

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ

**“SLOW STEAMING” Χαμηλές ταχύτητες πλεύσης
εμπορικών πλοίων. Αιτίες, τρόποι και
αποτελέσματα.**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΠΟΥΛΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΦΑΝΤΙ ΣΑΑΝΤ

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2014

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ

**“SLOW STEAMING” Χαμηλές ταχύτητες πλεύσης
εμπορικών πλοίων. Αιτίες, τρόποι και
αποτελέσματα.**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΠΟΥΛΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΑΜ : 4581

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

Περίληψη

Από το 2009 που έχει εφαρμοστεί η διαδικασία του slow steaming, πολλές ναυτιλιακές εταιρίες και πλοιοκτήτες έχουν υιοθετήσει αυτή την μέθοδο πλεύσης προκειμένου να μειώσουν την κατανάλωση καυσίμων και να περιορίσουν τις εκπομπές αέριων ρύπων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Από την άλλη μεριά, αρκετοί είναι αυτοί που έχουν ενστάσεις ως προς την συγκεκριμένη μέθοδο πλεύσης εξαιτίας της αύξησης του χρόνου του ταξιδιού αλλά κυρίως εξαιτίας των προβλημάτων που προκαλούνται στις κύριες μηχανές των πλοίων εξαιτίας της λειτουργίας αυτών σε χαμηλότερες στροφές από τις προβλεπόμενες που δίνει ο κατασκευαστής.

Στην εργασία αυτή θα αναλυθούν οι αιτίες που έχουν οδηγήσει τις εταιρίες στην υιοθέτηση του slow steaming, θα παρουσιαστούν οι τρόποι με τους οποίους ένα εμπορικό πλοίο μπορεί να πλεύσει με χαμηλή ταχύτητα, θα αναλυθούν τα μηχανικά προβλήματα που προκαλούνται εξαιτίας της μεθόδου slow steaming και θα παρουσιαστούν οι νέες τεχνολογίες στις μηχανές των πλοίων με τις οποίες ξεπερνιούνται τα προβλήματα και μπορεί ένα πλοίο να πλέει σε χαμηλές ταχύτητες χωρίς προβλήματα και χωρίς μείωση της αποδοτικότητας των κύριων μηχανών παράλληλα με τις μετασκευές που μπορούν να γίνουν στις κύριες μηχανές.

Λέξεις – κλειδιά: Slow steaming, κύριες μηχανές, περιορισμός εκπομπών αέριων ρύπων, νέες τεχνολογίες κύριων μηχανών, μετασκευές κύριων μηχανών

Abstract

Since 2009 that slow steaming was introduced in commercial shipping, lot of companies has already adopted this method of cruising in order to reduce the fuel consumption and reduce the greenhouse gas emissions. Of course there is the opposite side which claims that slow steaming increase the time travel of the ship and the cargo in addition with problems and malfunctions that occurred in the main engines of the ships.

The scope of this essay is to analyze the reasons that made the shippers to adopt this kind of cruising, it will present the ways that a commercial ship can travel with reduce speed, it will highlighted the main engine problems that may happen because of the slow steaming and will present the new main engine technologies in addition with retrofitting of main engine in which a commercial ship can implement slow steaming without problems in their main engine.

Key –Words: Slow steaming, main engines, reduce of greenhouse gas emissions, retrofitting main engines, new technologies of main engines

Πρόλογος

Η παγκόσμια οικονομική κρίση έχει επιπτώσεις ασφαλώς στο εμπόριο και στην ναυτιλία καθώς οι εξαγωγές έπεσαν τα τελευταία χρόνια με αποτέλεσμα η εμπορική ναυτιλία, κύριος εκφραστής του εμπορίου και των μεταφορών αγαθών να έχει χαμηλούς τζίρους τα τελευταία χρόνια. Αυτό, σε συνδυασμό με την άνοδο της τιμής των καυσίμων στα ναυτιλιακά καύσιμα αλλά και με την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση του κόσμου και πολλών διεθνών οργανισμών, οδήγησε τους πλοιοκτήτες να βρουν τρόπους έτσι ώστε να εξοικονομήσουν καύσιμα και χρήματα αλλά παράλληλα να μειώσουν και τις εκπομπές ρύπων από τα εμπορικά πλοία. Οι μεγαλύτεροι και κυριότεροι κατασκευαστές ναυτικών μηχανών φρόντισαν να εξελίξουν τις μηχανές τους ή να βρουν τρόπους να μετασκευάσουν τις ήδη υπάρχουσες μηχανές των πλοίων προκειμένου να επιτυγχάνεται οικονομία καυσίμων αλλά και μείωση των εκπομπών των αέριων ρύπων. Η διαδικασία της μείωσης της υπηρεσιακής ταχύτητας ενός εμπορικού πλοίου προκειμένου να εξοικονομηθούν καύσιμα και να μειωθούν οι εκπομπές των αέριων ρύπων, ονομάζεται *slow steaming* (χαμηλή ταχύτητα πλεύσης). Εφαρμόστηκε πρώτη φορά από την ναυτιλιακή εταιρία MAERSK και σύντομα έγινε μια διαδεδομένη διαδικασία στα πλοία μεταφοράς container και όχι μόνο.

Η παρούσα εργασία εξετάζει τους λόγους που οδήγησαν τις εταιρίες στην εφαρμογή του *slow steaming* και αναλύει τους τρόπους που μπορεί να εφαρμοστεί αυτό μέσα από την βιβλιογραφική ανασκόπηση εγχειριδίων εταιριών και παρουσιάσεων μέσα από διεθνή συνέδρια.

Πιο αναλυτικά, η δομή της παρούσης εργασίας είναι η ακόλουθη:

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι λόγοι για τους οποίους οι εταιρίες προχώρησαν στην διαδικασία του *slow steaming*.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τρόποι με τους οποίους οι μηχανικοί των πλοίων μπορούν να κάνουν ένα εμπορικό πλοίο να ταξιδεύει με χαμηλή ταχύτητα πλεύσης χωρίς προβλήματα. Εξετάζονται τρόποι κατά τους οποίους δεν χρειάζονται παρεμβάσεις στις κύριες μηχανές των πλοίων, τρόποι κατά τους οποίους γίνονται αναβαθμίσεις και μετασκευές στις κύριες μηχανές των πλοίων, παρουσιάζονται μηχανές νέας τεχνολογίας που κάνουν το *slow steaming* μια εύκολη υπόθεση χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα, αναφέρονται αλλαγές στον σχεδιασμό του κύτους

του σκάφους και της προπέλας ενώ τέλος παρουσιάζονται όλες αυτές οι διαδικασίες στις οποίες ένας μηχανικός πλοίου θα πρέπει να προχωρήσει προκειμένου το πλοίο να λειτουργήσει με χαμηλή ταχύτητα πλεύσης χωρίς προβλήματα.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι θετικές επιπτώσεις της διαδικασίας slow steaming στο περιβάλλον με την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

Τέλος, στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της παρούσης εργασίας από την εφαρμογή του slow steaming.

Κεφάλαιο 1

Λόγοι και αιτίες εφαρμογής slow steaming

1.1 Αιτίες εφαρμογής χαμηλής ταχύτητας πλεύσης στα εμπορικά πλοία

Η παγκόσμια οικονομική κρίση έφερε μια μεγάλη πτώση στην κατανάλωση με συνέπεια την μείωση του παγκόσμιου εμπορίου. Αυτό είχε σαν επακόλουθο την μείωση του μεταφορικού έργου των θαλάσσιων μεταφορών. Αυτό σε συνδυασμό με την αύξηση της τιμής των καυσίμων αλλά ταυτόχρονα και την προστασία του περιβάλλοντος οδήγησε τις ναυτιλιακές εταιρίες και τους πλοιοκτήτες στο να ψάξουν να βρουν τρόπους έτσι ώστε να μειώσουν την κατανάλωση καυσίμου άρα και τα έξοδα τους. Είναι χαρακτηριστικό πως η τιμή του μαζούτ διπλασιάστηκε μέσα σε μια χρονιά και από τον Ιούλιο του 2007 που ήταν 350 δολάρια ο τόνος έφτασε τα 700 δολάρια ο τόνος τον Ιούλιο του 2008.

Μεταξύ άλλων, ένας τρόπος μείωσης της κατανάλωσης καυσίμων και περιορισμού των εκπομπών αέριων ρύπων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι και το slow steaming. Η ορολογία slow steaming σημαίνει χαμηλή ταχύτητα πλεύσης και εάν θέλαμε να δώσουμε έναν ορισμό, αυτός θα ήταν ο εξής: (Maloni,et.all,2013)

Slow steaming είναι η διαδικασία της μείωσης της ταχύτητας πλεύσης ενός εμπορικού πλοίου έτσι ώστε να εξοικονομήσει καύσιμα και να μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Στην διαδικασία της χαμηλής ταχύτητας πλεύσης, ένα καράβι, ταξιδεύει με ταχύτητα 12-19 κόμβους αντί 20-24 κόμβων που είναι το σύνηθες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας των μηχανών αλλά και την μείωση εκπομπών αέριων ρύπων. (Maersk, 2013)

Η διαδικασία της χαμηλής ταχύτητας πλεύσης έχει υιοθετηθεί από την πλειοψηφία των πλοιοκτητών καθώς αυτός ήταν ένας τρόπος να επιβιώσουν οικονομικά την στιγμή που οι τιμές των καυσίμων αυξάνονταν και το εμπόριο

βρισκόταν σε ύφεση. Ταυτόχρονα, αυξήθηκε η αποδοτικότητα των πλοίων σε συνδυασμό με την μείωση των εκπομπών αέριων ρύπων.

Η διαδικασία slow steaming πρώτο εφαρμόστηκε από την εταιρία Maersk, το 2009 στα πλοία μεταφοράς container αλλά αυτή την στιγμή έχει επεκταθεί και στα πλοία μεταφοράς πετρελαίου καθώς και στα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου τα οποία έχουν έτσι και αλλιώς χαμηλή υπηρεσιακή ταχύτητα.

Η εταιρία Maersk παρουσίασε και οικονομικά αποτελέσματα τα οποία αποδεικνυαν πως οι ταχύτητες χαμηλής πλεύσης είναι και οικονομικά βιώσιμες.

Παράλληλα, ζήτησε και έλαβε, από τις μεγάλες κατασκευάστριες εταιρίες μηχανών πλοίων, ένα πιστοποιητικό το οποίο έπειθε τους διστακτικούς μηχανικούς πλοίων και πλοιοκτήτες πως η χαμηλή ταχύτητα πλεύσης είναι δυνατή και εάν εφαρμοστεί με τον σωστό τρόπο, δεν τίθεται σε κίνδυνο η κύρια μηχανή του πλοίου.

Η τυπική ταχύτητα ενός πλοίου μεταφοράς container είναι 24 κόμβοι και αυτό σημαίνει πως εκμεταλλεύεται το 85% με 90% των δυνατοτήτων της μηχανής. Σύμφωνα με τους Bonney and Leach (2010) εάν η ταχύτητα μειωθεί στους 21 κόμβους τότε αυτό αντιπροσωπεύει το slow steaming ενώ σαν extra slow steaming αντιπροσωπεύεται η ταχύτητα των 18 κόμβων. Τέλος, σαν super slow steaming αντιπροσωπεύεται η ταχύτητα των 15 κόμβων. Σύμφωνα με τον Maloni et.all (2013) η μειωμένη ταχύτητα πλεύσης σημαίνει ότι οι πλοιοκτήτες εξοικονομούν καύσιμα και θα πρέπει να αναφερθεί το 50% των λειτουργικών εξόδων ενός πλοίου είναι τα καύσιμα και το μαζούτ πιο συγκεκριμένα. Το μαζούτ κοστίζει 500 δολάρια ο τόνος και με την διαδικασία των χαμηλών ταχυτήτων πλεύσης, μπορούν να εξοικονομηθεί ένα ποσοστό 5%-7% στα έξοδα για καύσιμα το οποίο για ένα ταξίδι το ποσό αυτό φτάνει τις 250.000 δολάρια. Αυτό, έχει συνεπακόλουθες επιπτώσεις και στις τιμές των προϊόντων που μεταφέρονται με τα πλοία. (Bonney and Leach,2010)

Όπως είναι εύκολα κατανοητό, το ποσοστό αυτό κέρδους και εξοικονόμησης χρημάτων έχει μετατρέψει την διαδικασία slow steaming σε μια σταθερή και συνήθη διαδικασία στα εμπορικά πλοία.

Σε σχέση με τους άλλους τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας όπως είναι ο επανασχεδιασμός του σκελετού του πλοίου, οι αλλαγές στις διαδρομές και η στίλβωση των ελίκων της προπέλας, η διαδικασία της χαμηλής ταχύτητας πλεύσης είναι ο τρόπος που έχει άμεσα αποτελέσματα στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. (Maloni,et.all,2013)

Ένας άλλος λόγος για τον οποίο οι πλοιοκτήτες προχωρούν στην διαδικασία του slow steaming είναι ότι η μειωμένη ταχύτητα πλεύσης αποτρέπει την δημιουργία ουράς πλοίων έξω από τα λιμάνια. Υπάρχουν αρκετοί λόγοι για να καθυστέρηση ένα πλοίο στο ταξίδι του. Εκτός από μηχανικούς λόγους και πιθανές άσχημες καιρικές συνθήκες, η συμφόρηση έξω από τα λιμάνια ή η χαμηλή παραγωγικότητα του λιμανιού στο φόρτωμα και στο ξεφόρτωμα των containers είναι πιθανοί λόγοι καθυστέρησης. Με την δυνατότητα της αυξομείωσης της ταχύτητας μπορούν οι πλοιοκτήτες και οι καπετάνιοι να εξισορροπήσουν και να τηρήσουν το χρονοδιάγραμμα τους. Εάν για παράδειγμα σε ένα λιμάνι υπάρχει συμφόρηση, το πλοίο μπορεί να ταξιδεύει σε διαδικασία slow steaming και όταν φτάσει στο λιμάνι να μην υπάρχει τόση μεγάλη συμφόρηση.

Η μη τήρηση των χρονοδιαγραμμάτων των ταξιδιών είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα των μεταφορέων με την αξιοπιστία τους να πλήττεται καθώς σύμφωνα με τον Gallagher (2010) μόνο ένα 50%-60% των πλοίων τηρεί τα χρονοδιαγράμματα του και φτάνει στην ώρα του στο λιμάνι.

Κεφάλαιο 2

Τρόποι Εφαρμογής slow steaming

Η διαδικασία του slow steaming είναι μια διαδικασία η οποία εξοικονομεί καύσιμα και κόστος στους πλοιοκτήτες, ταυτόχρονα με την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Η διαδικασία του slow steaming μπορεί να επιτευχθεί με τέσσερις τρόπους:

- Μείωση της ταχύτητας χωρίς να χρειάζονται μετατροπές στην μηχανή
- Εγκατάσταση μηχανών καινούριας τεχνολογίας στα πλοία
- Μετατροπές και αναβαθμίσεις στις κύριες μηχανές των πλοίων
- Μετατροπές στο κέλυφος του πλοίου.

2.1 Προβλήματα στις μηχανές κατά την διαδικασία του slow steaming

Η διαδικασία slow steaming όμως, προκαλεί και διάφορα προβλήματα στις μηχανές των πλοίων. Πολλές φορές, οι μηχανικοί των πλοίων εκφράζουν τις ανησυχίες τους για το πόσο επιβλαβής για τις μηχανές των πλοίων μπορεί να αποβούν οι διαδικασίες του slow steaming.

Όλοι οι κατασκευαστές των μηχανών πλοίων συμβουλεύουν τους μηχανικούς να αποφεύγουν την λειτουργία των μηχανών σε χαμηλές ταχύτητες και χαμηλή ισχύ.

Οι κινητήρες θα πρέπει να λειτουργούν κοντά στα κατασκευαστικά τους όρια βάση των οποίων έχουν αξιολογηθεί όλες οι παράμετροι των επιμέρους μηχανικών μερών των κινητήρων και των μηχανών. (Sangouri,2012)

Οι κυριότερες ανησυχίες των μηχανικών σχετικά με τις μηχανές των πλοίων κατά την διάρκεια του slow steaming σύμφωνα με τον Sangouri,(2012) είναι οι ακόλουθες:

- Τα έμβολα θα πρέπει να επιθεωρούνται και να καθαρίζονται σε βάθος αρκετά συχνά κατά την διάρκεια της λειτουργίας της μηχανής σε χαμηλές ταχύτητες
- Η παραπάνω λίπανση των κυλίνδρων είναι τόσο επικίνδυνη όσο και η λιγότερη λίπανση. Εάν η μηχανή δεν έχει σύστημα λίπανσης προσαρμοσμένο στις χαμηλές ταχύτητες πλεύσης, τότε η λίπανση θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
- Η πλεύση σε χαμηλή ταχύτητα οδηγεί σε χαμηλή απόδοση των υπερσυμπιεστών (turbochargers) και προκαλεί ρύπανση των υπερσυμπιεστών
- Η λειτουργία των υπερσυμπιεστών (turbochargers) έξω από τα όρια σχεδιασμού τους προκαλεί χαμηλή ροή αέρα που οδηγεί σε δημιουργία ίζημάτων στην μηχανή
- Οι αυξημένες κατακαθίσεις άνθρακα στα μπεκ προκαλεί μείωση της απόδοσης των κινητήρων
- Η ρύπανση του εξοικονομητή καυσίμων η οποία είναι αποτέλεσμα της μείωσης της ταχύτητας και της μειωμένης απόδοσης του κινητήρα αυξάνει τον κίνδυνο πρόκλησης φωτιάς
- Η μείωση της ροής του αέρα προκαλεί κακή καύση του καυσίμου και κακή διάχυση του καυσίμου
- Θα πρέπει να τροποποιηθεί το πρόγραμμα των περιοδικών συντηρήσεων των μηχανών εξαιτίας της χαμηλότερης απόδοσης των μηχανών και αυτό μπορεί να προκαλέσει αύξηση του κόστους
- Η λειτουργία των μηχανών σε χαμηλές θερμοκρασίες (κάτω από 250° C) μπορεί να προκαλέσει διάβρωση των μηχανικών μερών της μηχανής
- Υπάρχει ο κίνδυνος βλαβών και ζημιών στην μηχανή όταν αυτή δουλεύει στην μέγιστη της απόδοση μετά από μια μακρά περίοδο λειτουργίας της σε χαμηλές ταχύτητες πλεύσης
- Η αποτελεσματικότητα του ελατηρίου του εμβόλου μειώνεται με αποτέλεσμα την αύξηση της ρύπανσης κάτω από το έμβολο. Αυτό οδηγεί σε συχνότερες συντηρήσεις και επιθεωρήσεις
- Αυξάνεται ο κίνδυνος της φωτιάς και χρειάζεται περισσότερο αποστράγγιση και καθαριότητα κάτω από τον χώρο των εμβόλων
- Εξαιτίας των αυξημένων τιμών του άνθρακα προκαλούνται θερμικές καταπονήσεις και μεγάλη απώλεια θερμότητας στην μηχανή

Όλες αυτές οι ανησυχίες των μηχανικών θα εξετάσουμε εάν μπορούν να υπερκεραστούν από τους τρόπους που υπάρχουν σήμερα για την λειτουργία της μηχανής σε διαδικασία slow steaming χωρίς να προκαλούνται προβλήματα.

2.2 Μείωση της ταχύτητας πλεύσης χωρίς μετατροπές στην μηχανή

Η μείωση της ταχύτητας του πλοίου και η κίνηση του σε διαδικασίες slow steaming χωρίς να γίνουν μετατροπές στην μηχανή μπορεί να επιτευχθεί με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους.

- Reduced speed (Slow steaming)
- Moderate Slow steaming
- Deep Slow steaming
- Ultra Slow steaming

2.2.1 Reduced Speed

Λειτουργία του κινητήρα κάτω από το σημείο βελτιστοποίησης της απόδοσης κατά 60% κάτω από την ονομαστική ισχύ του. Μέχρι να έρθουμε στην εποχή του slow steaming αυτή η λειτουργία ήταν το χαμηλότερο όριο στο οποίο μπορούσαν να δουλεύουν οι μηχανές των πλοίων. (Kowalak,2013)

2.2.2 Moderate slow steaming

Οι βοηθητικοί φυσητήρες (auxiliary blowers) μπορούν να διακόψουν την λειτουργία τους για μικρό χρονικό διάστημα όταν η μηχανή πλησιάζει στα κατώτερα όρια της λειτουργίας του. Ο ατμός ελέγχεται από τον λέβητα καυσαερίων και ο κύριος υπερσυμπιεστής (turbocharger) μπορεί να προσαρμοστεί στην χαμηλή ροή του αέρα και ο λέβητας καυσαερίων μπορεί να διακόψει την λειτουργία του για λίγο. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται όταν η ισχύς της μηχανής δουλεύει μεταξύ 40%-60% της ονομαστικής ισχύς του. (Kowalak,2013)

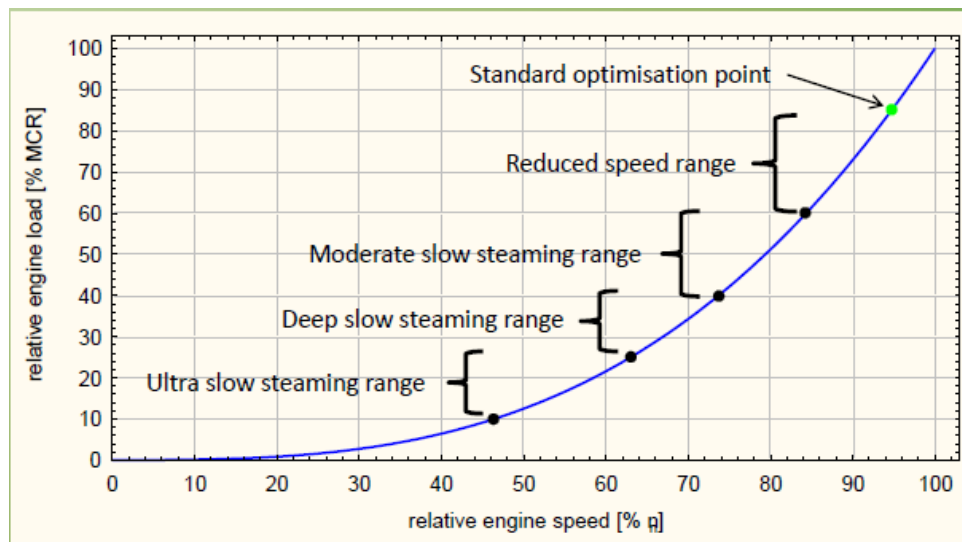
2.2.3 Deep slow steaming

Ο λέβητας καυσαερίων στις χαμηλές στροφές δουλεύει περιοδικά και όχι συνεχόμενα με βοηθητικό διακοπτόμενο λέβητα και αποκοπτόμενο φυσητήρα: Η παροχή ατμού ελέγχεται κυρίως μέσω της εξόδου του λέβητα. Ο λέβητας λειτουργεί με πετρέλαιο και λειτουργεί διακοπτόμενα ως σύστημα ελέγχου της εισόδου του αέρα στον αεροσυμπιεστή.

2.2.4 Ultra slow steaming

Οι βοηθητικοί φυσητήρες και ο βοηθητικός λέβητας δουλεύουν αλλά υπάρχει μεγάλη απώλεια θερμότητας. Αδυναμία λειτουργίας του βραστήρα. Η μηχανή δουλεύει στο 25% της συνολικής ισχύς της.

Ο Kowalak (2013) δημοσίευσε το παρακάτω διάγραμμα που δείχνει το ποσοστό λειτουργίας της μηχανής κατά την διάρκεια των διάφορων λειτουργιών slow steaming που παρουσιάσαμε παραπάνω.



Εικόνα 1: Διάγραμμα λειτουργίας της μηχανής σε slow steaming

2.3 Μηχανές πλοίων καινούριας τεχνολογίας

Η πρόοδος της τεχνολογίας αλλά και η καινούρια τάση που έχει οδηγήσει τους πλοιοκτήτες και τις ναυτιλιακές εταιρίες στην λειτουργία των μηχανών σε διαδικασία slow steaming και την πλεύση των πλοίων σε χαμηλές ταχύτητες, έκανε τους κατασκευαστές μηχανών να κατασκευάσουν μηχανές ειδικά σχεδιασμένες για συνθήκες λειτουργίας σε χαμηλές ταχύτητες προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.

Σε αυτή την παράγραφο θα παρουσιάσουμε περιληπτικά τρεις μηχανές καινούριας τεχνολογίας οι οποίες είναι σχεδιασμένες για λειτουργία σε διαδικασία slow steaming.

2.3.1 ME-C Engine -(MAN B & W)

Η εταιρία MAN έχει κατασκευάσει την μηχανή ME-C η οποία είναι κατάλληλη για πλεύση σε χαμηλές ταχύτητες χωρίς να προκαλούνται προβλήματα στην λειτουργία της.

Ο κύριος σχεδιασμός της μηχανής περιλαμβάνει ένα υδραυλικό σύστημα για την ενεργοποίηση του συστήματος έγχυσης καυσίμων και των έλεγχου των βαλβίδων εξαγωγής. Η ενεργοποίηση του συστήματος γίνεται ηλεκτρονικά από το σύστημα ελέγχου της μηχανής. Η βαλβίδα εξαγωγής ανοιγοκλείνει υδραυλικά σε 2 στάδια.

- Ανοίγει υδραυλικά από το σύστημα που ελέγχεται ηλεκτρονικά
- Και κλείνει από την ροή του αέρα.

Οι βαλβίδες ξεκινούν να δουλεύουν μέσω ενός πνευματικού συστήματος το οποίο και αυτό ελέγχεται ηλεκτρονικά το οποίο είναι δυνατόν να το αποσυνδέσει από τον μηχανικά ελεγχόμενο διανομέα του αέρα.

Ο ηλεκτρονικός έλεγχος των βαλβίδων μπορεί να ελέγξει την θέση του στροφαλοφόρου και με αυτό τον τρόπο να έχει τον πλήρη έλεγχο της διαδικασίας της καύσης του καυσίμου.

Η ευελιξία του συστήματος είναι αρκετά μεγάλη καθώς η λειτουργία της μηχανής επιλέγεται μέσα από ένα αυτόματο ηλεκτρονικό σύστημα βάση της

ταχύτητας που επιλέγεται για να λειτουργήσει η μηχανή και να πλεύσει το πλοίο ή μπορεί να επιλεγεί και χειροκίνητα έτσι ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι της οικονομίας καυσίμων και των χαμηλότερων εκπομπών καυσαερίων βάση και των κανονισμών της IMO.



Εικόνα 2: Μηχανή ME-C

Τα πλεονεκτήματα της μηχανής ME-C σε σχέση με την λειτουργία σε διαδικασία slow steaming είναι τα ακόλουθα:

- Χαμηλότερες καταναλώσεις καυσίμων (SFOC – Specific fuel oil consumption) και καλύτερες επιδόσεις χάρη στο μεταβλητό ηλεκτρονικά ελεγχόμενο χρονισμό της έγχυσης καυσίμου και των βαλβίδες εξαγωγής σε οποιαδήποτε ταχύτητα και σε οποιοδήποτε εύρος λειτουργίας της μηχανής
- Κατάλληλη πίεση έγχυσης καυσίμου σε οποιοδήποτε εύρος λειτουργίας της μηχανής
- Εύκολη μετάβαση από τις χαμηλές ταχύτητες πλεύσης σε κανονικές και το αντίστροφο
- Βελτιωμένες επιδόσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με λειτουργία που παράγει πολύ λιγότερα καυσαέρια

- Απλοποιημένο μηχανικό σύστημα έγχυσης καυσίμου το οποίο είναι εύκολα κατανοητό στους μηχανικούς
- Σύστημα ελέγχου με πιο ακριβές χρονοδιάγραμμα, δίνοντας καλύτερη ισορροπία στην θερμική ενέργεια που υπάρχει μέσα και μεταξύ των κυλίνδρων
- Σύστημα που περιλαμβάνει παρακολούθηση της απόδοσης του κινητήρα, τον έλεγχο του για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα μεταξύ των τακτικών επισκευών και συντηρήσεων
- Δυνατότητα λειτουργίας της μηχανής σε χαμηλές στροφές δίνοντας την δυνατότητα για slow steaming για περισσότερο χρόνο και για ελιγμούς χωρίς να προκαλούνται προβλήματα στην μηχανή
- Δίνεται η δυνατότητα για καλύτερη επιτάχυνση
- Βελτιωμένο σύστημα λίπανσης των κυλίνδρων
- Αναβαθμισμένο λογισμικό το οποίο ελέγχει όλες τις λειτουργίες της μηχανής και το οποίο έχει πολύ μεγάλο χρόνο ζωής

Τα παραπάνω πλεονεκτήματα είναι προφανές ότι δίνουν την δυνατότητα για λειτουργία σε χαμηλές ταχύτητες πλεύσης χωρίς να προκαλούνται προβλήματα στην μηχανή καθώς τα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα συστήματα μπορούν να ελέγξουν την λειτουργία της μηχανής αξιόπιστα και με ακρίβεια σε οποιαδήποτε συνθήκες λειτουργίας της. (MAN B&W 98-50 ME/ME-C Engine Selection Guide,2010)

Ειδική αναφορά γίνεται στο σύστημα λίπανσης των κυλίνδρων το οποίο ελέγχεται και αυτό ηλεκτρονικά από το σύστημα ελέγχου της μηχανής. Τα πλεονεκτήματα ενός τέτοιου συστήματος είναι:

- Βελτιωμένος συγχρονισμός έγχυσης του λιπαντικού
- Ευελιξία στην ποσότητα του λιπαντικού που χρειάζονται οι κύλινδροι
- Βελτιωμένη παροχή και διανομή του λιπαντικού στο σύστημα των κυλίνδρων
- Δυνατότητα προλίπανσης των κυλίνδρων πριν από την έναρξη της λειτουργίας της μηχανής

2.3.2 RT-FLEX Engine (Wartsila)

Ένας τρόπος για να ταξιδεύουν τα εμπορικά πλοία με χαμηλές ταχύτητες πλεύσης είναι και η εγκατάσταση μηχανών καινούριας τεχνολογίας όπως προαναφέρθηκε. Μια από αυτές είναι η μηχανή RT-Flex της εταιρίας Wärtsilä. Η μηχανή αυτή έχει σχεδιαστεί για μια οικονομική και αξιόπιστη πλεύση σε χαμηλές ταχύτητες για όλους τους τύπους των εμπορικών πλοίων και πλοίων μεταφοράς container.

Είναι διαθέσιμη σε 5 κυλίνδρους μέχρι 8 κυλίνδρους και μπορεί να καλύψει ένα εύρος ισχύος από 5.100- 13.960 kW και από 95 έως 124 στροφές το λεπτό.

Η μηχανή είναι απόλυτα συμβατή με την σύμβαση IMO Tier II σχετικά με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που αποφασίστηκε στο συνέδριο της MARPOL και αναφέρεται στο Annex VI.



Εικόνα 3: Μηχανή RT-Flex

Οι καταναλώσεις καυσίμου είναι συμβατές με θερμογόνο δύναμη ίση με 42.7 MJ/kg και είναι συμβατή με τα στάνταρντ του ISO 15550 και 3046.

Για όλες τις μηχανές χαμηλών ταχυτήτων πλεύσης της Wärtsilä έχουν εισαχθεί ανοχές για την κατανάλωση καυσίμου. Οι ανοχές αυτές είναι:

- Για ισχύ του κινητήρα από 85%-100%, 5% ανοχή
- Για ισχύ του κινητήρα από 84%-65%, 6% ανοχή
- Για ισχύ του κινητήρα από 64%-50%, 7% ανοχή

Οι ρυθμίσεις της μηχανής μπορούν να γίνουν και ηλεκτρονικά για συστήματα έγχυσης καυσίμου common-rail έτσι ώστε να παρέχεται η βέλτιστη κατανάλωση καυσίμου αλλά ταυτόχρονα να υπάρχει ευελιξία για διαφορετικά φορτία του κινητήρα.

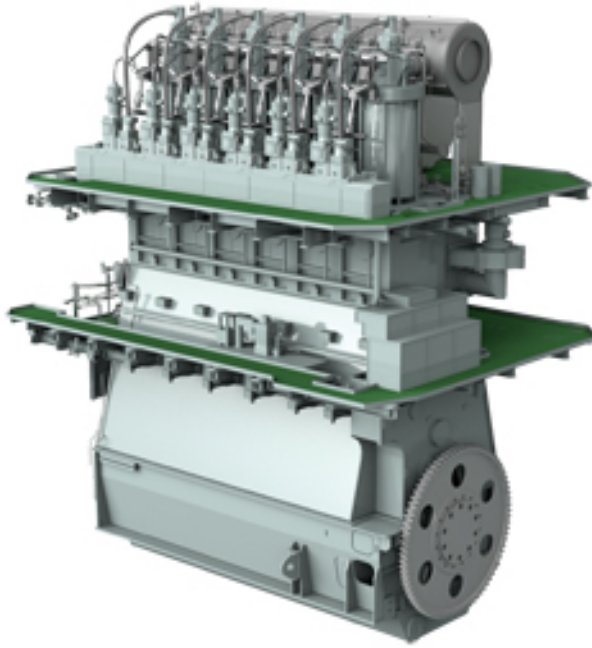
Όλες οι μηχανές RT-Flex της Wärtsilä είναι συμβατές με τα όρια εκπομπών NOx σύμφωνα με την σύμβαση IMO Tier II. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα, οι μηχανές να εξοπλιστούν με καταλύτη SCR (Selective catalytic reduction) έτσι ώστε να είναι συμβατές οι εκπομπές αερίων με την σύμβαση IMO Tier III επίπεδα εκπομπών NOx και ένα καθαριστήρα για τη μείωση των εκπομπών SOx σε 0,1% - ακόμη και με καύσιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο.

Η λίπανση της μηχανής γίνεται με ηλεκτρονικό έλεγχο έτσι ώστε να εξοικονομούνται πόροι και χρήματα στο λειτουργικό κόστος του πλοίου. Το ηλεκτρονικό σύστημα τροφοδοτεί με λιπαντικό τους κυλίνδρους με έναν ρυθμό 0,6 g/kWh. (<http://www.wartsila.com/en/engines/low-speed-engines/rt-flex50>)

2.3.3 UE Engine (Mitsubishi-MHI)

Η εταιρία Mitsubishi έχει εισάγει μια άλλη μηχανή καινούριας τεχνολογίας κατάλληλη για slow steaming. Η μηχανή UE μπορεί να μειώσει την κατανάλωση καυσίμου περισσότερο από 2 γραμμάρια/ kWh σε σύγκριση με τις μηχανές των άλλων εταιριών που είναι κατάλληλες για slow steaming.

Η τεχνολογία της μηχανής UE μπορεί να ελέγχει ηλεκτρονικά την έγχυση του καυσίμου αλλά και τις βαλβίδες εξαγωγής έτσι ώστε η μηχανή να είναι το ίδιο αποδοτική και στις διαδικασίες πλεύσης με χαμηλή ταχύτητα όσο και στην κανονική ταχύτητα.



Εικόνα 4: Η μηχανή UE της Mitsubishi

Επιπροσθέτως, συνδυάζοντας την μηχανή UE με έναν υβριδικό υπερσυμπιεστή (turbocharger) η κατανάλωση καυσίμου της μηχανής μπορεί να μειωθεί πάνω από 50% ακόμα και όταν η μηχανή δουλεύει σε χαμηλές στροφές και χαμηλές ταχύτητες.

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που δημιουργούνται στις μηχανές από την πλεύση σε χαμηλή ταχύτητα είναι ότι η απόδοση του κινητήρα φθίνει ποιοτικά με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι πιθανότητες φθορών και βλαβών στους θαλάμους καύσης και στο σύστημα εξαγωγής.

Για να αντιμετωπιστεί αυτή η πιθανότητα βλαβών εξαιτίας της χαμηλής πλεύσης, στην μηχανή UE χρησιμοποιείται μια βαλβίδα καυσίμου με μικρό όγκο αναρρόφησης. Αυτή η βαλβίδα, μειώνει την συγκέντρωση υδρογονανθράκων (HC) στα αέρια καύσης, τα οποία είναι ένας δείκτης της απόδοσης της καύσης.

Παράλληλα έχουν βελτιστοποιηθεί οι συνθήκες καύσης στους θαλάμους μέσα από μελέτες της εταιρίας γύρω από την συμπεριφορά των θαλάμων καύσης σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας.

(http://www.mhi-mme.com/solution/01/ue_engine.html)

2.4 Μετατροπές και αναβαθμίσεις στις κύριες μηχανές των πλοίων

2.4.1 Slide valve fuels

Οι εγχυτήρες καυσίμων παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην εξοικονόμηση καυσίμων αλλά και στην αποδοτικότερη διαδικασία καύσης κατά την διάρκεια της πλεύσης σε χαμηλές ταχύτητες.

Η εταιρία MAN έχει αναπτύξει μια καινούρια μετασκευή των εγχυτήρων οι οποίες αφήνουν λιγότερα κατάλοιπα και δίνουν καλύτερες ιδιότητες στην διαδικασία της καύσης. Η απουσία του θύλακα καυσίμων επιτρέπει την οικονομία στα καύσιμα καθώς τα καύσιμα εγχέονται κατευθείαν στην κορυφή του πιστονιού μηδενίζοντας τις απώλειες αυτών.

Αυτός ο νέος τύπος εγχυτήρων φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5: Ο καινούργιος εγχυτήρας καυσίμου

Η διαδικασία έγχυσης του καυσίμου έχει βελτιωθεί αρκετά με αποτέλεσμα να οδηγεί σε μια αρκετά βελτιωμένη διαδικασία καύσης. Αυτή η βελτίωση έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση συνολικά των εκπομπών του HC, NOx και των αιωρούμενων σωματιδίων. Ο ορατός καπνός επίσης μειώνεται θεαματικά σαν αποτέλεσμα της βελτίωσης της καύσης. Η βελτιωμένη σχεδίαση των εγχυτήρων έχει μειώσει επίσης τις απαιτήσεις σε συντήρηση ενώ και ο έλεγχος των διαδικασιών είναι απλούστερος.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της μετασκευής των εγχυτήρων φαίνονται στην παρακάτω εικόνα όπου στην μισή εικόνα φαίνεται μια βαλβίδα με αρκετά υπολείμματα καυσίμων ως αποτέλεσμα της ατελούς διαδικασίας καύσης ενώ στην άλλη μισή εικόνα φαίνεται η ίδια βαλβίδα μετά από την μετασκευή της σύμφωνα με

τον τύπο της εταιρίας MAN. Η φωτογραφία λήφθηκε μετά από 890 ώρες λειτουργίας με τον καινούριο τύπο εγχυτήρα και χωρίς να έχει προηγηθεί κάποια συντήρηση ή καθαρισμός.

Η τροποποίηση του καλλύματος του κυλίνδρου προκειμένου να μπει ο καινούργιος εγχυτήρας γίνεται πολύ απλά και εύκολα από εξειδικευμένο προσωπικό ενώ και τα εργαλεία που χρειάζονται για την μετασκευή δεν είναι ούτε σύνθετα, ούτε βαριά και μεταφέρονται εύκολα. (Man diesel, how to retrofit the slide valve fuel,2012)



comparison of slide fuel valve before and after retrofitting

Εικόνα 6: Σύγκριση παλαιού και καινούργιου εγχυτήρα καυσίμου

2.4.2 Αποκοπή υπερσυμπιεστή (Turbocharger Cut-out)

Μια άλλη μέθοδος μετατροπής της κύριας μηχανής προκειμένου να επιτευχθεί, χωρίς προβλήματα, η χαμηλή ταχύτητα πλεύσης είναι η αποκοπή του ενός υπερσυμπιεστή (turbocharger) από την κύρια μηχανή, με αποτέλεσμα την αύξηση των στροφών ανά λεπτό των άλλων υπερσυμπιεστών. Η αύξηση των στροφών των υπερσυμπιεστών αυξάνει και την θερμοκρασία του αέρα αλλά αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα στην όλη διαδικασία του slow steaming. Απο την άλλη αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα, αυξάνει την αποδοτικότητα των υπερσυμπιεστών και δίνει περισσότερο αέρα στην διαδικασία της καύσης του καυσίμου.

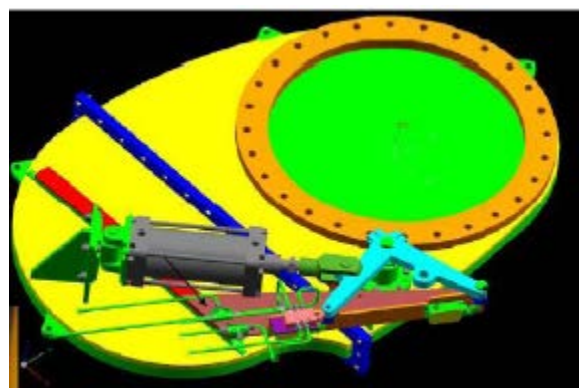
Πρέπει να σημειωθεί πως αυτή η μέθοδος είναι κατάλληλη για μηχανές με περισσότερους υπερσυμπιεστές .

Η ίδια διαδικασία μπορεί να επιτευχθεί με την αποκοπή ενός υπερσυμπιεστή από τις βαλβίδες.

Αυτές οι βαλβίδες όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα έχουν ύψος 1,5 μέτρο και ζυγίζουν 850 κιλά και ανοιγοκλείνουν μέσω ενός πνευματικού κυλίνδρου ο οποίος κινείται από τον αέρα. Ο μοχλός ο οποίος ανοιγοκλείνει τις βαλβίδες, «κλειδώνει» και με αυτό τον τρόπο αποτρέπεται το ανοιγόκλειμα της βαλβίδας χωρίς λόγο.



Εικόνα 7: Βαλβίδα αποκοπής



Εικόνα 8: Ο μηχανισμός της βαλβίδας με τον μοχλό

Προκειμένου να επιτευχθεί η αποκοπή του υπερσυμπιεστή η βαλβίδα θα πρέπει να προσαρμοστεί μετά από τον συμπιεστή του αέρα και πριν από την έξοδο των καυσαερίων του υπερσυμπιεστή. Αυτή η προσαρμογή που επιτρέπει την αποκοπή του ενός υπερσυμπιεστή φαίνεται στην εικόνα 7. (De Boer, et.al, 2011)



Εικόνα 9: Προσαρμογή βαλβίδας για την αποκοπή του υπερσυμπιεστή

2.4.3 VTA (Variable Turbine Area for TCA Turbochargers)

Μια άλλη, διαφορετική καινούρια τεχνολογία προκειμένου να αυξηθεί η απόδοση του κινητήρα σε συνθήκες slow steaming είναι η τεχνολογία VTA (Variable Turbine Area). Η τεχνολογία αυτή βρίσκει εφαρμογή στις μηχανές της εταιρίας MAN. Με την εγκατάσταση αυτής της τουρμπίνας, ο αέρας που εισάγεται στον κύλινδρο είναι περίπου ίσος με το καύσιμο που εγχέεται. Με αυτό τον τρόπο, η διαδικασία της καύσης βελτιστοποιείται σε όλα τα σημεία της δίνοντας μεγαλύτερη αποδοτικότητα στην λειτουργία της μηχανής σε χαμηλές ταχύτητες. Αυτό μπορεί να συμβεί με την αντικατάσταση των ελατηρίων μέσα στον υπερσυμπιεστή με ένα ελατήριο που έχει πτερύγια με μεταβλητό βήμα. Το ελατήριο αυτό τοποθετείται στην πλευρά της εξόδου των καυσαερίων του υπερσυμπιεστή. Ρυθμίζοντας την κλίση των πτερυγίων ελέγχεται η ταχύτητα του υπερσυμπιεστή και με τον τρόπο αυτό ελέγχεται η ποσότητα του αέρα, η οποία εισάγεται μέσα στον κύλινδρο. Στην εικόνα 10 φαίνεται το ελατήριο με τα πτερύγια το οποίο εισάγεται στην πλευρά της εξόδου των καυσαερίων του υπερσυμπιεστή



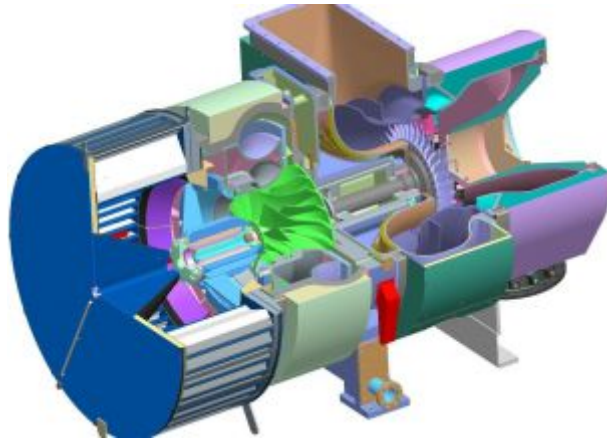
Εικόνα 10: Τεχνολογία VTA

Το σύστημα αυτό έχει το πλεονέκτημα, εκτός από το να αυξάνει την αποδοτικότητα της μηχανής μέσω της βελτιστοποίησης των συνθηκών καύσης των καυσαερίων, να ελαχιστοποιεί τον καπνό και την αιθάλη που παράγεται στις χαμηλές ταχύτητες. Το ελατήριο αυτό με τα πτερύγια μπορεί επίσης να εγκατασταθεί σε υπάρχοντες υπερσυμπιεστές με πολύ απλό και εύκολο τρόπο. (De Boer,et.al,2011)

2.4.4 Electro-Assisted Turbocharger (MHI)

Μια από τις αναβαθμίσεις που μπορούν να γίνουν στις κύριες μηχανές των πλοίων προκειμένου αυτές να μπορούν να δουλεύουν σε συνθήκες χαμηλής πλεύσης είναι η εφαρμογή ενός υβριδικού ηλεκτροβοηθούμενου υπερσυμπιεστή. (turbocharger). Η μηχανή αυτή μπορεί να εξοικονομήσει μέχρι και 30% στην ηλεκτρική ενέργεια σε σχέση με τις συμβατικές μηχανές. Το υβριδικό turbocharger μπορεί να αυξήσει την ισχύ τις μηχανής πετυχαίνοντας μεγάλη οικονομία στα καύσιμα.

Η μηχανή αυτή, συνδυάζει έναν ηλεκτροκινητήρα ο οποίος παρέχει την ενέργεια στον υβριδικό υπερσυμπιεστή, ο οποίος χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα καυσαέρια του κινητήρα.



Εικόνα 11: Electro-assisted turbocharger

Ο κινητήρας αυτός, σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρία παρέχει την μέγιστη απόδοση της μηχανής όταν αυτή λειτουργεί σε διαδικασία slow steaming βελτιώνοντας την καύση του καυσίμου στην κύρια μηχανή και ταυτόχρονα επιτρέπει την ίδια ή και καλύτερη απόδοση της μηχανής σε σχέση με τις συμβατικές μονάδες χρησιμοποιώντας την λιγότερη ενέργεια.

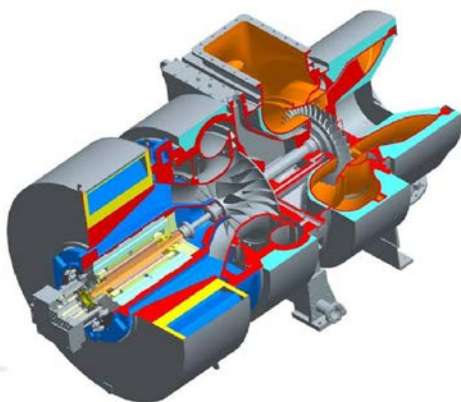
Ο υβριδικός υπερσυμπιεστής είναι απόλυτα συμβατός με τους περιβαλλοντικούς κανόνες σχετικά με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και μπορεί να εγκατασταθεί πολύ εύκολα στην κύρια μηχανή του πλοίου χωρίς να χρειάζονται σημαντικές αλλαγές σε αυτή, έχει μεγάλη διάρκεια ζωής και μπορεί να συντηρηθεί εύκολα. (<http://www.motorship.com/news101/industry-news/mhi-launches-electro-assist-hybrid-turbocharger>)

2.4.5 Hybrid Turbocharger (MHI)

Ο υβριδικός υπερσυμπιεστής χωρίς την ηλεκτροβοήθεια είναι μια άλλη εφαρμογή η οποία μπορεί να εφαρμοστεί στην κύρια μηχανή ενός πλοίου προκειμένου αυτό να ταξιδεύει με χαμηλή ταχύτητα πλεύσης. Σύμφωνα με τον Ono,et.al,(2013) ο υπερσυμπιεστής είναι εξοπλισμένος με μια γεννήτρια η οποία χρησιμοποιεί την ενέργεια των καυσαερίων κατά τη θύρα εισόδου του υπερσυμπιεστή για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας όπως ακριβώς κάνει και μια συμβατική τουρμπίνα.

Παρόλα αυτά όμως, ο υβριδικός υπερσυμπιεστής έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας:

- Χρειάζονται ελάχιστες τροποποιήσεις της κύριας μηχανής για την εγκατάσταση του υβριδικού υπερσυμπιεστή και η μετασκευή είναι σχετικά εύκολη
- Το σύστημα δεν έχει θερμικές απώλειες και ο υπερσυμπιεστής παρέχει πολύ μεγάλη αποδοτικότητα
- Μπορεί να επιτευχθεί επιτάχυνση του υπερσυμπιεστή χρησιμοποιώντας την γεννήτρια ως κινητήρα



Εικόνα 12: Υβριδικός υπερσυμπιεστής

Σύμφωνα με μελέτες της κατασκευάστριας εταιρίας ο υβριδικός υπερσυμπιεστής μπορεί να παρέχει:

- 10 % βελτίωση στην απόδοση των καυσίμων στις χαμηλές ταχύτητες πλεύσης
- 50% βελτίωση στην ροπή του κινητήρα στις χαμηλές ταχύτητες πλεύσης
- Μείωση κατά 70% της καθυστέρησης του κινητήρα κατά την επιτάχυνση

Ο υβριδικός υπερσυμπιεστής εγκαθίσταται στο κάτω μέρος της μηχανής και συνδέεται με την κύρια μηχανή με εύκαμπτη σύζευξη.

2.4.6 Alpha Lubricator Upgrades

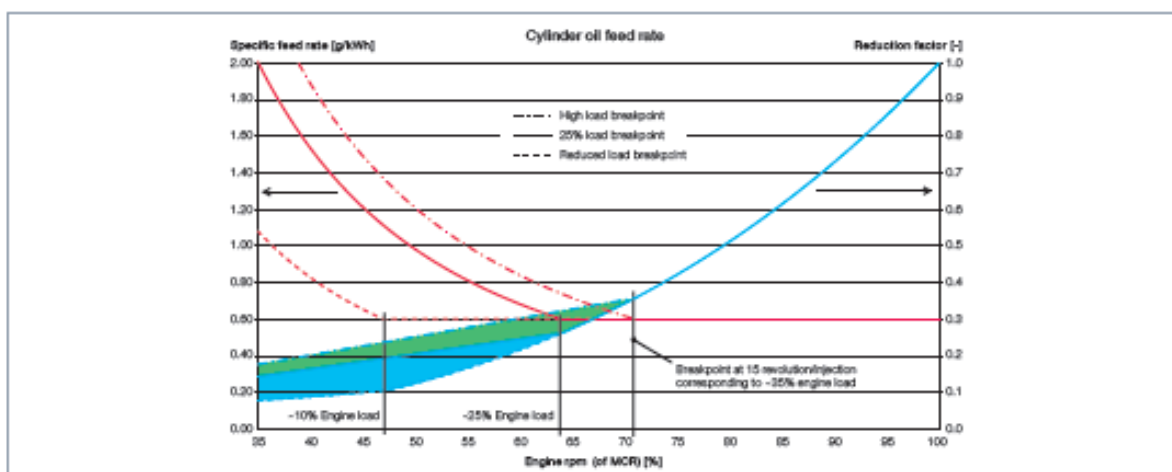
Κατά την διάρκεια της πλεύσης σε χαμηλή ταχύτητα η υπέρ-λίπανση είναι ένας άλλος κίνδυνος ο οποίος μπορεί να προκαλέσει φθορά στους κυλίνδρους, στα ελατήρια και στα έμβολα εξαιτίας της παραπάνω εναπόθεσης λιπαντικού. Επιπροσθέτως η υπέρ-λίπανση είναι και απώλεια λιπαντικού το οποίο αυξάνει το λειτουργικό κόστος του πλοίου. Η αναβάθμιση του συστήματος λίπανσης με το Alpha Lubricator Upgrade είναι μια μετασκευή η οποία μπορεί να προσφέρει βελτιστοποίηση στο σύστημα λίπανσης, να προστατεύσει τον κινητήρα και να προφυλάξει το λιπαντικό από άσκοπη χρήση. (Diesel Facts, page 8,2/2012)

Τα πλεονεκτήματα της αναβάθμισης του συστήματος λίπανσης μπορούν να συνοψισθούν στα ακόλουθα:

- Εξοικονόμηση λιπαντικού κατά 20-50% στις χαμηλές ταχύτητες πλεύσης
- Περισσότερη ακρίβεια στην προσθήκη λιπαντικού σε όλες τις ταχύτητες του πλέει το πλοίο και όχι μόνο σε συνθήκες slow steaming
- Βελτίωση της λειτουργίας και της κατάστασης των κυλίνδρων
- Εφαρμογή των τελευταίων και πιο σύγχρονων χαρακτηριστικών των λιπαντικών
- Αναβάθμιση του λογισμικού που ελέγχει το σύστημα λίπανσης

Το λογισμικό ελέγχει την ροή του λιπαντικού σύμφωνα με το ποσοστό της ισχύς που λειτουργεί η μηχανή. Η χρωματιστή περιοχή στο παρακάτω διάγραμμα δείχνει την ποσότητα του λιπαντικού που εξοικονομείτε με την αναβάθμιση του συστήματος.

Alpha Lubricator layout



Lubrication algorithm (see Service Letter SL2011-544)

Εικόνα 13: Διάγραμμα ροής του Alpha Lubricator Upgrade

Το σύστημα λίπανσης Alpha Lubricator Upgrade προτείνεται για μηχανές MC της εταιρίας MAN είτε αυτές είναι καινούριες είτε όχι. Ένα παράδειγμα που δίνει η εταιρία MAN είναι το ακόλουθο:

Σε ένα εμπορικό πλοίο που λειτουργεί με το 10% της ισχύος της μηχανής, πριν την εγκατάσταση του συστήματος Alpha Lubricator Upgrade η κατανάλωση ήταν:

240 λίτρα/ημέρα

Μετά την εγκατάσταση του συστήματος η κατανάλωση έπεσε στα

100 λίτρα/ημέρα.

Η ετήσια εξοικονόμηση είναι 42.000 ευρώ.(Alpha Lubricator Upgrade Slow Steaming Kit,MAN,2012)

Είναι εύκολα κατανοητό ότι σε έναν στόλο πλοίων, ο πλοιοκτήτης μπορεί να εξοικονόμηση ένα αρκετά μεγάλο ποσό, μόνο με μια μικρή αναβάθμιση όπως είναι το Alpha Lubricator Upgrade.

2.5 Μετατροπές στο κέλυφος του πλοίου

2.5.1 Επίδραση της μορφής του κελύφους στην κατανάλωση ενέργειας

Άλλη βασική παράμετρος επιρροής στην κατανάλωση ενέργειας κατά την πλεύση ενός εμπορικού πλοίου είναι η μορφή και το σχήμα του πλοίου.

Η επίδραση της μορφής εξηγείται μέσω του ρόλου που αυτή διαδραματίζει στην υδροδυναμική συμπεριφορά του σκάφους. Πιο συγκεκριμένα, η μορφή του σκάφους επιδρά καθοριστικά στις αντιστάσεις που αναπτύσσονται κατά την κίνησή του στο νερό. (Σταθόπουλος, κ.α.,2000)

Σχετικά με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του πλοίου, ένας συνήθης δείκτης έκφρασης είναι ο «συντελεστής λυγηρότητας», ο οποίος εξαρτάται από το μήκος του σκάφους και τον όγκο εκτοπίσματός του (δηλαδή, ο όγκος εκτοπιζομένου ύδατος για ίδιο βάρος +πλήρες φορτίο). Συγκεκριμένα:

$$[\text{Συντελεστής λυγηρότητας}] = L / \nabla^{1/3}$$

όπου:

L: μήκος σκάφους,

∇ : όγκος εκτοπίσματος ($\nabla = \Delta / 1,025$, όπου 1,025 η μέση πυκνότητα ύδατος θάλασσας).

Ο συντελεστής λυγηρότητας σκάφους επιδρά στην κατανάλωση ενέργειας κατά την πλεύση.

Στη ναυπηγική επιστήμη χρησιμοποιούνται διαγράμματα υπολογισμού της απαιτούμενης καταναλωμένης ενέργειας, σε σχέση με το συντελεστή λυγηρότητας, για διάφορες ταχύτητες και βάρη εκτοπίσματος.

Ο ακόλουθος πίνακας παρουσιάζει την επιρροή του συντελεστή λυγηρότητας στην κατανάλωση ενέργειας για διάφορα μεγέθη πλοίων και διαφορετικές ταχύτητες πλεύσης τους:

<i>Απαιτούμενη εγκατεστημένη ισχύς πλοίου, σε 10⁴ KW</i>				
<i>Βάρος Εκτοπίσματος</i>	<i>Ταχύτητα</i>	$L/V^{1/3} = 4$	$L/V^{1/3} = 5$	$L/V^{1/3} = 6$
<i>10⁷ τόνοι</i>	<i>5 m/sec</i>	2,20	2,00	1,80
	<i>6 m/sec</i>	5,00	4,00	3,50
	<i>7 m/sec</i>	11,00	9,00	6,00
<i>10⁸ τόνοι</i>	<i>5 m/sec</i>	6,00	5,40	5,00
	<i>6 m/sec</i>	11,00	10,50	9,50
	<i>7 m/sec</i>	21,00	20,00	19,00

Πίνακας 1: Η επίδραση του συντελεστή λυγηρότητας σκάφους ($L/V^{1/3}$) στην κατανάλωση ενέργειας κατά την πλεύση

2.5.2 Σχεδιασμός πλοίων κατάλληλα για slow steaming

Η εταιρία Maersk έχει εισάγει στην αγορά τα πλοία με την ονομασία Triple-E vessels τα οποία είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να είναι αποδοτικά σε συνθήκες slow steaming.

Η ονομασία Triple- E σημαίνει Economy of scale, Energy efficient and Environmentally improved

Τα πλοία είναι σχεδιασμένα για να λειτουργούν σε συνθήκες slow steaming αποδοτικά και το σχήμα του σκάφους παίζει μεγάλο ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας όπως είδαμε και στην προηγούμενη παράγραφο.

Ένας καινούριος σχεδιασμός ο οποίος να βελτιστοποιεί την αποδοτικότητα του πλοίου σε συνθήκες slow steaming έπρεπε να γίνει.

Τα καινούρια πλοία της εταιρίας Maersk μπορούν να μεταφέρουν 18.000 TEU με την μέγιστη αποδοτικότητα σε συνθήκες slow steaming.

Η εταιρία έχει επενδύσει δισεκατομμύρια δολάρια στον σχεδιασμό αποδοτικότερων πλοίων σε συνθήκες slow steaming.

Τα πλοία της Maersk εκπέμπουν 30% λιγότερο CO₂ για μια διαδρομή από την Αφρική στην Ασία σε συνθήκες slow steaming σε σχέση με ένα συμβατικό πλοίο μεταφοράς container.

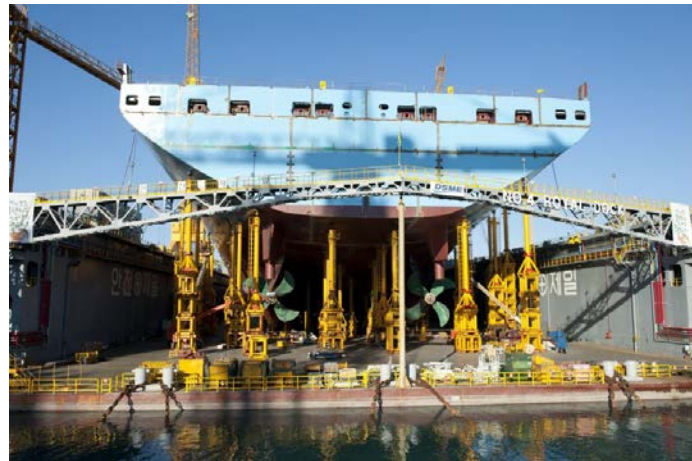
Οι μηχανές του πλοίου είναι σχεδιασμένες για να πλέει το πλοίο σε συνθήκες slow steaming χωρίς προβλήματα και αποδοτικά και είναι σχεδιασμένες για να πλέει το πλοίο σε ταχύτητα 19 κόμβων. Τα πλοία κατασκευάστηκαν στα Κορεάτικα ναυπηγεία της DAEWOO. Στην εικόνα 14 φαίνεται η διαμόρφωση του κύτους του πλοίου που είναι ειδικά σχεδιασμένο για συνθήκες slow steaming.



Εικόνα 14: Κατασκευή του κύτους του πλοίου

Το πλοίο διαθέτει 2 μηχανές οι οποίες καθοδηγούν μια προπέλα η κάθε μια καθώς η χρησιμοποίηση 2 προπελών επιτρέπει την καλύτερη διανομή της πίεσης αυξάνοντας την αποδοτικότητα της κάθε προπέλας. (Godske,2011)

Οι μηχανές είναι τοποθετημένες στο πιο πίσω μέρος του πλοίου και είναι τοποθετημένες σε χαμηλότερο επίπεδο δίνοντας μεγαλύτερο χώρο για την τοποθέτηση container.



Εικόνα 15: 2 προπέλες σε πλοίο Triple-E

Ο σκελετός του πλοίου είναι πιο ορθογωνικής διατομής και πηγαίνει πιο πολύ σε σχήμα U παρά σε σχήμα V που είχαν τα πλοία της Maersk πριν την έκδοση των triple E-Class. Αυτός ο σχηματισμός επιτρέπει πιο πολλά container να μεταφέρονται

και να αποθηκεύονται στα χαμηλότερα αμπάρια του πλοίου. Έτσι λοιπόν ενώ τα πλοία triple E-Class είναι μόλις 3 μέτρα πιο πλατιά και 4 μέτρα μεγαλύτερα σε μήκος, μπορούν να μεταφέρουν 2.500 container περισσότερα εξαιτίας της κατασκευής του κελύφους με τον τρόπο που περιγράψαμε. (Maersk orders 10 green mega-boxships The Motorship,2011)

Τα πλοία της σειράς triple E-Class λόγω του μεγάλου όγκου τους θα εξυπηρετούν διαδρομές μεταξύ Ασίας και Ευρώπης επειδή μόνο ευρωπαϊκά και ασιατικά λιμάνια θα μπορούν να τα εξυπηρετήσουν. (*World Maritime News, Second Maersk Line's Triple E-Class Vessel to Call at EUROGATE in Wilhelmshaven,2013*)

Μια άλλη διαφορετική σχεδίαση γίνεται για την πλώρη του σκάφους καθώς και για την βολβοειδή πλώρη εξαιτίας των κυμάτων που προκαλούνται από την μύτη του πλοίου και τα οποία ευθυγραμμίζονται μόνο κάτω από ένα ορισμένο εύρος στροφών.

Η βολβοειδής πλώρη του σκάφους είναι σχεδιασμένη για ταξίδια σε συγκεκριμένες ταχύτητες. Μια καλά σχεδιασμένη βολβοειδής πλώρη μπορεί να εξοικονομήσει περίπου 10-12 % σε καύσιμα. Τα κύματα προκαλούν μεγάλη αντίσταση, ιδιαίτερα στις χαμηλές ταχύτητες με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος από την κατανάλωση καυσίμων. Ο επανασχεδιασμός του βολβού του σκάφους περιλαμβάνει το χαμήλωμα αυτού με αποτέλεσμα την μείωση της κατανάλωσης καυσίμου περίπου κατά 2%. (Spilman,2013)

2.6 Προετοιμασία και έλεγχοι στο πλοίο για κατάσταση slow steaming

Ένα εμπορικό πλοίο, ανεξαρτήτως από τον τρόπο που έχει επιλεγεί για να προχωρήσει στην διαδικασία του slow steaming θα πρέπει να προετοιμαστεί, να επιθεωρηθεί και να ελεγχθεί πριν τεθεί σε λειτουργία η μηχανή σε διαδικασίες slow steaming. Όπως έχει προαναφερθεί μια μηχανή είναι σχεδιασμένη για να δουλεύει στο 75%-85% της συνολικής ισχύς της. Προκειμένου να δουλέψει σε διαδικασία slow steaming θα πρέπει να γίνουν κάποιοι έλεγχοι και να παρθούν κάποιες προφυλάξεις προκειμένου η μηχανή να δουλέψει σε χαμηλές ταχύτητες χωρίς προβλήματα.

Ο Sanguri (2012) περιγράφει τις διαδικασίες και τους ελέγχους που πρέπει να πραγματοποιηθούν σε ένα εμπορικό πλοίο.

2.6.1 Έλεγχοι και Προφυλάξεις στην κύρια μηχανή

Οι κυριότεροι έλεγχοι που πρέπει να γίνουν πριν τεθεί σε λειτουργία η μηχανή σε διαδικασία slow steaming αλλά και κατά την διάρκεια λειτουργίας της είναι οι ακόλουθοι:

- Επιθεώρηση και καθαρισμός στην περιοχή κάτω από το έμβολο
- Έλεγχος των ελατηρίων των εμβόλων για θραύση, καθαριότητα και έλλειψη ελαστικότητας
- Συχνή επιθεώρηση και καθαρισμός με μηχανήμα υψηλής πίεσης του λέβητα καυσαερίων
- Έλεγχος των εμβόλων για σωστή λίπανση και επιθεώρηση για τυχόν φθορές αλλά και για τυχόν υπέρ-λίπανση
- Έλεγχος των στροφών ανά λεπτό του υπερσυμπιεστή (turbocharger) καθώς και της πίεσης του αέρα. Εάν η πίεση του αέρα είναι χαμηλή υπάρχει κίνδυνος για ρύπανση του υπερσυμπιεστή
- Έλεγχος και καταγραφή της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ της εισόδου και της εξόδου του υπερσυμπιεστή. Πτώση της διαφοράς της θερμοκρασίας μπορεί να προκαλέσει φθορά της τουρμπίνας
- Έλεγχος και καταγραφή της θερμοκρασίας της χοάνης των καυσαερίων. Κάθε αύξηση της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της λειτουργίας της μηχανής και ταυτόχρονη πτώση της πίεσης του ατμού είναι πιθανό να προκαλέσει φθορά των σωλήνων μεταφοράς καυσαερίων ενώ υπάρχει και ο κίνδυνος για πρόκληση φωτιάς
- Συχνή αποστράγγιση του ψύκτη του αέρα

Είναι πάντως αρκετά διαδεδομένο πως οι πιο πολλές βλάβες στην κύρια μηχανή του πλοίου που συνδέονται με την διαδικασία του slow steaming δεν συμβαίνουν κατά την διάρκεια της διαδικασίας της ίδιας, αλλά μόλις η μηχανή ξεκινάει να δουλεύει σε κανονικούς ρυθμούς ξανά.

Για να αποφευχθούν οι βλάβες και οι φθορές κατά την επαναλειτουργία της μηχανής σε κανονικούς ρυθμούς, έλεγχοι και προφυλάξεις πρέπει να

πραγματοποιούνται και να γίνονται κατά την διάρκεια της διαδικασίας του slow steaming.

Οι έλεγχοι αυτοί είναι:

- Κατά την διάρκεια του slow steaming θα πρέπει να πραγματοποιείται καθαρισμός του στροβίλου της τουρμπίνας καθώς και του συμπιεστή
- Ο καθαρισμός του λέβητα καυσαερίων από τον καπνό θα πρέπει επίσης να γίνεται κατά την διάρκεια της διαδικασίας του slow steaming
- Θα πρέπει να αποφεύγεται η παρουσία υδρατμών στους ψύκτες αέρα και να διατηρείτε η θερμοκρασία του αέρα γύρω στους 45° C
- Χρησιμοποίηση των λαδιών των κινητήρων και των εμβόλων σύμφωνα με τα οριζόμενα των κατασκευαστών
- Διατήρηση του ιξώδους του λιπαντικού μεταξύ 12 και 13
- Κατά την διάρκεια της πλεύσης σε χαμηλή ταχύτητα, τα μπέκ είναι πιθανό να έχουν λερωθεί και να έχουν βουλώσει και για αυτό χρειάζονται συχνό και τακτικό καθαρισμό καθώς και συχνή συντήρηση.
- Μια άλλη φθορά που θα πρέπει να προληφθεί είναι η ψυχρή διάβρωση η οποία μπορεί να συμβεί εξαιτίας των χαμηλών θερμοκρασιών που υπάρχουν κατά την διάρκεια του slow steaming. Θα πρέπει να λαμβάνεται η φροντίδα έτσι ώστε η θερμοκρασία των κυλίνδρων να μην πέφτει κάτω από 250°C.
- Ο λέβητας καυσαερίων πρέπει να καθαρίζεται συχνά και να υπάρχει τακτική συντήρηση κατά την διάρκεια της πλεύσης σε χαμηλές ταχύτητες
- Θα πρέπει να διατηρείτε υψηλή θερμοκρασία στις μονάδες ψύξης και ο αποστακτήρας να παρακάμπτεται
- Η λειτουργία σε συνθήκες slow steaming μπορεί να προκαλέσει την συσσώρευση λιπαντικού και καυσίμου στην εξάτμιση πολλαπλής εξαγωγής και στην συνέχεια, με την λειτουργία της μηχανής σε κανονικές συνθήκες να καεί αυτό το συσσωρευμένο καύσιμο προκαλώντας βλάβη του υπερσυμπιεστή (turbocharger). Θα πρέπει να διενεργούνται συχνή έλεγχοι και καθαρισμοί κατά την διάρκεια του slow steaming

Όπως βλέπουμε, σύμφωνα με τον Sanguri (2012) είναι αρκετοί οι έλεγχοι που θα πρέπει να πραγματοποιούνται κατά την διάρκεια της λειτουργίας της μηχανής σε συνθήκες slow steaming αλλά ταυτόχρονα το κύριο σημείο είναι η αλλαγή των χρόνων της συντήρησης, η οποία θα πρέπει να γίνεται τακτικότερα.

Κεφάλαιο 3

Επιδράσεις slow Steaming στο περιβάλλον και στην κύρια μηχανή του πλοίου

3.1 Επίδραση στο περιβάλλον από την εφαρμογή χαμηλής ταχύτητας πλεύσης

Σύμφωνα με μελέτη των Ψαραύτη και Κοντοβά (2009) η ναυτιλία εκπέμπει κατά μέσο όρο κάθε χρόνο 840 εκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα το οποίο είναι το 3% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως. Για να δώσουμε ένα πιο αντιπροσωπευτικό παράδειγμα, οι εκπομπές αυτές ισούνται με τις ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την Γερμανία.

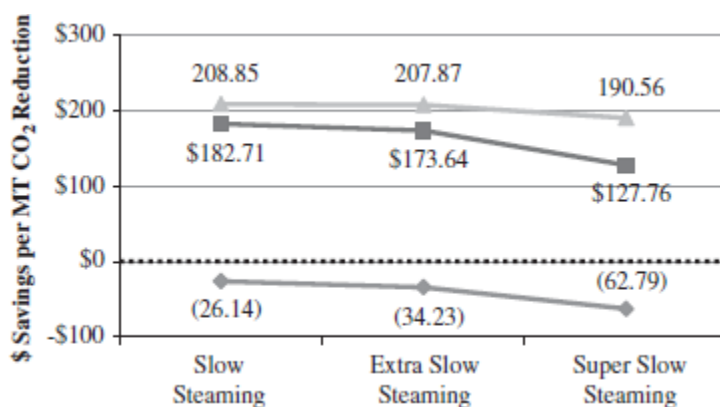
Τα πλοία μεταφοράς container εκπέμπουν περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από τα άλλα πλοία. Μόνο τα πλοία μεταφοράς container εκπέμπουν 270 εκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα και ο IMO έχει προειδοποίηση πως το 2050 οι εκπομπές αυτές θα έχουν τριπλασιαστεί ως συνέπεια της αύξησης του παγκόσμιου εμπορίου. . Οι εκπομπές των επιβλαβών αερίων του θερμοκηπίου είναι σε άμεση συνάρτηση με την ταχύτητα του σκάφους.

Οι Faber,et.al (2012) σημείωσαν πως μια μείωση της ταχύτητας κατά 10% αντιστοιχεί σε μια μείωση 27% των επιβλαβών εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

Η διαδικασία slow steaming βοηθήσει πολλές ναυτιλιακές εταιρίες να βελτιώσουν το ενεργειακό τους αποτύπωμα, μειώνοντας τις εκπομπές των αερίων των θερμοκηπίων ως συνέπεια του slow steaming που εφαρμόζεται στα εμπορικά τους πλοία. Εάν θέλαμε να συνοψίσουμε τις θετικές επιπτώσεις του slow steaming στο περιβάλλον, σύμφωνα με τον Sanguri (2012) αυτές είναι:

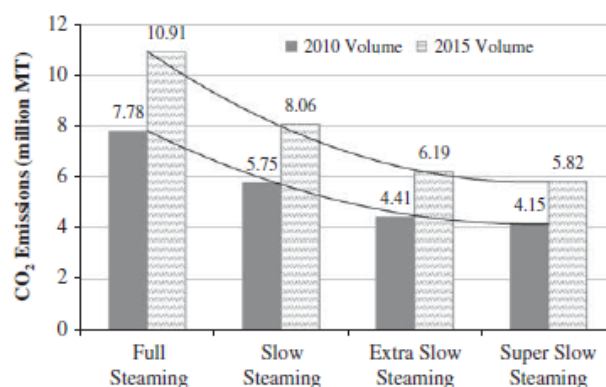
- Εξοικονόμηση καυσίμων
- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου όπως CO₂,NO_x,SO_x

Σύμφωνα με μελέτη των Maloni,et.al (2013) η διαδικασία του “extra slow steaming” αποτυπώνει μια μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 43,3% σε σχέση με την κανονική ταχύτητα, ενώ η διαδικασία του “super slow steaming” αυξάνει την μείωση σε 46,7%. Τα νούμερα αυτά, ασφαλώς και μεταφράζονται και σε εξοικονόμηση καυσίμων άρα και κόστους και αυτός είναι ο βασικός λόγος που περισσότερες εταιρίες έχουν εκφράσει την θέληση να προχωρήσουν και αυτές στις απαραίτητες μετατροπές των μηχανών τους για να πλέουν σε χαμηλές ταχύτητες πλεύσης. Στην παρακάτω εικόνα, παρουσιάζεται το κέρδος σε δολάρια ανά μείωση σε CO₂ των εκπομπών των πλοίων εξαιτίας του slow steaming.



Εικόνα 16: Κέρδος σε \$ για την μείωση του CO₂

Η εκτίμηση των Maloni et.al (2013) για την περαιτέρω μείωση των εκπομπών των αερίων από την διαδικασία του slow steaming στο μέλλον, φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 17: Μείωση του CO₂ σε εκατ.τόννους στο μέλλον από την διαδικασία slow steaming

Η εταιρία Maersk που εισήγαγε πρώτη την διαδικασία του slow steaming στα πλοία της και πειραματίστηκε πάρα πολύ με αυτή, εκτίμησε πως η εκπομπές CO₂ ανά container θα είναι 50% λιγότερες σε σχέση με ένα πλοίο που κινείται σε κανονική ταχύτητα στην διαδρομή Ευρώπης – Ασίας. Η εταιρία με την ναυπήγηση των πλοίων triple – E βελτίωσε κατά πολύ το περιβαλλοντικό της προφίλ. Με την εισαγωγή του slow steaming στα πλοία της και την ναυπήγηση των πλοίων triple – E η εταιρία Maersk κατανάλωσε 10,7 εκατ.τόννους καυσίμων το 2010 μειωμένα κατά 3,1 εκατ.τόννους καυσίμων που κατανάλωσε το 2007.

Πέρα από το οικονομικό κέρδος της μείωσης αυτής της κατανάλωσης καυσίμων, αυτό σημαίνει και λιγότερες εκπομπές CO₂, NO_x και SO_x. (Maersk,2012)

3.2 Επίδραση του slow steaming στις κύριες μηχανές του πλοίου

Η διαδικασία του slow steaming, έχει επιπτώσεις και στην κύρια μηχανή του πλοίου όπως προαναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Εκτός λοιπόν, από τις θετικές επιπτώσεις του slow steaming στην κατανάλωση καυσίμου αλλά και στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου υπάρχουν και κάποιες πτυχές, που αφορούν την κύρια μηχανή του πλοίου που θα πρέπει να προσεχτούν ιδιαίτερα.

Σε ένα πλοίο το οποίο ταξιδεύει σε διαδικασία slow steaming μπορούν να προκληθούν προβλήματα στην κύρια μηχανή του πλοίου όπως είναι:

- Η απώλεια θερμότητας
- Χαμηλή απόδοση του turbocharger
- Χαμηλή απόδοση λειτουργίας της προπέλας του πλοίου
- Αυξημένη ρύπανση του κύτους του πλοίου και της προπέλας που οφείλεται στην μειωμένη ταχύτητα και στις χαμηλές ταχύτητες ροής
- Τα βοηθητικά συστήματα μπορούν εν μέρει να ανακτήσουν την χαμένη θερμότητα αλλά και αυτά, δεν είναι σχεδιασμένα για να δουλεύουν συνεχόμενα και μπορεί να προκληθούν φθορές και σε αυτά
- Αύξηση της ανάγκης για λίπανση λόγω της χαμηλής ταχύτητας πλεύσης

- Αυξάνονται οι δονήσεις στην μηχανή εξαιτίας των χαμηλών στροφών στην οποία δουλεύει
- Μπορεί να προκληθεί το φαινόμενο της σπηλαιώσης στην προπέλα του πλοίου.

Σύμφωνα με την μελέτη των Faber,et.al (2012) οι περισσότερες από τις παραπάνω επιπτώσεις που μπορεί να προκληθούν στην κύρια μηχανή του πλοίου από την πλεύση σε χαμηλές ταχύτητες μπορούν να υπερκεραστούν με κάποιες μετασκευές της μηχανής όπως αυτές παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Κάποιες άλλες όπως είναι η μείωση της αποδοτικότητας της προπέλας μπορούν να αγνοηθούν, καθώς δεν παίζουν σημαντικό ρόλο στην συνολική απόδοση της μηχανής του πλοίου.

Παρόλα αυτά όμως, υπάρχουν και βλάβες και φθορές οι οποίες είναι σημαντικές για την συνολική λειτουργία του πλοίου όπως είναι οι βοηθητικές μηχανές που είναι απαραίτητες για την εκκίνηση ενός δίχρονου κινητήρα. Η συνεχόμενη λειτουργία των βοηθητικών μηχανών εξαιτίας της μειωμένης αποδοτικότητας των υπερσυμπιεστών, αυξάνει την συχνότητα συντήρησης που χρειάζονται σε συνδυασμό με την αύξηση των πιθανοτήτων για πιθανές φθορές που μπορεί να παρουσιάσουν. Για παράδειγμα, εάν όλες οι βοηθητικές μηχανές χαλάσουν, δεν θα είναι δυνατή η εκκίνηση της κύριας μηχανής του πλοίου. Για αυτό τον λόγο μια έξτρα βοηθητική μηχανή θα πρέπει να υπάρχει πάντα στο πλοίο σε περίπτωση μεγάλων και κρίσιμων φθορών των κανονικών βοηθητικών μηχανών. (Faber,et.al,2012)

Επίλογος - Συμπεράσματα

Η διαδικασία της πλεύσης με χαμηλή ταχύτητα (slow steaming) είναι ένας τρόπος για τις εταιρίες και τους πλοιοκτήτες να αντιμετωπίσουν τις αυξημένες τιμές των καυσίμων αλλά παράλληλα να συμμορφωθούν και με τις περιβαλλοντικές οδηγίες που περιορίζουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Την διαδικασία αυτή την πρωτοδοκίμασε το 2009 η εταιρία Maersk και από τότε έχουν γίνει πολλά και σημαντικά βήματα προς την κατεύθυνση της βελτιστοποίησης της διαδικασίας χωρίς να προκαλούνται βλάβες και φθορές στην κύρια μηχανή του πλοίου.

Η μείωση της ταχύτητας και η πλεύση σε χαμηλές ταχύτητες μπορεί να εξοικονομήσει σημαντικά χρηματικά ποσά από την κατανάλωση καυσίμων αλλά και να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές ρύπων που προκαλούν το θερμοκηπίου. Θυμίζουμε πως το 3,3% των εκπεμπόμενων ρύπων που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, εκπέμπονται από την παγκόσμια εμπορική ναυτιλία και η τάση είναι να τριπλασιαστεί αυτό το ποσοστό μέχρι το 2050.

Ένα εμπορικό πλοίο μπορεί να πλεύσει σε διαδικασία slow steaming με διάφορους τρόπους:

Με μετατροπές της κύριας μηχανής ,χωρίς μετατροπές της κύριας μηχανής, με εγκατάσταση καινούριων μηχανών νέας τεχνολογίας, με επανασχεδιασμό του σκάφους.

Από όλους αυτούς τους τρόπους η πλεύση σε διαδικασία slow steaming χωρίς μετατροπές της κύριας μηχανής, μπορεί να προκαλέσει σημαντικές βλάβες σε αυτή. Για αυτό τον λόγο απαιτούνται συχνές επιθεωρήσεις και συντηρήσεις των διάφορων στοιχείων της κύριας μηχανής , ενώ στο επίπεδο των μετατροπών οι εταιρίες Wartsila και MAN έχουν κυκλοφορήσει στο εμπόριο διάφορα kit τα οποία μπορούν να εγκατασταθούν στην κύρια μηχανή και να περιορίσουν στο ελάχιστο τα προβλήματα που πιθανόν να παρουσιαστούν.

Τέλος, η εταιρία Maersk, η οποία πρωτοδοκίμασε την διαδικασία slow steaming στα πλοία της, έχει ναυπηγήσει στα ναυπηγεία της κορεάτικης εταιρίας DAEWOO τα πλοία triple-E, τα οποία είναι σχεδιασμένα και κατασκευασμένα για πλεύση σε χαμηλές ταχύτητες.

Προτάσεις για μελλοντική μελέτη

Η διαδικασία slow steaming εισήχθηκε εξαιτίας της οικονομικής κρίσης με σκοπό την εξοικονόμηση καυσίμων άρα και χρημάτων. Θα πρέπει να μελετηθεί στο μέλλον το κόστος μιας μετατροπής της κύριας μηχανής σε συνδυασμό με την εξοικονόμηση καυσίμων για να φανερωθεί η βιωσιμότητα μιας τέτοιας επένδυσης πάνω σε ένα πλοίο. Επιπροσθέτως η μειωμένη ταχύτητα συνεπάγεται μεγαλύτερους χρόνους ταξιδιού για ένα εμπορικό πλοίο και θα πρέπει να εξεταστούν οι επιπτώσεις στις τιμές των μεταφερόμενων προϊόντων αλλά και οι επιπτώσεις πάνω στο πλήρωμα, από τις επιπλέον ημέρες του ταξιδιού σε οικονομικό επίπεδο για την εταιρία, που ίσως να σημαίνει παραπάνω μισθολογικό κόστος εξαιτίας της παραπάνω διαμονής στην θάλασσα, αλλά και σε ψυχολογικό κόστος για το πλήρωμα εξαιτίας του ίδιου λόγου. Ένας άλλος παράγοντας που θα πρέπει να εξεταστεί μελλοντικά είναι οι διακυμάνσεις των τιμών των καυσίμων και το εάν σε ενδεχόμενη πτώση της τιμής των καυσίμων θα είναι οικονομικά βιώσιμη μια μετατροπή της κύριας μηχανής προκειμένου να πλέει αυτή σε συνθήκες slow steaming.

Επίλογος

Η παρούσα εργασία καταλήγει στο συμπέρασμα πως η διαδικασία slow steaming είναι μια διαδικασία η οποία μπορεί και πρέπει να χρησιμοποιείται στα εμπορικά πλοία προκειμένου να εξοικονομήσουν καύσιμα και να μειώσουν τις εκπομπές των ρύπων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Θα πρέπει όμως να μην είναι ο μόνιμος τρόπος πλεύσης ενός εμπορικού πλοίου. Επιπροσθέτως οι μηχανικοί και το προσωπικό θα πρέπει να εκπαιδευτούν πάνω στις διαδικασίες του slow steaming, να είναι ενήμερη για τα πιθανά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν στην μηχανή του πλοίου και να διενεργούν συχνότερες από τις συνηθισμένες, επιθεωρήσεις και συντηρήσεις στην μηχανή του πλοίου.

Τέλος, οι πιθανότητες μετασκευής και τροποποίησης της κύριας μηχανής θα πρέπει να διερευνάται διεξοδικά πριν γίνει και να πραγματοποιείται μόνο εφόσον το πλοίο είναι προγραμματισμένο να πλέει σε διαδικασίες slow steaming για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Βιβλιογραφία

- 1) MAN Prime serv, in the Global Shipping Industry, Results of a survey among representatives of the global container, bulk and tanker shipping industry ,Copenhagen,2012
- 2) Bonney, J. and Leach, P.T, Slow boat from China. The Journal of Commerce Online, [http:// www.joc.com/maritime/slow-boat-china](http://www.joc.com/maritime/slow-boat-china), accessed 27 May 2014.
- 3) Psaraftis, H.N. and Kontovas, C.A, CO₂ emission statistics for the world commercial fleet. WMU Journal of Maritime Affairs 8(1): 1–18,2009
- 4) Maloni M,-Paulb J.A,-Gligorc D,Slow steaming impacts on ocean carriers and shippers,Macmillan Publishers Ltd. 1479-2931 Maritime Economics & Logistics Vol. 15, 2, 151–171,2013
- 5) Gallagher, T.L, More ocean carriers fall behind schedule. The Journal of Commerce Online, <http://www.joc.com/maritime/more-ocean-carriers-fall-behind-schedule>, accessed 29 May 2014
- 6) MAN B&W 98-50 ME/ME-C Engine Selection Guide, 1st edition, Copenhagen, 2010
- 7) Study of Slow Steaming Practices in the Global Shipping Industry MAN PrimeServ-conducted survey from June 2012 features a comprehensive poll of representatives from the global container, bulk and tanker shipping industry, Diesel Facts Magazine, page 8, Issue 2/2012
- 8) Alpha lubricator Upgrade Slow steaming kit, MAN Diesel PrimeServ Copenhagen,2012
- 9) Kowalak P, Chief engineer's hands-on experience of slow steaming operation, Maritime University of Szczecin,Poland,2012
- 10)Godske B Maersk megaship with two propellers , 21 February 2011. Accessed: 26 May, 2014
- 11)Maersk orders 10 green mega-boxships [*The Motorship*](#), 21 February 2011, Accessed: 26 May, 2014
- 12)"Second Maersk Line's Triple E-Class Vessel to Call at EUROGATE in Wilhelmshaven (Germany)". *World Maritime News*. 28 June 2013. Retrieved 31 May,2014 .

- 13) Spilman B, Container Ship Nose Jobs – Maersk Retrofits Bulbous Bows for Slow Steaming, <http://www.oldsaltblog.com/2013/03/container-ship-nose-jobs-maersk-retrofits-bulbous-bows-for-slow-steaming>, Accessed: 26 May, 2014
- 14) Σταθόπουλος Α, Μεταφορές και κυκλοφορία – Μη συμβατικά οχήματα, Σημειώσεις ΕΜΠ, Αθήνα, 2000
- 15) Slow Steaming-the full story, Maersk edition, Copenhagen, 2012
- 16) Faber J,- Nelissen D,-Hon G,-Wang H,-Tsimplis M, Regulated Slow Steaming in Maritime Transport An Assessment of Options, Costs and Benefits, Delft, 2012
- 17) Slide fuel Valve – Primeserv Retrofitting, MAN Industry, Copenhagen, 2012
- 18) Ibaraki S,- Yamashita Y,- Sumida K, - Shiogita H,- Jinnai Y, Development of the “hybrid turbo” an electrically assisted turbocharger, Mitsubishi Industry, 2012
- 19) Kiyoko S,- Shiraishi K,- Ono Y, Development of Large Marine Hybrid Turbocharger for Generating Electric Power with Exhaust Gas from the Main Engine, Mitsubishi Industry, 2012
- 20) Muilwijk C,- De Boer W,- De Kooij L,- Stroomberg K, Good speed is low speed - Efficient low speed sailing, Shipping and Transport College Rotterdam, 2011
- 21) Sanguri Mohit, The guide to slow steaming on ships, Marine Insight, 2012
- 22) VTA - Project Guide, Variable turbine area for TCA turbocharger, MAN Industry, Copenhagen, 2012
- 23) <http://www.wartsila.com/en/engines/low-speed-engines/rt-flex50>
- 24) <http://www.motorship.com/news101/industry-news/mhi-launches-electro-assist-hybrid-turbocharger>
- 25) Andreas Wiesmann, Slow steaming – a viable long-term option?, Wartsila Technical Journal, 2010

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	7
Λόγοι και αιτίες εφαρμογής slow steaming	7
Κεφάλαιο 2	10
Τρόποι Εφαρμογής slow steaming	10
2.1 Προβλήματα στις μηχανές κατά την διαδικασία του slow steaming	10
2.2 Μείωση της ταχύτητας πλεύσης χωρίς μετατροπές στην μηχανή.....	12
2.2.1 Reduced Speed	12
2.2.2 Moderate slow steaming.....	12
2.2.3 Deep slow steaming.....	13
2.2.4 Ultra slow steaming	13
2.3 Μηχανές πλοίων καινούριας τεχνολογίας.....	14
2.3.1 ME-C Engine -(MAN B & W).....	14
2.3.2 RT-FLEX Engine (Wartsila)	17
2.3.3 UE Engine (Mitsubishi-MHI).....	18
2.4 Μετατροπές και αναβαθμίσεις στις κύριες μηχανές των πλοίων.....	20
2.4.1 Slide valve fuels.....	20
2.4.2 Αποκοπή υπερσυμπιεστή (Turbocharger Cut-out).....	21
2.4.3 VTA (Variable Turbine Area for TCA Turbochargers).....	23
2.4.4 Electro-Assisted Turbocharger (MHI).....	24
2.4.5 Hybrid Turbocharger (MHI).....	25
2.4.6 Alpha Lubricator Upgrades	27
2.5 Μετατροπές στο κέλυφος του πλοίου	29
2.5.1 Επίδραση της μορφής του κελύφους στην κατανάλωση ενέργειας	29
2.5.2 Σχεδιασμός πλοίων κατάλληλα για slow steaming	30
2.6 Προετοιμασία και έλεγχοι στο πλοίο για κατάσταση slow steaming.....	32
2.6.1 Έλεγχοι και Προφυλάξεις στην κύρια μηχανή.....	33
Κεφάλαιο 3.....	36
Επιδράσεις slow Steaming στο περιβάλλον και στην κύρια μηχανή του πλοίου.....	36
3.1 Επίδραση στο περιβάλλον από την εφαρμογή χαμηλής ταχύτητας πλεύσης.....	36
3.2 Επίδραση του slow steaming στις κύριες μηχανές του πλοίου	38

Επίλογος - Συμπεράσματα.....	40
Βιβλιογραφία.....	42
Περιεχόμενα.....	44
Ευρετήριο Εικόνων.....	45

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Διάγραμμα λειτουργίας της μηχανής σε slow steaming.....	13
Εικόνα 2: Μηχανή ME-C.....	15
Εικόνα 3: Μηχανή RT-Flex.....	17
Εικόνα 4: Η μηχανή UE της Mitsubishi.....	19
Εικόνα 5: Ο καινούργιος εγχυτήρας καυσίμου.....	20
Εικόνα 6: Σύγκριση παλαιού και καινούργιου εγχυτήρα καυσίμου.....	21
Εικόνα 7: Βαλβίδα αποκοπής.....	22
Εικόνα 8: Ο μηχανισμός της βαλβίδας με τον μοχλό.....	22
Εικόνα 9: Προσαρμογή βαλβίδας για την αποκοπή του υπερσυμπιεστή.....	23
Εικόνα 10: Τεχνολογία VTA.....	24
Εικόνα 11: Electro-assisted turbocharger.....	25
Εικόνα 12: Υβριδικός υπερσυμπιεστής.....	26
Εικόνα 13: Διάγραμμα ροής του Alpha Lubricator Upgrade.....	28
Εικόνα 14: Κατασκευή του κύτους του πλοίου.....	31
Εικόνα 15: 2 προπέλες σε πλοίο Triple-E.....	31
Εικόνα 16: Κέρδος σε \$ για την μείωση του CO ₂	37
Εικόνα 17: Μείωση του CO ₂ σε εκατ.τόννους στο μέλλον από την διαδικασία slow steaming.....	37