/G No.2

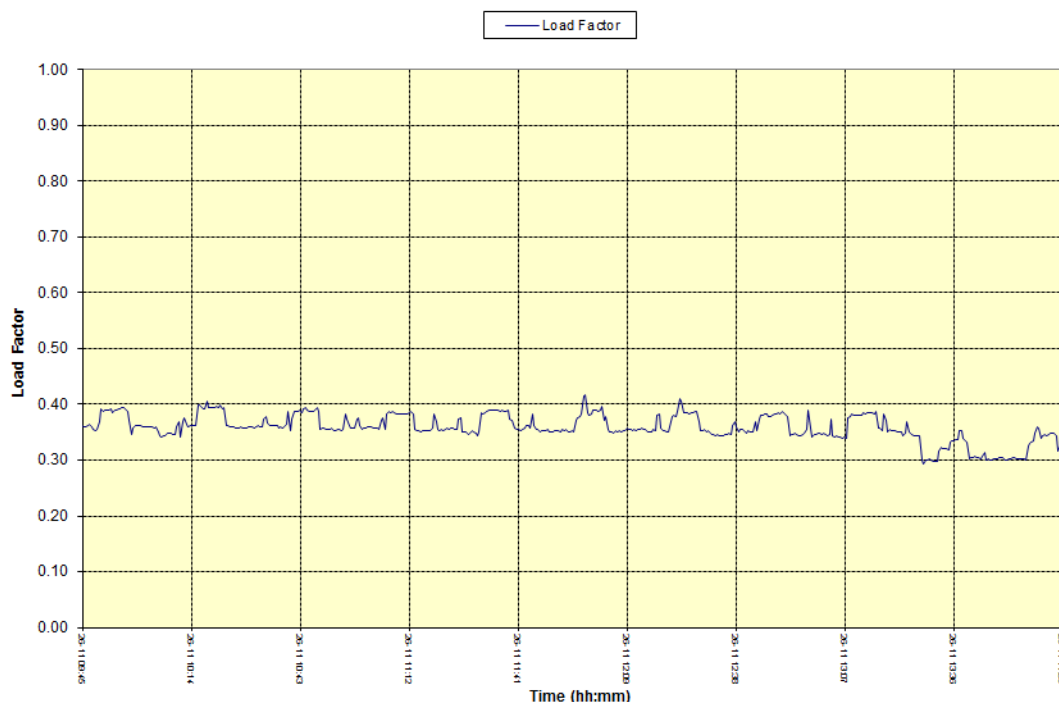


Figure 8.11.4.4 No.3 D/G Συντελεστής ισχύος vs. Χρόνο [ώρες: λεπτά] σε παράλληλη λειτουργία με No.2 D/G.

Τα παραπάνω διαγράμματα δείχνουν ότι μερικές φορές κατά το θαλάσσιο πέρασμα, δύο γεννήτριες diesel ήταν σε λειτουργία αντί για μία, με βάση την Ανάλυση Ηλεκτρικού Φορτίου.

### 8.11.5 ESP 03: Εκτιμώμενο όφελος από βέλτιστη χρήση D/G

Το ακόλουθο ESP αναγνωρίζεται:

<b>ESP 03:</b>	<b>Εκτιμώμενο όφελος από βέλτιστη χρήση D/G</b>
Τύπος:	Μηδενικό κόστος / Μεσαίο όφελος
Σκοπιμότητα/Βιωσιμότητα	Υψηλή

Table 8.11.5.1 ESP 03 / Οικονομική Εκτίμηση

Σχετικές Παράμετροι:

Μέση Φόρτιση D/G (35%):	736	kW
Χρόνος που (2) δύο D/G s λειτουργούσαν ταυτόχρονα κατά την διάρκεια πλεύσης, όντας αγκυροβολημένο και στους ελιγμούς:	15	Ώρες
SFOC D/G (35% Φόρτιση) με βάση την τρέχουσα κατανάλωση:	241.5	g/kWh
Καύσιμο που καταναλώθηκε όταν δύο (2) D/G λειτουργούσαν (RMG 380):	170.63	MT
Μέσο φορτίο όταν μία (1) D/G λειτουργούσε:	1472	KW
SFOC D/G (70% Φόρτιση) με βάση την τρέχουσα κατανάλωση:	211.3	g/kWh
Ισοδύναμη κατανάλωση καυσίμου όταν μία (1) D/G λειτουργεί (RMG 380):	149.30	MT
Εκτίμηση εξοικονόμησης καυσίμου (RMG 380):	21.34	MT
Αντίστοιχη μείωση CO <sub>2</sub> :	66.46	MT
Τιμή καυσίμου:	598.5	\$/MT
Λειτουργικό κόστος που αποφεύχθηκε:	12770	\$
Εκτίμηση επιπλέον επενδυτικού ποσού :	-	\$
Περίοδος/Χρόνος απόσβεσης/αποπληρωμής:	-	Μήνες

Table 8.11.5.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 03

### 8.11.6 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ & ΑΠΟΔΟΣΗ ΓΙΑ ΕΠΙΛΕΧΘΕΙΣΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΚΑΙ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ Ε/Ρ

Η απόδοση των κύριων αντλιών διερευνήθηκε. Οι ακόλουθες αντλίες επιλέχθηκαν για audit:

- No.1 L.O αντλία (Lubricating Oil).
- No.1 Κύρια C.S.W αντλία (Cooling Sea Water).
- No.1 Κεντρική αντλία ψύξης F.W (Fresh Water).

#### 8.11.6.1 Διερεύνηση λειτουργίας αντλιών

Οι αντλίες που παρατίθενται παραπάνω, είτε λειτουργούν αδιάκοπα είτε έχουν φορτία σημαντικής ονομαστικής ισχύος, που ήταν ο λόγος επιλογής τους για έρευνα. Οι μετρήσεις των ηλεκτρικών παραμέτρων (ενεργός ισχύς, τάση, cosφ, ρεύμα εκκίνησης) και των υδραυλικών παραμέτρων των αντλιών πραγματοποιήθηκαν για να διευκολυνθεί η αξιολόγηση της ενεργειακής τους απόδοσης. Ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και υπολογίστηκαν:

#### A. Electric Motors

Inspection Item	Unit	Measured	Design	Measured	Design	Measured	Design
<b>Identification:</b>		<b>No.1 Main L.O Pump.</b>		<b>No.1 Main C.S.W Pump.</b>		<b>No.1 Central Cooling F.W Pump.</b>	
Type (synchr./induction )		Induction		Induction		Induction	
Electric Power	kW	117.27	132.00	64.17	75.00	52.44	55.0
Voltage:	V	441.28	440	441	440	441.3	440
Speed:	rpm	1800.0	1770	1200.0	1180	1800.0	1765
Number of Poles:		4	4	6	6	4	4
<b>Slip:</b>	%	-1.69	-	-1.69	-	-1.98	-
Stator Phase Current:	A	200	209.3	127	129.1	91	92.1
Power Factor		0.8	0.83	0.8	0.76	0.82	0.78
Shaft Power	kW	107.5	121.04	59.55	69.60	48.6	50.985
Load Factor	%	0.83	-	0.78	-	0.79	-
Motor efficiency	%	-	91.70	-	92.80	-	92.70
Motor efficiency class		-	<b>EFF2</b>	-	<b>EFF2</b>	-	<b>EFF2</b>
Is the starting current normal? (abt 6 times the nominal current).		YES		YES		YES	
Is the starting time normal?		YES		YES		YES	
Constant operation connection type (star - delta)		STAR		STAR		STAR	
Starting arrangement							
Is the motor converter driven?		NO		NO		NO	
Are all phase currents equal (balanced load)?		YES		YES		YES	
Are there voltage or current harmonics present?		YES		YES		YES	
Is there excessive vibration present?		NO		NO		NO	

Table 8.11.6.1 Αποτελέσματα/Μετρήσεις αντλιών

Τα ακόλουθα διαγράμματα δείχνουν σχετικές παραμέτρους επί του πλοίου εν πλω:

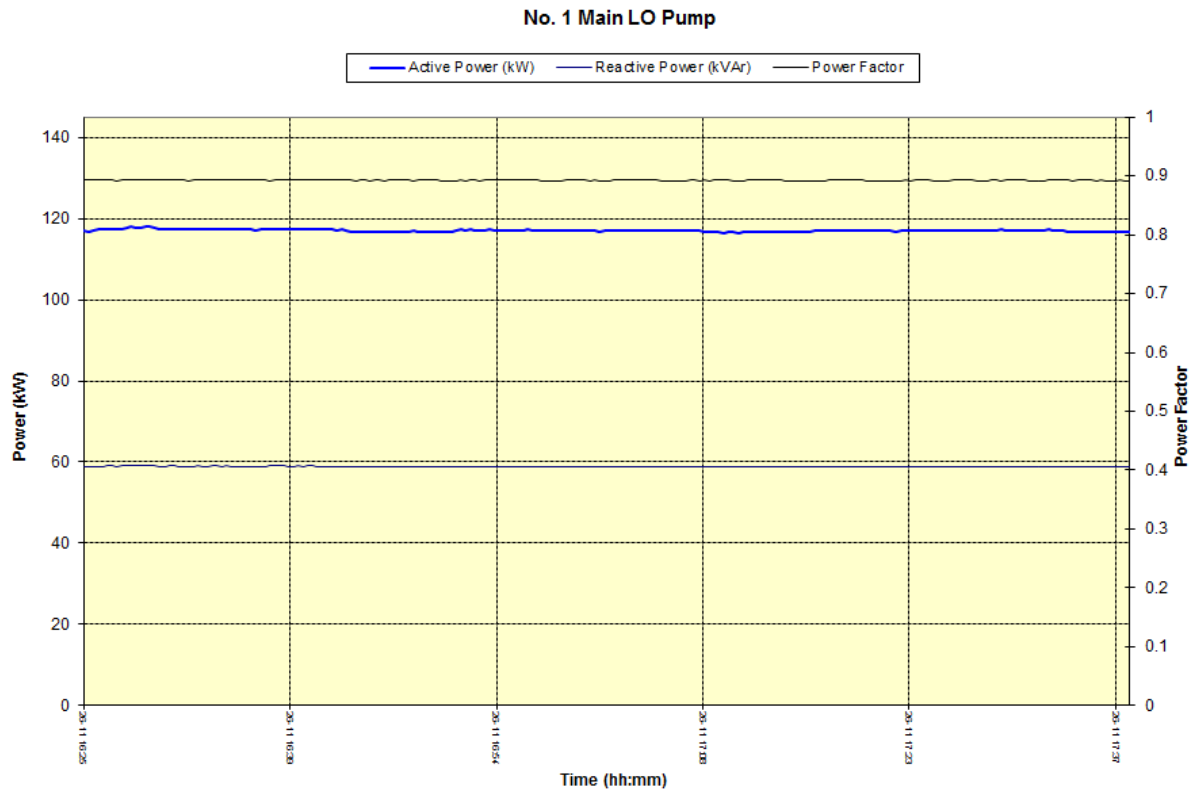


Figure 8.11.6.1 No.1 Κύρια Αντλία L.O Ενεργός Ισχύς [kW], Άεργος Ισχύς [kVA] και Συντελεστής Ισχύος vs. Χρόνου [ώρες: λεπτά].

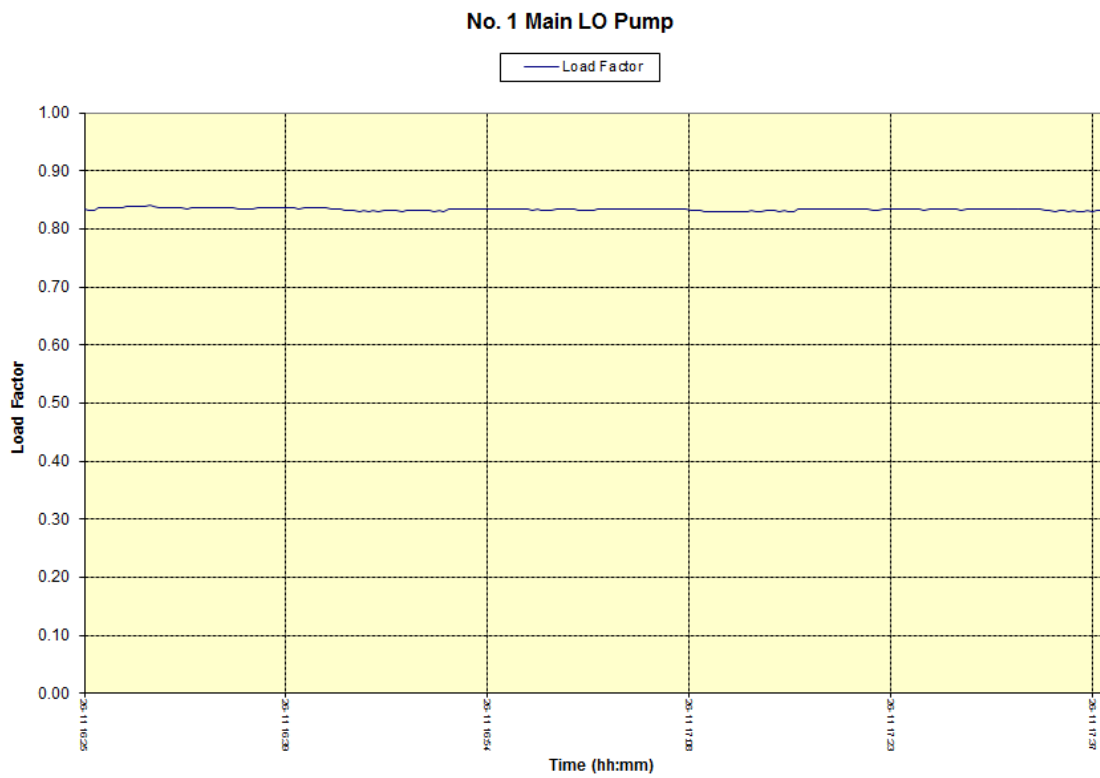


Figure 8.11.6.2 Συντελεστής Ισχύος No.1 Κύριας Αντλίας L.O vs. Χρόνου [ώρες: λεπτά].

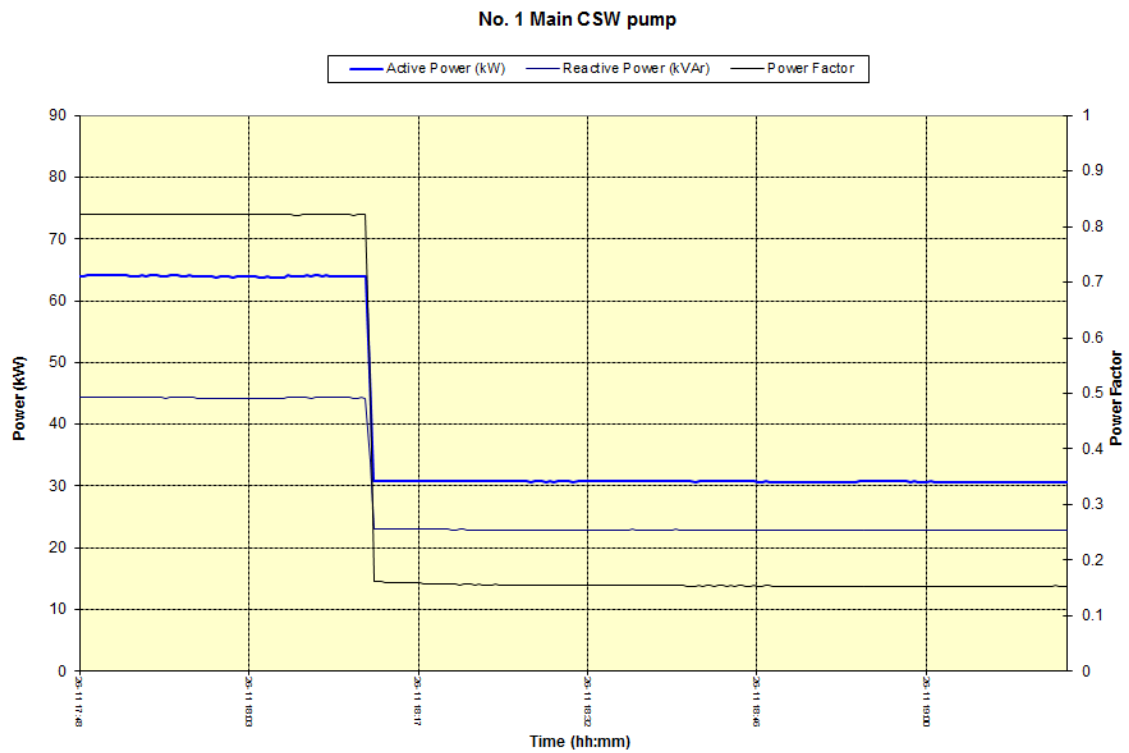


Figure 8.11.6.3 No.1 Κύρια Αντλία C.S.W Ενεργός Ισχύς [kW], Άεργος ισχύς [kVA] και Συντελεστής Ισχύος vs. Χρόνου [ώρες: λεπτά] .

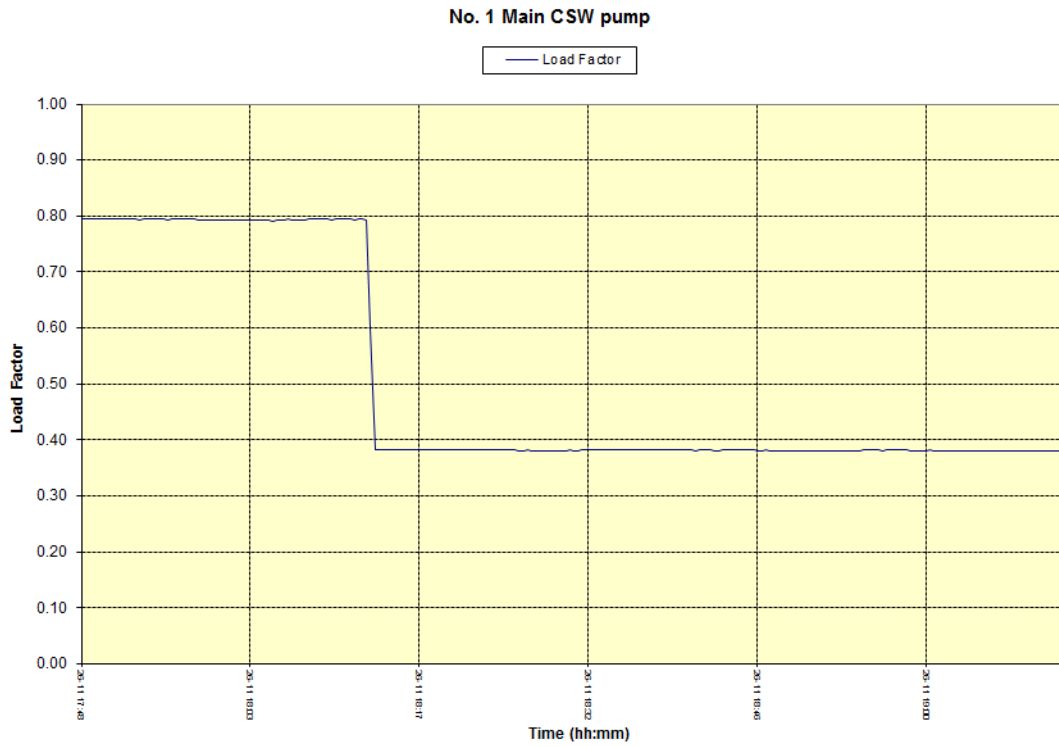


Figure 8.11.6.4 Συντελεστής Ισχύος Αντλίας Ψύξης θαλασσινού νερού vs. Χρόνου [ώρες: λεπτά].

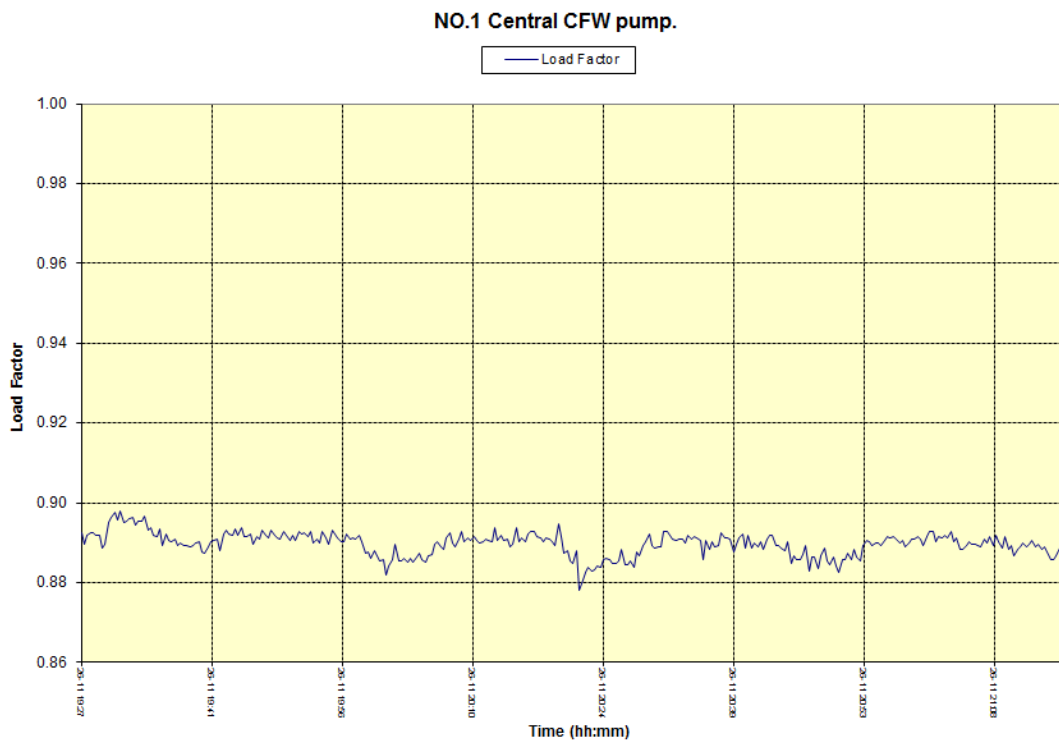


Figure 8.11.6.5 Συντελεστής ισχύος No.1 Κεντρικής Αντλίας C.F.W vs. Χρόνο [ώρες: λεπτά].

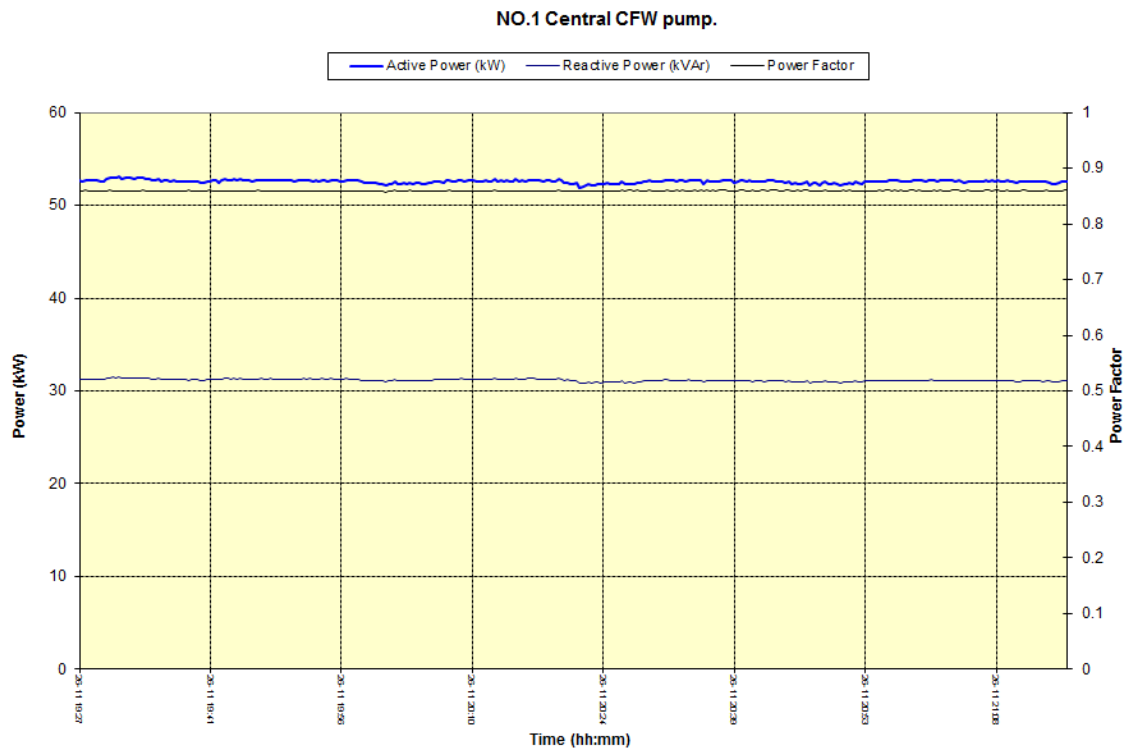


Figure 8.11.6.6 No.1 Κεντρική Αντλία C.F.W Ενεργός Ισχύς [kW], Άεργος ισχύς [kVA] και συντελεστής ισχύος vs. Χρόνου [ώρες: λεπτά].

Με βάση τα Fig. 8.11.6.1 – 8.11.6.2, το ρεύμα και ο χρόνος εκκίνησης του κινητήρα (motor) θεωρούνται φυσιολογικά. Η απόδοση του κινητήρα εκτιμάται ότι κατηγοριοποιείται ως EFF2 και αναφέρεται στην ανάλυση ηλεκτρικού φορτίου (NMA MG-1-1993, Rev. 1). Είναι εφικτό να αντικατασταθούν οι εξετασθέντες κινητήρες στο μέλλον (όποτε γενικές εκτενείς επισκευές ή αντικαταστάσεις μπορεί να απαιτούνται) από EFF1 κλάσης, για να αποκομίσουμε εξοικονομήσεις ενέργειας.

## Αποτελέσματα και εντοπισμός ESPs

### 8.11.7 ESP 04: Εγκατάσταση Υψηλής Απόδοσης Κινητήρων αντλιών

Σε συνέχεια/Ορμώμενοι από την τελευταία παρατήρηση τα ακόλουθα ESPs εντοπίζονται;

<b>ESP 04:</b>	<b>Εγκατάσταση Υψηλής Απόδοσης Κινητήρων Αντλιών (Εκτίμηση για κινητήρες της Κύριας αντλίας λαδιού, Κύριας αντλίας ψύξης γλυκού νερού, Κύριας αντλίας ψύξης θαλασσινού νερού με την ισχύουσα απόδοση EFF2)</b>
Τύπος:	Χαμηλού κόστους / Χαμηλού οφέλους
Σκοπιμότητα/ Βιωσιμότητα	Μεσαία

Table 8.11.7.1 ESP 04 / Οικονομική Εκτίμηση

Σχετικές παράμετροι για τον κινητήρα της κύριας αντλίας λαδιού:

Διάστημα λειτουργίας (μία αντλία ανά πάσα στιγμή):	6,438.6	Ώρες/έτος
Υπολογισμένη δύναμη στον άξονα:	107.5	kW
Τωρινή αποδοτικότητα motor :	91.7	%
Καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τωρινό motor:	754797.7	kWh το έτος
EFF1 αποδοτικότητα motor (NEMA MG-1-1993, Rev. 1):	95	%
Καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια από κλάσης EFF1 motor:	728578.4	kWh το έτος
Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας:	26129.3	kWh το έτος
Εκτίμηση Μέσης πραγματικής SFOC (RMG380):	221.5	gr/kWh
Εκτίμηση εξοικονόμησης καυσίμου (RMG 380):	5.8	MT το έτος
Ισοδύναμη μείωση CO <sub>2</sub> :	18.5	MT το έτος
Τιμή καυσίμου:	598.5	\$/MT
Αποφευχθέντα κόστη:	3463,5	\$ το έτος
Εκτίμηση επιπλέον επενδυτικού ποσού (σε σύγκριση με έναν συμβατικό motor):	1200	\$ (για ένα κινητήρα)
Περίοδος απόσβεσης/αποπληρωμής:	4.16	Μήνες

Table 8.11.7.2 Κυριότερες Παράμετροι Κύριας Αντλίας Λαδιού

Διάστημα λειτουργίας αντλίας=  $0,735 \cdot 365 \cdot 24 = 6.438,6$  ώρες

Καταναλισκόμενη ενέργεια κινητήρα=  $6.438,6 \cdot \frac{1}{0,917} \cdot 107,5kW = 754.797,709 \frac{kWh}{\acute{\epsilon}τος}$

Καταναλισκόμενη ενέργεια EFF1 κινητήρα=  $6.438,6 \cdot \frac{1}{0,95} \cdot 107,5kW = 728.578,42 \frac{kWh}{\acute{\epsilon}τος}$

Εξοικονόμηση Ηλ. Ενέργειας=  $754.797,709 - 728.578,42 = 26.129,29 \frac{kWh}{\acute{\epsilon}τος}$

Εκτιμώμενη εξοικονόμηση καυσίμου=  $221,5 \frac{gr}{kWh} \times 26.129,29 \frac{kWh}{\acute{\epsilon}τος} = 5,787 \frac{MT}{\acute{\epsilon}τος}$

Ισοδύναμη εξοικονόμηση CO<sub>2</sub>=  $3,206 \frac{MT_{CO_2}}{MT_{DO}} \times 5,787 \frac{MT_{DO}}{\acute{\epsilon}τος} = 18,52 \frac{MT_{CO_2}}{\acute{\epsilon}τος}$

Αποφευχθέν λειτουργικό κόστος=  $598,5 \frac{\$}{MT} \times 5,787 \frac{MT}{\acute{\epsilon}τος} = 3.463,52 \frac{\$}{\acute{\epsilon}τος}$

$$\text{Περίοδος απόσβεσης/αποπληρωμής} = \frac{1.200\$}{3.463,52 \frac{\$}{\text{έτος}}} = 0,3464 \text{ έτους} = 0,3464 \cdot 12 = 4,157 \text{ μήνες}$$

Σχετικές παράμετροι για τον κινητήρα της κύριας αντλίας C.S.W :

Διάστημα λειτουργίας (μία αντλία ανά πάσα στιγμή):	6,438.6	Ώρες/έτος
Υπολογισμένη δύναμη στον άξονα:	59.5	kW
Τωρινή αποδοτικότητα motor :	92.8	%
Καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τωρινό motor:	412819.7	kWh το έτος
EFF1 αποδοτικότητα motor (NEMA MG-1-1993, Rev. 1):	94.1	%
Καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια από κλάσης EFF1 motor:	407549.68	kWh το έτος
Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας:	5270.0	kWh το έτος
Εκτίμηση Μέσης πραγματικής SFOC (RMG380):	221.5	gr/kWh
Εκτίμηση εξοικονόμησης καυσίμου (RMG 380):	1.2	MT το έτος
Ισοδύναμη μείωση CO <sub>2</sub> :	3.7	MT το έτος
Τιμή καυσίμου:	598.5	\$/MT
Αποφευχθέντα κόστη:	700.25	\$ το έτος
Εκτίμηση επιπλέον επενδυτικού ποσού (σε σύγκριση με έναν συμβατικό motor):	1,100.0	\$ (για ένα κινητήρα)
Περίοδος απόσβεσης/αποπληρωμής:	18.8	Μήνες

Table 8.11.7.3 Κυριότερες Παράμετροι Κύριας Αντλίας Ψύξης Θαλασσινού Νερού

$$\text{Διάστημα λειτουργίας αντλίας} = 0,735 \cdot 365 \cdot 24 = 6.438,6 \text{ ώρες}$$

$$\text{Καταναλισκόμενη ενέργεια κινητήρα} = 6.438,6 \cdot \frac{1}{0,928} \cdot 59,5 \text{ kW} = 412.819,72 \frac{\text{kWh}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Καταναλισκόμενη ενέργεια EFF1 κινητήρα} = 6.438,6 \cdot \frac{1}{0,94} \cdot 59,5 \text{ kW} = 407.549,68 \frac{\text{kWh}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Εξοικονόμηση Ηλ. Ενέργειας} = 412.819,72 - 407.549,68 = 5.270,039 \frac{\text{kWh}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Εκτιμώμενη εξοικονόμηση καυσίμου} = 221,5 \frac{\text{gr}}{\text{kWh}} \times 5.270,039 \frac{\text{kWh}}{\text{έτος}} = 1,17 \frac{\text{MT}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Ισοδύναμη εξοικονόμηση CO}_2 = 3,206 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{MT}_{\text{DO}}} \times 1,17 \frac{\text{MT}_{\text{DO}}}{\text{έτος}} = 3,744 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Αποφευχθέν λειτουργικό κόστος} = 598,5 \frac{\$}{\text{MT}} \times 1,17 \frac{\text{MT}}{\text{έτος}} = 700,25 \frac{\$}{\text{έτος}}$$

$$\text{Περίοδος απόσβεσης/αποπληρωμής} = \frac{1.100\$}{700,25 \frac{\$}{\text{έτος}}} = 1,57 \text{ έτους} = 1,57 \cdot 12 = 18,85 \text{ μήνες}$$



Σχετικές παράμετροι για τον κινητήρα της κύριας αντλίας C.F.W :

Διάστημα λειτουργίας (μία αντλία ανά πάσα στιγμή):	6438.6	Ώρες/έτος
Υπολογισμένη δύναμη στον άξονα:	48.6	kW
Τωρινή αποδοτικότητα motor :	92.7	%
Καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τωρινό motor:	337557.7	kWh το έτος
EFF1 αποδοτικότητα motor (NEMA MG-1-1993, Rev. 1):	93.6	%
Καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια από κλάσης EFF1 motor:	334311.9	kWh το έτος
Εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας:	3245.7	kWh το έτος
Εκτίμηση Μέσης πραγματικής SFOC (RMG380):	221.5	gr/kWh
Εκτίμηση εξοικονόμησης καυσίμου (RMG 380):	0.719	MT το έτος
Ισοδύναμη μείωση CO <sub>2</sub> :	2.3	MT το έτος
Τιμή καυσίμου:	598.5	\$/MT
Αποφευχθέντα κόστη:	430.3	\$ το έτος
Εκτίμηση επιπλέον επενδυτικού ποσού (σε σύγκριση με έναν συμβατικό motor):	2.000	\$ (για ένα κινητήρα)
Περίοδος απόσβεσης/αποπληρωμής:	4.6	Χρόνια

Table 8.11.7.4 Κυριότερες παράμετροι Κύριας Αντλίας Ψύξης Γλυκού Νερού

Διάστημα λειτουργίας αντλίας=  $0,735 \cdot 365 \cdot 24 = 6.438,6$  ώρες

Καταναλισκόμενη ενέργεια κινητήρα=  $6.438,6 \cdot \frac{1}{0,927} \cdot 48,6kW = 337.557,669 \frac{kWh}{έτος}$

Καταναλισκόμενη ενέργεια EFF1 κινητήρα=  $6.438,6 \cdot \frac{1}{0,936} \cdot 48,6kW = 334.311,923 \frac{kWh}{έτος}$

Εξοικονόμηση Ηλ. Ενέργειας=  $337.557,669 - 334.311,923 = 3.245,75 \frac{kWh}{έτος}$

Εκτιμώμενη εξοικονόμηση καυσίμου=  $221,5 \frac{gr}{kWh} \times 3.245,75 \frac{kWh}{έτος} = 0,719 \frac{MT}{έτος}$

Ισοδύναμη εξοικονόμηση CO<sub>2</sub>=  $3,206 \frac{MT_{CO_2}}{MT_{DO}} \times 0,719 \frac{MT_{DO}}{έτος} = 2,3 \frac{MT_{CO_2}}{έτος}$

Αποφευχθέν λειτουργικό κόστος=  $598,5 \frac{\$}{MT} \times 0,719 \frac{MT}{έτος} = 430,32 \frac{\$}{έτος}$

Περίοδος απόσβεσης/αποπληρωμής=  $\frac{2.000\$}{430,32 \frac{\$}{έτος}} = 4,647$  έτη

Σημειώσεις:

1. Οι εκτιμήσεις τιμών λαμβάνονται από τη βάση δεδομένων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για κινητήρες αποδοτικών από πλευράς ενεργείας (EuroDEEM) και θεωρείται ότι ο αποδοτικός ηλεκτροκινητήρας είναι περίπου 30% ακριβότερος από τον κανονικό κινητήρα.
2. Το κόστος που αποφεύγεται κάθε χρόνο θεωρείται ότι παραμένει σταθερό με την πάροδο του χρόνου (συντηρητική εκτίμηση).
3. Ο χρόνος αποπληρωμής υπολογίζεται επιτρέποντας ένα επιτόκιο 4%.
4. Ο χρόνος λειτουργίας είναι κρίσιμος για να καταστεί εφικτή η επένδυση.

### 8.11.8 Λειτουργία ανεμιστήρα εξαερισμού E/R

Οι ακόλουθες τιμές μετρήθηκαν κατά την διάρκεια του εν πλω audit του E/R No.1 fan motor:

Inspection Item	Unit	No.1 E/R Fun	
		Measured	Design
Identification:			
Type (synchr./induction )		Induction	
Electric Power	kW	29.86	30
Voltage:	V	440.3	440
Speed:	rpm	1200.0	1175
Number of Poles:		6	6
Slip:	%	-2.13	-
Stator Phase Current:	A	55.8	56.3
Power Factor		0.8	0.70
Shaft Power	kW	27.0	27.10
Load Factor	%	0.98	-
Motor efficiency	%	-	90.34
Motor efficiency class		-	<b>EFF2</b>
Is the starting current normal? (abt 6 times the nominal current).		YES	
Is the starting time normal?		YES	
Constant operation connection type (star - delta)		STAR	
Is the motor converter driven?		NO	
Are all phase currents equal (balanced load)?		YES	
Are there voltage or current harmonics present?		YES	
Is there excessive vibration present?		NO	

Table 8.11.8.1 Μετρήσεις κύριου ανεμιστήρα μηχανοστασίου

Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει τις μετρήσεις του E/R fan No.1 motor κατά την διάρκεια πλεύσης.

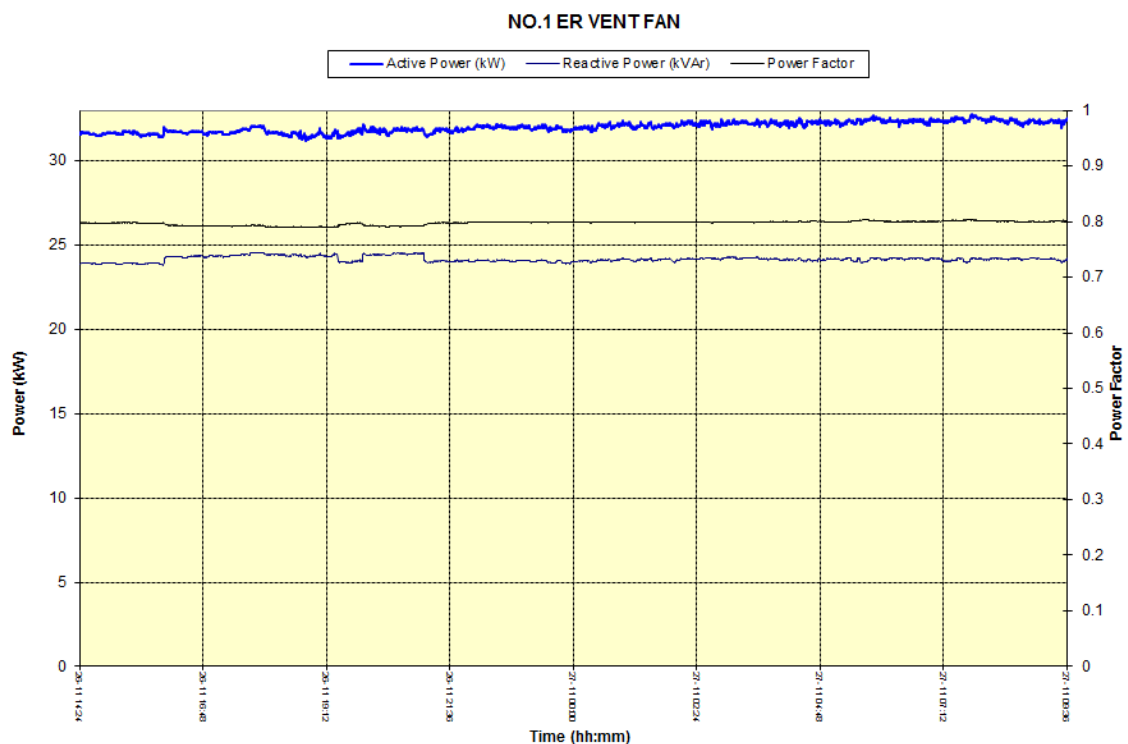


Figure 8.11.8.1 Ενεργός ισχύς [kW], Αεργός ισχύς [kVA] και Συντελεστής Ισχύος vs. Χρόνο [ώρες: λεπτά] κινήτρη κύριου ανεμιστήρα μηχανοστασίου.

Ο ρόλος των ανεμιστήρων εξαερισμού του E/R είναι να παρέχουν στις μηχανές την απαιτούμενη ποσότητα αέρα για ανάφλεξη και για να εξασφαλίσουν ότι υπάρχει επαρκής εξαερισμός χώρου E/R ώστε να αφαιρείται η θερμότητα που εκπέμπεται από τις μηχανές και τον άλλο εξοπλισμό.

Η διερεύνηση των ανεμιστήρων εξαερισμού του E/R επιτελέστηκε λαμβάνοντας υπόψη την σύγκριση των συντελεστών χρησιμοποίησης και φορτίου των ανεμιστήρων με τις εκτιμώμενες ανάγκες ροής αέρα E/R. Ο υπολογισμός της ροής αέρα στο E/R έγινε βάση το ISO-8861 “Shipbuilding — Engine-room ventilation in diesel-engine ships — Design requirements and basis of calculations” το οποίο καθορίζει σχεδιαστικές απαιτήσεις και κατάλληλες μεθόδους υπολογισμού για τον εξαερισμό του μηχανοστασίου σε diesel-engine πλοία, για κανονικές συνθήκες σε όλα τα ύδατα.

Βάσει υπολογισμών υπολοίπου αέρα (air balance calculations) σύμφωνα με το ISO 8861:1998 (E), μία εκτίμηση των αναγκών ροής αέρα του E/R παρατίθεται ως ακολούθως:

Κατάσταση	E/R απαιτήσεις ροής αέρα
Πλεύση - M/E & 1 D/G σε λειτουργία	312,511 m <sup>3</sup> /h
Ελιγμοί, Πιλοτάρισμα - M/E & 2 D/G σε λειτουργία	326,239 m <sup>3</sup> /h
Φορτοεκφορτώσεις - 2 D/G & 2 A/Bs σε λειτουργία	192,097 m <sup>3</sup> /h
Αγκυροβόλιο, Προβλήτα - 1 A/B & 1 D/G σε λειτουργία	96,048 m <sup>3</sup> /h

Table 8.11.8.2 Μετρήσεις κύριου ανεμιστήρα μηχανοστασίου

Οι παραπάνω τιμές υπολογίστηκαν με βάση θερμοκρασία περιβάλλοντος 35<sup>0</sup>C, 70% RH (υγρασία).

Αφού κάθε ανεμιστήρας εξαερισμού του E/R έχει χωρητικότητα 126.640 m<sup>3</sup>/h προτείνεται το ακόλουθο operational pattern:

Κατάσταση	Μέση Διάρκεια Σε Ώρες ανά έτος	Αριθμός ανεμιστήρων σε λειτουργία	
		Τωρινή κατάσταση	Προτεινόμενη
Πλεύση	6438.6	4	3
Ελιγμοί, Πιλοτάρισμα	297.8	4	3
Φορτοεκφορτώσεις	727.1	4	2
Αγκυροβόλιο, Προβλήτα	1296.5	4	2

Table 8.11.8.3 Προτεινόμενο operational pattern ανεμιστήρων μηχανοστασίου

Η προτεινόμενη λειτουργία εμπεριέχει την μείωση του αριθμού των εν ενεργεία ανεμιστήρων σε σύγκριση με την τωρινή πρακτική σε όλες τις ενδεχόμενες καταστάσεις.

### Αποτελέσματα και εντοπισμός ESPs

#### 8.11.9 ESP 05: Αποτελεσματική διαχείριση ανεμιστήρα

Επιπλέον των ανωτέρω, το ακόλουθο ESP εντοπίζεται:

<b>ESP 05:</b>	<b>Αποδοτική λειτουργική διαχείριση ανεμιστήρα E/R .</b>
Τύπος:	Μηδενικού Κόστους / Υψηλού Οφέλους
Σκοπιμότητα/Βιωσιμότητα:	Υψηλή

Table 8.11.9.1 ESP 05 / Οικονομική Εκτίμηση

Σχετικές Παράμετροι:

Εκτίμηση εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας:	315,557.2 kWh το έτος
Μέση SFOC (RMG 380):	221.5 gr/kWh
Εκτίμηση εξοικονόμησης καυσίμου (RMG 380):	69.9 MT το έτος
Ισοδύναμη μείωση CO <sub>2</sub> :	223.7 MT το έτος
Τιμή καυσίμου:	598.5 \$/MT
Αποφευχθέντα κόστη:	41,832.8 \$ το έτος

Table 8.11.9.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 05

Ηλεκτρική Ενέργεια: 29,86kW και Συντελεστής Φορτίου: 98%

$$\text{Χρόνος πλεύσης} = 0,735 * 365 \text{ μέρες} * 24 \frac{\text{ώρες}}{\text{μέρα}} = 6.438,6 \text{ ώρες}$$

$$\text{Χρόνος ελιγμών/πιλοταρίσματος} = 0,034 * 365 \text{ μέρες} * 24 \frac{\text{ώρες}}{\text{μέρα}} = 297,84 \text{ ώρες}$$

$$\text{Χρόνος φορτοεκφόρτωσης} = 0,083 * 365 \text{ μέρες} * 24 \frac{\text{ώρες}}{\text{μέρα}} = 727,08 \text{ ώρες}$$

$$\text{Χρόνος αγκυροβολίου/προβλήτας} = 0,148 * 365 \text{ μέρες} * 24 \frac{\text{ώρες}}{\text{μέρα}} = 1.296,48 \text{ ώρες}$$

Εκτιμώμενη εξοικονόμηση Ηλ. Ενέργειας=

$$0,98 \cdot 29,86kW \cdot (1 * 6.438,6 + 1 * 297,84 + 2 * 727,08 + 2 * 1.296,48) = 315.557,16 \text{ kWh/έτος}$$

$$\text{Εκτιμώμενη εξοικονόμηση καυσίμου} = 221,5 \frac{\text{gr}}{\text{kWh}} \times 315.557,16 \frac{\text{kWh}}{\text{έτος}} = 69,896 \frac{\text{MT}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Ισοδύναμη εξοικονόμηση CO}_2 = 3,206 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{MT}_{\text{DO}}} \times 69,896 \frac{\text{MT}_{\text{DO}}}{\text{έτος}} = 223,667 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Αποφευχθέν λειτουργικό κόστος} = 598,5 \frac{\$}{\text{MT}} \times 69,896 \frac{\text{MT}}{\text{έτος}} = 41.832,76 \frac{\$}{\text{έτος}}$$

Σημειώσεις:

- Οι εξοικονομήσεις σε αυτή την συγκεκριμένη περίπτωση είναι υπολογίσιμες και δεν απαιτούν καθόλου επένδυση χρημάτων.
- Περαιτέρω μείωση της κατανάλωσης καυσίμου μπορεί να επιτευχθεί με την εγκατάσταση ενός συστήματος μετάδοσης μεταβλητής ταχύτητας (VSD), δηλ. ενός ειδικού κινητήρα που κινείται από μετατροπέα AC / DC / AC. Ο τελευταίος μπορεί να τροποποιήσει τόσο τη συχνότητα όσο και την τάση που παρέχεται στον κινητήρα, ώστε να επιτρέπει τον συνεχή έλεγχο των στροφών (RPM) και της ισχύος του ανεμιστήρα στο επιθυμητό εύρος. Αυτή η πρόταση θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε μελλοντικές κατασκευές νέων πλοίων (new-building projects).

#### 8.11.10 ΑΠΟΔΟΣΗ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΛΕΒΗΤΩΝ

Ο σκοπός αυτής της έρευνας/διερεύνησης είναι να:

- Να εκτιμήσει/αξιολογήσει το operational pattern του λέβητα και να υπολογίσει την κατανάλωση FO και την συγκεκριμένη κατανάλωση του λέβητα σε kg FO/kg ατμού.
- Να εκτιμήσει/αξιολογήσει τα χαρακτηριστικά ανάφλεξης του με βάση τις μετρήσεις αερίων καπνοδόχου (flue gas) που πάρθηκαν επί του πλοίου.

Λόγω των περιορισμένων διαθέσιμων μετρητικών οργάνων για τον A/B , μία πλήρους κλίμακας απόδοση δεν μπόρεσε να εκτελεστεί. Δυστυχώς, η προγραμματισμένη ανάλυση εξαγωγής καυσαερίων δεν μπόρεσε επίσης να γίνει λόγω τεχνικών προβλημάτων από την μεριά του πλοίου.

### 8.11.11 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ/ΑΓΩΓΩΝ FO / DO

Η διερεύνηση του FO και DO συστήματος αγωγών/σωληνώσεων περιείχε τις ακόλουθες εργασίες:

- Εντοπισμός/αναγνώριση πιθανόν σημαντικών διαρροών στο σύστημα.
- Υπολογισμός των ποσοτήτων ιλύος/λάσπης που προκύπτουν από τους διύλιστήρες.
- Διερεύνηση της κατάστασης της μόνωσης των σωληνώσεων και δεξαμενών του FO καθώς και των διατηρούμενων θερμοκρασιών του FO.

Από την έρευνα που έγινε δεν εντοπίστηκε καμία διαρροή. Οι θερμογράφοι IR (υπέρυθρων) , που χρησιμοποιήθηκαν σε διάφορα σημεία σωληνώσεων, μαρτυρούν μία ικανοποιητική επαρκή εγκατάσταση μόνωσης.

Ο καθημερινός όγκος ιλύος/λάσπης του πλοίου μετρήθηκε και βρέθηκε 800 ltrs την ημέρα . Πρέπει να επισημανθεί οι ποσότητες των δεξαμενών λάσπης περιέχουν νερό, που είναι παράγωγο της διύλισης του LO και FO. Βάσει των παρατηρήσεων, η δεξαμενή ιλύος περιέχει περίπου 50% νερό που εξατμίζεται στον αποτεφρωτήρα της δεξαμενής απορριμμάτων. Βάσει αυτού και υποθέτοντας ότι μόνο 50% της ιλύος είναι λιπαντικό, πηγάζει μία ποσότητα ιλύος περίπου 0.792 MT / ημέρα.

Για να δώσουμε μια ιδέα του ενεργειακού περιεχομένου αυτής της ποσότητας ιλύος, οι ακόλουθες εκτιμήσεις υπολογισμών παρουσιάζονται:

Όγκος ιλύος και νερού:	800	Ltrs/μέρα
Όγκος ιλύος:	400	Ltrs/μέρα
Υποτιθέμενη πυκνότητα:	0.99	kg/l
Μάζα ιλύος:	396.0	kg/μέρα
Εκτιμώμενη θερμιδική αξία:	35500	kJ/kg
Ενεργειακή σπατάλη:	162.7	kW

Η δεξαμενή υπερχειλίσης FO συνδέεται απευθείας με γραμμές αποστράγγισης από την M/E, την D/G, τους θερμαντήρες και αντλίες FO κτλ. και περιέχει λιπαντικό χωρίς καθόλου πρόσμιξη νερού. Αυτό το λιπαντικό μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί και δεν εκλαμβάνεται ως λάσπη.

Σύμφωνα με την MARPOL Annex I, Reg. 12.1 και την Unified Interpretation 15 (old reg. 17.1), θεωρείται ότι η ημερήσια παραγωγή ιλύος είναι 0.015xC, όπου C η ημερήσια κατανάλωση καυσίμου (μαζούτ) σε m<sup>3</sup>. Για αυτό το πλοίο:

Πυκνότητα καυσίμου κατά το audit:	0.9887	MT/m <sup>3</sup>
Μέση ημερήσια κατανάλωση F.O.(sea passage)	84.861	MT/μέρα
Εκτιμώμενη παραγωγή ιλύος (sea passage)	1.273	MT/μέρα

Από τα παραπάνω, προκύπτει ότι η ημερήσια παραγωγή ιλύος του πλοίου (0.8 MT/μέρα) είναι χαμηλότερη από την κατά MARPOL παραδοχή/αξίωση (1.273 MT/μέρα).

Η κατάσταση και μόνωση των FO σωληνώσεων/αγωγών θεωρείται γενικά ικανοποιητική και καθόλου ESPs δεν εντοπίστηκαν/αναγνωρίστηκαν που να αφορούν αυτό το θέμα.

Μια ενεργειακά αποδοτική πρακτική είναι να αποτεφρώνεται η ιλύς που παράγεται επί πλοίου στους βοηθητικούς λέβητες ή να απορρίπτεται σε κατάλληλες εγκαταστάσεις στην ακτή, που καταλήγει σε εξοικονόμηση ενέργειας και DO. Το υποκείμενο πλοίο είναι εξοπλισμένο με κατάλληλους βοηθητικούς λέβητες για καύση των υπολειμμάτων (ιλύς) και βάσει αυτού, διεξήχθη μία έρευνα για την εξοικονόμηση DO κι ενέργειας ως αποτέλεσμα της ελαχιστοποίησης χρήσης αποτεφρωτηρών.

## Αποτελέσματα και εντοπισμός ESPs

**8.11.12 ESP 06 Χρήση βοηθητικών λεβήτων για τη αποτέφρωση των υπολειμμάτων ιλύος**  
 Περαιτέρω των ανωτέρω, τα ακόλουθα ESP αναγνωρίζονται:

<b>ESP 06:</b>	<b>Χρήση βοηθητικών λεβήτων για αποτέφρωση υπολειμμάτων ιλύος</b>
Τύπος:	Μηδενικού κόστους / Μεσαίου οφέλους
Σκοπιμότητα/ Βιωσιμότητα	Υψηλή

Table 8.11.12.1 ESP 06 / Οικονομική Εκτίμηση

Σχετικές Παράμετροι:

Ημερήσια παραγωγή ιλύος (χωρίς νερό):	400 lt/μέρα
Χωρητικότητα καύσης αποτεφρωτήρων:	99 lt/hr
Λειτουργία αποτεφρωτήρα:	4.0 ώρες/μέρα
Κατανάλωση DO αποτεφρωτήρα :	10 lt /ώρα
Εκτίμηση εξοικονόμησης DO:	9.5 MT/ έτος
Ισοδύναμη μείωση CO <sub>2</sub> :	30.5 MT/ έτος
Τιμή DO:	598.5 \$/MT
Αποφευχθέντα κόστη:	5,708.5 \$ το έτος

Table 8.11.12.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 06

$$\text{Διάστημα λειτουργίας αποτεφρωτήρα} = \frac{400 \frac{\text{lt}}{\text{μέρα}}}{99 \frac{\text{lt}}{\text{ώρα}}} = 4,04 \frac{\text{ώρες}}{\text{μέρα}}$$

Εκτίμηση εξοικονόμησης καυσίμου=

$$0,10 \frac{\text{lt}}{\text{ώρα}} * \overbrace{0,88 \frac{\text{kg}}{\text{lt}}^{\text{ειδικό βάρος DO}}} * 4,04 \frac{\text{ώρες}}{\text{μέρα}} * \overbrace{268,725 \frac{\text{μέρες}}{\text{έτος}}^{\frac{73,5\%}{0,735 \times 365}}} = 9.537,71 \frac{\text{kg}}{\text{έτος}} = 9,538 \frac{\text{MT}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Ισοδύναμη εξοικονόμηση CO}_2 = 3,206 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{MT}_{\text{DO}}} \times 9,538 \frac{\text{MT}_{\text{DO}}}{\text{έτος}} = 30,5216 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Αποφευχθέντα κόστη} = 598,5 \frac{\$}{\text{MT}} \times 9,538 \frac{\text{MT}}{\text{έτος}} = 5.708,493 \frac{\$}{\text{έτος}}$$

Η προοπτική εξοικονόμησης ενέργειας δικαιολογεί μία έρευνα τεχνολογιών ομογενοποίησης ιλύος και του διαθέσιμου εξοπλισμού στην αγορά. Θα γίνει προσπάθεια να υπολογιστούν τα οφέλη εγκατάστασης ενός ομογενοποιητή καυσίμου. Οι ομογενοποιητές βελτιώνουν την φυσική ποιότητα και την ικανότητα καύσης του μαζούτ heavy fuel oil (καλύτερη ανάφλεξη), και μειώνουν την ανάγκη να αφαιρεθούν τα δύσκολα στην καύση ασφαλτικά ως διαχείριση απορριμμάτων. Μετατρέπουν τα ασφαλτικά σε καύσιμο (εξοικονόμηση καυσίμου) και μειώνουν τον όγκο ιλύος ενώ μειώνουν ή εξαλείφουν το κόστος διάθεσης αποβλήτων. Μειώνουν επίσης τις εκπομπές καπνού και καυσαερίων

### 8.11.13 ESP 07: Εγκατάσταση FUEL MILL MC Ομογενοποιητή

<b>ESP 07:</b>	<b>Εγκατάσταση FUEL MILL MC Ομογενοποιητή</b>
Τύπος:	Υψηλού κόστους / Μεσαίου οφέλους
Σκοπιμότητα/ Βιωσιμότητα	Χαμηλή

Table 8.11.13.1 ESP 07 / Οικονομική Εκτίμηση

Σχετικές παράμετροι:

Ημερήσια παραγωγή ιλύος (χωρίς νερό):	0.396	MT/μέρα
Μείωση ιλύος εξαιτίας εγκατάστασης Fuel Mill :	50.0	%
Μείωση ιλύος εξαιτίας εγκατάστασης Fuel Mill :	0.198	MT/μέρα
Εκτιμώμενη εξοικονόμηση FO εξαιτίας εγκατάστασης Fuel Mill :	23.76	MT/μέρα
Τιμή FO :	598.5	\$/MT
Αποφευχθέντα κόστη:	14,220.4	\$ το έτος
Κόστος εγκατάστασης Fuel Mill Homogenizer :	50,000.0	\$
Περίοδος αποπληρωμής:	3,5	Χρόνια

Table 8.11.13.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 07

Εκτιμώμενη εξοικονόμηση FO λόγω Fuel Mill=23,76<sup>MT</sup>/έτος (σύμφωνα με τον κατασκευαστή).

$$\text{Αποφευχθέντα κόστη} = 598,5 \frac{\$}{MT} \times 23,76 \frac{MT}{\text{έτος}} = 14.220,36 \frac{\$}{\text{έτος}}$$

$$\text{Ισοδύναμη εξοικονόμηση CO}_2 = 3,1144 \frac{MT_{CO_2}}{MT_{DO}} \times 23,76 \frac{MT_{DO}}{\text{έτος}} = 73,998 \frac{MT_{CO_2}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Περίοδος απόσβεσης/αποπληρωμής} = \frac{50.000\$}{14.220,36 \frac{\$}{\text{έτος}}} = 3,5 \text{ έτη}$$

Σημειώσεις:

1. Πέραν της μείωσης της ιλύος, η εγκατάσταση ομοιογενοποιητών προσφέρει περισσότερα οφέλη που είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν. Όπως, βελτιωμένη συμβατότητα και σταθερότητα καυσίμου, μειωμένη συντήρηση αποτεφρωτήρα, μειωμένες απαιτήσεις καθαρισμού φίλτρων, βελτίωση αποδοτικότητας T/C και μειωμένες επικαθήσεις στον λέβητα καυσαερίων.
2. Οι τιμές της αναμενόμενης μείωσης ιλύος και εγκατάστασης Fuel Mill MC Ομοιογενοποιητή παρασχέθηκαν από την Drew Marine.



### 8.11.14 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ

Η έρευνα του συστήματος πεπιεσμένου αέρα περιλάμβανε έλεγχο των σωληνώσεων, των δεκτών αέρα, των συμπιεστών και των διαφόρων φορτίων.

No.	Σύστημα Πεπιεσμένου αέρα	ΝΑΙ/ΟΧΙ
1	Are there any leakages at the piping connections of the HP system?	OXI
2	Are there any leakages at the piping connections of the low pressure system?	OXI
3	Are there any leakages at compressed air connections in E/R, on deck?	OXI
4	Are there any leakages at the emergency shut -down supply air bottle?	OXI
5	Are there any open blowing or unregulated blow guns?	OXI
6	Is the M/E and D/G air starting system in good condition?	OXI

Ο κύκλος λειτουργίας του κινητήρα του συμπιεστή αέρα ανύψωσης, καταγράφηκε για μισή ημέρα. Η καταγραφή συντελεστών φορτίου κατά τη διάρκεια της νυκτερινής περιόδου εμφανίζεται στο ακόλουθο γράφημα:

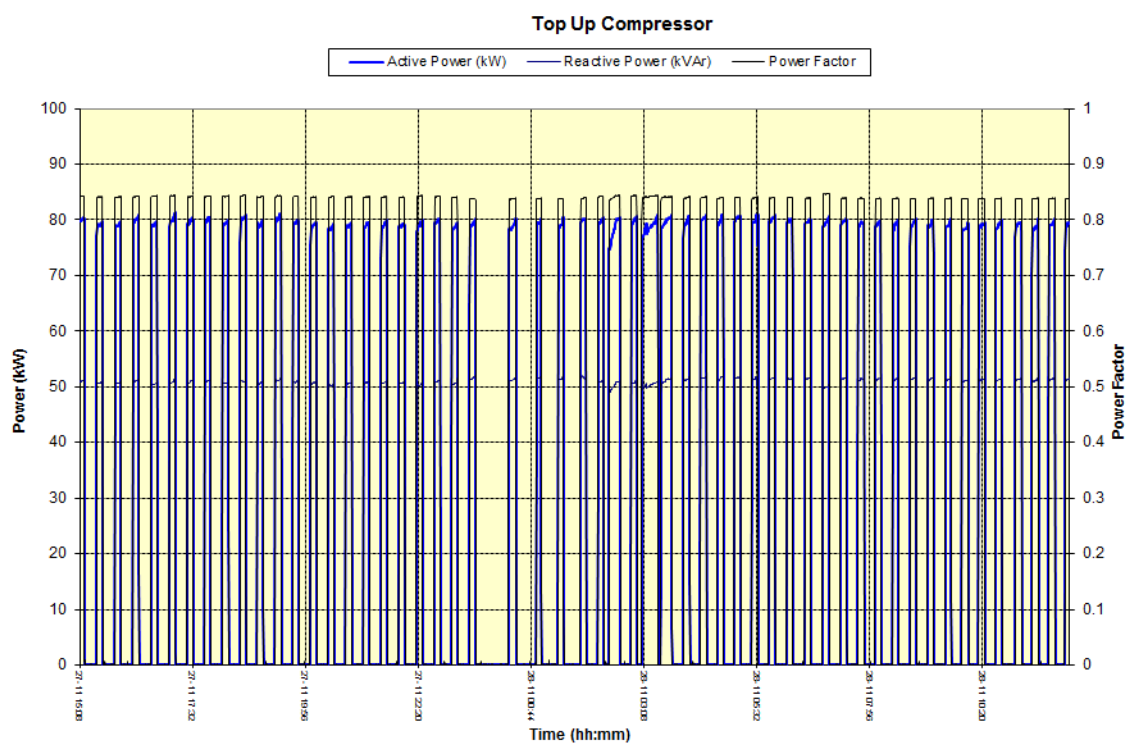


Figure 8.11.14: Topping Up Air Compressor Ενεργός Ισχύς [kW], Άεργος Ισχύς [kVA] και Συντελεστής Ισχύος vs. Χρόνος [ώρες: λεπτά].

Όπως μπορούμε να δούμε στο γράφημα, ο συμπιεστής αέρα ανύψωσης ήταν σε φόρτιση τις νυκτερινές ώρες, παρ' ότι δεν υπήρχε ζήτηση για πεπιεσμένο αέρα. Αυτή είναι ξεκάθαρη ένδειξη, ότι υπήρχαν διαρροές αέρα που έχουν ως αποτέλεσμα ενεργειακές απώλειες.

Ένα τεστ χωρητικότητας (capacity test) εκτελέστηκε ώστε να προσδιορίσουμε την FAD του συμπιεστή αέρα ανύψωσης. Ο χρόνος που χρειάστηκε για να ανέβει η πίεση της δεξαμενής αέρα από 26 kg/cm<sup>2</sup> σε 28 kg/cm<sup>2</sup> ήταν 18 λεπτά και η FAD υπολογίστηκε ότι είναι 140 m<sup>3</sup> /h.

## Αποτελέσματα και εντοπισμός ESPs

### 8.11.15 Ελαχιστοποίηση διαρροών συστήματος συντήρησης πεπιεσμένου αέρα

Περαιτέρω των ανωτέρω, το ακόλουθο ESP αναγνωρίζεται:

<b>ESP 08:</b>	<b>Ελαχιστοποίηση διαρροών συστήματος συντήρησης πεπιεσμένου αέρα</b>
Τύπος:	Χαμηλού κόστους / Χαμηλού οφέλους
Σκοπιμότητα/ Βιωσιμότητα	Μεσαία

Table 8.11.15.1 ESP 08 / Οικονομική Εκτίμηση

Σχετικές παράμετροι:

FAD συμπιεστή συντήρησης:	150 m <sup>3</sup> /ώρα
Συντελεστής χρησιμοποίησης (UF) κατά τις νυχτερινές ώρες :	7 %
Λειτουργία συμπιεστή :	7.6 ώρες/μέρα
Ονομαστική ισχύς συμπιεστή:	37 kW
Μέσος συντελεστής φορτίου συμπιεστή:	84 %
Ημερήσια απώλεια ενέργειας:	19.68 kWh
Μέγιστη δυνατή ενεργειακή εξοικονόμηση:	2275 kWh/έτος
Μέση SFOC:	5279.7 gr/kWh
Εκτίμηση εξοικονόμησης καυσίμου (RMG 380):	1.2 MT το έτος
Ισοδύναμη μείωση CO <sub>2</sub> :	3.7 MT το έτος
Τιμή καυσίμου:	598.5 \$/MT
Αποφευχθέντα κόστη:	699,7 \$ το έτος
Εκτίμηση ποσού επισκευής:	1,000 \$
Περίοδος αποπληρωμής/απόσβεσης:	1.43 Χρόνια

Table 8.11.15.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 08

6,99% στο Audit

$$\text{Ημερήσια απώλεια ισχύος εξαιτίας διαρροών} = \frac{6,99\%}{0,06998} \times 37kW = 2,589kW$$

$$\text{Ημερήσια απώλεια ενέργειας εξαιτίας διαρροών} = 2,589kW \times 7,6 \frac{\text{ώρες}}{\text{μέρα}} = 19,68 \frac{kWh}{\text{μέρα}}$$

$$\text{Δυνατότητα ενεργειακής εξοικονόμησης} = 0,735 \cdot 365 \frac{\text{μέρες}}{\text{έτος}} \cdot 19,68 \frac{kWh}{\text{μέρα}} = 5.279,65 \frac{kWh}{\text{έτος}}$$

$$\text{Εκτιμώμενη εξοικονόμηση καυσίμου} = 221,5 \frac{gr}{kWh} \times 5.279,652 \frac{kWh}{\text{έτος}} = 1,169 \frac{MT}{\text{έτος}}$$

$$\text{Ισοδύναμη εξοικονόμηση CO}_2 = 3,206 \frac{MT_{CO_2}}{MT_{DO}} \times 1,169 \frac{MT_{DO}}{\text{έτος}} = 3,74 \frac{MT_{CO_2}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Αποφευχθέν λειτουργικό κόστος} = 598,5 \frac{\$}{MT} \times 1,169 \frac{MT}{\text{έτος}} = 699,65 \frac{\$}{\text{έτος}}$$

$$\text{Περίοδος απόσβεσης/αποπληρωμής} = \frac{1.000\$}{699,65 \frac{\$}{\text{έτος}}} = 1,429 \text{ έτη}$$

Σημειώσεις:

- Η εμπλεκόμενη εξοικονόμηση ενέργειας στους υπολογισμούς είναι η μέγιστη, αφού είναι αδύνατον να εξαλειφθούν όλες οι διαρροές.
- Γενικά, τα εργαλεία πετρεσμμένου αέρα είναι περίπου 25% λιγότερο αποδοτικά από τα αντίστοιχα ηλεκτρικά εργαλεία. Τα ελαχιστοποιημένα εργαλεία πετρεσμμένου αέρα χρησιμοποιούνται όταν οι κίνδυνοι ασφάλειας επιτρέπουν τη χρήση ηλεκτρικών εργαλείων.

### 8.11.16 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ HVAC (ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ-ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ-ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ)

Η διερεύνηση της λειτουργίας του συστήματος HVAC επιτελέστηκε κατά την διάρκεια των κάτωθι συνθηκών περιβάλλοντος:

- Θερμοκρασία αέρα 29 deg. C,
- Σχετική υγρασία 72.0%

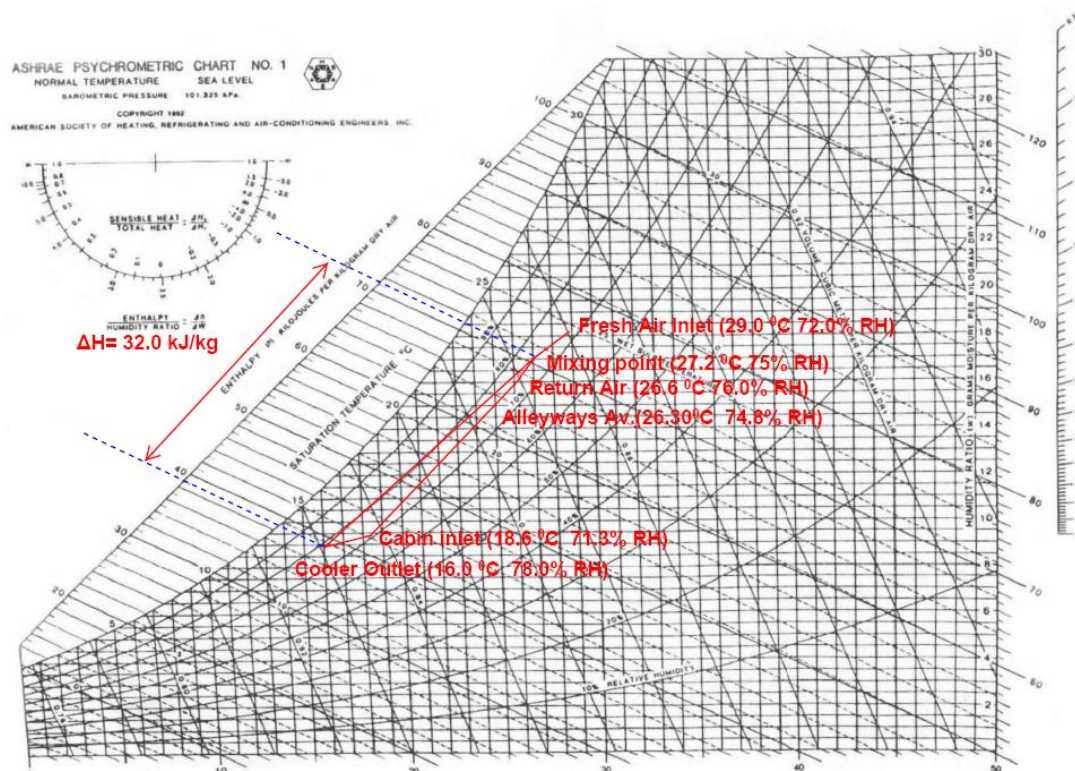


Figure 8.11.16.1: Ψυχομετρικό διάγραμμα με χαρακτηριστικές καμπύλες AHU

Η θερμοκρασία εισόδου και εξόδου αέρα και η σχετική υγρασία μετρήθηκαν στο στοιχείο ψύξης AHU προκειμένου να εκτιμηθεί το φορτίο ψύξης της εγκατάστασης. Ο παρακάτω πίνακας παρέχει τα μετρημένα και υπολογισμένα δεδομένα:

Θερμοκρασία φρέσκου αέρα & RH:	29.0 °C	72.0% RH
Θερμοκρασία αέρα επιστροφής της AHU & RH:	26.6 °C	76.0% RH
Θερμοκρασία αέρα AHU & RH μετά την ανάμιξη:	27.2 °C	75% RH
Αντίστοιχη ενθαλπία:	32	kJ/kg d.a.
Ποσοστό επιστρεφόμενου αέρα:	0%	%
Ποσοστό φρέσκου αέρα:	0%	%
Θερμοκρασία αέρα εξόδου AHU & RH:	29.0 °C	72% RH
Αντίστοιχη ενθαλπία:	30	kJ/kg d.a.
Ρυθμός ροής ανεμιστήρα AHU:	3.5	m <sup>3</sup> /s
Ροή μάζας αέρα:	15003.8	kg/hr
Συνολική διαφορά ενθαλπίας για ψύξη αέρα:	2	kJ/kg
Ψυκτικό φορτίο:	4.2	kW
Ηλεκτρικό φορτίο συμπιεστή:	68.0	kW
Συντελεστής απόδοσης (COP):	0.17	

Table 8.11.16.1 Μετρήσεις/Αποτελέσματα συστήματος HVAC

Όσον αφορά τα παραπάνω αποτελέσματα, διατυπώνονται τα εξής σχόλια:

- Ο υπολογιζόμενος συντελεστής απόδοσης θεωρείται χαμηλός. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ζήτηση για ψύξη (2,34%) είναι χαμηλή σε σύγκριση με την διαθέσιμη ικανότητα ψύξης του συμπιεστή.

Επιχειρείται διερεύνηση της αποκτηθείσας ενέργειας που προκύπτει από την κατάλληλη ρύθμιση του λόγου του φρέσκου / επιστρεφόμενου αέρα. Το σχήμα 5.9 δείχνει τις χαρακτηριστικές καμπύλες της AHU μετά από την σωστή ρύθμιση των φραχτών (air damper) εισόδου φρέσκου αέρα της AHU.

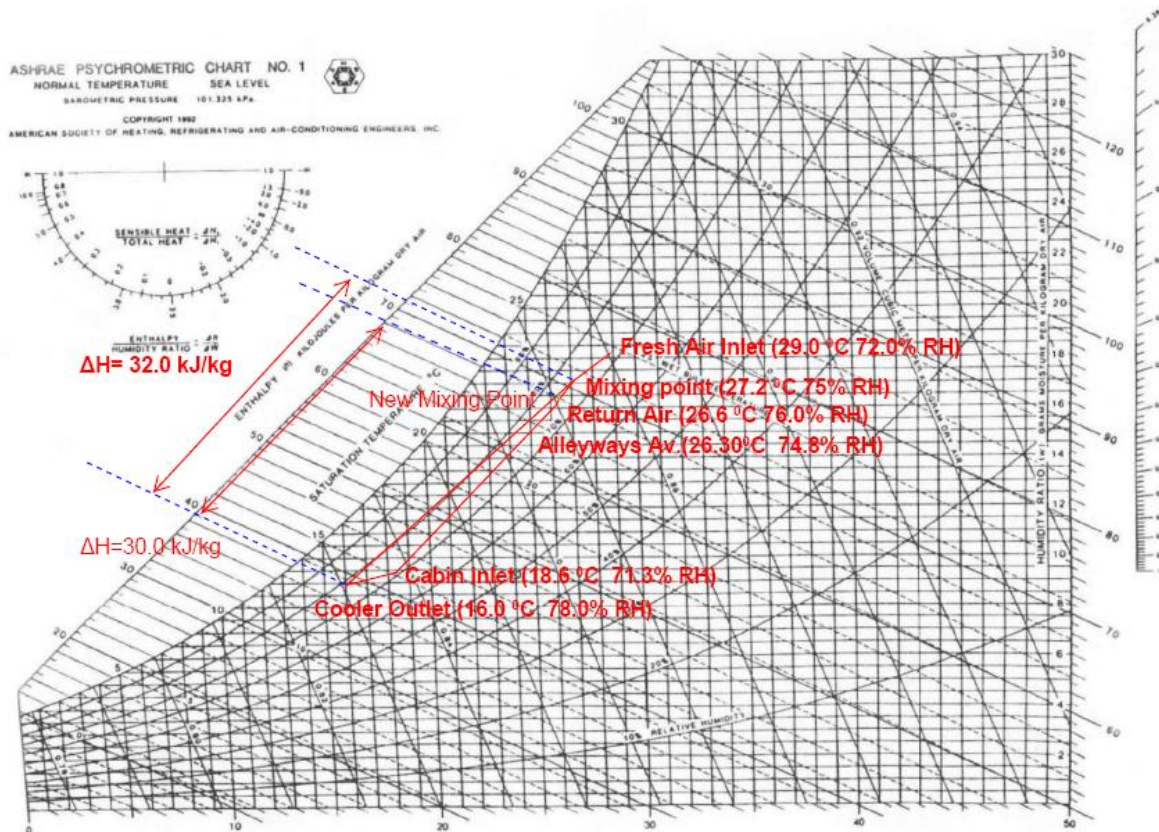


Figure 8.11.16.2: Ψυχομετρικό διάγραμμα με χαρακτηριστικές καμπύλες AHU με σωστή ρύθμιση air dampers

Σημείωση:

Η τιμή της COP που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του ηλεκτρικού φορτίου του συμπιεστή θεωρείται η ίδια με την υπολογισμένη κατά την διάρκεια μετρήσεων του audit.

Βάσει της σχετικά χαμηλής μέσης θερμοκρασίας χώρου των 22.0 °C, φαίνεται να υπάρχει χώρος για εξοικονόμηση ενέργειας σε μέσες θερμοκρασίες περιβάλλοντος (π.χ. ανάμεσα 20 – 25 °C). Όταν επικρατούν τέτοιες θερμοκρασίες, ο C/E θα μπορούσε να δοκιμάσει να λειτουργήσει την μονάδα κλιματισμού κατά την διάρκεια της μέρας, αλλά να την κλείσει την νύχτα, όπου οι θερμοκρασίες στους χώρους διαμονής/ενδιαίτησης μπορούν να διατηρηθούν μόνο με τη λειτουργία του ανεμιστήρα της AHU και την επιτροπή παροχής φρέσκου αέρα στην είσοδο της μονάδας AHU.

### 8.11.17 ESP 09: Ελαχιστοποίηση λειτουργίας συστήματος HVAC σε συνθήκες μέτριας θερμοκρασίας περιβάλλοντος

Έτσι, αναγνωρίζεται το ακόλουθο ESP:

<b>ESP 09:</b>	<b>Ελαχιστοποίηση λειτουργίας συστήματος HVAC σε συνθήκες μέτριας θερμοκρασίας περιβάλλοντος</b>
Τύπος:	Μηδενικού κόστους / Χαμηλού οφέλους
Σκοπιμότητα/Βιωσιμότητα:	Μεσαία

Table 8.11.17.1 ESP 09 / Οικονομική Εκτίμηση

Σχετικές παράμετροι:

Εκτίμηση διαστήματος εκτός λειτουργίας (σβηστού) HVAC :	1,200	Ώρες το έτος
Ελάχιστη ζήτηση ενέργειας συμπιεστή HVAC:	13.45	kW
Ζήτηση ενέργειας συμπιεστή HVAC (EA):	24.00	kW
Εκτίμηση εξοικονόμησης ενέργειας:	16,140.0	kWh/έτος
Μέση SFOC:	221.5	gr/kWh
Εκτίμηση εξοικονόμησης καυσίμου (RMG 380):	3.6	MT το έτος
Ισοδύναμη μείωση CO <sub>2</sub> :	11.5	MT το έτος
Τιμή καυσίμου:	598.5	\$/MT
Αποφευχθέντα κόστη:	2.139.6	\$ το έτος

Table 8.11.17.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 09

$$\text{Εκτιμώμενο διάστημα απενεργοποιημένου HVAC} = 8 \frac{\text{ώρες}}{\text{μέρα}} \times 150 \frac{\text{μέρες}}{\text{χρόνο}} = 1.200 \frac{\text{ώρες}}{\text{χρόνο}}$$

$$\text{Εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας} = 13,45 \text{ kW} \times 1.200 \frac{\text{ώρες}}{\text{χρόνο}} = 16.140 \text{ kWh/έτος}$$

$$\text{Εκτιμώμενη εξοικονόμηση καυσίμου} = 221,5 \frac{\text{gr}}{\text{PSH}} \times 16.140 \text{ kWh/έτος} = 3,575 \text{ MT/έτος}$$

$$\text{Ισοδύναμη εξοικονόμηση CO}_2 = 3,206 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{MT}_{\text{DO}}} \times 3,575 \text{ MT}_{\text{DO}}/\text{έτος} = 11,46 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Αποφευχθέν λειτουργικό κόστος} = 598,5 \frac{\$}{\text{MT}} \times 3,575 \frac{\text{MT}}{\text{έτος}} = 2.139,64 \frac{\$}{\text{έτος}}$$

Σημειώσεις:

- Ο χρόνος απενεργοποίησης/εκτός λειτουργίας του HVAC θεωρείται ότι είναι 8 ώρες/μέρα (π.χ. 00:00 με 08:00), για 5 μήνες τον χρόνο.
- Ο υποκείμενος συμπιεστής δεν επιτρέπεται να δουλεύει πλήρως αφόρτιστος κάτω από οποιαδήποτε χειρισμό ελέγχου ισχύος για μεγάλες χρονικές περιόδους (ελάχιστο φορτίο 33%).

Λόγω της κανονικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος κατά την διάρκεια του audit, αλλαγές στις ρυθμίσεις του θερμοστάτη ή μία σύγκριση με ένα σύστημα διπλού σωλήνα, δεν αποκάλυψαν κάποιο σημαντικό ενεργειακό όφελος.

Ακολουθούν παρατηρήσεις που αφορούν την λειτουργία και τον σχεδιασμό που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση της AHU και της ψυκτικής εγκατάστασης:

- Μέγιστη δυνατή ανακυκλοφορία αέρα, υπό την προϋπόθεση ότι δεν διακυβεύονται οι .συνθήκες υγιεινής
- Η εγκατάσταση (new-buildings) των αγωγών επιστροφής αέρα, θα επιτρέψει ξεχωριστή ψύξη των διαδρόμων και άμεση επιστροφή αέρα στην AHU σε σχετικά χαμηλότερη θερμοκρασία από την παρούσα. Ο τωρινός αέρας προερχόμενος από τους κλιματιζόμενους χώρους τροφοδοτείται στους διαδρόμους, οπότε και θερμαίνεται περαιτέρω και στη συνέχεια επιστρέφει στην AHU σε σχετικά υψηλότερη θερμοκρασία.
- Προτείνεται σε μεσαίες θερμοκρασίες περιβάλλοντος ( κυμαινόμενες από 20–25 °C) η μονάδα κλιματισμού να λειτουργεί κατά την διάρκεια της ημέρας και να κλείνει την νύχτα, όταν οι θερμοκρασίες στους χώρους διαμονής/ενδιαίτησης μετρούνται περίπου 18-20 °C.

Ταυτόχρονα με τις μετρήσεις HVAC ένα πυρανόμετρο χρησιμοποιήθηκε για να καταγράψει την ηλιακή ενέργεια.

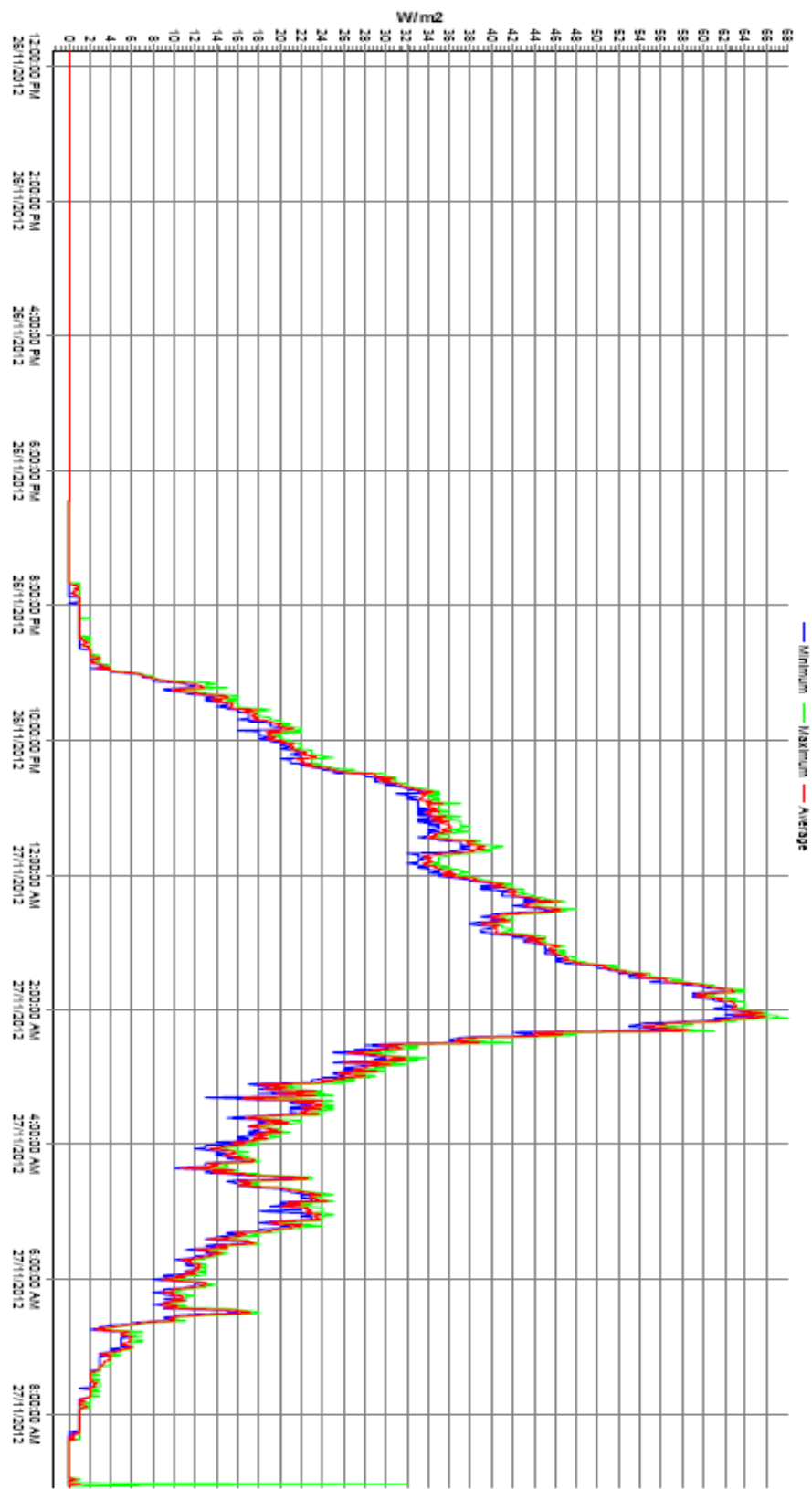


Figure 8.11.17 Καταγραφή ηλιακής ενέργειας με πυρανόμετρο



### 8.11.18 ΦΟΡΤΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

#### 8.11.18.1 Ημερήσια διακύμανση φορτίων φωτισμού καμπινών και αιθουσών αναψυχής

Το συνολικό φορτίο του 115V πάνελ καταγράφηκε, όπου τα πάνελ φωτισμού καμπίνας L-3, L-4, L-5 και L-7 συνδέονται. Η ημερήσια διακύμανση δίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα όπως καταγράφηκε:

Accommodation LIGHTNING distribution from 26.11 to 27.11 during loading.

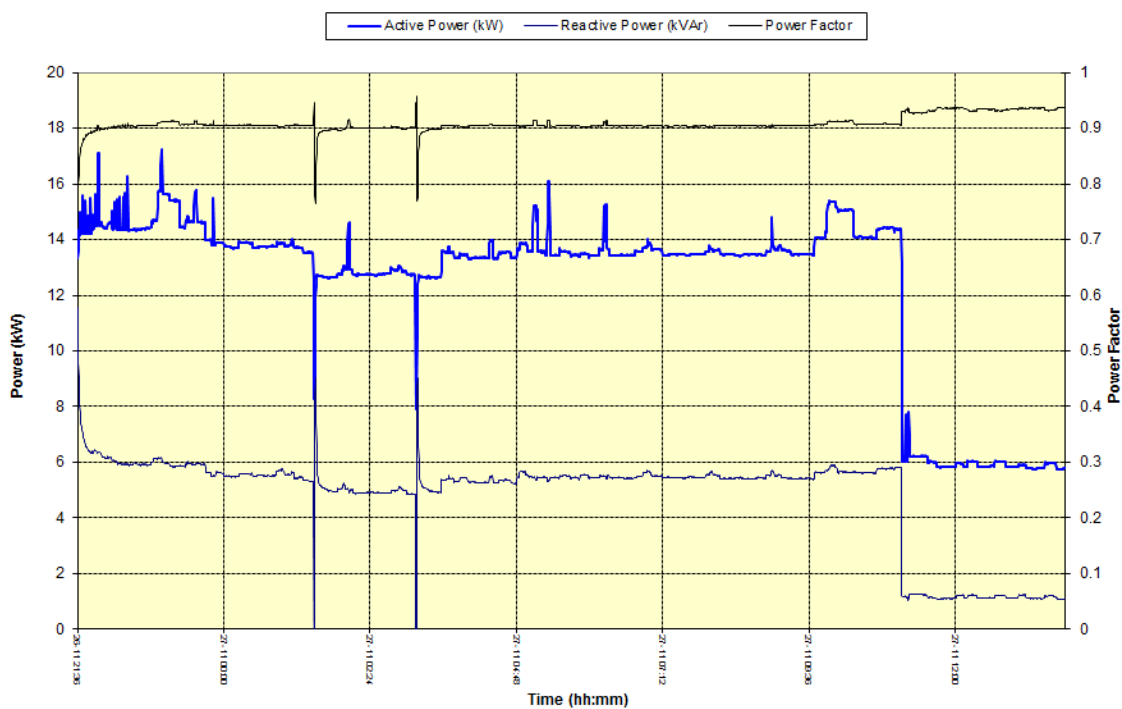


Figure 8.11.18 Ημερήσια διακύμανση πάνελ τροφοδοσίας 115V.

Το διάγραμμα δείχνει μια περίοδο υψηλής ζήτησης ισχύος, κατά μέσο όρο 14 KW, μεταξύ 21:30 και 06:00 το πρωί λόγω του γεγονότος ότι το σκάφος εντός αυτής της περιόδου ολοκληρώνει τη φόρτωση και το πλήρωμα βρισκόταν σε "stand-by" καθήκοντα για αναχώρηση.

Αυτό υποστηρίζεται κι από πραγματικές παρατηρήσεις/μαρτυρίες επί του πλοίου.

### 8.11.18.2 Επίπεδα φωτισμού χώρων στέγασης/ενδίαιτησης και E/R

Κατά το επί πλοίου audit, ένας αριθμός χώρων εντοπίστηκε, που συνήθως δεν είναι κατειλημμένοι, ή χρησιμοποιούνται για πολύ μικρά χρονικά διαστήματα. Παρ’ όλα αυτά τα φώτα είναι αναμμένα “on” συνεχώς. Αυτοί οι χώροι (π.χ. πλυντήριο, στεγνωτήριο, δωμάτιο hydraulic power unit κτλ.) έχουν συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού 4.6kW. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο χρόνος χρήσης ίσως δεν υπερβαίνει ένα μέσο 8 ωρών την ημέρα, το ακόλουθο ESP αναγνωρίζεται:

### 8.11.19 ESP 10: Βελτιστοποίηση φωτισμού χώρων στέγασης

<b>ESP 10:</b>	<b>Βελτιστοποίηση φωτισμού χώρων στέγασης</b>
Τύπος:	Μηδενικού κόστους / Μεσαίου οφέλους
Σκοπιμότητα/Βιωσιμότητα:	Υψηλή

Table 8.11.19.1 ESP 10 / Οικονομική Εκτίμηση

Σχετικές παράμετροι:

Εκτιμώμενη μείωση ζήτησης ενέργειας κατά τις εργάσιμες ώρες:	4.6 kW
Αντίστοιχος χρόνος (07:00-18:00):	9 ώρες/μέρα
Αντίστοιχη ημερήσια εξοικονόμηση ενέργειας:	41.4 kWh/μέρα
Συνολική ετήσια εξοικονόμηση:	15111.0 kWh/χρόνο
Μέση SFOC (RMG380)	221.5 gr/kWh
Εκτίμηση εξοικονόμησης καυσίμου (RMG 380):	3.35 MT το έτος
Ισοδύναμη μείωση CO <sub>2</sub> :	10.7 MT το έτος
Τιμή καυσίμου:	598.5 \$ /MT
Αποφευχθέντα κόστη:	2003,2 \$ το έτος

Table 8.11.19.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 10

Θεωρώντας 9 εργάσιμες ώρες (07:00-16:00) έχουμε ημερήσια εξοικονόμηση ενέργειας=

$$9 \frac{\text{ώρες}}{\text{μέρα}} \times 4,6 \text{ kW} = 41,4 \text{ kWh} / \text{μέρα}$$

$$\text{Συνολική ετήσια εξοικονόμηση} = 356 \frac{\text{μέρες}}{\text{χρόνο}} \times 41,4 \text{ kWh} / \text{μέρα} = 15.111 \text{ kWh} / \text{έτος}$$

$$\text{Εκτιμώμενη εξοικονόμηση καυσίμου} = 221,5 \frac{\text{gr}}{\text{PSH}} \times 15.111 \text{ kWh} / \text{έτος} = 3,347 \text{ MT} / \text{έτος}$$

$$\text{Ισοδύναμη εξοικονόμηση CO}_2 = 3,206 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{MT}_{\text{DO}}} \times 3,347 \text{ MT}_{\text{DO}} / \text{έτος} = 10,71 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Αποφευχθέν λειτουργικό κόστος} = 598,5 \frac{\text{\$}}{\text{MT}} \times 3,347 \frac{\text{MT}}{\text{έτος}} = 2.003,18 \text{ \$} / \text{έτος}$$

### Lighting Power Demand of Very Low Occurancy Spaces

Κατά το επί πλοίου audit, ένας αριθμός χώρων εντοπίστηκε, που συνήθως δεν είναι κατειλημμένοι, ή χρησιμοποιούνται για πολύ μικρά χρονικά διαστήματα. Παρ’ όλα αυτά τα φώτα είναι αναμμένα “on” συνεχώς, (π.χ. πλυντήριο, στεγνωτήριο, δωμάτιο hydraulic power unit κτλ.).

Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο χρόνος χρήσης ίσως δεν υπερβαίνει ένα μέσο 2 ωρών την ημέρα, το ακόλουθο ESP αναγνωρίζεται:

#### 8.11.20 ESP 11: Βελτιστοποίηση φωτισμού χώρων πολύ χαμηλής χρήσης

<b>ESP 11:</b>	<b>Βελτιστοποίηση φωτισμού χώρων πολύ χαμηλής χρήσης</b>
Τύπος:	Μηδενικού κόστους / Μεσαίου οφέλους
Σκοπιμότητα/Βιωσιμότητα:	Υψηλή

Table 8.11.20.1 ESP 11 / Οικονομική Εκτίμηση

Σχετικές Παράμετροι:

Ζήτηση ενέργειας:	1.55 kW
Τωρινός χρόνος λειτουργίας:	20 ώρες/μέρα
Εκτιμώμενος μέσος πραγματικός χρόνος χρήσης:	1 ώρα/μέρα
Εκτιμώμενος χρόνος αδρανοποίησης/συντήρησης/αναμονής:	19 ώρες/μέρα
Εκτιμώμενη ημερήσια εξοικονόμηση ενέργειας:	29.5 kWh/μέρα
Συνολική ετήσια εξοικονόμηση:	10749.3 kWh
Μέση SFOC (RMG380):	221.5 gr/kWh
Εκτίμηση εξοικονόμησης καυσίμου (RMG 380):	2.4 MT το έτος
Ισοδύναμη μείωση CO <sub>2</sub> :	7.6 MT το έτος
Τιμή καυσίμου:	598.5 \$ /MT
Αποφευχθέντα κόστη:	1424,4 \$ το έτος

Table 8.11.20.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 11

Εκτιμώμενος ωφέλιμος χρόνος= 20 – 1 = 19 ώρες

Εκτιμώμενη ημερήσια εξοικονόμηση ενέργειας=  $19 \frac{\text{ώρες}}{\text{μέρα}} \times 1,55 \text{ kW} = 29,45 \text{ kWh}/\text{μέρα}$

Συνολική ετήσια εξοικονόμηση=  $356 \frac{\text{μέρες}}{\text{χρόνο}} \times 29,45 \text{ kWh}/\text{μέρα} = 10.749,25 \text{ kWh}/\text{έτος}$

Εκτιμώμενη εξοικονόμηση καυσίμου=  $221,5 \frac{\text{gr}}{\text{PSH}} \times 10.749,25 \text{ kWh}/\text{έτος} = 2,38 \text{ MT}/\text{έτος}$

Ισοδύναμη εξοικονόμηση CO<sub>2</sub>=  $3,206 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{MT}_{\text{DO}}} \times 3,347 \text{ MT}_{\text{DO}}/\text{έτος} = 7,62 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{έτος}}$

Αποφευχθέντα κόστη=  $598,5 \frac{\$}{\text{MT}} \times 2,38 \frac{\text{MT}}{\text{έτος}} = 1.424,43 \text{ $}/\text{έτος}$

### Εγκατεστημένοι τύποι λαμπτήρων επί του πλοίου

Μια ανασκόπηση του αριθμού και τύπου λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται στα φωτιστικά πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τα διαγράμματα καλωδίωσης των συστημάτων φωτισμού. Η πλειοψηφία των φωτιστικών που είναι εγκατεστημένα επί του πλοίου αποτελείται από λαμπτήρες TFL (φθοριούχου σωλήνα). Ωστόσο, εντοπίστηκαν κάποιες λυχνίες πυράκτωσης σε εξωτερικές εγκαταστάσεις. Κάθε λάμπα 100W μπορεί να αντικατασταθεί από μια συμπαγή λάμπα φθορισμού (CFL) ισχύος 18W και κάθε λάμπα 60W από CFW των 13W. Βάσει της τελευταίας παρατήρησης, το ακόλουθο ESP αναγνωρίζεται:

#### 8.11.21 ESP 12: Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως από λαμπτήρες φθορισμού

<b>ESP 12:</b>	<b>Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως από CFLs</b>
Τύπος:	Χαμηλού κόστους / Χαμηλού οφέλους
Σκοπιμότητα/Βιωσιμότητα:	Υψηλή

Table 8.11.21.1 ESP 12 / Οικονομική Εκτίμηση

Σχετικές παράμετροι:

Συνολικός αριθμός λαμπτήρων 100W :	8
Εγκατεστημένη ισχύς:	2.10 kW
Ισοδύναμη ισχύς CFL :	0.525 kW
Εξοικονόμηση εγκατεστημένης ισχύος:	1.575 kW
Συντελεστής χρησιμοποίησης:	1
Εξοικονόμηση καθαρής ισχύος:	1.575 kW
Εκτίμηση εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας:	13797 kWh το έτος
Μέση SFOC (RMG380):	221.5 gr/kWh
Εκτίμηση εξοικονόμησης καυσίμου (RMG 380):	3.1 MT το έτος
Ισοδύναμη μείωση CO <sub>2</sub> :	9.8 MT το έτος
Τιμή καυσίμου:	598.5 \$ /MT
Αποφευχθέντα κόστη:	1829 \$ το έτος
Εκτίμηση ποσού επένδυσης:	80 \$
Περίοδος αποπληρωμής/απόσβεσης :	0.52 Μήνες

Table 8.11.21.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 12

$$\text{Ισοδύναμη (εγκατεστημένης) ισχύς CFL} = \frac{1}{4} \cdot 2,1 = 0,525 \text{ kW}$$

$$\text{Εξοικονόμηση εγκατεστημένης ισχύος} = 2,1 \text{ kW} - 0,25 \text{ kW} = 1,575 \text{ kW}$$

$$\text{Εκτίμηση ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας} = 356 \frac{\text{μέρες}}{\text{χρόνο}} \times 24 \frac{\text{ώρες}}{\text{μέρα}} \times 1,575 \frac{\text{kWh}}{\text{μέρα}} = 13.797 \frac{\text{kWh}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Εκτιμώμενη εξοικονόμηση καυσίμου} = 221,5 \frac{\text{gr}}{\text{PSH}} \times 13.797 \frac{\text{kWh}}{\text{έτος}} = 3,056 \frac{\text{MT}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Ισοδύναμη εξοικονόμηση CO}_2 = 3,206 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{MT}_{\text{DO}}} \times 3,056 \frac{\text{MT}_{\text{DO}}}{\text{έτος}} = 9,78 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Αποφευχθέντα κόστη} = 598,5 \frac{\$}{\text{MT}} \times 3,056 \frac{\text{MT}}{\text{έτος}} = 1.829,016 \frac{\$}{\text{έτος}}$$

$$\text{Επένδυση Κεφαλαίου} = 8 \times 10\$ = 80\$ \quad | \quad \text{Περίοδος απόσβεσης} = \frac{80\$}{1829,016 \frac{\$}{\text{έτος}}} = 0,044 \text{ έτη} = 0,52 \text{ μήνες}$$

Σημειώσεις:

1. Μόνο οι συνήθεις λάμπες λειτουργίας συμμετέχουν στους υπολογισμούς, αφού δεν είναι συμφέρον να αντικαταστήσουμε τις λάμπες εκτάκτου ανάγκης ή λάμπες EX με CFLs.
2. Το κόστος θεωρείται ότι είναι \$ 10 ανά λάμπα.
3. Επιτόκιο 4% θεωρείται για τον υπολογισμό της περιόδου αποπληρωμής.
4. Οι λάμπες CFL δεν προτείνονται γενικά από τους κατασκευαστές ως ανθεκτικές στις δονήσεις. Παρά ταύτα, CFLs καλής ποιότητας αναμένεται να λειτουργήσουν καλά σε ένα περιβάλλον με δονήσεις. Ως εκ τούτου, πρέπει να δοθεί προσοχή στην ποιότητα των CFLs στο πλοίο.
5. Υπάρχει μια νέα γενιά λυχνιών LED, που είναι ακόμα πιο οικονομικές από τις CFLs, αφού έχουν διάρκεια ζωής περίπου 100,000 ώρες (σε σύγκριση με 10,000 των CFL και 1,000 ωρών των πυρακτώσεως) και είναι πιστοποιημένες ως ανθεκτικές σε δονήσεις.
6. Σύμφωνα με την Αμερικανική Ακτοφυλακή, τα CFL, γνωστά κι ως συσκευές φωτισμού ραδιοσυχνότητας (RF), ενδέχεται να παρεμβαίνουν σε συγκεκριμένο εξοπλισμό επικοινωνιών. Τα CFL χρησιμοποιούν μια συσκευή φωτισμού RF για να διεγείρουν ένα αέριο εντός ενός λαμπτήρα ώστε να παράγουν φως. Προτείνεται ότι πριν από την εγκατάσταση ενός CFL (ιδίως συσκευών ικανών να παράγουν εκπομπές στη ζώνη των 0,45-30 MHz) στην γέφυρα ναυσιπλοΐας και σε άλλα μέρη που είναι ικανά να προκαλέσουν παρεμβολές ραδιοεπικοινωνιών, πρέπει να συμβουλευτούμε τον κατασκευαστή.

#### 8.11.22 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΣΥΜΜΕΤΡΙΩΝ ΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Η αυξομείωση/ανισορροπία (ασυμμετρία) τάσης υποβαθμίζει την απόδοση και μειώνει τη διάρκεια ζωής ενός τριφασικού κινητήρα. Η μη σταθερή τάση στους ακροδέκτες του στάτη του κινητήρα προκαλεί ανισορροπία ρεύματος φάσης, σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό ως προς την ανισορροπία τάσης. Τα μη σταθερά ρεύματα οδηγούν σε παλλόμενες ροπές, αυξημένους κραδασμούς και μηχανικές καταπονήσεις, αυξημένες απώλειες και υπερθέρμανση κινητήρα, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη μικρότερη διάρκεια ζωής μόνωσης τυλίγματος.

Η ασυμμετρία τάσης ορίζεται από την National Electrical Manufacturers Association (NEMA) ως 100 φορές η απόλυτη τιμή της μέγιστης απόκλισης της τάσης γραμμής από τη μέση τάση σε ένα τριφασικό σύστημα, διαιρούμενη με τη μέση τάση.

Συνίσταται οι ανισορροπίες τάσης στους ακροδέκτες του κινητήρα να μην υπερβαίνουν το 1%. Αυξομειώσεις άνω του 1% απαιτούν υπονόμηση του κινητήρα and και θα ακυρώσουν τις περισσότερες εγγυήσεις των κατασκευαστών.

Η ασυμμετρία τάσης είναι ίσως το κορυφαίο ποιοτικό πρόβλημα ενέργειας που οδηγεί σε υπερθέρμανση του κινητήρα και πρόωρη βλάβη του κινητήρα. Αν ανιχνευθούν μη ισορροπημένες τάσεις, θα πρέπει να γίνει διεξοδική έρευνα για τον προσδιορισμό της αιτίας.

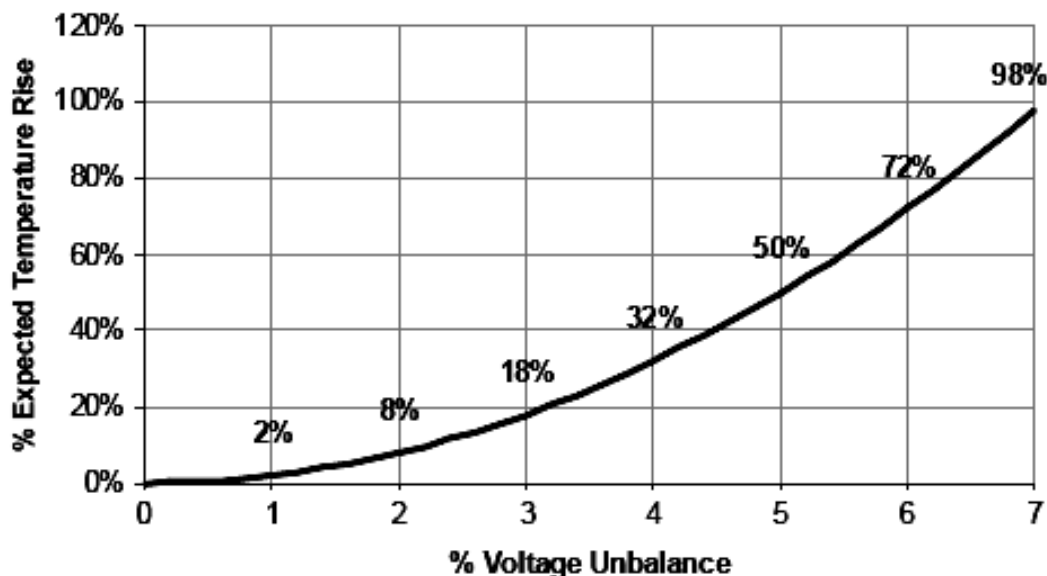


Figure 8.11.22 Αύξηση Θερμοκρασίας προκαλούμενη από Ασυμμετρίες Τάσης.

Η ασυμμετρία τάσης προκαλεί εξαιρετικά υψηλή ανισορροπία ρεύματος. Το μέγεθος μεταβολής του ρεύματος, μπορεί να είναι 6 έως 10 φορές μεγαλύτερο από την μεταβαλλόμενη τάση. Ένας κινητήρας θα ανεβάζει θερμοκρασία όταν λειτουργεί από τροφοδοτικό ενέργειας με μεταβαλλόμενη τάση. Η πρόσθετη αύξηση της θερμοκρασίας εκτιμάται με την ακόλουθη εξίσωση:

Ποσοστιαία επιπρόσθετη αύξηση θερμοκρασίας =  $2 \times (\% \text{ μεταβολή/ανισορροπία τάσης})$ .

Για παράδειγμα, ένας κινητήρας με  $100^{\circ}\text{C}$  αύξηση θερμοκρασίας θα είχε μία αύξηση θερμοκρασίας  $8^{\circ}\text{C}$  αν λειτουργούσε υπό συνθήκες με 2% ανισορροπία τάσης. Η διάρκεια ζωής της μόνωσης τυλίγματος μειώνεται κατά το ήμισυ για κάθε  $10^{\circ}\text{C}$  αύξηση της θερμοκρασίας λειτουργίας.

Θέματα ασυμμετρίας τάσης μπορούν να προκύψουν από τις ακόλουθες αιτίες: την παροχή (ηλεκτρικής ενέργειας), την εγκατάσταση που πλαισιώνει τον κινητήρα ή το κινητήρα καθαυτό.

Μερικές φορές η παροχή ενέργειας μπορεί να είναι η πηγή των μη ισορροπημένων τάσεων. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε δυσλειτουργία του εξοπλισμού, όπως καμένες ασφάλειες πυκνωτών, open-delta ρυθμιστών και open-delta μετασχηματιστών. Ο εξοπλισμός open-delta μπορεί να είναι πιο επιρρεπής σε θέματα ανισορροπίας, μεταβολών, αυξομειώσεων από τον εξοπλισμό closed-delta, αφού χρησιμοποιούν μόνο δύο φάσεις για να πραγματοποιήσουν τους μετασχηματισμούς τους. Εκτός από τον ελαττωματικό εξοπλισμό, η ανισορροπία τάσης μπορεί επίσης να προκληθεί από μονοφασική ανισοκατανομή φορτίου μεταξύ των τριών φάσεων.

Η εγκατάσταση που στεγάζει τον κινητήρα μπορεί να δημιουργήσει ασύμμετρες τάσεις ακόμα κι αν η παρεχόμενη ενέργεια είναι καλά ισορροπημένη. Πάλι, μπορεί να δημιουργηθεί λόγω δυσλειτουργικού εξοπλισμού ή αναντιστοιχία μεταγωγών μετασχηματιστών. Κακή κατανομή φορτίου εντός της εγκατάστασης μπορεί να δημιουργήσει θέματα μη σταθερής τάσης. Προκειμένου να εξασφαλιστεί ορθή κατανομή φορτίου σε μονο- και τρι- φασικό επίπεδο, η “διαφορά μεταξύ οποιονδήποτε δύο φάσεων στο μέγιστο φορτίο ζήτησης δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 10 τοις εκατό ή 50 amperes, όποια τιμή ανά περίπτωση είναι μεγαλύτερη.”

Ο ίδιος ο κινητήρας μπορεί επίσης να είναι πηγή θεμάτων μεταβολών. Οι αντιστατικές κι επαγωγικές ανισορροπίες εντός του κινητήρα μπορούν να δημιουργήσουν μη ισορροπημένα ρεύματα και μη ισορροπημένες τάσεις. Ελαττώματα στις συνδέσεις του κυκλώματος ισχύος, με τις οποίες έρχεται σε επαφή ο κινητήρας ή στις περιελίξεις δρομέα και στάτη, μπορούν να προκαλέσουν μη κανονικές αντιστάσεις μεταξύ των φάσεων του κινητήρα που οδηγούν σε μη ισορροπημένες συνθήκες.

Οι αιτίες ασυμμετρίας/μεταβολής/αυξομείωσης τάσης μπορεί να είναι οι ακόλουθες:

- Κακή λειτουργία εξοπλισμού διόρθωσης συντελεστή ισχύος.
- Μη ισορροπημένη ή ασταθής παροχή ηλεκτρικού ρεύματος.
- Μη ισορροπημένα συστοιχία μετασχηματιστών που τροφοδοτούν ένα τριφασικό φορτίο που είναι πολύ μεγάλο για την συστοιχία αυτή.
- Άνισα κατανομημένα μονοφασικά φορτία στο ίδιο σύστημα ισχύος.
- Μη αναγνωρίσιμα σφάλματα μονοφασικής προς γείωση.
- Ένα ανοικτό κύκλωμα στο σύστημα διανομής πρωτεύον.

Όταν εξετάζουμε για ασυμμετρία τάσης, είναι προτιμότερο να μετρούνται οι φάση-προς-φάση τάσεις παρά οι φάση-προς-γείωση τάσεις αφού οι πολυφασικοί κινητήρες είναι συνδεδεμένοι μέσω φάσεων. Αφού μετρηθούν οι φασικές τάσεις αυτές με ένα κατάλληλα βαθμονομημένο βολτόμετρο, ο ακόλουθος υπολογισμός μπορεί να καθορίσει το ποσοστό της ανισοροπίας τάσης.

Κατά το επί πλοίου audit, ένας αριθμός κινητήρων ελέγχθηκαν, με σκοπό να εντοπιστεί η ανισοροπία τάσης.

Motors	Voltage				Voltage Unbalanced		
	L1	L2	L3	Average	L1	L2	L3
No 1 Engine room fan	442.9838	449.7099	437.94	444	0.13	1.39	1.26
No1 Main cooling sea water	411.4795	396.8051	141.3773	317	29.99	25.35	55.34
No1 Main lub oil pump	444.8478	451.0291	441.5992	446	0.22	1.17	0.95
No1 Central cooling fresh water	443.5519	449.8412	440.2358	445	0.22	1.19	0.97
Top Up compressor	442.6233	449.138	439.6705	444	0.27	1.20	0.93

Table 8.11.22 Μετρούμενες Ασυμμετρίες Τάσεις κατά το Energy Audit

Λαμβάνοντας υπόψη τον παραπάνω πίνακα, το ακόλουθο ESP αναγνωρίζεται:

### 8.11.23 ESP 13: Ελαχιστοποίηση ασυμμετρίας τάσης στις μηχανές

<b>ESP 13:</b>	<b>Ελαχιστοποίηση ασυμμετρίας τάσης στις μηχανές</b>
Τύπος:	Χαμηλού κόστους / Χαμηλού οφέλους
Σκοπιμότητα/Βιωσιμότητα:	Μεσαία

Table 8.11.23.1 ESP 13 / Οικονομική Εκτίμηση

Σχετικές παράμετροι:

Ζήτηση/Απαίτηση ισχύος	328.9 kW
Τωρινή διάρκεια λειτουργίας	21.5 ώρες/μέρα
Εκτιμώμενη ημερήσια εξοικονόμηση ενέργειας:	99.03 kWh/μέρα
Συνολική ετήσια εξοικονόμηση:	36,146 kWh
Μέση SFOC (RMG 380)	221.5 gr/kWh
Εκτίμηση εξοικονόμησης καυσίμου (RMG 380):	8.01 MT το έτος
Ισοδύναμη μείωση CO <sub>2</sub> :	25.6 MT το έτος
Τιμή καυσίμου	598.5 \$ /MT
Αποφευχθέντα κόστη:	4,791.6 \$ το έτος
Εκτίμηση ποσού επένδυσης:	3,000 \$
Χρόνος αποπληρωμής:	7.51 Μήνες

Table 8.11.23.2 Κυριότερες Παράμετροι ESP 13

$$\text{Τωρινή διάρκεια λειτουργίας} = 21,5 \frac{\text{ώρες}}{\text{μέρα}}$$

$$\text{Εκτιμώμενη εξοικονόμηση ενέργειας} = 99,03 \frac{\text{kWh}}{\text{μέρα}}$$

$$\text{Συνολική ετήσια εξοικονόμηση} = 356 \frac{\text{μέρες}}{\text{χρόνο}} \times 29,45 \frac{\text{kWh}}{\text{μέρα}} = 36.145,95 \frac{\text{kWh}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Εκτιμώμενη εξοικονόμηση καυσίμου} = 221,5 \frac{\text{gr}}{\text{PSH}} \times 36.145,95 \frac{\text{kWh}}{\text{έτος}} = 8,006 \frac{\text{MT}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Ισοδύναμη εξοικονόμηση CO}_2 = 3,206 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{MT}_{\text{DO}}} \times 3,347 \frac{\text{MT}_{\text{DO}}}{\text{έτος}} = 25,62 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{έτος}}$$

$$\text{Αποφευχθέντα κόστη} = 598,5 \frac{\$}{\text{MT}} \times 8,006 \frac{\text{MT}}{\text{έτος}} = 4.791,6 \frac{\$}{\text{έτος}}$$

$$\text{Επένδυση Κεφαλαίου} = 3.000\$$$

$$\text{Περίοδος απόσβεσης} = \frac{3000\$}{4791,6 \frac{\$}{\text{έτος}}} = 0,626 \text{ έτη} = 0,626 \cdot 12 = 7,51 \text{ μήνες}$$

Η ακόλουθη δοκιμή μπορεί να βοηθήσει να καθορίσουμε αν η πηγή του προβλήματος είναι η ίδια η μηχανή ή η ισχύς που τροφοδοτεί τον κινητήρα.

Ελέγχοντας την Πηγή της Ανισορροπίας:

1. Μέτρηση και καταγραφή του ρεύματος σε κάθε οδηγό/ακροδέκτη του κινητήρα.
2. Περιστροφή και των τριών γραμμών ισχύος εισόδου κατά μία θέση, φροντίζοντας να μην αλλάξουμε τη σειρά των καλωδίων. (Η αλλαγή της σειράς θα αλλάξει την περιστροφή του κινητήρα).
3. Μέτρηση και καταγραφή του ρεύματος σε κάθε ακροδέκτη στη νέα διαμόρφωση.
4. Περιστροφή και των τριών γραμμών ισχύος εισόδου κατά μία θέση ακόμα.
5. Μέτρηση και καταγραφή του ρεύματος σε κάθε ακροδέκτη στη νέα διαμόρφωση.
6. Για κάθε μια από τις τρεις διαμορφώσεις περιστροφής, καθορισμός μέσου ρεύματος και σημείωση συγκεκριμένου συνδυασμού γραμμής ισχύος / μηχανής-ακροδέκτη (power line/motor-lead) που έχει τη μέγιστη απόκλιση από το μέσο ρεύμα.
7. Σύγκριση των τριών power-line/motor-lead συνδυασμών με μέγιστη απόκλιση ρεύματος. Αν ο συνδυασμός περιέχει πάντα τον ίδιο ακροδέκτη, τότε σημαίνει κάποιο πρόβλημα του κινητήρα. Αν ο συνδυασμός πάντα περιέχει την ίδια γραμμή ισχύος, τότε η τροφοδοσία ισχύος έχει κάποιο σφάλμα.



#### 8.11.24 ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ/ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ ΠΛΗΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΥ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ

Η επίγνωση/επιμόρφωση και παρακίνηση του προσωπικού ήταν πολύ υψηλή και πραγματικά εμφάνισαν ενδιαφέρον κι ευαισθητοποίηση για ενεργειακή εξοικονόμηση. Τα μέλη του πληρώματος κατά την διάρκεια του audit έδειξαν ότι έχουν το στόχο να βελτιώσουν και αλλάξουν τις υπάρχουσες πρακτικές τους ώστε να μειωθεί η ενέργεια που καταναλώνουν επί πλοίου κατά την λειτουργία. Πολλά από τα ESPs εφαρμόστηκαν απευθείας αφού παρατηρήθηκαν και συζητήθηκαν.

Επιπροσθέτως για να μπορέσουν τα μέλη του πληρώματος να πετύχουν τον στόχο για ένα ενεργειακά αποδοτικότερο πλοίο προτείνεται να οργανωθούν μικρά σεμινάρια με στόχο να ενισχυθεί η γνώση τόσο του προσωπικού γραφείου αλλά και πλοίου σε θέματα και πρακτικές ενεργειακής εξοικονόμησης.

Ένα τέτοιο σεμινάριο θα μπορούσε να περιλαμβάνει τα ακόλουθα θέματα:

- “Doing more with less” concept.
- Πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας, διαχείριση φωτισμού, διαχείριση ηλεκτρικών συσκευών.
- Ρυθμίσεις ενεργειακής απόδοσης ελέγχου θέρμανσης.
- Αποτελεσματική μεταφορά.
- Αντίκτυπο εκπομπών CO<sub>2</sub> και CH<sub>4</sub> στην ατμόσφαιρα της Γης και παγκόσμια υπερθέρμανση.

Επιπλέον των ανωτέρω γενικών σεμιναρίων, πιο εξειδικευμένες πληροφορίες για το πλοίο θα μπορούσαν να επικοινωνηθούν μέσω τεχνικών σεμιναρίων που θα παρακολουθούνταν από το προσωπικό τεχνικού τμήματος και στελέχη του πλοίου. Τέτοια σεμινάρια θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν τα ακόλουθα θέματα:

- Η επίδραση της ρύπανσης και τραχύτητας της γάστρας στην αύξηση των απαιτήσεων ισχύος.
- Ενεργειακά αποδοτικοί κινητήρες και μεταβλητές ταχύτητες πλοήγησης.
- Πρακτικές διαχείρισης φορτίου μηχανοστασίου που αυξάνουν την ενεργειακή εξοικονόμηση και αποδοτικότητα.
- Αποτελεσματική παρακολούθηση και ερμηνεία των δεδομένων ταξιδιού και εκθέσεων επιδόσεων κινητήρα (reports απόδοσης μηχανής).

## 9. ANALYSIS OF MEASUREMENTS AND AUDIT FINDINGS

### 9.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ENERGY SAVING POTENTIALS

Έχουμε πλέον συγκεντρώσει τα Energy Saving Potentials που παραπάνω υπολογίστηκαν αναλυτικά και εδώ θα εξετάσουμε κατά πόσο πρακτικά, τα πορίσματα αυτά του Energy Audit συμβάλλουν τελικά στην βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του πλοίου, που είναι και το ζητούμενο. Αυτό θα γίνει υπολογίζοντας τον δείκτη ΕΕΟΙ που είναι ο προτεινόμενος κι άρα αποδεκτός από τον IMO τρόπος για την παρακολούθηση (monitoring) και μέτρηση της αποδοτικότητας καυσίμου του πλοίου σε λειτουργία εν πλω. Ο «δείκτης επίδοσης ενεργειακής απόδοσης» θα υπολογισθεί πριν και μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης, με βάση τα στοιχεία ταξιδιού που μας έχουν παρασχεθεί από την Εταιρεία.

Πρώτα, θα ταξινομήσουμε τα Energy Saving Potentials με βάση την πιθανότητα, το πόσο εύκολο και σκόπιμο κρίνεται να εφαρμοστούν (feasibility) και περαιτέρω με βάση την σχέση κόστους/οφέλους που εμφανίζουν. Για παράδειγμα, ανάμεσα από δύο μέτρα που έχουν υψηλή σκοπιμότητα και μπορούν να εφαρμοστούν εύκολα με απλή διαχείριση χωρίς παρεμβάσεις (μηδενικό κόστος), προφανώς υψηλότερα στην κλίμακα θα είναι αυτό που θα αποφέρει την μεγαλύτερη εξοικονόμηση, δηλαδή τα υψηλότερα οφέλη. Αν δύο μέτρα με ίδιο feasibility, είναι επίσης στις ίδιες κλίμακες κόστους/οφέλους (π.χ μεσαίου κόστους/μεσαίου οφέλους), προτεραιότητα έχει αυτό που συνολικά πάλι αφήνει μεγαλύτερο κέρδος, ή αυτό στο οποίο ουσιαστικά γίνεται πιο γρήγορα απόσβεση.

Με βάση τα παραπάνω, συνοψίζουμε στον παρακάτω πίνακα ταξινομημένα αυτή την φορά τα Energy Saving Potentials.

ESPs	Περιγραφή	Εξοικονόμηση Καυσίμου MT/year	Ισοδύναμη Μείωση CO2 (MT/year)	Αποφευχθέν Κόστος (\$/year)	Επένδυση Κεφαλαίου (\$)	Κόστος	Όφελος	Υλοποίηση / Σκοπιμότητα
ESP 05	Αποτελεσματική διαχείριση ανεμιστήρα Ε/Ρ	69,896	223,667	41.832,760	0,00	Μηδέν	Υψηλό	Υψηλή
ESP 03	Εκτιμώμενο όφελος από βέλτιστη χρήση D/G	21,340	68,288	12.770,000	0,00	Μηδέν	Μεσαίο	Υψηλή
ESP 06	Χρήση βοηθητικών λεβήτων για την αποτέφρωση των υπολειμμάτων ιλύος	9,538	30,522	5.708,493	0,00	Μηδέν	Μεσαίο	Υψηλή
ESP 09	Ελαχιστοποίηση λειτουργίας συστήματος HVAC σε συνθήκες μέτριας θερμοκρασίας περιβάλλοντος	3,600	11,520	2.139,640	0,00	Μηδέν	Χαμηλό	Υψηλή
ESP 10	Βελτιστοποίηση φωτισμού χώρων στέγασης	3,347	10,710	2.003,180	0,00	Μηδέν	Χαμηλό	Υψηλή
ESP 11	Βελτιστοποίηση φωτισμού χώρων πολύ χαμηλής χρήσης	2,380	7,616	1.424,430	0,00	Μηδέν	Χαμηλό	Υψηλή
ESP 12	Αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως από λαμπτήρες φθορισμού	3,056	9,779	1.829,016	80,00	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλή
ESP 08	Ελαχιστοποίηση διαρροών συστήματος συντήρησης πεπιεσμένου αέρα	1,169	3,741	699,650	1.000,00	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλή
ESP 01	Κρίσιμη μείωση SFOC για όφελος από την γενική επισκευή της Μ/Ε	30,104	93,756	18.017,427	50.000,00	Υψηλό	Μεσαίο	Υψηλή
ESP 13	Ελαχιστοποίηση ασυμμετρίας τάσης	8,006	25,619	4.791,600	3.000,00	Χαμηλό	Χαμηλό	Μεσαία
ESP 04	Αντικατάσταση Cooling SW Pump & General Service Pump Motors with Κινητήρες Υψηλής Απόδοσης (με βαθμό απόδοσης EFF1)	7,676	24,563	4.594,090	4.300,00	Χαμηλό	Χαμηλό	Μεσαία
ESP 02	Εκτιμώμενο όφελος από συντήρηση D/G (Βελτίωση της SFOC)	25,808	82,586	15.446,088	9.621,30	Μεσαίο	Μεσαίο	Μεσαία
ESP 07	Εγκατάσταση FUEL MILL MC Ομογενοποιητή	23,760	73,998	14.220,360	50.000,00	Υψηλό	Μεσαίο	Χαμηλή

Table 9.1 Ταξινόμηση Energy Saving Potentials βάση Υλοποιησιμότητας και Κόστους/Οφέλους

Όλα τα ESPs , εξαιρουμένων των 01: Κρίσιμη μείωση SFOC για όφελος από την γενική επισκευή της M/E και 07: Εγκατάσταση FUEL MILL MC Ομογενοποιητή, αφορούν τα βοηθητικά μηχανήματα, τις dieselογεννήτριες, λέβητες, σύστημα εξαερισμού κτλ και οδηγούν σε μείωση καυσίμου Diesel Oil, οπότε είναι αναμενόμενο ότι οι πιο σημαντικές μειώσεις κι εξοικονομήσεις είναι από αυτό. Μάλιστα, όπως βλέπουμε στον πίνακα, τα πιο εύκολα κι άμεσα υλοποιήσιμα προτεινόμενα μέτρα στοχεύουν στην εξοικονόμηση DO , ενώ και τα δύο μέτρα που αφορούν την κύρια μηχανή και την μείωση κατανάλωσης Fuel Oil, απαιτούν επεμβάσεις κι επισκευές και παρ’ ότι αν εφαρμοστούν αποφέρουν αρκετά καλά οφέλη (18.017,427\$ και 14.220,360\$ αντίστοιχα), το κόστος επένδυσης κεφαλαίου είναι μεγάλο και η μελέτη σκοπιμότητας τα κατατάσσει χαμηλά, με το ESP 07 να βρίσκεται στην τελευταία θέση.

Υπολογίζοντας την συνολική ετήσια εξοικονόμηση FO και DO από το άθροισμα των εκτιμώμενων εξοικονομήσεων καυσίμου της πρώτης στήλης, λαμβάνουμε:

Συνολική εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση Fuel Oil από προτεινόμενα μέτρα του Energy Audit=  
 $30,104 + 23,760 = 53,864 \text{ MT/έτος}$

Συνολική εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση Diesel Oil από προτεινόμενα μέτρα του Energy Audit=  
 $25,808 + 21,340 + 7,676 + 69,896 + 9,538 + 1,169 + 3,600 + 3,347 + 2,380 + 3,056 + 8,006 =$   
 $155,816 \text{ MT/έτος}$

Το άθροισμα της δεύτερης στήλης μας δίνει την ισοδύναμη Συνολική εκτιμώμενη μείωση CO<sub>2</sub>=  
 $666,365 \text{ MT/έτος}$

## 9.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΕΟΙ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 31 ΤΑΞΙΔΙΩΝ

Ακολουθεί ο πίνακας που συγκεντρώνει τα στοιχεία ταξιδιού που δόθηκαν από την Ναυτιλιακή Εταιρεία (δώδεκα αρχεία, ένα για κάθε μήνα, τα οποία ενοποιημένα καλύπτουν μία ολόκληρη χρονιά με 31 συνολικά ταξίδια, 19 laden και 12 ballast). Οι στήλες μέχρι την στήλη “Cargo” είναι όπως ακριβώς υπάρχουν και καταγράφονται στο αρχείο της Εταιρείας (εξαιρουμένης της “Duration” η οποία προέκυψε από υπολογισμούς μου διαιρώντας την απόσταση σε ναυτικά μίλια με την ονομαστική ταχύτητα του πλοίου, ήτοι 16 κόμβοι), ενώ οι υπόλοιπες έχουν δημιουργηθεί για τους σχετικούς υπολογισμούς ώστε να καταγράψουμε τον ΕΕΟΙ.

Το αρχείο excel που περιέχει όλους τους τύπους και σχετικούς υπολογισμούς έχει κατατεθεί σε σχετικό CD μαζί με την παρούσα διπλωματική.

**VOYAGE MONITORING AND REGISTRATION**

Voyage Number	Voyage Type	Vessel Name	HFO Consumption (tons)	LSDO Consumption (tons)	Total Consumption (tons)	Distance (n. miles)	Duration (h)	Cargo (tons)	Transport Work	Ballast included	HFO Mass of CO2 (tons)	LSDO Mass of CO2 (tons)	Voyage Start	Voyage End
27	Laden	VLCC	1614,2	113,0	1727,2	6720	420	294340	1.977.965.104	3.482.042.735	5.027	362	26/12/2011	21/1/2012
28	Ballast	VLCC	1096,1	138,8	1234,9	5110	319	0	0		3.414	445	21/1/2012	13/2/2012
28	Laden	VLCC	999,4	70,0	1069,4	3930	246	317116	1.246.265.064	1.352.181.738	3.113	224	13/2/2012	1/3/2012
29	Ballast	VLCC	115,6	15,1	130,7	334	21	0	0		360	48	2/3/2012	17/3/2012
29	Laden	VLCC	736,4	51,5	787,9	2674	167	317972	850.255.901	2.176.197.228	2.293	165	17/3/2012	31/3/2012
29	Laden	VLCC	757,8	53,0	810,9	3064	192	317972	974.264.802		2.360	170	31/3/2012	2/5/2012
30	Ballast	VLCC	716,6	91,0	807,6	3780	236	0	0		2.232	292	2/5/2012	21/5/2012
30	Laden	VLCC	817,9	57,3	875,2	3043	190	315897	961.275.789		2.547	184	21/5/2012	31/5/2012
30	Laden	VLCC	186,2	13,0	199,3	768	48	315897	242.609.203	470.687.127	580	42	31/5/2012	7/6/2012
31	Ballast	VLCC	172,8	21,8	194,6	722	45	0	0		538	70	7/6/2012	14/6/2012
31	Laden	VLCC	1045,6	73,2	1118,7	4680	293	303503	1.420.395.976	2.181.582.538	3.256	235	14/6/2012	30/6/2012
31	Laden	VLCC	481,0	33,7	514,6	1928	121	303503	585.154.582		1.498	108	1/7/2012	10/7/2012
32	Ballast	VLCC	1184,3	155,1	1339,4	5260	329	0	0		3.688	497	10/7/2012	28/7/2012
32	Laden	VLCC	285,5	20,0	305,5	1254	78	308956	387.431.232		889	64	28/7/2012	31/7/2012
32	Laden	VLCC	1103,2	77,2	1180,4	3311	207	308151	1.020.289.402	1.369.424.978	3.436	248	31/7/2012	16/8/2012
33	Ballast	VLCC	275,6	35,1	310,7	1133	71	0	0		858	113	16/8/2012	22/8/2012
33	Laden	VLCC	137,6	9,6	147,3	569	36	286618	163.085.872	361.712.425	429	31	22/8/2012	27/8/2012
34	Ballast	VLCC	184,4	23,4	207,8	693	43	0	0		574	75	27/8/2012	1/9/2012
34	Laden	VLCC	118,7	8,3	127,0	389	24	295808	115.069.431	3.193.546.482	370	27	1/9/2012	3/9/2012
34	Laden	VLCC	1395,3	97,7	1493,0	6279	392	295808	1.857.380.360		4.346	313	3/9/2012	27/9/2012
35	Ballast	VLCC	1013,0	127,5	1140,5	4517	282	0	0		3.155	409	27/9/2012	12/10/2012
35	Ballast	VLCC	132,8	17,7	150,4	499	31	0	0		414	57	12/10/2012	18/10/2012
35	Laden	VLCC	821,0	57,5	878,5	3148	197	312879	984.943.284	1.141.069.936	2.557	184	18/10/2012	29/10/2012
35	Laden	VLCC	178,9	12,5	191,4	739	46	312006	230.572.155		557	40	29/10/2012	4/11/2012
36	Ballast	VLCC	151,5	17,4	168,9	542	34	0	0	399.679.202	472	56	4/11/2012	11/11/2012
36	Laden	VLCC	195,6	13,7	209,3	536	34	289458	155.149.291		609	44	11/11/2012	25/11/2012
37	Ballast	VLCC	136,9	16,4	153,3	720	45	0	0	363.558.787	426	53	25/11/2012	2/12/2012
37	Laden	VLCC	75,4	5,3	80,7	337	21	317971	107.156.168		235	17	2/12/2012	3/12/2012
37	Laden	VLCC	1192,1	83,5	1275,6	5044	315	317971	1.603.844.836	1.603.844.836	3.713	268	3/12/2012	26/12/2012

37	Laden	VLCC	80,4	5,6	86,0	247	15	317971	78.538.794	1.280.468.508	250	18	26/12/2012	27/12/2012	
37	Ballast	VLCC	746,6	76,0	822,6	3780	236	0	0		2.325	244	27/12/2012	31/12/2012	
			18.148,6	1.590,8	19.739,4	75750	4734	307884	14.961.647.246	19.483.152.688	56.522	5.100			
3,1144														eeoi =	4,11868E-06
3,206						Laden time=	64,24 %								
						Ballast time=	35,76 %			Total CO <sub>2</sub> =	61.622		with ballast ->	eeoi =	3,16284E-06
										Total CO <sub>2</sub> after Audit =	60.955			eeoi after audit =	4,07413E-06
													with ballast ->	eeoi after audit =	3,12863E-06

Table 9.2 Στοιχεία ταξιδιών ολόκληρου ημερολογιακού έτους και υπολογισμός ΕΕΟΙ με χρήση αυτών

### 9.2.1 ΕΕΟΙ πριν από την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων του Energy Audit

Με βάση τα όσα διατυπώθηκαν στο κεφάλαιο 4 σχετικά με τον υπολογισμό του ΕΕΟΙ, οι υπολογισμοί έχουν ως εξής:

Συνολικές Εκπομπές CO<sub>2</sub>=

$$\begin{aligned}
 & 3,1144 \frac{MT_{CO_2}}{MT_{HFO}} \times \text{Συνολική\_Κατανάλωση}_{HFO} + 3,206 \frac{MT_{CO_2}}{MT_{HFO}} \times \text{Συνολική\_Κατανάλωση}_{LSDO} \\
 & = 3,1144 \frac{MT_{CO_2}}{MT_{HFO}} \times 18.148,6 MT_{HFO} + 3,206 \frac{MT_{CO_2}}{MT_{HFO}} \times 1.590,8 MT_{LSDO} = 61.622 MT_{CO_2}
 \end{aligned}$$

Αυτός είναι ο αριθμητής μας στον δείκτη ΕΕΟΙ. Για τον παρονομαστή χρειαζόμαστε το μεταφορικό έργο. Μπορούμε να θεωρήσουμε ως φορτίο το DWT του πλοίου το οποίο είναι μάλιστα όπως προαναφέραμε αποδεκτό και προτεινόμενο από τον IMO για τα tankers, δηλ  $m_{\text{φορτίου}}=317,972\text{MT}$  (και μάλιστα αυτό θα δώσει ακόμα καλύτερο-μικρότερο δείκτη ΕΕΟΙ) αλλά από την στιγμή που υπάρχει καταγεγραμμένο το μεταφερόμενο φορτίο του εκάστοτε ταξιδιού, το οποίο δεν ήταν πάντα φυσικά μέγιστο, θα χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα αυτά για μεγαλύτερη ακρίβεια υπολογισμών.

Λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα 19 ταξίδια ballast, πολλαπλασιάζουμε τα δεδομένα της στήλης “Distance” με αυτά της στήλης “Cargo” και αθροίζοντας έχουμε το συνολικό μεταφερικό έργο, ήτοι  $14.961.647.246 \text{ nm} \cdot \text{MT}$  (τονομίλια)

Άρα, ο δείκτης ΕΕΟΙ του πλοίου, πριν από το Energy Audit, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα ταξίδια υπό φορτίο (laden) είναι:

$$\frac{EEOI_{\text{laden}}}{\text{before Audit}} = \frac{61.622\text{MT}}{14.961.647.246\text{nm} \cdot \text{MT}} = \frac{61.622.000.000\text{gr}}{14.961.647.246\text{tonne} - \text{mile}} = 4,11868 \frac{\text{gr}}{\text{tonne} - \text{mile}}$$

Αν λάβουμε υπόψη και τα 12 ταξίδια ballast, τότε δημιουργούμε την στήλη «Ballast included» στην οποία ανά περίπτωση συνδυαστικά υπολογίζουμε το μεταφορικό έργο, αθροίζοντας το φορτίο του αντίστοιχου ταξιδιού laden με το οποίο ομαδοποιούμε με το φορτίο (0) του ballast και πολλαπλασιάζουμε το άθροισμα αυτό με την συνολική διανυθείσα απόσταση των δύο ταξιδιών. Για παράδειγμα το πρώτο πεδίο της στήλης προκύπτει ως εξής:

$$\text{Transport\_Work}_{\text{ballast\_included}} = (294.340+0)\text{MT} * (6.720+5.110)\text{nm} = 294340 * 11830 = 3.482.042.735$$

Άρα, ο δείκτης ΕΕΟΙ του πλοίου, πριν από το Energy Audit, λαμβάνοντας υπόψη και τα ταξίδια χωρίς φορτίο (ballast) είναι:

$$\frac{EEOI_{\text{+ballast}}}{\text{before Audit}} = \frac{61.622\text{MT}}{19.483.152.688\text{nm} \cdot \text{MT}} = \frac{61.622.000.000\text{gr}}{19.483.152.688\text{tonne} - \text{mile}} = 3,16284 \frac{\text{gr}}{\text{tonne} - \text{mile}}$$

### 9.2.2 Σύνοψη και ποσοτικοποίηση Εξοικονομήσεων από τα ESPs του Energy Audit

Έχουμε πριν από τον πίνακα ταξινόμησης των ESP υπολογίσει τα κάτωθι:

Συνολική εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση Fuel Oil από προτεινόμενα μέτρα του Energy Audit=  
 $53,864 \text{ MT} / \text{έτος}$

Συνολική εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση Diesel Oil από προτεινόμενα μέτρα του Energy Audit=  
 $155,816 \text{ MT} / \text{έτος}$

Συνολική εκτιμώμενη μείωση CO<sub>2</sub>=

$666,365 \text{ MT} / \text{έτος}$

Πριν υπολογίσουμε οπότε τον νέο ΕΕΟΙ ας δούμε τί σημαίνουν σε ποσοστά και χρήματα (όφελος) τα παραπάνω νούμερα.

Η Ποσοστιαία Εξοικονόμηση καυσίμου Fuel Oil από τα προτεινόμενα μέτρα είναι=

$$\frac{53,864 \text{ MT/έτος}}{18.148,6 \text{ MT/έτος}} = 0,297\%$$

Η Ποσοστιαία Εξοικονόμηση καυσίμου Diesel Oil από τα προτεινόμενα μέτρα είναι=

$$\frac{155,816 \text{ MT/έτος}}{1.590,8 \text{ MT/έτος}} = 9,79\%$$

Το συνολικό ετήσιο ποσό που θα εξοικονομηθεί είναι=

$$598,5 \text{ \$/MT} \times (155,816 + 53,864) \text{ MT/έτος} = 125.493,48\text{\$}$$

Η συνολική μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> ανέρχεται σε=

$$3,1144 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{MT}_{\text{HFO}}} \times 53.864 \text{ MT}_{\text{HFO}} + 3,206 \frac{\text{MT}_{\text{CO}_2}}{\text{MT}_{\text{HFO}}} \times 155,816 \text{ MT}_{\text{LSDO}} = 666,365 \text{ MT}_{\text{CO}_2}$$

όπως είχε προκύψει κι από το άθροισμα της δεύτερης στήλης του πίνακα ESPs.

### 9.2.3 ΕΕΟΙ μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων του Energy Audit

Άρα υπολογίζουμε τώρα το νέο επίπεδο εκπομπών CO<sub>2</sub> μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων από το Energy Audit, για να δούμε τελικά τον νέο δείκτη ΕΕΟΙ.

Συνολικές Εκπομπές CO<sub>2</sub> (μετά Audit)=

$$61.622 \text{ MT}_{\text{CO}_2} - 666,365 \text{ MT}_{\text{CO}_2} = 60.955,635 \text{ MT}_{\text{CO}_2}$$

Άρα, ο δείκτης ΕΕΟΙ του πλοίου, μετά την εφαρμογή των μέτρων από το Energy Audit, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τα ταξίδια υπό φορτίο (laden) είναι:

$$\frac{EEOI_{+ballast}}{\text{after Audit}} = \frac{60.955,635 \text{ MT}}{14.961.647.246 \text{ nm} \cdot \text{MT}} = \frac{60.955.635.000 \text{ gr}}{14.961.647.246 \text{ tonne} - \text{mile}} = 4,07413 \frac{\text{gr}}{\text{tonne} - \text{mile}}$$

Άρα, ο δείκτης ΕΕΟΙ του πλοίου, μετά την εφαρμογή των μέτρων από το Energy Audit, λαμβάνοντας υπόψη και τα ταξίδια χωρίς φορτίο (ballast) είναι:

$$\frac{EEOI_{+ballast}}{\text{after Audit}} = \frac{60.955,635 \text{ MT}}{19.483.152.688 \text{ nm} \cdot \text{MT}} = \frac{60.955.635.000 \text{ gr}}{19.483.152.688 \text{ tonne} - \text{mile}} = 3,12863 \frac{\text{gr}}{\text{tonne} - \text{mile}}$$



Η μείωση του δείκτη μετά την εφαρμογή των μέτρων είναι:

Μόνο με laden ταξίδια=

$$EEOI_{\mu\epsilon\iota\omega\sigma\eta}^{laden} = \frac{EEOI_{laden}}{\text{before Audit}} - \frac{EEOI_{laden}}{\text{after Audit}} = 4,11868 - 4,07413 = 0,04455 \frac{gr}{tonne - mile}$$

Συμπεριλαμβανομένων ballast ταξιδιών=

$$EEOI_{\mu\epsilon\iota\omega\sigma\eta}^{+ballast} = \frac{EEOI_{+ballast}}{\text{before Audit}} - \frac{EEOI_{+ballast}}{\text{after Audit}} = 3,16284 - 3,12863 = 0,03421 \frac{gr}{tonne - mile}$$

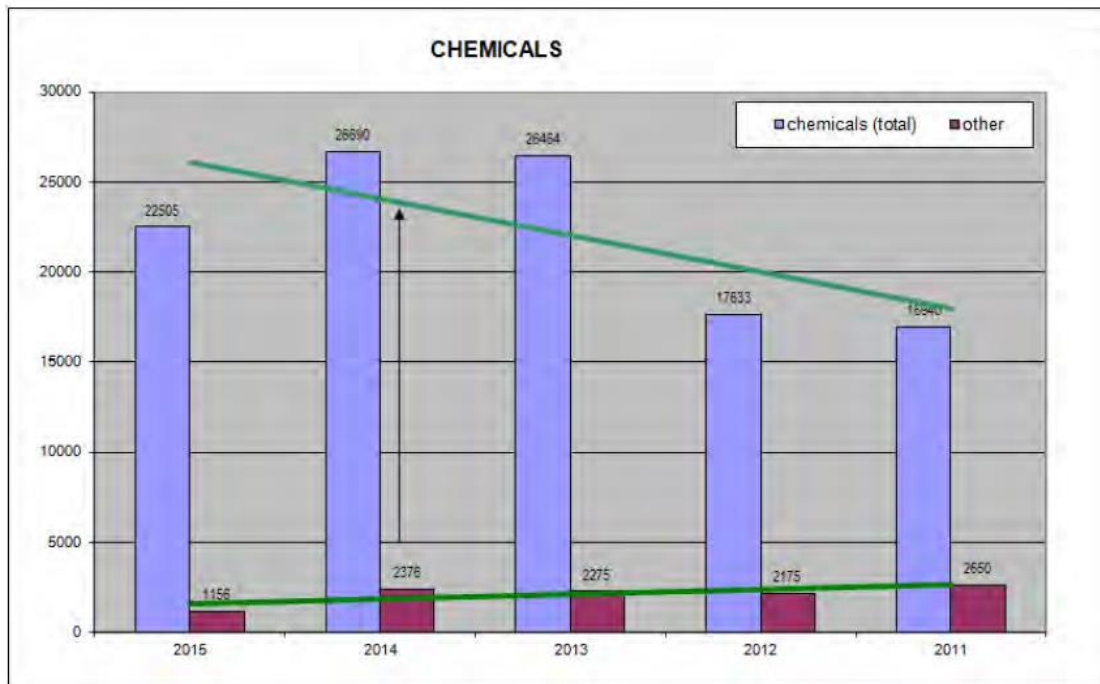
Τέλος η ποσοστιαία μείωση που προφανώς είναι ίδια και στις δύο περιπτώσεις είναι=

$$EEOI_{(\%) \mu\epsilon\iota\omega\sigma\eta} = \frac{0,04455 \frac{gr}{tonne - mile}}{4,11868 \frac{gr}{tonne - mile}} = \frac{0,03421 \frac{gr}{tonne - mile}}{3,16284 \frac{gr}{tonne - mile}} = 1,08\%$$

Για να κατανοήσουμε την σημαντικότητα της μείωσης αυτής και να μην φαντάζει ως μικρό ή ασήμαντο σαν νούμερο το 1,08% αρκεί να σημειωθεί ότι ο στόχος της Ναυτιλιακής για παράδειγμα στον Suez Max στόλο της για το 2015, ήταν 0,5% μείωση από την τιμή του υπολογισμένου ανά πλοίο δείκτη EEOI για το 2014. Αυτό φαίνεται στο απόσπασμα που ακολουθεί που αποτελούσε το επίσημο πλάνο της Εταιρείας σχετικά με τον στόχο για το EEOI και κάποια στοιχεία έχουν παραληφθεί για λόγους εμπιστευτικότητας.

Η μείωση αυτή λοιπόν μεταφράζεται σε επίτευξη των επιθυμητών στόχων (το οποίο δεν είναι πάντα εφικτό) δύο φορές πάνω από το επίπεδο στο οποίο η Εταιρεία θα ήταν ικανοποιημένη! Η σπουδαιότητα λοιπόν ενός σωστού, μεθοδικού Energy Audit με τον τρόπο που παρουσιάστηκε σε όλο το προηγούμενο κεφάλαιο, αποτυπώνεται στην πολύ καλή προοπτική μείωσης του δείκτη EEOI και φυσικά στην προοπτική μεγάλης χρηματικής ετήσιας εξοικονόμησης, ήτοι 125.493,48\$ .

SMS – QMS – EMS – EnMS - OHSAS REVIEW REPORT



➤ Calculation of EEOI

follows the concept of an index for the energy efficiency of a ship in operation, limited to an expression of efficiency expressed in way of CO<sub>2</sub> emitted per unit of transport work, which is intended as an objective, performance-based rule to monitor the efficiency of ship operation.

The systematic monitoring of the vessels' enviro performance can lead to a more energy efficient and hence more competitive fleet. The purpose of this report is to reflect the enviro performance of the fleet during a specific operating period indicating trends for improvement or deterioration.

**NOTE:** Any information that is included in subject report has been based on the measurements, which have been carried out by the vessel's crew, hence besides our effort (as it can be substantiated in monthly correspondence that have been exchanged) here might be cases not particularly related to EEOI rather than NO<sub>x</sub> & SO<sub>x</sub>, where minor inconsistencies may exist for obvious reasons, i.e missing NO<sub>x</sub> file for older ships built before 2000.

CO<sub>2</sub> emissions

The target "set as baseline" for EEOI for 2015 was

EEOI average gr / tonne*mile		Suez Max fleet	Aframax	Chemical ships 50K Panamax Fleet	Coaster Fleet <5000
CO <sub>2</sub> Emissions	2014	7.17	13.72	20.16	52.17
	2015	7.13	13.65	20.05	51.9
0.5% decrease of 2014 figures / fleet type					

Figure 9.2.3 Τμήμα υπάρχοντος OHSAS REVIEW REPORT Ναυτιλιακής Εταιρείας που αφορά στοχοθεσία EEOI

### 9.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Κάθε Ναυτιλιακή Εταιρεία και κάθε πλοιοκτήτης, θέλει αδιαμφισβήτητα να εξοικονομήσει χρήματα. Μπορεί στην τρέχουσα περίοδο οι τιμές καυσίμων να έχουν σταθεροποιηθεί και να κατέγραψαν και μεγάλη μείωση πρωτίτερα με ιστορικά χαμηλά στις τιμές βαρελιών αργού πετρελαίου, αλλά το καύσιμο παραμένει με διαφορά το πιο μεγάλο και βασικό κόστος της καθημερινής λειτουργίας του πλοίου. Αν αναλογιστούμε και πως ό,τι φθάνει πολύ χαμηλά, σίγουρα θα καταγράψει κάποια στιγμή άνοδο, αντιλαμβανόμαστε ότι κάθε πρόταση-λύση που επιφέρει αξιοσημείωτη εξοικονόμηση καυσίμου σημαίνει όφελος και κέρδος για τους πλοιοκτήτες.

Το Energy Audit είδαμε ότι προσφέρει ακριβώς αυτό και μάλιστα με αρκετά άμεσους και εύκολα υλοποιήσιμους τρόπους με μηδενικά κόστη επένδυσης ή χρόνου σε αρκετές περιπτώσεις, που απαιτούν απλή συμμόρφωση του πληρώματος με βέλτιστες πρακτικές και συνήθεια κατάλληλης διαχείρισης και βέλτιστης λειτουργίας.

Όταν μάλιστα βρισκόμαστε σε πλαίσιο υποχρεωτικής συμμόρφωσης με οδηγίες του IMO ή / και της Ευρωπαϊκής ένωσης, αντιλαμβανόμαστε την σπουδαιότητα της επίτευξης αποδοτικότητας καυσίμου και τελικά καθολικά ενεργειακής αποδοτικότητας με ευαισθητοποίηση για την προστασία του περιβάλλοντος.

Το Energy Audit αποτελεί τελικά το πρώτο βήμα προς την υιοθέτηση εξάσκησης και πρακτικών ενεργειακής απόδοσης στα πλοία, με στόχο την επίτευξη των εκτιμώμενων εξοικονομήσεων και προοπτικών βελτίωσης. Το Energy Audit εντοπίζει υπό το πρίσμα της ενεργειακής απόδοσης, τα αδύναμα σημεία του πλοίου και των λειτουργιών αυτού και του πληρώματος και αναγνωρίζει περιοχές με περιθώριο βελτίωσης, οι οποίες θα αποφέρουν οικονομικό όφελος αλλά και πιο φιλική προς το περιβάλλον λειτουργία του πλοίου. Η χρησιμότητα και αποτελεσματικότητά του δεν χωράνε αμφισβήτηση, όπως φάνηκε και από την ξεκάθαρη προοπτική μείωσης του ΕΕΟΙ.

Φυσικά, η εφαρμογή όντως των προτεινόμενων μέτρων που το Energy Audit ξεχωρίζει, είναι θέμα ενδιαφέροντος και ευαισθητοποίησης του πληρώματος. Η ανάπτυξη και κατάρτιση ενός υλοποιήσιμου και ελέγξιμου προγράμματος ώστε οι προτάσεις να γίνουν σταδιακά πραγματικότητα, επαφίεται στον ανθρώπινο παράγοντα και αλλοίμονο αν περιμένουμε κανονισμούς για να κινητοποιηθούμε προς αυτή την κατεύθυνση.

Σημαντικές παράμετροι είναι η διαθεσιμότητα του πλοίου για την επιτέλεση του Energy Audit, καθώς και η καλή, εκτενής πληροφόρηση των “Auditors” από το πλήρωμα του εκάστοτε πλοίου, ώστε να περιέρχονται στην κατοχή τους όσο το δυνατόν πιο λεπτομερή και ακριβή στοιχεία σχετικά με τα ταξίδια και τις καταναλώσεις καυσίμου. Είναι τελικά σε μεγάλο βαθμό θέμα ανθρώπων και καλής συνεργασίας και επικοινωνίας μεταξύ των, με πρόθεση και διάθεση για επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων.

Η περιβαλλοντολογική ευαισθητοποίηση λοιπόν πρέπει να αποτελεί κομμάτι και πιστεύω των ανθρώπων και μόνο έτσι θα δεσμευόμαστε σε έναν κοινό σκοπό, αυτόν της βελτιστοποίησης ενεργειακής απόδοσης, που συνδέεται άρρηκτα με την στάση μας απέναντι στον πλανήτη στον οποίο ζούμε και θα επιφέρει και τα επιθυμητά οικονομικά αποτελέσματα, χωρίς αυτά όμως να αποτελούν αυτοσκοπό.

## ANNEX I - ASSESSMENT OF E/R CONDITION BY USE OF IR CAMERA THERMOGRAPHS

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Θερμογραφίες διάφορου εξοπλισμού στην E/R, πάρθηκαν κατά το επί πλοίου energy audit. Οι θερμογραφίες καταγράφηκαν στις ακόλουθες θέσεις:

- Μόνωση εξαρτημάτων βοηθητικού λέβητα.
- Μόνωση σωληνώσεων ατμού.
- Θερμομόνωση λέβητα καυσαερίων.
- Αγωγός εξαγωγής της M/E.
- Αγωγός εξαγωγής της D/G.
- Ηλεκτροκινητήρες

### 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Οι θερμογραφίες πάρθηκαν με μία φορητή κάμερα υπέρυθρων εξοπλισμένη με ένα φακό 17° . Η υπέρυθρη κάμερα μετρά την επιφανειακή ακτινοβολία στο υπέρυθρο εύρος ζώνης (7.5 – 13μm). Η ελάχιστη διαφορά θερμοκρασίας που μπορεί να επιλυθεί είναι μικρότερη από 0.1°C και η μετρούμενη ακρίβεια θερμοκρασίας είναι +/- 2%. Ο τύπος αισθητήρα κάμερας IR είναι Focal Plane Array (FPA) μη ψυγμένου μικροβολόμετρου, 160x120 pixels. Το γεγονός ότι η ακτινοβολία είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας επιφάνειας ενός σώματος καθιστά δυνατό τον υπολογισμό και την απεικόνιση αυτής της επιφανειακής θερμοκρασίας από την κάμερα IR. Η κάμερα μπορεί να μετρήσει στο θερμοκρασιακό εύρος -20°C – 500°C.

Οι εικόνες IR που τραβήχτηκαν με την κάμερα και εμφανίζονται στις επόμενες σελίδες επεξεργάστηκαν με το σχετικό λογισμικό που παρέχεται από τον κατασκευαστή της κάμερας.

### 3. ΣΧΟΛΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ ΚΑΙ ΜΟΝΩΣΕΙΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

Οι θερμογραφίες δείχνουν τη κατανομή της θερμοκρασίας επιφάνειας σε συγκεκριμένα σημεία του επιθεωρούμενου εξοπλισμού.

#### 3.1 EGE, σύστημα FO, αγωγοί καυσαερίων M/E και θερμογραφίες ηλεκτρικών κινητήρων

Οι θερμογραφίες των αγωγών εξαγωγής αερίων της M/E δείχνουν θερμοκρασίες που ξεπερνούν τους 200°C και στις δύο εισαγωγές των T/C υπερσυμπιεστών (Fig.1).

Η μέση θερμοκρασία επιφάνειας των A/B, EGE και μονωτικών σωμάτων σωληνώσεων ατμού κυμαίνεται μεταξύ 35-50 °C που θεωρείται ικανοποιητικό, λαμβάνοντας υπόψη ότι η παραδιδόμενη θερμοκρασία ατμού είναι στο εύρος των 200 °C. Αυτά συνεισφέρουν όχι μόνο στην αύξηση της θερμοκρασίας του E/R, εξαιτίας των περιορισμένων σημείων μόνωσης και της υψηλής θέσης στο E/R, αλλά μπορούν επίσης να θεωρηθούν ως κίνδυνος για την ασφάλεια.

Προσοχή πρέπει επίσης να δοθεί στα τοποθετημένα μονωτικά φύλλα-καλύμματα γύρω από τις βαλβίδες ατμού. Μερικά φύλλα έχουν εξαρχής προσαρμοστεί χωρίς να έχει μονωθεί το κάλυμμα της βαλβίδας, εκθέτοντας έτσι μικρές μεταλλικές επιφάνειες με θερμοκρασίες μεταξύ 100 - 110 °C (βλ Fig. 4).

Σύμφωνα με την IEEE “Recommended Practice for Electrical Installations” η άνοδος της θερμοκρασίας στις περιελίξεις του κινητήρα AC (class F) δεν πρέπει να ξεπερνάει την τιμή 95 °C, όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 50 °C.

Φωτογραφίες:



Fig. 1: Exhaust Gas Outlet of M/E to T/C No.1



Fig. 2: Boiler's Steam Line.

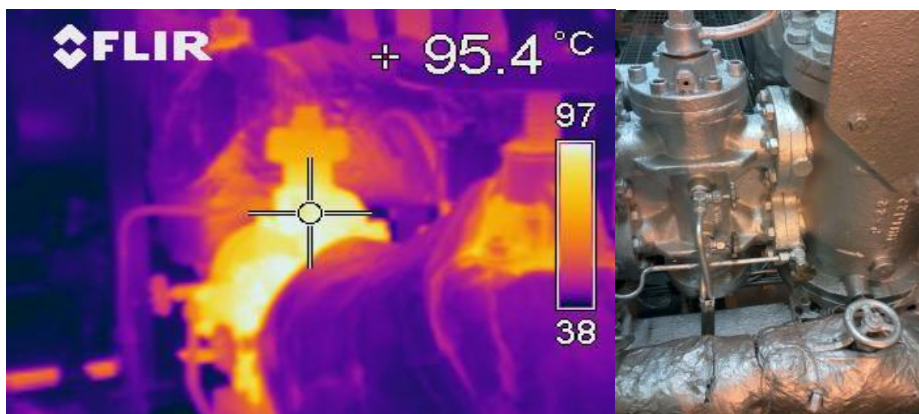


Fig. 3: Fuel Oil Valve at purifiers

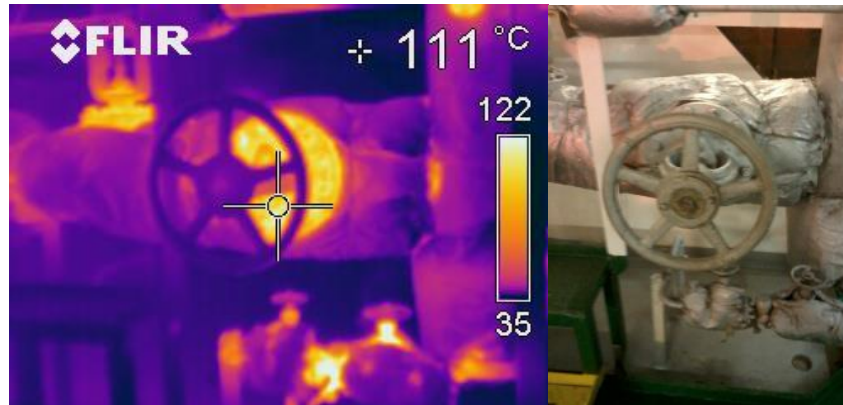


Fig. 4: Steam Valve



Fig. 5: Exhaust gas of D/G



Fig. 6: No.1 M/E cylinder's surface.

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κατάσταση του εξοπλισμού της E/R είναι πολύ καλή με εξαίρεση κάποια σημεία spot στο άνω μέρος του κύριου συμπιεστή, στον θερμαντήρα προθέρμανσης, στο άνω μέρος της δεξαμενής απορριμμάτων λαδιού και σε ένα περιορισμένο αριθμό βαλβίδων του συστήματος ατμού.

Η αναποτελεσματική μόνωση στις περιοχές του μηχανοστασίου και ιδιαίτερα κοντά στις εισαγωγές αέρα των T/Cs έχει μία άμεση επίπτωση in στην θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής στους T/Cs κι ακολούθως στην SFOC της M/E .

Με στόχο να αποφύγουμε υπέρθερμα σημεία στο σύστημα ατμού, προτείνεται να επιθεωρείται τακτικά η κατάσταση και εφαρμογή των καλυμμάτων βαλβίδων ατμού, ειδικά μετά από οποιοσδήποτε μελλοντικές επισκευές.

## ANNEX II – ENERGY EFFICIENCY TIPS

Επιπρόσθετα των ESPs που εντοπίστηκαν κατά την διάρκεια του audit και των συσχετιζόμενων tips ενεργειακής απόδοσης, υπάρχουν άλλες καλές πρακτικές που γενικά συνεισφέρουν στην βελτίωση ενεργειακής απόδοσης των πλοίων της Εταιρείας και των συστημάτων τους.

Αυτές κατηγοριοποιούνται παρακάτω:

### *Σύστημα πρόωσης*

1. Ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες ανέμου και θαλάσσης, αποφύγετε την αύξηση του φορτίου της M/E χωρίς αντίστοιχο όφελος στην ταχύτητα του πλοίου. Μια ένδειξη για αυτό είναι η ολίσθηση (slip). Γενικά, αποφύγετε την αύξηση της ταχύτητας πάνω από το ελάχιστο απαιτούμενο για λόγους ασφαλείας ή εμπορικούς, σε περίπτωση κακών καιρικών συνθηκών.
2. Διατηρήστε τα επιμέρους εξαρτήματα της M/E που επηρεάζουν απευθείας την απόδοση της M/E όπως ο T/C, ψύκτης αέρα, σύστημα έγχυσης καυσίμου, έμβολα, δακτύλιοι εμβόλων κοκ. σε καλή κατάσταση για να διασφαλιστεί μέγιστη δυνατή συνολική απόδοση M/E (π.χ. αναλογία ισχύος άξονα ως προς ισχύ καυσίμου που καίγεται στην μηχανή). Βεβαιώστε ότι τα επιμέρους της μηχανής διατηρούνται σύμφωνα με οδηγίες αγοράς και προγραμματισμένο σύστημα συντήρησης (PMS).
3. Εξαλείψτε διαρροές καυσίμου από αντλίες καυσίμου και διαρροές λιπαντικού από πόρτες στροφαλοθαλάμου και κουτιά στεγανοποίησης-λίπανσης (stuffing boxes).
4. Η κατανάλωση λαδιού του κυλίνδρου θα πρέπει να ελαχιστοποιείται ελέγχοντας τους δακτυλίους του εμβόλου και μειώνοντας τον ρυθμό τροφοδοσίας.
5. Διατηρείτε επαρκή ανταλλακτικά σύμφωνα με την λίστα ελάχιστου αποθέματος ασφαλείας.

### *Γεννήτριες Diesel και Ηλεκτρικό Σύστημα Διανομής*

1. Λειτουργήστε τα ηλεκτρικά φορτία έχοντας ενεργειακή απόδοση κατά νου. Για παράδειγμα αποφύγετε χρήση πυροσβεστικής αντλίας για πλήρωση της πισίνας και την ανακυκλοφορία του νερού. Χρησιμοποιήστε μια μικρότερη αντλία αν είναι δυνατόν.
2. Εξασκείστε κάποια διαχείριση φορτίου όποτε είναι εφικτό με στόχο να ελαχιστοποιήσετε τον αριθμό γεννητριών σε λειτουργία και να μεγιστοποιήσετε τον συντελεστή φορτίου.
3. Εκτελέστε καλή συντήρηση των γεννητριών έτσι ώστε μία μονάδα να σηκώνει το ηλεκτρικό φορτίο εν πλω.
4. Ελέγξτε την απόδοση κάθε τρεις μήνες για να εξασφαλίσετε καλή λειτουργία.
5. Εκτελέστε γενική συντήρηση της μηχανής σύμφωνα με οδηγίες αγοράς και προγραμματισμένο σύστημα συντήρησης (PMS).

### *Βοηθητικοί Λέβητες, Διανομή Ατμού και Σύστημα Επιστροφής Συμπυκνώματος*

1. Αποφύγετε να λειτουργείτε τους λέβητες με χαμηλά φορτία όσο το δυνατόν περισσότερο, αφού η αποδοτικότητα π.χ. kg παραγόμενου ατμού διά kg καμένου FO επιδεινώνεται.



2. Ελέγχετε συχνά το χρώμα, μέγεθος και σχήμα της φλόγας καύσης και το χρώμα των καυσαερίων. Γενικά οι φλόγες πρέπει να είναι κίτρινο προς άσπρο χρώμα. Μία λευκή φλόγα μπορεί να είναι ένδειξη υπερβολικής παροχής αέρα. Παρότι αυτό καταλήγει σε αόρατα καυσαέρια, ο επιπλέον αέρας θερμαίνεται και διερχόμενος, ο αγωγός εξαγωγής μειώνει την απόδοση. Άχρωμο καυσαέριο δεν σημαίνει αυτόματα αποτελεσματική καύση (ο επιπλέον αέρας μπορεί να είναι πολύ παραπάνω από το προτεινόμενο από τον κατασκευαστή 15%). Απεναντίας πιο πορτοκαλί χρώματος φλόγες μπορεί να είναι ένδειξη κακής καύσης, που φαίνεται επίσης ως σκούρο καφέ ή μαύρου χρώματος καπνός. Το σχήμα και μέγεθος φλόγας πρέπει να χωράει/ταιριάζει στο θάλαμο καύσης. Γενικά, οι φλόγες δεν θα πρέπει να έρχονται σε επαφή με τους σωλήνες και τις τοιχοποιίες, καθώς αυτές μπορεί να προκαλέσουν μηχανικές βλάβες. Προκειμένου να παρακολουθείται αποτελεσματικότερα η απόδοση της καύσης, προτείνεται η περιοδική χρήση ενός «combustion analyzer»
3. Ελέγχετε συχνά την ποιότητα νερού καυστήρα, που επηρεάζει τις αποθέσεις στους σωλήνες, οι οποίες προκαλούν μειωμένη απόδοση μεταφοράς θερμότητας στο νερό λέβητα.
4. Ρυθμίστε την συχνότητα και ποσότητα του εκκενωτή/αποστραγγιστή λέβητα για να ελαχιστοποιηθούν τα διαλυμένα στερεά solids αλλά και η απώλεια καθαρού ζεστού νερού.
5. Εκτελέστε χημικό καθαρισμό του νερού λέβητα και καθαρισμό της πλευράς του κλιβάνου όταν υπάρχει ένδειξη μειωμένης απόδοσης που δεν μπορεί να αποδοθεί σε προβλήματα καύσης.
6. Ελαχιστοποιήστε την αποστράγγιση των σωληνώσεων ατμού και συμπυκνωμάτων. Απαιτείται αποστράγγιση των αγωγών ατμού πριν από τη λειτουργία ατμοστρόβιλων για να αποφευχθεί η βλάβη του στροβίλου. Ωστόσο, το αποστραγγιζόμενο νερό και ιδιαίτερα ο ατμός που ακολουθεί δεν επιστρέφει ποτέ στο σύστημα και αντιπροσωπεύει κάποια απώλεια ενέργειας.
7. Καθιέρωση ενός τακτικού προγράμματος επιθεώρησης ατμοπαγίδων που είναι εγκατεστημένες στην έξοδο των διαφόρων καταναλωτών ατμού στο E/R. Η ορθή λειτουργία των παγίδων μπορεί εύκολα να ελεγχθεί εγκαθιστώντας στρόφιγγες και σωλήνες αποστράγγισης ορείχαλκου στο κατώτερο μέρος της παγίδας. Ανοίγοντας την στρόφιγγα μπορεί να εξακριβωθεί αν εξάγεται συμπυκνωμένος ή όχι ατμός. Στην τελευταία περίπτωση η παγίδα δεν εκπληρώνει το σκοπό της, να ανακόψει τον ατμό από το να εισέλθει στο σύστημα επιστροφής συμπυκνωμάτων. Ο ατμός που διαφεύγει αντιπροσωπεύει απώλεια ενέργειας. Η συχνότητα επιθεώρησης εξαρτάται από την ηλικία και το μέγεθος της εγκατάστασης. Προτείνονται για αρχή τριμηνιαία διαστήματα.
8. Αύξηση της αποδοτικότητας παραγωγής ατμολέβητα, πλένοντας συχνά τους σωλήνες στην μεριά καύσης F.O. και στην μεριά καυσαερίων.
9. Η θερμοκρασία νερού τροφοδοσίας λέβητα στην δεξαμενή πρέπει να διατηρείται στους 85° C. Σε κρύες περιοχές, το θαλασσινό νερό προς τον ατμοσφαιρικό συμπυκνωτή πρέπει να μένει κλειστό.
10. Οι σωλήνες ατμού και οι θερμοαντήρες πρέπει να είναι καταλλήλως μονωμένοι.
11. Η πίεση του λέβητα και της θυρίδας απόρριψης πρέπει να είναι ορθά ρυθμισμένες για να αποφευχθεί αχρείαστο άνοιγμα της θυρίδας απόρριψης ή απώλεια/διαρροή του λέβητα.
12. Καθιέρωση ενός τακτικού προγράμματος επιθεώρησης για τη μόνωση των σωληνώσεων επιστροφής ατμού και συμπυκνωμάτων. Εξωτερικές θερμοκρασίες επιφανειών δεν πρέπει να υπερβαίνουν τους 50°C. Βεβαιωθείτε ότι τα καλύμματα βαλβίδων και η μόνωση σωληνώσεων επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση μετά από επισκευές.
13. Οι σπείρες θέρμανσης στις δεξαμενές μηχανοστασίου και πετρελαίου πρέπει να είναι στεγανές.

14. Μεγιστοποίηση θερμικής ισχύος που εξάγεται από λέβητα καυσαερίων για να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση του φορτίου.

#### *Compressed Air System*

1. Χρήση ελάχιστης πίεσης αέρα για κάθε απαιτούμενη χρήση. Λειτουργήστε αεροσυμπιεστές συντήρησης κι ελέγχου για έλεγχο πνευματικών φορτίων του E/R. Λειτουργήστε τους κύριους αεροσυμπιεστές μόνο για να διατηρείτε τους κύριους αεραγωγούς υπό πίεση για εκκίνηση της μηχανής. Εγκαταστήστε τους ρυθμιστές πίεσης πριν από κάθε φορτίο ελέγχου και συντήρησης (π.χ. αντλία μεμβράνης) και βεβαιωθείτε ότι είναι ρυθμισμένη στην πίεση που απαιτείται για τον συγκεκριμένο καταναλωτή/φορτίο.
2. Ελαχιστοποίηση διαρροών αέρα επιθεωρώντας συχνά σωληνώσεις, βαλβίδες κι εξοπλισμό.
3. Αποφύγετε τη χρήση πνευματικού εξοπλισμού και εργαλείων, εάν δεν υπάρχει περιορισμός ασφαλείας που να υποδεικνύει τη χρήση τους. Θυμηθείτε ότι η αποδοτικότητα του συστήματος πεπιεσμένου αέρα είναι μόνο περίπου 10%. Χρησιμοποιήστε ηλεκτρικά ή χειροκίνητα εργαλεία, αν είναι δυνατόν.
4. Αποφύγετε μη ρυθμισμένες χρήσεις πεπιεσμένου αέρα όπως μάνικες, που χρησιμοποιούνται για καθαρισμό κι εξαερισμό προσωπικού. Αυτή η πρακτική είναι επικίνδυνη αλλά και μη αποδοτική. Εγκαταστήστε αντί αυτών ρυθμιστές πίεσης και πιστολάκια.
5. Ελαχιστοποιήστε την πτώση πίεσης του συστήματος διατηρώντας τα φίλτρα και τους ξηραντήρες αέρα κάτω από τους συμπιεστές σε καθαρή κατάσταση.
6. Κρατήστε τους αεροσυμπιεστές της M/E σε χειροκίνητη λειτουργία στα λιμάνια.
7. Η λειτουργία των αεροσυμπιεστών πρέπει να συγκρίνεται με τα δοκιμαστικά (sea trials).

#### *Auxiliary machinery*

1. Διαχειριστείτε αποτελεσματικά το σύστημα αντλιών λειτουργώντας τον ελάχιστο αριθμό αντλιών για τον ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό φορτίων. Μειώστε τον αριθμό των αντλιών σε λειτουργία όταν το πλοίο βρίσκεται σε λιμάνι ή αγκυροβολημένο.
2. Διατηρήστε τις αντλίες στην καλύτερη δυνατή κατάσταση. Αποφύγετε εκτενή/υπερβολική φθορά των δακτύλιων-οδηγών που μειώνει την υδραυλική αποδοτικότητα της αντλίας.
3. Λειτουργήστε τις αντλίες φορτίου στην εργοστασιακή RPM / ισχύ για καλύτερη απόδοση.
4. Επιλέξτε προσεκτικά τον αριθμό των αντλιών φορτίου που απαιτούνται για να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις εκφόρτωσης του ναυλωτή.
5. Σε περίπτωση αντλιών έρματος οδηγούμενων από αμοστρόβιλο προσπαθήστε να χρησιμοποιήσετε επιπλέον ατμό από τον λέβητα (για παράδειγμα κατά την διάρκεια inverting).
6. Αντικαταστήστε κινητήρες που έχουν ζημιά με υψηλής απόδοσης, αντί να τους επαναρυθμίζετε.
7. Ηλεκτρικός εξοπλισμός / μηχανές, γεννήτριες, πίνακες, πάνελ, διακόπτες πρέπει να επιθεωρούνται και καθαρίζονται όπως ορίζει το Προγραμματισμένο Σύστημα Συντήρησης PMS.
8. Οι ψύκτες να καθαρίζονται τακτικά για βελτιωμένη απόδοση και διατήρηση πιέσεων και θερμοκρασιών μέσα στα όρια του κατασκευαστή.

### *HVAC System*

1. Ρύθμιση θερμοστάτη στους 27°C το καλοκαίρι και 21°C το χειμώνα.
2. Διατηρήστε επαρκή ποσότητα ψυκτικού μέσου στο σύστημα για σωστή λειτουργία. Στο συμπυκνωτή πρέπει να υπάρχει ποσότητα υγρού ψυκτικού μέσου.
3. Ελαχιστοποιήστε την χρήση του συστήματος ψύξης κατά τις ικανοποιητικές συνθήκες περιβάλλοντος (πχ μεταξύ 20-25°C, λιγότερο από 70%RH και παραμονή σε λιμάνι ή αγκυροβόλι), αφού η αποδοτικότητα της ψύξης είναι γενικά χαμηλή σε τέτοιες θερμοκρασίες.
4. Βεβαιωθείτε ότι ο έλεγχος φόρτωσης/εκφόρτωσης του συμπιεστή είναι πάντα σε καλή κατάσταση λειτουργίας.
5. Βεβαιωθείτε ότι το φίλτρο της AHU καθώς και τα στοιχεία/σώματα ψύξης και θέρμανσης καθαρίζονται τακτικά.
6. Μεγιστοποιήστε όσο το δυνατόν περισσότερο την επανακυκλοφορία του αέρα, για να αυξήσετε την ενεργειακή απόδοση, στο βαθμό φυσικά διατήρησης υγιών συνθηκών στα καταλύματα.
7. Ελέγχετε και ρυθμίστε/αντικαταστήστε τα λουριά οδηγού και έδρανα του ανεμιστήρα της AHU για βέλτιστη λειτουργία.
8. Βεβαιωθείτε ότι η μόνωση του αγωγού τροφοδοσίας διατηρείται σε καλή κατάσταση.

### *Lighting Loads*

1. Σβήστε τα φώτα της καμπίνας σας όταν πηγαίνετε για δουλειά.
2. Σβήστε τα φώτα σε μη χρησιμοποιούμενους χώρους. Κρατήστε μόνο τα φώτα ασφαλείας ανοιχτά, αν απαιτείται.
3. Σβήστε τα εξωτερικά φώτα χώρων κατά την διάρκεια της ημέρας.
4. Αποφύγετε την παραγγελία ή προμήθεια λαμπτήρων φθορισμού σωλήνα παλαιού τύπου T12 (TFLs). Επιδιώξτε T8 οι οποίοι είναι ενεργειακά πιο αποδοτικοί.
5. Παραγγείλτε λάμπες και TFLs λαμβάνοντας υπόψη όχι μόνο την ηλεκτρική ισχύ αλλά και την απόδοση φωτισμού, π.χ. η αναλογία της φωτεινής ροής (lumens) προς την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (watt). Για παράδειγμα, ένα ζεστό λευκό TFL είναι πιο αποδοτικό (δηλ. παράγει περισσότερα lumen ανά watt) σε σύγκριση με το TFL ημέρας.
6. Εφαρμόστε πρόγραμμα προληπτικού καθαρισμού φωτιστικών σωμάτων για να διατηρήσετε τον φωτισμό χώρου κοντά στα “εργοστασιακά” επίπεδα. Ετήσιος έλεγχος και καθαρισμός φωτιστικών στους χώρους στέγασης προτείνεται ως αρχικό διάστημα επιθεώρησης.

### *Accommodation*

1. Εξοικονομήστε νερό από την κατάλληλη/σωστή χρήση των πλυντηρίων.
2. Συλλέξτε νερό από την αποστράγγιση Κλιματισμού/Κλιματιστικών Στέγασης.
3. Εξωτερικές πόρτες / παράθυρα πρέπει να είναι κλειστά while όταν λειτουργεί κλιματιστικό ή θέρμανση.

4. Σβήστε αχρείαστους ανεμιστήρες χώρων.
5. Κάντε ορθή χρήση εξοπλισμού κουζίνας (απενεργοποιήστε εστίες όταν δεν τις χρησιμοποιείτε).
6. Εξαλείψτε το συχνό άνοιγμα πορτών των ψυγείων-καταψυκτών.
7. Να αποφεύγεται η αχρείαστη λειτουργία του ανεμιστήρα εξαγωγής των μαγειρείων. Πρέπει να χρησιμοποιείται όταν τα φαγητά δημιουργούν καπνό (π.χ., τηγάνισμα ή ψήσιμο στην σχάρα).
8. Όλοι οι υπολογιστές πρέπει να είναι σβηστοί όταν δεν χρησιμοποιούνται.

**ANNEX III – Environmental Management Report (EEOI as Environmental Performance Indicator)**

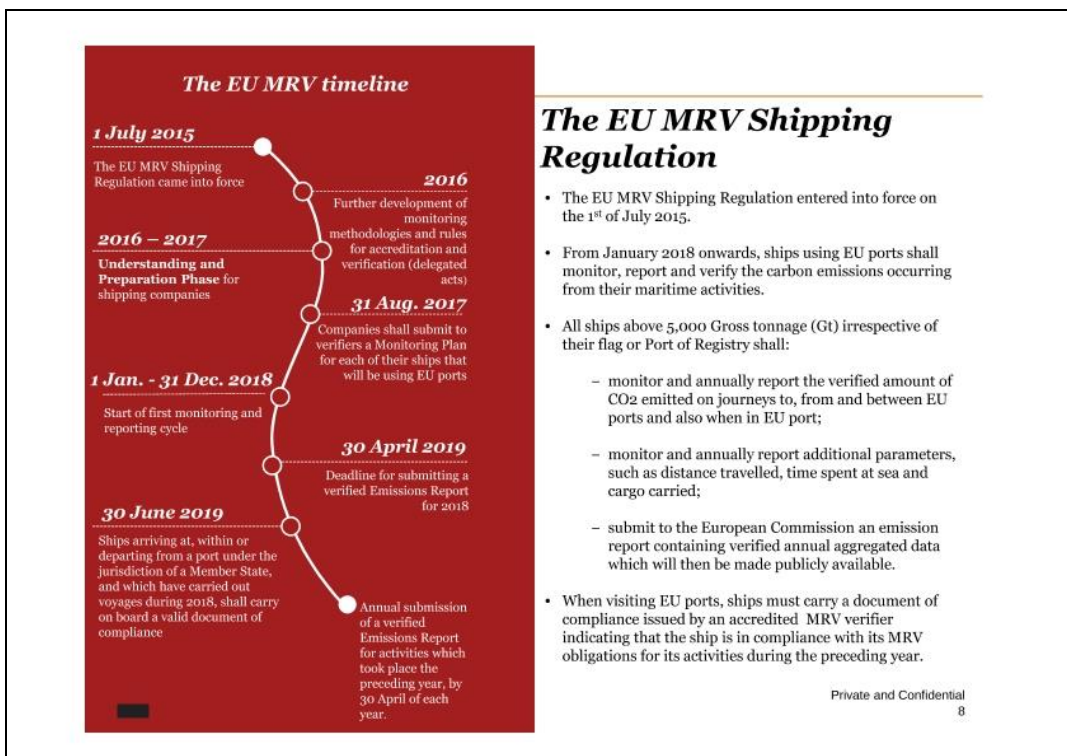
**ENV 001 ENVIRONMENTAL MANAGEMENT REPORT**

Activity	Environmental Aspect	Environmental Impact	Evaluation			Legal and Normative References:		Means of influence on the aspect				Environmental Objective		Environmental Target		Scheduled Programs		Environmental Performance Indicator (EPI)	
			P	C	PxC <sub>n</sub>	Ref	Limit	Specific policy	Routine Procedures	Certification/ Records	Emergency Plan	Description	code	Description	code	code	Milestone		Status <sub>2017</sub>
Main & Auxiliary Engines Operation Boilers Operation - Aerial Emissions	CO <sub>2</sub> Carbon Dioxide		5	4	20	IMO MEPC.1/Circ. 684 ISO 50001:2011	∅	Rational use of marine fuels  Use of high quality (high thermogenetic power, low sulphur content, low water content) fuels	SMS Bunkering and bunker sampling procedures, Change over procedure SEEMP	F.O. Daily Consumption Records E/R Logbook Oil Record Book Fuel Analysis Report ENV004	SMS Emergency Response Procedures SEEMP	Continual reduction of CO <sub>2</sub> emissions required for transportation of 1 tonne of cargo for 1 mile	EEOI	0.5% annual reduction	1.1.1.1	EP-1 EP-6	29/12/17	I	$E_1(EEOI) = ((F_{LFO} \times CCF_{FHO}) + (F_{FHO} \times CCF_{FHO}) + (F_o \times CCF_o)) / K$ Data: F <sub>LFO</sub> = Light Fuel Oil F <sub>FHO</sub> = Heavy Fuel Oil F <sub>o</sub> = Diesel Oil CCF <sub>FHO</sub> =CO <sub>2</sub> Conversion factor for F <sub>LFO</sub> CCF <sub>FHO</sub> =CO <sub>2</sub> Conversion factor for F <sub>FHO</sub> CCF <sub>o</sub> =CO <sub>2</sub> Conversion factor for F <sub>o</sub> K <sub>v</sub> =Σ(m <sub>cargo</sub> × D) Σ: sum m <sub>cargo</sub> : tonnes of cargo D: miles of voyage
	SO <sub>x</sub> Sulphur oxides	Green house effect Ozone depletion Global warming Smog Respiratory diseases Acid rain Photochemical Pollution	5	4	20	MARPOL Annex VI Reg. 12 (Ozone depleting substances) Reg. 13 (NO <sub>x</sub> ) Reg. 14 (SO <sub>x</sub> ) Reg. 18 (Fuel Oil Quality) Dir. 1999/32/EC as amended by Dir. 2012/33/EU and Dir. 2009/33/EC	Max 0.10 % m/m S for all marine fuels. 0.1 % m/m at (S)ECA areas (from 1/1/2015) Max 0.1 % m/m S for: i) all marine fuels in EC & Turkish inland waterways and when berthed at EC and Turkish ports, ii) for MGO supplied in EU territory and waters. Max 0.1 % m/m S for MGO, MDO in California waters and 24 NM off the California baseline. Max 0.5 % by weight S for Hong Kong berths (except for the first hour after berthing and the last hour before departure) Max 0.5 % m/m S for Zhuijiang (Pearl River) Delta, the Yangtze River Delta, and in the Bohai Sea from berth up to 2nm offshore	Reduce consumption  Strict implementation of engines' maintenance procedure as per instructions of manufacturer  Maintenance of cooling and lubrication systems as per instructions of manufacturer  Increase awareness	SMS Bunkering and bunker sampling procedures, Change over procedure  Bunker Delivery Notes ENV004	E/R Logbook Fuel Analysis Report Oil Record Book E/R Logbook Bunker Delivery Notes ENV004	Not applied	Continual reduction of SO <sub>x</sub> emissions required for transportation of 1 tonne of cargo for 1 mile	EEOI	0.5% annual reduction	1.1.1.1	EP-1 EP-6	29/12/17	I	$E_2 = 10^4 \times (F_{LFO} S_{LFO} + F_{FHO} S_{FHO} + F_o S_o) / K$ Data: F <sub>LFO</sub> , F <sub>FHO</sub> , F <sub>o</sub> = as in EPI E <sub>1</sub> S <sub>LFO</sub> , S <sub>FHO</sub> , S <sub>o</sub> : average sulphur contents of LFO, HFO and DO K <sub>v</sub> =Σ(m <sub>cargo</sub> × D) Σ: sum m <sub>cargo</sub> : tonnes of cargo D: miles of voyage
	NO <sub>x</sub> Nitrogen oxides		5	4	20	CARB California regulations ISO 50001:2011	rpm g/kWh TIER II ≤130 14.4 130 – 44 x n <sup>-0.25</sup> 1999 n = RPM ≥2000 7.7 TIER I ≤130 17.7 130 – 45 x n <sup>-0.25</sup> 1999 n = RPM ≥2000 9.8	Active dialogue with customers  Active dialogue with manufacturers	SMS	Engines' Int. Air Pollution Prevention Certificate (EIAPP)  Int. Air Pollution Prevention Certificate (IAPPC)  Diagram of NO <sub>x</sub> Emissions ( NO <sub>x</sub> Technical File ) E/R Logbook ENV 004		Continual reduction of NO <sub>x</sub> emissions required for transportation of 1 tonne of cargo for 1 mile	EEOI	0.5% annual reduction	1.1.1.1	EP-1 EP-6	29/12/17	I	$E_3 = \Sigma(I \times E_{EM}) / K$ Data: I = (H <sub>r</sub> × W <sub>EM</sub> ) H <sub>r</sub> : Total Main Engine Running Hours W <sub>EM</sub> : Main Engine Operating Power for average RPM E <sub>EM</sub> : Certified NO <sub>x</sub> emissions per kWh for average RPM K <sub>v</sub> =Σ(m <sub>cargo</sub> × D) Σ: sum m <sub>cargo</sub> : tonnes of cargo D: miles of voyage
	H <sub>x</sub> C <sub>x</sub> Unburned hydrocarbons	Photochemical Pollution	5	3	15		∅												



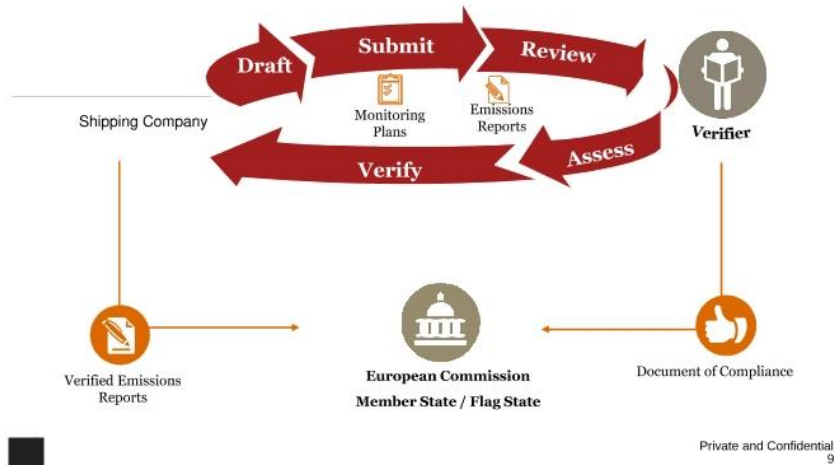
<sup>1</sup> Mandatory, Non Mandatory  
<sup>2</sup> According to color code illustrated in the Risk Matrix.  
<sup>3</sup> I, II, III, IV...etc. according to Phase Nr stated in relevant Environmental Program.  
<sup>4</sup> K represents the effective annual product of the Company. Tonnes of cargo are multiplied by miles of relevant voyage, and sum for all voyages creates K.

## ANNEX IV – DRAFT PROPSAL FOR MRV COMPLIANCE TO SHIPPING COMPANY



## ***The EU MRV Shipping Regulation***

### Information flow



## ***Prepare for MRV compliance***

### A complete turnkey MRV ready solution

- We help you build an effective monitoring and reporting system in order to better comply with the MRV regulation while increase energy efficiency.
- Our assistance includes:
  - Preparing vessel-specific Monitoring Plans and Emissions Reports which follow the MRV rules and principles;
  - Data cleaning and cross-checking with supporting documents;
  - Monitoring and reporting of all activity data and parameters required by the EU MRV Shipping Regulation on a daily, per voyage and annual basis;
  - Calculations of the amount of carbon emitted and activity data occurring in EU waters;
  - Estimations of the energy efficiency indicators required by the EU;
  - Documentation management for easy verification.
- We also help you enhance your understanding of the EU MRV Shipping Regulation by providing training seminars and policy insight related to the latest developments of the [redacted] expert group to responsible staff in your Company.

**Verde – a secure MRV management system**

- Verde is a dynamic energy and emissions management system which provides:
  - Flexibility in designing various Key Performance Indicators (KPIs)
  - Secured access from selected IP addresses
  - Completeness and comparability of data
  - Consistent results
  - ISO 27001 compliance
- ISO 27001 relates to information security and guarantees:
  - Data integrity
  - Data security
  - Transparency
  - Accuracy
- Verde covers the ISO 50001 requirements regarding the monitoring and reporting of energy and related carbon emissions.

Private and Confidential  
12

**Our approach (1/6)**

Monitoring Plans      Emissions Reports

Private and Confidential  
14



## ***Our approach (2/6)***

### **Set-up**

- Conduct meetings with the Client to enhance their knowledge with regards to the requirements of the EU MRV Shipping Regulation, the activity data and parameters which need to be monitored and reported.
- Obtain an understanding of company's operating model and assess current structure in terms of data collection, monitoring and reporting of activity data and MRV related parameters.
- Define the different sources of information and the divergences between them, in consultation with the Management.
- Understand the current situation in terms of the internal IT systems used.
- In consultation with responsible employees, determine a data exchange template tailored to Client's needs, define reporting lines and channels of communication for our services.

### **Preparation**

**1**

Private and Confidential  
15

## ***Our approach (3/6)***

### **Set-up**

As part of the registration phase, █ provides the Client with the following documents:

1. A “basic requirements document” where the Client fills basic data regarding their fleet such as vessel name, IMO number, vessel type, port of Registry etc.
  2. A list with all the activity data, parameters and energy efficiency indicators the Client will need to monitor and report on, based on the new legal requirements.
  3. A list with all voyage-specific documents related to the EU MRV Shipping Regulation which the company will need to upload remotely to █ document management tool █ for ease verification.
- We enlist vessels' basic data and we create a private █ account for the Client where all information is readily available.
  - We conduct meetings with the Client to provide training with regards to Verde, its features and the monitoring options available.
  - We ensure that the Client is fully aware of the activity data, parameters and document exchange processes and is able to use the systems effectively.

### **Registration**

**2**

Private and Confidential  
16

### ***Our approach (4/6)***

- Operational data and parameters reported to us is validated by our competent experts.
- Quality and integrity of data is examined through specially developed filters: missing dates, data gaps and outliers are identified.
- Plausible reporting errors are addressed by our marine experts.
- Cross-check activity data and MRV related parameters with the voyage specific documents submitted by the Client.
- Create a complete and accurate database consisting of all relevant voyage specific activity data and MRV parameters.

#### **Data Cleaning**

3

Private and Confidential  
17

### ***Our approach (5/6)***

- Clean data is imported into [REDACTED].
- Through [REDACTED], we monitor the following activity data and MRV related parameters on a daily, per-voyage and annual basis:
  - Amount and emission factor for each fuel type consumed;
  - Carbon dioxide emissions from journeys to, from and between EU ports;
  - Carbon dioxide emissions while at berth in EU ports;
  - Distance travelled;
  - Time spent at sea;
  - Cargo carried;
  - Transport work.
- The energy efficiency indicators required by the EU MRV Shipping Regulation are monitored on a daily basis and visualized through graphs.
- Benchmarking of fleet performance against the EU MRV energy efficiency indicators is performed at any chosen interval.
- We review fleet performance over time and identify areas for improvement.
- Vessel-specific Monitoring Plans are issued in accordance with the EU MRV requirements and principles.

#### **Monitoring**

4

Private and Confidential  
18

### ***Our approach (6/6)***

- Documents are uploaded using ██████████ document management tool.
- All documents related to the monitored activity data and MRV parameters, are stored online on a per-voyage basis.
- Easy online access is granted to the Client who can retreat documents when asked for verification.
- A complete database of all activity data, MRV parameters and associated documentation is created on a per voyage basis.
  
- A vessel specific annual Emissions Report covering the requirements of the EU MRV Shipping Regulation is generated.
- Our marine experts can provide insight and technical assistance with regards to various reports which can be developed to suit Client's needs. These include benchmarking analysis reports with regards to past performance, breakdown of MRV related energy efficiency data and indicators etc.

Document  
Filing

5

Reporting

6

Private and Confidential  
19

### ***Our deliverables***

Improve  
efficiency  
while being  
MRV  
compliant

Our in-house marine experts, innovative monitoring and reporting systems, analytical tools and guidelines can support you in establishing effective energy and carbon management and achieving operational excellence whilst complying with all relevant regulatory requirements.

Upon completion of the project, we guarantee delivery of the following:

- Vessel specific Monitoring Plans for your fleet which adopt the MRV principles and are in accordance with the provisions of the EU MRV Shipping Regulation.
- Vessel specific annual Emissions Reports for your fleet in accordance with the EU legal requirements.
- Vessel specific reports at intervals suitable to the Client with graphs, benchmarking analysis and baseline comparisons according to the KPIs selected by the Client.

Throughout the duration of the project, we will provide you access to ██████████ MRV management system.

Private and Confidential  
21

## Service fees

performance monitoring service supports companies to comply with MRV

- Fees are based on the degree of company's readiness, the caliber of staff engaged and the time estimated to carry out our services.
- Our proposed fees are as follows:
  - set-up fee of [REDACTED] Euros/vessel
  - operational fee of [REDACTED] Euros/vessel per annum
- Document filing and validation is charged separately for [REDACTED] Euros/vessel per annum
- Our proposed fee takes into consideration the Client's fleet scale.
- [REDACTED] expects to have the full support of the Management and staff of the Company in delivering promptly as agreed.

Private and Confidential  
23

Groups and sorts data on a per-vessel and a per-voyage basis

Monitoring and reporting energy efficiency and carbon related emissions

**Data administration**

**KPI analysis**

**Benchmarking & Reporting**

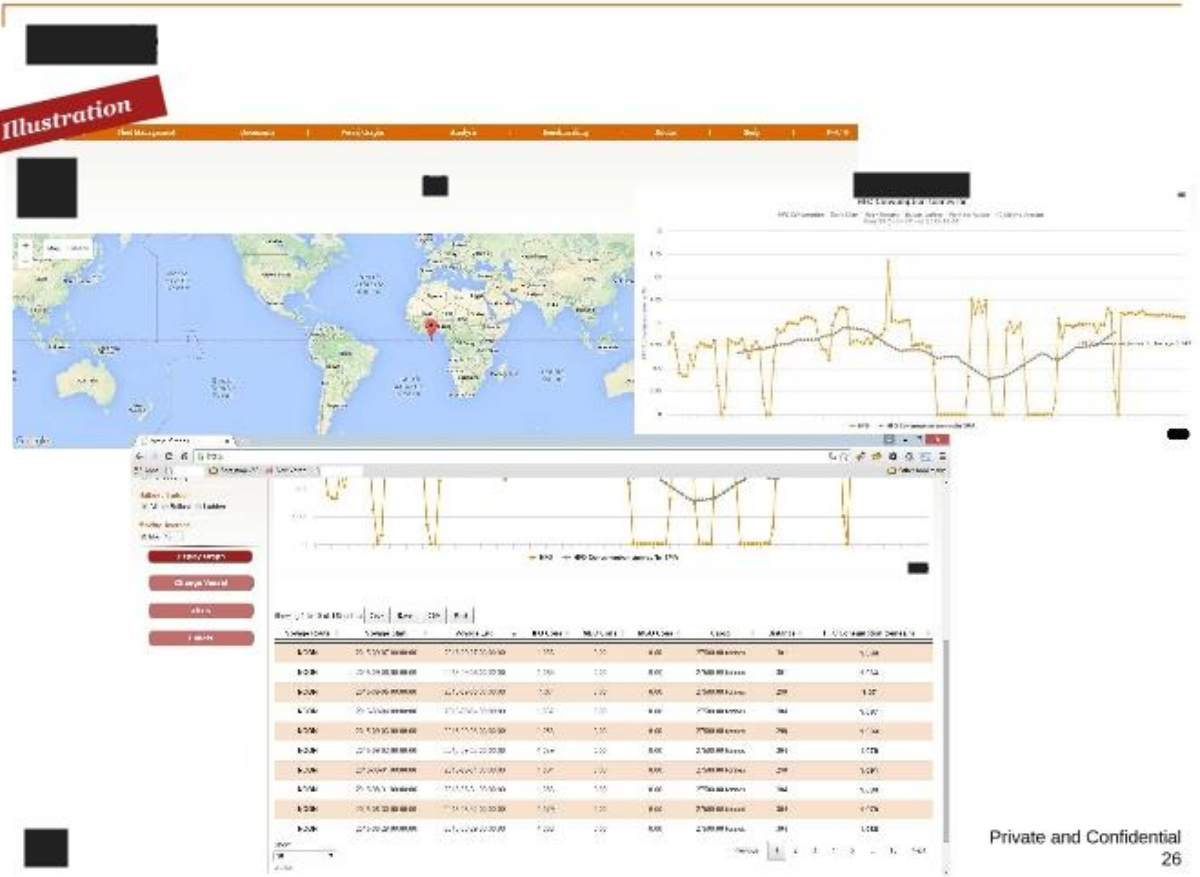
**MRV compliance**

Benchmarking and reports with data and graph analysis on a per-voyage basis (EU or non-EU)

Generation of MRV compliant documents (Monitoring Plans and Emissions Reports)

Private and Confidential  
25

Illustration



Private and Confidential  
 26

## REFERENCES / BIBLIOGRAPHY / RELEVANT INFORMATION SOURCES

- [1] George P. Vlachos, Dimitris Papaioannou, Eva Lema, *Green Shipping Practices: empirical results from the implementation of Ship Energy Efficiency Management Plan* (Paper), IAME 2014 Conference, Norfolk, VA, USA
- [2] Green Ship Magazine, *Green Ship of the Future* (Summary of ‘Low Emission Concept Ships’ study), Rosendahls, Esbjerg, Denmark, 2009
- [3] S.M. Rashidul Hasan, *Impact of EEDI on Ship Design and Hydrodynamics* (Thesis), Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2011
- [4] A. Papanikolaou, G. Zaraphonitis, E. Bitner-Gregersen, V. Shigunov, O. El Moctar, C. Guedes-Soares, D. N. Reddy, F. Sprenger, *Energy Efficient Safe SHip OPERATION* (Paper), 2015 World Maritime Technology Conference & SNAME Maritime Convention, Providence-Rhode Island, November 2015
- [5] George J. Tsekouras, Fotis D. Kanellos, John Prousalidis, *Simplified method for the assessment of ship electric power systems operation cost reduction from energy storage and Renewable energy sources integration*, IET Electrical Systems in Transportation, September 2015
- [6] Christina Vossen, Robert Kleppe, Siv Randi Hjørungnes, *Ship Design and System Integration*, Conference Paper, December 2013
- [7] Germanischer Lloyd, Torsten Mundt, *The Energy Efficiency Indices of the IMO* (Presentation), CO2-Workshop ZKR, 2011
- [8] DELTAMARIN, Sebastian Sala, *Energy Efficiency and the Shipping Industry* (Presentation), March 2010
- [9] Στέλιος Παναγιώτου, *Ποντοπόρος Ναυτιλία και Κλιματική Αλλαγή* (Παρουσίαση), Στέλιος Παναγιώτου, 2012
- [10] Wärtsilä, *Boosting Energy Efficiency*, 3 February 2009 Energy Efficiency Catalogue / Ship Power R&D Presentation
- [11] IMO, *2014 Guidelines on Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships, Annex 5, Resolution Mepc.245(66)*, IMO, April 2014
- [12] DNV GL, *EU MRV regulation, April 2017*
- [13] TRIALITY SPECIAL EDITION, *Tanker Update*, DNV GL, February 2010
- [14] Torre Longva, *Emission reduction potential in shipping*, ECCP-WG Ships Meeting 3, DNV GL, November 2011
- [15] ABS, *Ship Energy Efficiency Measures* (Advisory), ABS, USA, 2013
- [16] WMU-IMO, 2013: Training course on Energy Efficient Operation of Ships
- [17] WMU-IMO, 2013: Train the Trainer (TTT) Course

- [18] IMO, *Third IMO GHG Study 2014*, IMO, London, 2015
- [19] IMO, *Consideration of how to progress the matter of reduction of GHG emissions from ships MEPC 70 / ISWG-GHG 1/2*, IMO, February 2017
- [20] Lloyd’s Register, *Implementing a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)* (version 2.0), Lloyd’s Register, June 2012
- [21] IMO, Dr Zabi Bazari, UK(EnEmSol), *TTT Course Module 2-Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines*, IMO, London, January 2016
- [22] IMO, Dr Zabi Bazari, UK(EnEmSol), *TTT Course Module 3-From Management to Operation*, IMO, London, January 2016
- [23] IMO, Dr Zabi Bazari, UK(EnEmSol), *TTT Course Module 4-Ship Board Energy Management*, IMO, London, January 2016
- [24] DNV GL, Seeba Ann Mathew, *Ship Energy Audit-Do the least*, DNV GL, April 2015
- [25] IMO, *MEPC 71/17 Report of the Marine Environment Protection Committee on its Seventy First Session Secretariat*, IMO, July 2017
- [26] Lloyd’s Register, *Guidance on the EU MRV regulation and the IMO DCS for shipowners and operators-version 1.0*, Lloyd’s Register, September 2017
- [27] DNV GL, *EU\_MRV\_Brochure, EU MRV REGULATION*, DNV GL, April 2017
- [28] DNV GL, *Pathways to Low Carbon Shipping*, DNV Memo to the IMO Secretary General, June 2009
- [29] DNV GL, Sverre Alvik, Magnus S. Eide, Oyvind Endresen, Peter Hoffmann, Tore Longva, *Pathways to low carbon shipping. Abatement potential towards 2030*, February 2010
- [30] *Existing SEEMP of Chemical Tanker*, Shipping Company with more than 30 oil and chemical tankers, Greece, 2015
- [31] *Shipping Company Draft Proposal-Performance Monitoring for MRV Compliance*, Private and Confidential, February 2016
- [32] *Second IMO GHG Study 2009*, International Maritime Organization (IMO) London, UK, April 2009; 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., Pålsson, C., Winebrake, J.J., Wu, W., Yoshida, K.
- [33] *TECHNICAL AND REGULATORY NEWS No. 18/2016 – Statutory, PREPARING FOR THE MRV REGULATION, REVISED VERSION*, DNV GL, Germany, September 2016
- [34] Nikolas Theodorou, *EU Shipping MRV Regulation-A status update & How to get ready* (Presentation), VERIFAVIA shipping, Athens, April 2016
- [35] *MONITORING, REPORTING, AND VERIFICATION OF EXHAUST EMISSIONS (MRV)* (Presentation) SNAME meeting, John Kokarakis, Bureau Veritas, October 2015

- [36] IMO, *RESOLUTION MEPC.245(66)* , 2014 *GUIDELINES ON THE METHOD OF CALCULATION OF THE ATTAINED ENERGY EFFICIENCY DESIGN INDEX (EEDI) FOR NEW SHIPS (MEPC 66/21 Annex 5)*, IMO, London, April 2014
- [37] IMO, *MEPC .282(70)* , 2016 *GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF A SEEMP*, IMO, London, October 2016
- [38] IMO, *MEPC.213(63)* , 2012 *GUIDELINES FOR THE DEVELOPMENT OF A SEEMP*, IMO, London, March 2012
- [39] ISO 15550:2002, Internal Combustion Engines – Determination and method for the measurement of engine power – General requirements.
- [40] ISO 3046-1:2002, Reciprocating internal combustion engines – Performance – Part1: Declarations of power, fuel and lubricating oil consumptions, and test methods – Additional requirements for engines for general use.
- [41] ISO 8861:1998, Shipbuilding – Engine-room ventilation in diesel-engined ships – Design requirements and basis of calculations.
- [42] IEEE Std 45TH -2002, IEEE Recommended Practice for Electrical Installations on Shipboard.
- [43] ISO 15016:2002, Ships and maritime technology - Guidelines for the assessment of speed and power performance by analysis of speed trial data.
- [44] IESNA RP12-97, Recommended Practice for Marine Lighting.
- [45] ITTC Recommended Procedures and Guidelines, Full Scale Measurements, Speed and Power Trials, Analysis of Speed/Power Trial Data, Revision 00, 2005.
- [46] ITTC Recommended Procedures and Guidelines, Full Scale Measurements, Speed and Power Trials, Preparation and Conduct of Speed/Power Trials, Revision 03, 2005.
- [47] Directive 2006/32/EC, Of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006, on Energy end use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC.
- [48] IMO, “MEPC/Circ. 471 Interim Guidelines for Voluntary Ship CO<sub>2</sub> Emission Indexing for Use in Trials”, 29 July 2005.
- [49] MAN B&W, Instruction Book for Main Diesel Engines, Chapter 706, Performance Evaluation and General Operation.
- [50] MAN B&W Diesel A/S, “Influence of Ambient Temperature Conditions on Main Engine Operation”, Copenhagen, Denmark.
- [51] CRES, Energy Audit Guide, Parts A-C, Athens, 2000.
- [52] Kakac, S., Liu, H., Heat Exchangers, Selection Rating and Thermal Design, Second Edition, CRC Press, 2002.
- [53] United Kingdom Committee on the Properties of Steam, UK Steam Tables in SI Units 1970, Edward Arnold (Publishers) Ltd., London, 1970.



- [54] Keenan, J.H., Chao, J., Kaye, J., Gas Tables International Version Second (Reprint) Edition (SI Units), Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1992.
- [55] Nayyar, M.L., Piping Databook, McGraw – Hill, 2002.
- [56] Confederation of Indian Industry, Manual on Compressors and Compressed Air Systems.
- [57] US DoE, EERE, Improving Compressed Air System Performance, A Source Book for Industry.
- [58] US DoE, EERE, Improving Steam System Performance, A Source Book for Industry.
- [59] Copper Development Center South East Asia, Understanding High Efficiency Motors, Publication EE301/2001.
- [60] Isherwood, R.M., “Wind Resistance of Merchant Ships”, Transaction of the Royal Institution of Naval Architects, Vol.114, pp.327-338.
- [61] Blendermann, W., “Parameter identification of wind loads on ships”, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., 51, 1994, pp.339-351.
- [62] Fragopoulos C.A, Proussalidis I.M., Ship Energy Systems – Part I Electrical Installations – Introduction to Automation, NTUA, Athens, 2005 (in Greek).
- [63] Lois, E., Notes on the Theory and Practice of Combustion, NTUA, Athens, 1998 (in Greek).
- [64] Stamatopoulos, D.S., Marine Fuels & Lubricants, MFC Publications, Piraeus, 2004 (in Greek).
- [65] Stournas, S., Lois. E., Zannikos, F., Karonis, D., “Technology of Fuels & Lubricants”, NTUA, Athens, 2004 (in Greek).
- [66] Antonopoulos, K.A., Air Conditioning Part I, Athens, 1992 (in Greek).
- [67] Athanasiadis, N.A., Hydrodynamic Machines, General Principles – Pumps, Third Edition, Athens, 1989 (in Greek).
- [68] Malatestas, P.B., Manias, S.N., Electric Motors Drive Systems, Symeon, Athens (in Greek).
- [69] Topalis, F.B., “Electric Energy Savings at Internal Spaces Lighting Installations”, NTUA seminar presentation (in Greek).
- [70] Rakopoulos, K.D., Principles of Internal Combustion Engines, G.Fountas, Athens, 1988 (in Greek).
- [71] Politis, G. K., Labrinidis, G. N., The Hydrodynamics of Ship Propulsion, Astir, Athens, 1993 (in Greek).
- [72] Daniil, G.F., Mimikopoulos, K.H., Marine Steam Boilers, Eugenides Foundation, Athens, 1994
- [73] Existing Energy Audit Report Ναυτιλιακής Εταιρείας με πάνω από 30 oil και chemical tankers για υπάρχον VLCC Tanker, Αθήνα, 2016

## WEB SITES / INTERNET-ELECTRONIC SOURCES / DOCUMENTS FROM WEB SITES

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610214032299>

<https://www.theicct.org/publications/energy-efficiency-design-index-eedi-new-ships>

<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/UN%20Joint%20side%20event%20presentation.pdf>

<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions#emissions-by-sector>

<http://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/MEPC/Pages/Default.aspx>

<http://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/MEPC/Pages/MEPC-70th-session.aspx>

<http://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/MEPC/Pages/MEPC-71.aspx>

[file:///C:/Users/ciliopoulos/Downloads/pr\\_38\\_rev1\\_pdf2841.pdf](file:///C:/Users/ciliopoulos/Downloads/pr_38_rev1_pdf2841.pdf)

[http://slideplayer.com/slide/9175122/27/images/3/The+EEDI+formulas+\(excl.jpg](http://slideplayer.com/slide/9175122/27/images/3/The+EEDI+formulas+(excl.jpg)

<http://slideplayer.com/slide/9378999/>

<https://www.dnvgl.com/maritime/eu-mrv-regulation/index.html>

<http://slideplayer.com/slide/7829480/>

[https://www.google.gr/search?q=eeoi&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjG2Ynl-9fYAhWGa5oKHSmA\\_oQ\\_AUICigB&biw=1536&bih=760#imgrc=TgxvZF9YL4JQsM:](https://www.google.gr/search?q=eeoi&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjG2Ynl-9fYAhWGa5oKHSmA_oQ_AUICigB&biw=1536&bih=760#imgrc=TgxvZF9YL4JQsM:)

<https://www.slideshare.net/MohammudHanifDewan/ship-energy-efficiency-management2016>

<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Air%20pollution/M1%20Climate%20Change%20and%20Shipping%20-%20IMO%20TTT%20course%20presentation%20final1.pdf>

<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Air%20pollution/M5%20ship-port%20interface%20final.pdf>

<https://www.marineinsight.com/green-shipping/top-7-green-ship-concepts-using-wind-energy/>

<https://www.theicct.org/publications/energy-efficiency-design-index-eedi-new-ships>

[http://www.marnav.dk/media/pdfs/IMO\\_Documents/MEPC.1-Circ.683%20-%20Guidance%20For%20The%20Development%20Of%20A%20Ship%20Energy%20Efficiency%20Management%20Plan.pdf](http://www.marnav.dk/media/pdfs/IMO_Documents/MEPC.1-Circ.683%20-%20Guidance%20For%20The%20Development%20Of%20A%20Ship%20Energy%20Efficiency%20Management%20Plan.pdf)

<http://www.marsig.com/downloads/MARSIG%20-%20SEEMP%20Template.pdf>

<http://www.irclass.org/media/1397/ship-energy-efficiency-management-plan.pdf>

<https://www.lr.org/en/training/mrv-regulations-explained-course>

<http://www.tradewindsnews.com/incoming/article268101.ece5/binary/Shipping%20overview>

[https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/advisories-and-debriefs/ABS\\_Energy\\_Efficiency\\_Advisory.pdf](https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/advisories-and-debriefs/ABS_Energy_Efficiency_Advisory.pdf)

[https://www.green4sea.com/wp-content/uploads/2015/09/RBSA-Understanding-the-EEOI-Summary-2015\\_08-.pdf](https://www.green4sea.com/wp-content/uploads/2015/09/RBSA-Understanding-the-EEOI-Summary-2015_08-.pdf)

<http://player.slideplayer.com/34/10254317/#>

<https://www.sintef.no/globalassets/upload/marintek/cimac2011/dnv-koren-tanker-update.pdf>

<https://www.green4sea.com/energy-efficiency-study-on-eeoi/>

<https://nca2014.globalchange.gov/report#section-1949>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_warming](https://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse\\_gas](https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas)

[https://www.google.gr/search?q=greenhouse+effect&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjx8b2UgYDZAhXEECwKHS5LA1UQ\\_AUICigB&biw=1536&bih=760#imgrc=NmslNjY57rHK1M:](https://www.google.gr/search?q=greenhouse+effect&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjx8b2UgYDZAhXEECwKHS5LA1UQ_AUICigB&biw=1536&bih=760#imgrc=NmslNjY57rHK1M:)

<https://socratic.org/questions/how-is-the-greenhouse-effect-related-to-global-warming>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Kyoto\\_Protocol](https://en.wikipedia.org/wiki/Kyoto_Protocol)

[https://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Maritime\\_Organization](https://en.wikipedia.org/wiki/International_Maritime_Organization)

<http://slideplayer.com/slide/7829480/#>

<https://www.dnvgl.com/maritime/energy-efficiency/eedi-and-eeoi.html>

<http://basicsofmarineengineering.blogspot.gr/2015/07/specific-fuel-oil-consumption-sfoc.html>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Amortization\\_calculator](https://en.wikipedia.org/wiki/Amortization_calculator)

<http://www.denizticaretodasi.org.tr/Shared%20Documents/SektorelEgitim/Alpha%20Marine%20SEEMP%20Presentation.pdf>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Power\\_rating](https://en.wikipedia.org/wiki/Power_rating)

<https://www.marineinsight.com/main-engine/12-terminologies-used-for-power-of-the-ships-marine-propulsion-engine/>

<https://www.marineinsight.com/tech/energy-audit-on-ships-part-1/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Peter\\_Drucker](https://en.wikipedia.org/wiki/Peter_Drucker)

[https://en.wikipedia.org/wiki/William\\_Thomson,\\_1st\\_Baron\\_Kelvin](https://en.wikipedia.org/wiki/William_Thomson,_1st_Baron_Kelvin)

<http://www.ophiropt.com/laser--measurement/knowledge-center/article/9043>

**APPENDIX I – REFERENCE DRAWINGS / INFORMATION**

To Energy Audit Report βασίστηκε σε πληροφορίες από τα ακόλουθα σχέδια / manuals (διαθέσιμα επί του πλοίου αλλά και στην ξηρά):

No.	Title	Dwg. No.
1.	M/E IMO NOx Technical File	-
2.	Final Drawing for M/E	6U-2811-001
3.	Instruction Manual (Vol.1) for D/G engine	6U-2831-101
4.	D/G IMO NOx Technical File	-
5.	Final Drawing for Main D/G	6E-2831-101
6.	Engine Room Fan & P/R Fan	6U-2232-351
7.	General Arrangement	1G-7000-201
8.	Capacity Plan & Deadweight Scale	2G-7000-004
9.	Ventilation Diagram in Accommodation on UPP-DECK	2S-8230-001
10.	Exhaust Gas Economizer	6U-2853-303
11.	Provisional Trim and Stability Booklet	7G-7000-004
12.	Data Booklets (Mach. Particulars & Maker's Address)	7G-9000-000
13.	Test Report for Electric Motor	6E-7841-106
14.	Final Drawing for Electric Motor	6E-7841-106
15.	Electric Load Analysis	2E-7830-101-100
16.	Specification of Pumps	SS01-016
17.	Shop Test for Centrifugal Pump	6U-2812-002

## APPENDIX II – PROPERTIES OF FUEL CONSUMED DURING THE AUDIT

FirstEng [REDACTED]

F.O. Analysis

From: [REDACTED]  
Sent: Monday, September 24, 2012 12:08 PM  
To: ChiefEng; FirstEng  
Subject: FW: Default-RX: [REDACTED] FUEL ANALYSIS REPORT, FUJAIRAH, 22-SEP-2012, SAMPLE :

Best regards,

Capt. [REDACTED]

Master, MT [REDACTED]

Fax No. [REDACTED]

Tel No. : [REDACTED]

Tel No. : [REDACTED]

Mini M [REDACTED]

Mini M [REDACTED]

Email : [REDACTED]

-----Original Message-----

From: [REDACTED]  
Sent: Monday, September 24, 2012 11:40 AM  
To: [REDACTED]  
Cc: [REDACTED]  
Subject: Default-RX: [REDACTED] FUEL ANALYSIS REPORT, FUJAIRAH, 22-SEP-2012, SAMPLE :

\*\*\* PRELIMINARY REPORT - ASH AND ELEMENTS BEING RECHECKED \*\*\*

To: [REDACTED]

Attr: [REDACTED]

Attr: [REDACTED]

Cc: [REDACTED]

Attn: Chief Engineer

[REDACTED] Petroleum Services - Fuel Analysis Report dated: 24-Sep-2012

Vessel: [REDACTED]

Sample Number [REDACTED]

Product Type	(HFO)
Bunker Port	FUJAIRAH
Bunker Date	22-SEP-2012
Sampling Point	SHIP MANIFOLD
Sampling Method	CONTINUOUS DRIP

Sent From FUJAIRAH  
 Date Sent 23-SEP-2012  
 Arrived at Lab 23-SEP-2012  
 Supplier [REDACTED]  
 Loaded From AGATE V  
 Quantity per C.Eng. 3388

Seal Data [REDACTED]  
 Seal Data [REDACTED]

Related Samples  
 Supplier [REDACTED]  
 Ship [REDACTED]  
 MARPOL [REDACTED]

Receipt Data	Unit
Source Of Data	B.D.N
Density @ 15°C	kg/m <sup>3</sup> 983.8
Viscosity @ 50°C	mm <sup>2</sup> /s 374.4
Sulfur	% m/m 3.25
Volume @ 15°C	m <sup>3</sup> 3448.345
Quantity	MT 3388.688

Test Parameter	Unit	Result	RMG380
Density @ 15°C	kg/m <sup>3</sup>	981.4	991.0
Viscosity @ 50°C	mm <sup>2</sup> /s	367.8	380.0
Water	% V/V	0.07	0.50
Micro Carbon Residue	% m/m	13.76	18.00
Sulfur	% m/m	3.18	
Total Sediment Potential	% m/m	0.02	0.10
Pour Point	°C	LT 24	30
Flash Point	°C	GT 70.0	60.0
Acid Number	mg KOH/g	0.6	2.5

Calculated Values

CCAI (Ignition Quality)	-	843	870
Quantity (Weight)	MT	3380.413	
Quantity Difference	MT	-8.275	

Note:

LT means Less Than, GT means Greater Than.  
 Quantity (Weight) is based on BDN Volume, DNVPS Density and a weight factor of 1.1 kg/m<sup>3</sup> (ASTM D1250-80 Table 56).

Comments :

ISO 8217:2010 specification RMG380, table 2 requirements has been included for reference only.

Operational Advice :  
Approximate fuel temperatures:

Injection:  
145°C for 10 mm<sup>2</sup>/s  
125°C for 15 mm<sup>2</sup>/s  
115°C for 20 mm<sup>2</sup>/s  
110°C for 25 mm<sup>2</sup>/s

Transfer :  
45°C

Best Regards,

On behalf of [REDACTED]

Assistant Technical Advisor

End of Report for [REDACTED]

Reference to part(s) of this report which may lead to misinterpretation is prohibited.

For technical or operational advice or further information on this report please contact your nearest [REDACTED] or contact us directly at [REDACTED]

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* The contents of this e-mail message and any attachments are confidential and are intended solely for the addressee. If you have received this transmission in error, please immediately notify the sender by return e-mail and delete this message and its attachments. Any unauthorized use, copying or dissemination of this transmission is prohibited. Neither the confidentiality nor the integrity of this message can be vouched for following transmission on the Internet.  
\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

APPENDIX III – HVAC MEASUREMENTS DURING THE AUDIT

EA 009B ACCOMMODATION AIR CONDITIONING INSPECTION No.1									
VESSEL:		Houtside = 73.4 %RH Toutside = 28 °C		DATE: 25-11-12		TIME: 10:00			
Measurements at the conditioned spaces									
Code	Record Tin (C), Toul (C), Rel. Hum. (%), CO2(ppm)	Vertical Temp. Gradient (C)	Hor. Temp. Gradient (C)	Air Speed (m/s)	Flow Rate (m3/min)	Tspace			
<b>Typical Cabins</b>									
A0012	MESS MAN (A) (1)	17.10	NC	74.30	% RH	24.20	°C	78.40	% RH
A0013	MESS MAN (A) (2)	17.20	NC	74.20	% RH	24.40	°C	78.00	% RH
A0014	MESS MAN (B)	17.00	NC	74.30	% RH	24.30	°C	78.20	% RH
B0024	CDOCK	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
B0025	CH. (A)	17.10	NC	74.30	% RH	24.30	°C	78.40	% RH
B0026	ELECT	17.00	NC	74.30	% RH	24.30	°C	78.20	% RH
B0027	3RD ENG	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
B0028	AB-1	17.20	NC	74.20	% RH	24.40	°C	78.00	% RH
B0029	AB-2	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
B0030	AB-3	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
B0031	AB-4	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
B0032	OFF'S SPARE	17.10	NC	74.30	% RH	24.20	°C	78.40	% RH
B0033	AB-5	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
B0034	AB-6	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
B0035	BOILER	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
B0036	WIPER	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
B0037	ASS. COOK	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
C0041	WINNER	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
C0042	2ND ENG	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
C0043	1ST ENG	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
C0044	CH. ENG. (1)	17.20	NC	74.20	% RH	24.40	°C	78.00	% RH
C0045	CH. ENG. (2)	17.00	NC	74.30	% RH	24.30	°C	78.20	% RH
C0046	CH. ENG. (3)	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
C0047	CH. OFF. (1)	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
C0048	CH. OFF. (2)	17.20	NC	74.20	% RH	24.40	°C	78.00	% RH
C0049	2ND OFF	17.00	NC	74.30	% RH	24.30	°C	78.20	% RH
C0049	3RD OFF	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
C0049	4TH OFF	17.60	NC	74.30	% RH	23.80	°C	78.30	% RH
C0051	CAPTAIN	17.20	NC	74.20	% RH	24.40	°C	78.00	% RH
<b>Cabins Average Temp./Hum.</b>		<b>17.25 °C</b>		<b>74.3 % RH</b>		<b>24.29 °C</b>		<b>77.33 % RH</b>	
<b>Public Spaces</b>									
UD002	HOSPITAL	17.40	NC	72.20	% RH	26.90	°C	48.30	% RH
UD003	CHANGING ROOM (1)	17.60	NC	73.10	% RH	26.80	°C	48.20	% RH
UD003	CHANGING ROOM (2)	17.60	NC	72.80	% RH	26.90	°C	48.10	% RH
UD004	CREW'S LAUNDRY (1)	17.30	NC	73.00	% RH	26.80	°C	48.15	% RH
UD004	CREW'S LAUNDRY (2)	17.40	NC	73.20	% RH	26.70	°C	48.10	% RH
UD005	OFF'S LAUNDRY (1)	17.30	NC	72.80	% RH	26.80	°C	48.15	% RH
UD005	OFF'S LAUNDRY (2)	17.60	NC	73.10	% RH	26.90	°C	48.20	% RH
UD006	GYMNASIUM (1)	17.60	NC	73.10	% RH	26.80	°C	48.20	% RH
UD006	GYMNASIUM (2)	17.40	NC	73.20	% RH	26.70	°C	48.10	% RH
UD006	GYMNASIUM (3)	17.30	NC	72.90	% RH	26.80	°C	48.15	% RH
UD006	GYMNASIUM (4)	17.40	NC	73.20	% RH	26.70	°C	48.10	% RH
UD007	LOCKER	17.60	NC	72.80	% RH	26.80	°C	48.15	% RH
UD007	PROV STORE (1)	17.40	NC	73.10	% RH	26.80	°C	48.20	% RH
UD017	PROV STORE (2)	17.60	NC	73.10	% RH	26.80	°C	48.20	% RH
AD018	CREW'S MESS ROOM (1)	17.40	NC	73.20	% RH	26.70	°C	48.10	% RH
AD018	CREW'S MESS ROOM (2)	17.30	NC	72.80	% RH	26.80	°C	48.15	% RH
AD018	CREW'S SMOKING ROOM (1)	17.40	NC	73.00	% RH	26.70	°C	48.10	% RH
AD018	CREW'S SMOKING ROOM (2)	17.30	NC	72.90	% RH	26.80	°C	48.15	% RH
AD020	CREW'S PANTRY ROOM	17.40	NC	73.20	% RH	26.80	°C	48.30	% RH
AD021	OFF'S PANTRY ROOM	17.60	NC	73.10	% RH	26.80	°C	48.20	% RH
AD022	OFF'S MESS ROOM (1)	17.40	NC	73.20	% RH	26.70	°C	48.10	% RH
AD022	OFF'S MESS ROOM (2)	17.60	NC	73.00	% RH	26.80	°C	48.15	% RH
AD023	OFF'S SMOKING ROOM (1)	17.40	NC	73.00	% RH	26.70	°C	48.10	% RH
AD023	OFF'S SMOKING ROOM (2)	17.30	NC	72.90	% RH	26.80	°C	48.15	% RH
B0038	DRY ROOM	17.40	NC	72.20	% RH	26.90	°C	48.30	% RH
B0039	SHIP'S LAUNDRY (1)	17.60	NC	73.10	% RH	26.80	°C	48.20	% RH
B0039	SHIP'S LAUNDRY (2)	17.40	NC	72.80	% RH	26.90	°C	48.20	% RH
ND003	TOILE	17.60	NC	73.10	% RH	26.80	°C	48.20	% RH
<b>Public Spaces Average Temp./Hum.</b>		<b>17.41 °C</b>		<b>72.88 % RH</b>		<b>26.65 °C</b>		<b>48.18 % RH</b>	
<b>Working Spaces</b>									
UD001	DECK STORE & WORKSHOP	17.40	NC	72.20	% RH	26.90	°C	48.30	% RH
UD008	REPAIR ROOM	17.60	NC	73.10	% RH	26.80	°C	48.20	% RH
UD009	SHIP'S OFFICE (1)	17.40	NC	73.10	% RH	26.80	°C	48.20	% RH
UD009	SHIP'S OFFICE (2)	17.60	NC	73.10	% RH	26.80	°C	48.15	% RH
UD009	SHIP'S OFFICE (3)	17.40	NC	73.00	% RH	26.80	°C	48.10	% RH
UD009	SHIP'S OFFICE (4)	17.20	NC	72.90	% RH	26.80	°C	48.15	% RH
AD010	FIRE CONTROL STATION (1)	17.40	NC	73.00	% RH	26.70	°C	48.10	% RH
AD010	FIRE CONTROL STATION (2)	17.30	NC	72.90	% RH	26.80	°C	48.15	% RH
AD015	GALLEY (1)	20.40	NC	73.00	% RH	27.10	°C	70.10	% RH
AD015	GALLEY (2)	20.50	NC	73.00	% RH	27.00	°C	70.10	% RH
AD015	GALLEY (3)	20.50	NC	73.10	% RH	27.10	°C	70.20	% RH
AD015	GALLEY (4)	20.40	NC	73.00	% RH	27.00	°C	70.10	% RH
AD015	GALLEY (5)	20.50	NC	73.00	% RH	27.00	°C	70.10	% RH
AD015	GALLEY (6)	20.50	NC	73.00	% RH	27.00	°C	70.10	% RH
AD015	GALLEY (7)	20.50	NC	73.00	% RH	27.00	°C	70.10	% RH
AD015	GALLEY (8)	20.50	NC	73.10	% RH	27.10	°C	70.20	% RH
AD015	GALLEY (9)	20.40	NC	73.00	% RH	27.00	°C	70.10	% RH
AD015	GALLEY (10)	20.50	NC	73.00	% RH	27.00	°C	70.10	% RH
AD015	GALLEY (11)	20.50	NC	73.10	% RH	27.10	°C	70.10	% RH
AD015	GALLEY (12)	20.50	NC	73.10	% RH	27.10	°C	70.10	% RH
AD015	GALLEY (13)	20.50	NC	73.00	% RH	27.00	°C	70.10	% RH
AD015	GALLEY (14)	20.50	NC	73.00	% RH	27.00	°C	70.10	% RH
AD049	PAINT ROOM	18.60	NC	73.10	% RH	26.90	°C	48.20	% RH
ND052	WHEEL HOUSE (1)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	WHEEL HOUSE (2)	23.20	NC	82.80	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	WHEEL HOUSE (3)	23.00	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	WHEEL HOUSE (4)	23.20	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	WHEEL HOUSE (5)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	WHEEL HOUSE (6)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	WHEEL HOUSE (7)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	WHEEL HOUSE (8)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	WHEEL HOUSE (9)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	WHEEL HOUSE (10)	23.20	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	WHEEL HOUSE (11)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	WHEEL HOUSE (12)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	WHEEL HOUSE (13)	23.00	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	WHEEL HOUSE (14)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	WHEEL HOUSE (15)	23.20	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (1)	23.00	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (2)	23.00	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (3)	23.00	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (4)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (5)	23.00	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (6)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (7)	23.00	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (8)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (9)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (10)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (11)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (12)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (13)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (14)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (15)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (16)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (17)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (18)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (19)	23.10	NC	82.90	% RH	28.20	°C	57.50	% RH
ND052	RADIO ROOM (20)	23.10	NC	82.90	% RH	28.			





EA 009B ACCOMMODATION AIR CONDITIONING INSPECTION No.3										
VESSEL:		Houtside = 81.6 %RH		Toutside = 28 °C		DATE: 25-11-12		TIME: 21:00		
Measurements at the conditioned spaces										
Record Tin (C), Tout (C), Rel. Hum. (%), CO2(%), Vertical Temp. Gradient (C), Hor. Temp. Gradient (C), Air Speed (m/s), Flow Rate (m3/min)										
Typical Cabins										
Code	Room Name	Tin	Tout	%RH	Temp	Tspace	%RH	Temp	Temp	%RH
A0012	MESS MAN (A) (1)	17.10	74.30	%RH	24.20	6°C	78.40	%RH		
A0013	MESS MAN (A) (2)	17.20	74.20	%RH	24.40	6°C	78.00	%RH		
A0013	MESS MAN (B)	17.00	74.30	%RH	24.30	6°C	78.20	%RH		
A0014	COOK	17.60	74.30	%RH	23.80	6°C	75.30	%RH		
B0024	OIL (A)	17.10	74.30	%RH	24.20	6°C	78.40	%RH		
B0025	OIL (B)	17.20	74.20	%RH	24.40	6°C	78.00	%RH		
B0026	ELECTR	17.00	74.30	%RH	24.30	6°C	78.20	%RH		
B0027	3RD ENG	17.60	74.30	%RH	23.80	6°C	75.30	%RH		
B0028	AB-1	17.10	74.30	%RH	24.20	6°C	78.40	%RH		
B0029	AB-2	17.20	74.20	%RH	24.40	6°C	78.00	%RH		
B0030	AB-3	17.00	74.30	%RH	24.30	6°C	78.20	%RH		
B0031	AB-4	17.60	74.30	%RH	23.80	6°C	75.30	%RH		
B0032	OFF'S SPARE	17.10	74.30	%RH	24.20	6°C	78.40	%RH		
B0033	AB-5	17.20	74.20	%RH	24.40	6°C	78.00	%RH		
B0034	AB-6	17.00	74.30	%RH	24.30	6°C	78.20	%RH		
B0035	BOS'N	17.60	74.30	%RH	23.80	6°C	75.30	%RH		
B0036	WIPER	18.60	74.30	%RH	23.80	6°C	75.30	%RH		
B0037	ASS. COOK	18.50	72.80	%RH	23.40	6°C	54.60	%RH		
C0041	OWNER	17.00	74.30	%RH	24.30	6°C	78.20	%RH		
C0042	2ND ENG.	17.60	74.30	%RH	23.80	6°C	75.30	%RH		
C0043	1ST ENG.	17.40	74.30	%RH	24.20	6°C	78.40	%RH		
C0044	CH. ENG. (1)	17.20	74.20	%RH	24.40	6°C	78.00	%RH		
C0045	CH. ENG. (2)	17.00	74.30	%RH	24.30	6°C	78.20	%RH		
C0045	CH. ENG. (3)	17.60	74.30	%RH	23.80	6°C	75.30	%RH		
C0045	CH. OFF. (1)	17.10	74.30	%RH	24.20	6°C	78.40	%RH		
C0046	CH. OFF. (2)	17.20	74.20	%RH	24.40	6°C	78.00	%RH		
C0047	2ND OFF.	17.60	74.30	%RH	23.80	6°C	75.30	%RH		
C0048	3RD OFF.	17.00	74.30	%RH	24.30	6°C	78.20	%RH		
C0048	PILOT	17.10	74.30	%RH	24.20	6°C	78.40	%RH		
C0051	CAPTAIN	17.20	74.20	%RH	24.40	6°C	78.00	%RH		
Cabins Average Temp./Hum.		17.31	74.2	%RH	24.28	6°C	76.64	%RH		
Public Spaces										
Code	Room Name	Tin	Tout	%RH	Temp	Tspace	%RH	Temp	Temp	%RH
UD002	HOSPITAL	17.40	72.20	%RH	26.90	6°C	57.20	%RH		
UD003	CHANGING ROOM (1)	17.40	73.10	%RH	26.90	6°C	57.00	%RH		
UD004	CREW'S LAUNDRY (1)	17.30	72.90	%RH	26.30	6°C	57.30	%RH		
UD005	CREW'S LAUNDRY (2)	17.40	73.20	%RH	26.70	6°C	57.10	%RH		
UD005	OFF'S LAUNDRY (1)	17.30	72.90	%RH	26.30	6°C	57.15	%RH		
UD005	OFF'S LAUNDRY (2)	17.40	73.20	%RH	26.90	6°C	57.30	%RH		
UD006	GYMNASIUM (1)	17.60	73.10	%RH	26.80	6°C	57.20	%RH		
UD006	GYMNASIUM (2)	17.40	73.20	%RH	26.70	6°C	57.15	%RH		
UD006	GYMNASIUM (3)	17.30	72.90	%RH	26.30	6°C	57.15	%RH		
UD007	GYMNASIUM (4)	17.40	73.20	%RH	26.70	6°C	57.10	%RH		
UD007	LOCKER	17.30	72.90	%RH	26.30	6°C	57.15	%RH		
A0017	PROV. STORE (1)	17.40	72.20	%RH	26.90	6°C	57.30	%RH		
A0017	PROV. STORE (2)	17.60	73.10	%RH	26.80	6°C	58.20	%RH		
A0018	CREW'S MESS ROOM (1)	17.40	73.20	%RH	26.70	6°C	57.10	%RH		
A0019	CREW'S MESS ROOM (2)	17.30	72.90	%RH	26.30	6°C	57.15	%RH		
A0019	CREW'S SMOKING ROOM (1)	17.40	73.20	%RH	26.70	6°C	57.10	%RH		
A0020	CREW'S SMOKING ROOM (2)	17.30	72.90	%RH	26.30	6°C	57.15	%RH		
A0020	CREW'S PANTRY ROOM	17.40	72.20	%RH	26.90	6°C	57.30	%RH		
A0021	OFF'S PANTRY ROOM	17.60	73.10	%RH	26.80	6°C	57.20	%RH		
A0022	OFF'S MESS ROOM (1)	17.40	73.20	%RH	26.70	6°C	58.10	%RH		
A0023	OFF'S MESS ROOM (2)	17.30	72.90	%RH	26.30	6°C	58.00	%RH		
A0023	OFF'S SMOKING ROOM (1)	17.00	73.20	%RH	26.30	6°C	58.50	%RH		
A0023	OFF'S SMOKING ROOM (2)	17.30	72.90	%RH	26.30	6°C	58.40	%RH		
B0038	DRY ROOM	17.40	72.20	%RH	26.90	6°C	58.30	%RH		
B0039	SHIP'S LAUNDRY (1)	17.60	73.10	%RH	26.80	6°C	58.20	%RH		
B0039	SHIP'S LAUNDRY (2)	17.40	73.20	%RH	26.90	6°C	58.30	%RH		
ND053	TOILET	17.60	73.10	%RH	26.40	6°C	58.20	%RH		
Public Spaces Average Temp./Hum.		17.40	72.88	%RH	26.33	6°C	57.64	%RH		
Working Spaces										
Code	Room Name	Tin	Tout	%RH	Temp	Tspace	%RH	Temp	Temp	%RH
UD001	DECK STORE & WORKSHOP	17.40	72.20	%RH	26.90	6°C	48.30	%RH		
UD008	DECK STORE	17.60	73.10	%RH	26.80	6°C	48.20	%RH		
UD009	SHIP'S OFFICE (1)	17.90	75.90	%RH	22.90	6°C	64.00	%RH		
UD009	SHIP'S OFFICE (2)	17.60	73.10	%RH	22.90	6°C	64.00	%RH		
UD009	SHIP'S OFFICE (3)	17.40	73.20	%RH	22.90	6°C	64.00	%RH		
UD009	SHIP'S OFFICE (4)	17.30	72.90	%RH	22.90	6°C	64.00	%RH		
UD010	FIRE CONTROL STATION (1)	17.60	75.80	%RH	22.20	6°C	64.10	%RH		
UD010	FIRE CONTROL STATION (2)	17.60	75.80	%RH	22.30	6°C	64.20	%RH		
A0015	GALLEY (1)	20.40	73.20	%RH	27.30	6°C	70.10	%RH		
A0015	GALLEY (2)	20.40	73.20	%RH	27.30	6°C	70.20	%RH		
A0015	GALLEY (3)	20.60	73.20	%RH	27.40	6°C	70.10	%RH		
A0015	GALLEY (4)	20.50	73.10	%RH	27.10	6°C	70.20	%RH		
A0015	GALLEY (5)	20.40	73.00	%RH	27.20	6°C	70.10	%RH		
A0015	GALLEY (6)	20.40	73.10	%RH	27.30	6°C	70.20	%RH		
A0015	GALLEY (7)	20.60	73.20	%RH	27.40	6°C	70.10	%RH		
A0015	GALLEY (8)	20.50	73.10	%RH	27.10	6°C	70.20	%RH		
A0015	GALLEY (9)	20.40	73.00	%RH	27.20	6°C	70.10	%RH		
A0015	GALLEY (10)	20.40	73.10	%RH	27.30	6°C	70.20	%RH		
A0015	GALLEY (11)	20.60	73.20	%RH	27.40	6°C	70.10	%RH		
A0015	GALLEY (12)	20.60	73.10	%RH	27.10	6°C	70.20	%RH		
A0015	GALLEY (13)	20.60	73.20	%RH	27.40	6°C	70.10	%RH		
A0015	GALLEY (14)	20.50	73.10	%RH	27.10	6°C	70.20	%RH		
C0049	SHIP'S OFFICE	18.00	73.10	%RH	25.90	6°C	48.30	%RH		
ND054	WHEEL HOUSE (1)	23.10	62.90	%RH	29.20	6°C	51.70	%RH		
ND054	WHEEL HOUSE (2)	23.20	62.90	%RH	29.20	6°C	51.70	%RH		
ND054	WHEEL HOUSE (3)	23.00	62.90	%RH	29.40	6°C	51.60	%RH		
ND054	WHEEL HOUSE (4)	23.10	62.50	%RH	29.30	6°C	51.50	%RH		
ND054	WHEEL HOUSE (5)	23.20	62.30	%RH	29.20	6°C	51.70	%RH		
ND054	WHEEL HOUSE (6)	23.10	62.90	%RH	29.20	6°C	51.70	%RH		
ND054	WHEEL HOUSE (7)	23.20	62.90	%RH	29.20	6°C	51.70	%RH		
ND054	WHEEL HOUSE (8)	23.00	62.90	%RH	29.40	6°C	51.60	%RH		
ND054	WHEEL HOUSE (9)	23.10	62.50	%RH	29.30	6°C	51.50	%RH		
ND054	WHEEL HOUSE (10)	23.20	62.30	%RH	29.20	6°C	51.70	%RH		
ND054	WHEEL HOUSE (11)	23.10	62.90	%RH	29.20	6°C	51.70	%RH		
ND054	WHEEL HOUSE (12)	23.20	62.90	%RH	29.20	6°C	51.70	%RH		
ND054	WHEEL HOUSE (13)	23.00	62.90	%RH	29.40	6°C	51.60	%RH		
ND054	WHEEL HOUSE (14)	23.10	62.50	%RH	29.30	6°C	51.50	%RH		
ND054	WHEEL HOUSE (15)	23.20	62.30	%RH	29.20	6°C	51.70	%RH		
ND055	RADIO EQ. SP. (1)	23.20	62.90	%RH	29.20	6°C	51.70	%RH		
ND055	RADIO EQ. SP. (2)	23.10	62.90	%RH	29.20	6°C	51.60	%RH		
ND055	RADIO EQ. SP. (3)	23.10	62.50	%RH	29.30	6°C	51.50	%RH		
ND056	NA & RAD. LKR.	23.20	62.30	%RH	29.20	6°C	51.70	%RH		
Working Spaces Average Temp./Hum.		21.06	68.66	%RH	27.46	6°C	59.34	%RH		
Alleways										
Code	Room Name	Tin	Tout	%RH	Temp	Tspace	%RH	Temp	Temp	%RH
UD011	PASSAGE			%RH	24.80	6°C	63.70	%RH		
A0016	PASSAGE			%RH	26.20	6°C	70.60	%RH		
B0040	PASSAGE			%RH	26.60	6°C	64.30	%RH		
C0050	PASSAGE			%RH	25.40	6°C	63.60	%RH		
D0052	PASSAGE			%RH	26.10	6°C	72.90	%RH		
ND057	PASSAGE			%RH	27.20	6°C	72.60	%RH		
Alleways Average Temp./Hum.		-	-	%RH	26.05	6°C	67.87	%RH		
Summary of Indoor Climate Requirements										
Air Temperature:										
Rel. Humidity:										
Vertical Gradient:										
Berth Hor. Gradient:										
(Temp. difference between 100mm and 1700mm above deck) (Temp. difference between berth bhd and space average)										

APPENDIX IV – ΚΥΜΑ DIESEL ANALYZER REPORTS FOR M/E



**Kyma Diesel Analyzer**

Version 6.3.3.7

Page 1

Measured date: 28 Nov 2012  
 time: 08:35 09:30.

Main Engine  
 HHI BW 6590MC

*M/E performance No. 1.*

**Condition Report**

Indicated power: 22608 HP  
 Engine speed: 64.1 rpm  
 Scav. air pressure: 1.3 bar

Cyl #	Power (HP)	Rpm (rpm)	Pmi (bar)	Pcomp (bar)	Pmax (bar)	Pmax pos (deg)	Pexp (bar)	Pmax-c (bar)	Ignition (deg)
1	3824	63.9	13.2	81.9	113.7	13.0	38.3	31.9	2.0
2	3786	64.0	13.0	82.4	111.9	13.6	38.1	29.6	2.6
3	3818	64.2	13.1	83.1	114.5	13.0	38.0	31.4	2.0
4	3683	64.3	12.6	81.2	109.7	13.6	36.7	28.6	2.6
5	3790	64.3	13.0	81.5	111.7	13.5	37.8	30.3	2.0
6	3707	64.3	12.7	77.1	107.1	13.6	36.2	30.0	2.6
Mean	3768	64.1	13.0	81.2	111.5	13.4	37.5	30.3	2.3

**User comments**

**General**

Measurement description: \_\_\_\_\_

Measurement No.: \_\_\_\_\_

Engine load: \_\_\_\_\_

**Ambient conditions**

Ambient temperature: \_\_\_\_\_

Ambient pressure: \_\_\_\_\_

Relative humidity: \_\_\_\_\_



**Kyma Diesel Analyzer**

Version 6.3.3.7

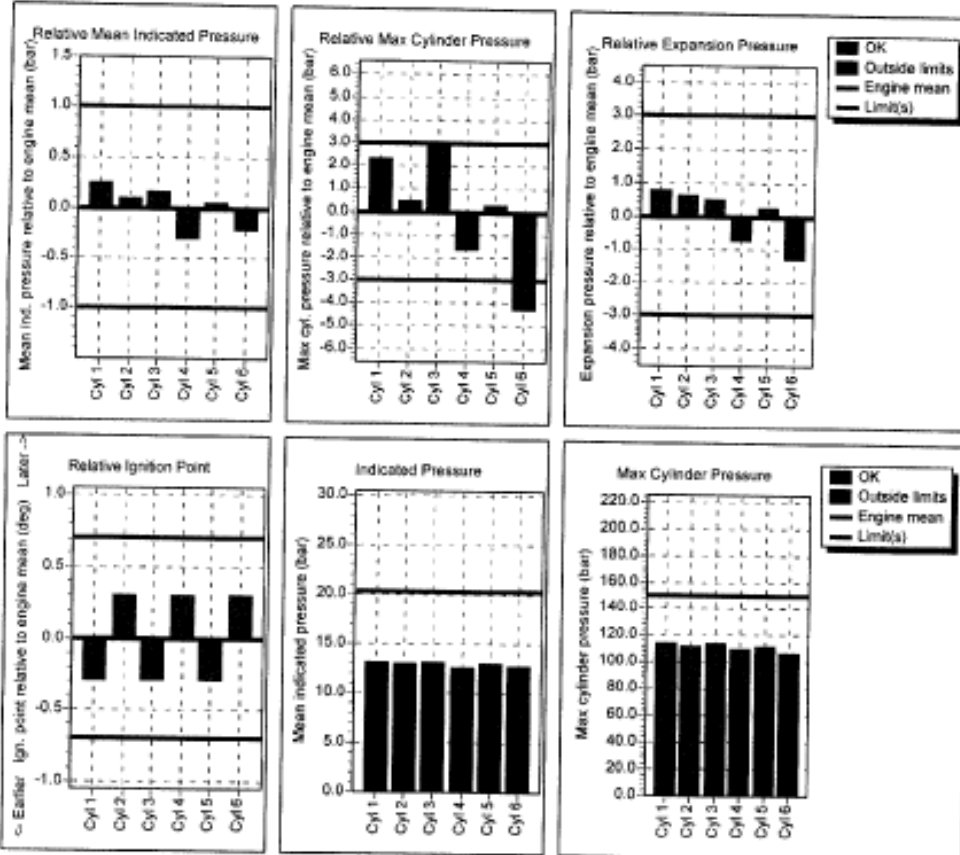
Page 2

Measured date: 28 Nov 2012

time: 08:35

Main Engine  
 HHI BW 6S90MC C

**Engine Balance**



**Data Analysis**

**Cylinder 1**

No comments

**Cylinder 2**

No comments

**Cylinder 3**

Maximum cylinder pressure is high compared to mean  
 Value: 3.1 bar Limit: 3.0 bar



## Kyma Diesel Analyzer

Version 6.3.3.7

Page 3

Measured date: 28 Nov 2012  
time: 06:35

Overseas Rosalyn  
Main Engine  
HHI BW 6S90MC (

### Cylinder 4

No comments

### Cylinder 5

No comments

### Cylinder 6

Maximum cylinder pressure is low compared to mean  
Value: 4.4 bar Limit: 3.0 bar

Compression pressure is low compared to mean  
Value: 4.1 bar Limit: 3.0 bar

**APPENDIX V – D/G AUDIT MEASUREMENTS AND KYMA DIESEL ANALYSER REPORTS**

**Kyma Diesel Analyzer**  
 Version 5.3:3.7  
 Measured date: 25 Nov 2012  
 time: 05:31 10:00  
 AUDIT. 25/11/2012  
 FROM: 01:34-10:44  
 Page 1  
 Aux Engine #  
 HHI BW 6L28C32

**Condition Report**

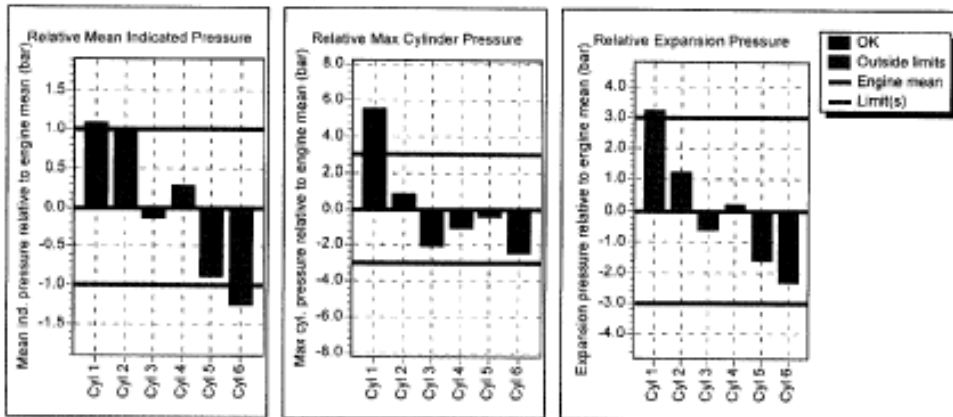
Indicated power: 1072 HP  
 Engine speed: 721.3 rpm  
 Scav. air pressure: 1.3 bar

Cyl #	Power (HP)	Rpm (rpm)	Pmi (bar)	Pcomp (bar)	Pmax (bar)	Pmax pos (deg)	Pexp (bar)	Pmax-c (bar)	Ignition (deg)
1	195	719.7	12.3	89.9	96.9	6.5	44.9	7.0	0.5
2	184	721.5	12.2	82.4	92.2	11.0	43.0	9.9	0.5
3	176	721.7	11.1	83.5	89.3	11.6	41.1	5.8	1.1
4	183	721.8	11.5	84.0	90.3	11.3	41.9	6.2	0.8
5	164	721.2	10.3	85.0	90.9	11.7	40.1	5.8	0.7
6	159	721.9	10.0	82.6	88.9	11.5	39.4	6.3	1.0
Mean	179	721.3	11.2	84.6	91.4	10.6	41.7	6.8	0.8

**User comments**

[None]

**Engine Balance**





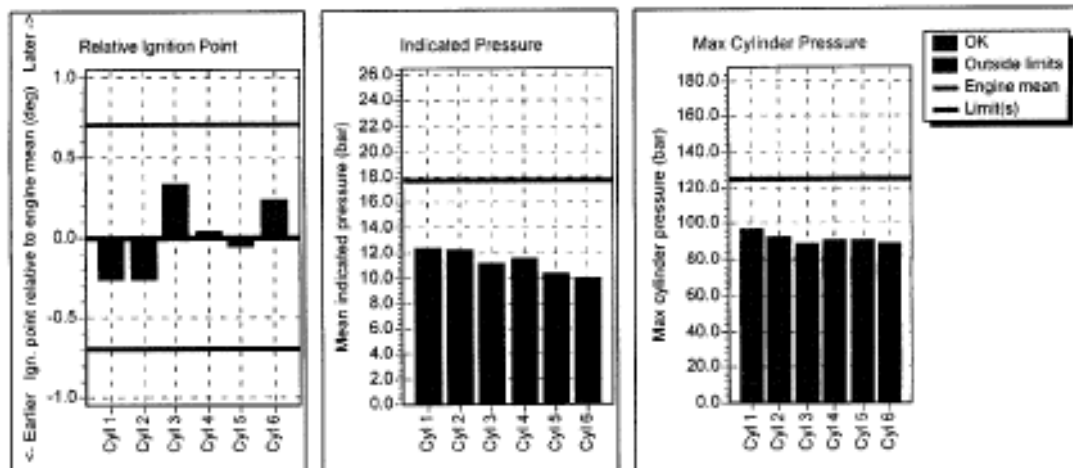
**Kyma Diesel Analyzer**

Version 6.3.3.7

Page 2

Measured date: 25 Nov 2012  
 time: 05:31

Aux. Engine #3  
 HHI BW 6L28/32M



**Data Analysis**

**Cylinder 1**

Maximum cylinder pressure is high compared to mean  
 Value: 5.5 bar Limit: 3.0 bar

← HIGH  
 EXTREME

Mean indicated pressure is high compared to mean  
 Value: 1.1 bar Limit: 1.0 bar

← HIGH

Compression pressure is high compared to mean  
 Value: 5.4 bar Limit: 3.0 bar

← HIGH  
 EXTREME

Expansion pressure is high compared to mean  
 Value: 3.2 bar Limit: 3.0 bar

← HIGH

*PROBLEM!*  
 Check with Sup/dent.

**Cylinder 2**

No comments

**Cylinder 3**

No comments

**Cylinder 4**

No comments

**Cylinder 5**

No comments

**Cylinder 6**

Mean indicated pressure is low compared to mean  
 Value: 1.3 bar Limit: 1.0 bar

↙ Attention!



### Kυμα Diesel Analyzer

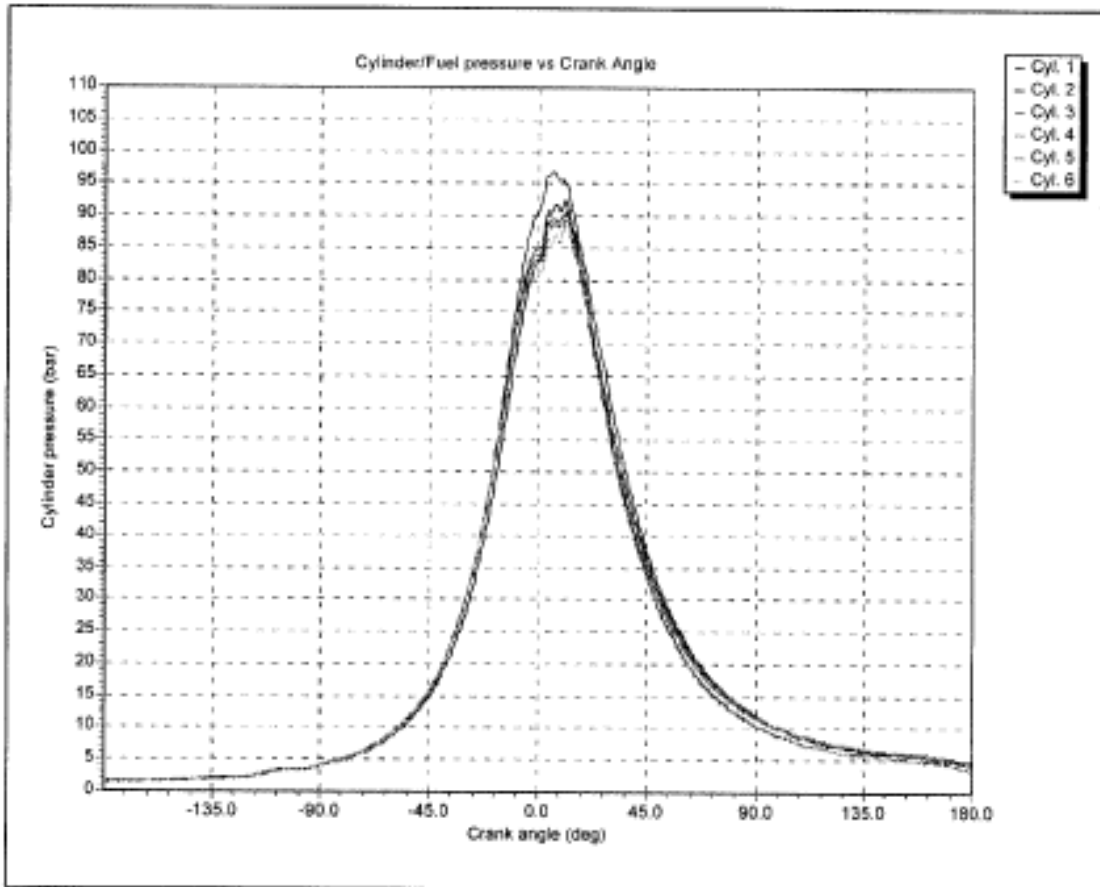
Version 6.3.3.7

Page :

Measured date: 25 Nov 2012  
time: 05:31

Aux. Engine #  
HHI BW 6L28/32F

#### Pressure curves







### KyMa Diesel Analyzer

Version 6.3.3.7

Page 4

Measured date: 25 Nov 2012

time: 05:31

Aux. Engine #3

HHI BW 6L28/32M

