

H/Γ
619

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΧΟΛΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΛΟΙΩΝ ΑΝΑΨΥΧΗΣ «ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΑ»**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΔΙΟΝΥΣΙΟΥ ΚΥΡΑΓΓΕΛΟΥ

Επιβλέπων : Κος. Παύλος Πάχος
Καθηγητής Εφαρμογών

Αθήνα 2011



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΧΟΛΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΛΟΙΩΝ ΑΝΑΨΥΧΗΣ «ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΑ»**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

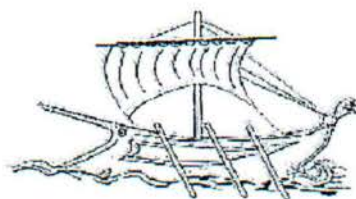
του

ΔΙΟΝΥΣΙΟΥ ΚΥΡΑΓΓΕΛΟΥ

Επιβλέπων : Κος. Παύλος Πάχος
Καθηγητής Εφαρμογών

Αθήνα 2011

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΧΟΛΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΛΟΙΩΝ ΑΝΑΨΥΧΗΣ «ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΑ»**

- 1) *ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΟΒΟΡΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ.*
- 2) *ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΛΥΣΕΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΣΗΜΕΙΩΝ.*
- 3) *ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ «ΠΡΑΣΙΝΩΝ» ΜΟΡΦΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.*

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΔΙΟΝΥΣΙΟΥ ΚΥΡΑΓΓΕΛΟΥ

Επιβλέπων : Κος. Παύλος Πάχος
Καθηγητής Εφαρμογών

Αθήνα 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στη Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Παύλο Πάχο για την ανάθεση της πτυχιακής.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η έννοια της εξοικονόμησης ενέργειας είναι πλέον αναπόσπαστο μέρος της καθημερινότητάς μας. Με τις συνεχώς αυξανόμενες τιμές των υδρογονανθράκων, τη μείωση των φυσικών πόρων και την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου μονόδρομο αποτελεί η βέλτιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων τεχνολογιών και η αναζήτηση νέων καλύτερων τεχνολογιών για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ανανεώσιμων πηγών. Αντικείμενο της εργασίας είναι η καταγραφή των ενεργοβόρων περιοχών ενός κρουαζιερόπλοιου, η διερεύνηση μεθόδων και λύσεων για την εξοικονόμηση ενέργειας σε αυτές και ο έλεγχος για τη δυνατότητα εφαρμογής οικολογικών μορφών ενέργειας.

Είναι άραγε εφικτό να πετύχουμε εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κρουαζιερόπλοιο με την άρτια μελέτη των συστημάτων φωτισμού και κλιματισμού και τη χρήση μηχανημάτων μεγαλύτερης ενεργειακής κλάσης, οικονομικών λαμπτήρων φωτισμού, ευφυών συστημάτων διαχείρισης των φορτίων και υβριδικών συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από «πράσινες» πηγές; Και αν είναι εφικτό, η εξοικονόμηση αυτή, επιφέρει μείωση του κόστους χρήσης;

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
Κεφάλαιο 1^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1 Αντικείμενο πτυχιακής	5
1.2 Οργάνωση κειμένου	6
Κεφάλαιο 2^ο : ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	7
2.1 «Κρουαζιερόπλοιο»	7
2.2 Μονάδες ώσης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στα κρουαζιερόπλοια	8
2.2.1 Χρήση ηλεκτροπαραγωγών ζευγών	9
2.2.2 Συστήματα συνδρασμένου κύκλου	10
2.2.3 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα θαλάσσιων πετρελαιομηχανών.....	19
2.3 Εξοικονόμηση ενέργειας	22
2.4 Περιβαλλοντική – ατμοσφαιρική ρύπανση	23
2.4.1 Τρόποι μείωσης των εκπομπών των πλοίων	25
Κεφάλαιο 3^ο : ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΕΝΕΡΓΟΒΟΡΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΛΥΣΕΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	27
3.1 Ηλεκτρική κίνηση «Propulsion, draft, trim»	29
3.2 Μονάδες HVAC	31
3.3 Φωτισμός.....	33
3.4 Κατανάλωση μηχανοστασίου	35
3.4.1 Παραγωγή ατμού και ζεστού νερού	36
3.4.2 Παραγωγή πόσιμου νερού και νερού χρήσης	37
3.4.3 Θέρμανση καυσίμου	38
3.4.4 Καθαρισμός νερού για ρίψη στη θάλασσα	39

3.5 Μαγειρείο	40
3.6 Καταναλώσεις διαμονής και ψυχαγωγίας	43
Κεφάλαιο 4^ο : ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΧΡΗΣΗΣ «ΠΡΑΣΙΝΩΝ» ΜΟΡΦΩΝ	
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	44
4.1 Φωτοβολταϊκά	44
4.2 Ανεμογεννήτριες	46
4.3 Εναλλακτικής μορφής καύσιμα	47
4.4 Κυψελίδες καυσίμων	48
Κεφάλαιο 5^ο : ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ	
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	49
5.1 Σωστή εκπαίδευση προσωπικού	49
5.2 Χρήση ευφών συστημάτων διαχείρισης	51
5.3 Ηλεκτροδότηση πλοίων από την ξηρά καθ' όλη τη διάρκεια παραμονής στο λιμάνι	52
5.4 Χρήση πυρηνικών αντιδραστήρων	54
5.5 Χρήση LNG (Liquefied Natural Gas) – Φυσικό αέριο.....	55
5.6 Χρήση υδρογόνου	55
5.7 Σχεδιασμός πλοίου	56
Κεφάλαιο 6^ο : ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ	
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	58
6.1 Μελλοντικές επεκτάσεις	58
6.2 Σύνοψη και συμπεράσματα	59
6.3 Επίλογος	64
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	65
Σχετικές εργασίες	65
Αρκτικόλεξα	66
Λίστα κρουαζιερόπλοιων	67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	70

1

Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο πτυχιακής

Η εργασία αυτή δίνει την ευκαιρία στον αναγνώστη να ενημερωθεί για τα κρουαζιερόπλοια, τα οποία είναι ένα θαύμα της σύγχρονης ναυπηγικής. Από το όνομα τους καταλαβαίνουμε αμέσως και το σκοπό τους. Ο άνθρωπος από τα αρχαία κιόλας χρόνια κατασκεύαζε πλοία είτε για μεταφορά ανθρώπων είτε αγαθών επεκτείνοντας έτσι την εμπορική δραστηριότητά του. Όσο περνούσε ο καιρός ο άνθρωπος εξοικειωνόταν με τη ναυσιπλοΐα και καθώς αποκτούσε εμπειρία και γνώσεις τις εφάρμοζε στις νέες κατασκευές για μεγαλύτερα, γρηγορότερα και πιο ευκίνητα πλοία. Σήμερα, με την εμπειρία πολλών αιώνων ναυσιπλοΐας και τη ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη κατασκευάζονται πλοία μεγάλων διαστάσεων, με δυνατότητα μεταφοράς χιλιάδων τόνων αγαθών, καυσίμων και ανθρώπων. Πλοία τα οποία είναι ικανά να διασχίζουν τη θάλασσα με μεγάλες ταχύτητες και χωρίς περιορισμό σε αποστάσεις.

Τα κρουαζιερόπλοια λοιπόν είναι ένα είδος πλοίου ικανό να μεταφέρει έως και 9.000 ανθρώπους σε μεγάλες αποστάσεις με μοναδικό σκοπό την αναψυχή. Θα μπορούσε να τα χαρακτηρίσει κάποιος και «μικρές πλωτές πόλεις», οι οποίες δεν έχουν τίποτα να ζηλέψουν σε παροχές και άνεση από αυτές της στεριάς. Ένα τέτοιο πλοίο διαθέτει μεταξύ άλλων πολυτελή δωμάτια διαμονής, καταστήματα και χώρους αναψυχής όπως θέατρο, κινηματογράφο, αίθουσες χορού, εστιατόρια, πισίνες, συνθέτοντας ένα μείγμα εμπορικού κέντρου και ενός πολυτελούς ξενοδοχείου. Είναι λοιπόν λογικό και αναμενόμενο όλες αυτές οι παροχές να απαιτούν τεράστια ποσά ενέργειας και καυσίμων για την εύρυθμη λειτουργία τους.

Η ακόρεστη προσπάθεια του ανθρώπου για τεχνολογική και ναυπηγική και όχι μόνο εξέλιξη τον ανάγκασε να παραβλέψει τις αρνητικές επιπτώσεις στη φύση από την κατάχρηση των φυσικών μη ανανεώσιμων πόρων, με συνέπεια τη συσσώρευση της ρύπανσης στη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών με απώτερο κίνδυνο ο πλανήτης μας να καταστεί μη βιώσιμος για οποιαδήποτε μορφή ζωής. Οι τελευταίες μελέτες και έρευνες για την εξέλιξη της ρύπανσης του πλανήτη κάνουν επιτακτική όσο ποτέ άλλοτε όχι μόνο τη μείωση της ενεργειακής ζήτησης σε όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες αλλά και την εξεύρεση νέων οικολογικών τρόπων παροχής αυτής. Η χρήση των νέων αυτών «πράσινων» τεχνολογιών είναι βέβαιο ότι θα επιφέρει δυνατότητες κατασκευής ακόμα καλύτερων πλοίων σε επιδόσεις, τα οποία θα είναι οικονομικότερα και φιλικότερα προς το περιβάλλον.

1.2 Οργάνωση κειμένου

Η εργασία οργανώνεται στα παρακάτω κεφάλαια :

- Στο κεφάλαιο 1 γίνεται αναφορά στο αντικείμενο και την οργάνωση της εργασίας.
- Στο κεφάλαιο 2 ορίζονται βασικές έννοιες.
- Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται οι ενεργοβόρες περιοχές του πλοίου και γίνεται διερεύνηση μεθόδων και λύσεων για εξοικονόμηση ενέργειας σ' αυτές τις περιοχές.
- Στο κεφάλαιο 4 γίνεται η διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης «πράσινων» μορφών ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών του πλοίου σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Στο κεφάλαιο 5 αναφέρονται συμβατικοί μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας.
- Στο κεφάλαιο 6 καταγράφονται τα συμπεράσματα της εργασίας και προτείνονται σημεία τα οποία μπορεί κάποιος να διερευνήσει για την καθολική μελέτη του αντικειμένου.
- Στο παράρτημα υπάρχει δειγματοληπτική λίστα κρουαζιερόπλοιων και εργασίες σχετικές με το θέμα της εργασίας.
- Τέλος αναφέρεται η βιβλιογραφία.

2

Χρήσιμες έννοιες

2.1 Κρουαζιερόπλοιο

Η λέξη κρουαζιερόπλοιο προέρχεται εκ του αγγλικού όρου «cruise ship» και είναι ειδικής κατηγορίας επιβατηγό πλοίο που πραγματοποιεί κρουαζιέρες δηλαδή κυκλικά περιηγητικά ταξίδια βάσει επιμελούς προγράμματος λιμένων προσέγγισης, χωρίς όμως να εκτελούν συγκοινωνιακή γραμμή. Ο ναύλος τους καθορίζεται ελεύθερα, είναι μη υποκείμενος σε ναυολόγιο και περιλαμβάνει ενδιαίτηση, ξενάγηση, τροφοδοσία και ψυχαγωγία.

Τις τελευταίες δεκαετίες διαπιστώνεται μια συνεχής αύξηση της ζήτησης τέτοιων ταξιδίων με αποτέλεσμα την επιχειρηματική στροφή πολλών ναυτιλιακών εταιρειών σε αυτόν τον κλάδο. Συνεπώς για λόγους κόστους και ταχύτητας έγινε επιτακτική η ανάγκη μετατροπής πολλών παλαιών υπερωκεανίων σε πολυτελή κρουαζιερόπλοια προκειμένου να εξυπηρετηθεί η ζήτηση. Γενικά τα κρουαζιερόπλοια προσφέρουν υψηλού επιπέδου υπηρεσίες τόσο ως προς του χώρους ενδιαίτησης των επιβατών, από άποψης εμφάνισης, διακόσμησης και εξοπλισμών όσο και ως προς το προσωπικό του πλοίου που είναι το πολυπληθέστερο από οποιουδήποτε άλλου τύπου πλοίου ιδίου εκτοπίσματος. Οι ξενοδοχειακές υπηρεσίες που προσφέρει είναι υψηλού επιπέδου περιλαμβάνοντας κέντρα ψυχαγωγίας, κινηματογράφο, θέατρο, αίθουσες χορού, βιβλιοθήκη, καζίνο, χώρους άθλησης, μικρά γήπεδα γκολφ, κολυμβητήρια, εστιατόρια, τηλεοπτικούς σταθμούς, σύγχρονα ιατρεία για παροχή ιατρικής βοήθειας με διάθεση ελικοδρομίου καθώς και νεκροτομείο.

Με βάση τις παραπάνω προσφερόμενες υπηρεσίες ο χαρακτηρισμός «πλωτά ξενοδοχεία» για τα περισσότερα τέτοια πλοία και «πλωτά παλάτια» για τα υπερπολυτελή είναι κάθε άλλο παρά υπερβολικός. Σημειώνεται επίσης πως τα πλοία αυτά είναι πλέον συναλλαγματοφόρα για την εθνική οικονομία της χώρας της οποίας φέρουν τη σημαία. Η Ελλάδα κατέχει διεθνώς περίοπτη θέση στον τομέα αυτό τόσο με το πλήθος των πλοίων που φέρουν την ελληνική σημαία όσο και με το σημαντικό ποσοστό ελληνικών συμφερόντων πλοίων παγκοσμίως που έχουν αποκτήσει άριστη φήμη στον τομέα αυτό. Οι περιοχές με ιδιαίτερη επισκεψιμότητα είναι για το καλοκαίρι η Μεσόγειος θάλασσα και το χειμώνα η περιοχή της Καραϊβικής.

2.2 Μονάδες ώσης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στα κρουαζιερόπλοια

Η ώση ενός πλοίου επιτυγχάνεται με χρήση μηχανών εσωτερικής καύσης ή με ηλεκτρικά μοτέρ, που περιστρέφουν τις προπέλες. Στην εικόνα 2.2 φαίνεται μια μηχανή εσωτερικής καύσης η οποία μηχανικά περιστρέφει την προπέλα του σκάφους ενός πλοίου. Η μηχανή αυτή είναι της εταιρείας **Wartsila, μοντέλο RTA96-C**, έχει 14 κυλίνδρους, 25.498.272 κ.εκ, 109.000 ίππους στις 102 στροφές/λεπτό. Η κατανάλωση καυσίμου στο 100% της ισχύς της ανέρχεται 0.127 κιλό / ίππο και ώρα, δηλαδή 13.843 κιλά / ώρα λειτουργίας. Όταν η μηχανή είναι σε οικονομική λειτουργία, η κατανάλωση της είναι 0.118 κιλό / ίππο και ώρα, δηλαδή 12.862 κιλά / ώρα λειτουργίας. Τέλος η απόδοση της φτάνει το 50% σε σύγκριση μ' ενός αυτοκινήτου που δεν ξεπερνάει το 30%.

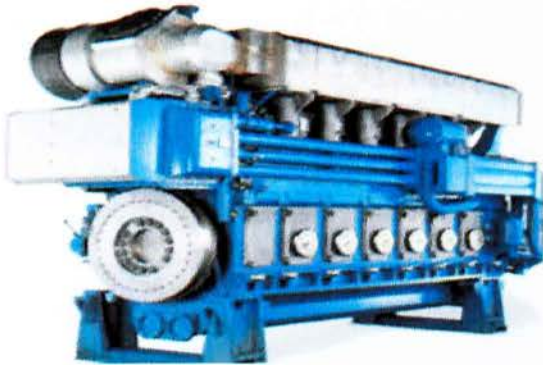


Εικόνα 2.2 Κύρια πετρελαιομηχανή πλοίου

Εξαιτίας της μεγάλης κατανάλωσης, του αυξημένου βάρους και του μεγάλου όγκου αυτών των μηχανών η τεχνολογία στράφηκε στην ηλεκτρική κίνηση. Αν και τα ηλεκτρικά μοτέρ αντικατέστησαν τους μεγάλους αυτούς ρυπογόνους κινητήρες στην πορεία δημιουργήθηκε η ανάγκη για πολύ μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ισχύος. Η ανάγκη ενός κρουαζιερόπλοιοι σε ηλεκτρική ισχύ κυμαίνεται από 30MW έως και 150MW και είναι ανάλογο του μεγέθους του και των απαιτούμενων φορτίων. Αυτή η ενέργεια παράγεται με τους εξής τρόπους :

2.2.1 Χρήση ηλεκτροπαράγωγων ζευγών.

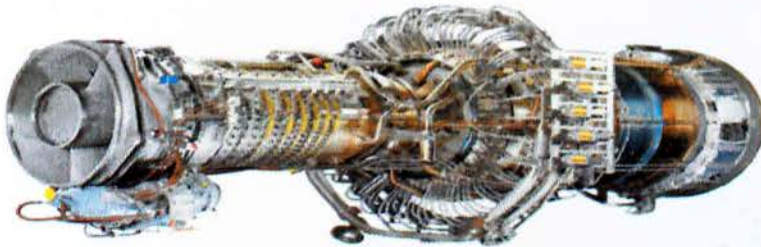
Αεριοστρόβιλοι (Εικόνα 2.2.γ) ή κινητήρες εσωτερικής καύσης (Εικόνα 2.2.α), μηχανικά συνδεδεμένα, κινούν τις γεννήτριες (Εικόνα 2.2.β) οι οποίες παράγουν την απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ. Η ισχύς ανά μονάδα φτάνει τα 16MW με χρήση κινητήρων εσωτερικής καύσης πετρελαίου ή φυσικού αερίου, τα 36MW για αεριοστρόβιλους και μεγαλύτερα ποσά για ατμοστρόβιλους (Εικόνα 2.2δ) και πυρηνικούς σταθμούς.



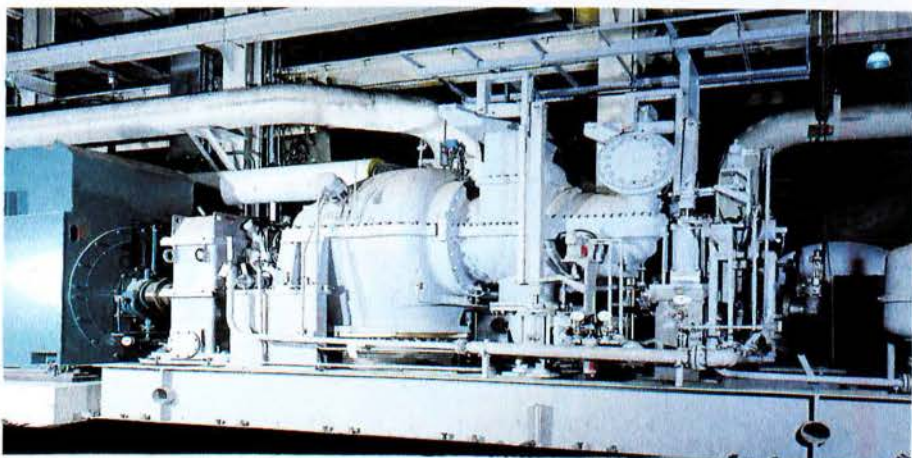
Εικόνα 2.2.α Κινητήρας εσωτερικής καύσης



Εικόνα 2.2.β Γεννήτρια



Εικόνα 2.2.γ Αεριοστρόβιλος



Εικόνα 2.2.δ Ατμοστρόβιλος κομπλαρισμένος με γεννήτρια

2.2.2 Συστήματα συνδυασμένου κύκλου.

Ο σχεδιασμός ενός νέου συστήματος συνδυασμένου κύκλου έδωσε νέες προοπτικές για τη βελτίωσή του χρησιμοποιώντας διάφορους συνδυασμούς των πετρελαιομηχανών (Εικόνα 2.2.1), των ατμοτουρμπινών (Εικόνα 2.2.δ) και των αεριοτουρμπινών (Εικόνα 2.2.γ). Η ισχύς αυτού του συστήματος μπορεί να ξεπεράσει και τα 150MW. Οι συνδυασμένοι κύκλου χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα με το συνδυασμό των μηχανών και τη μορφή της ισχύς εξόδου (ηλεκτρική ή μηχανική). Με αυτόν τον τρόπο έχουμε αρκετά οφέλη όπως:

- Λιγότερος χώρος από τα μηχανήματα
- Λιγότερη συντήρηση
- Μηδαμινή χρήση και καύση λιπαντικού ελαίου
- Πλήρης αυτόματος έλεγχος σε όλα τα στάδια λειτουργίας
- Λιγότερος θόρυβος και κραδασμοί
- Καθαρότερα απαέρια
- Μεγαλύτερα ποσά ισχύος

Τα παραπάνω οφέλη οδηγούν σε περισσότερα πλεονεκτήματα όπως:

- Οικονομικά

Περισσότερος χώρος για τους επιβάτες και το φορτίο. Εκτιμάται πως η διαφορά του χώρου που χρησιμοποιείται, με τη νέα μορφή, εξοικονομεί χώρο για 55 περισσότερες καμπίνες.

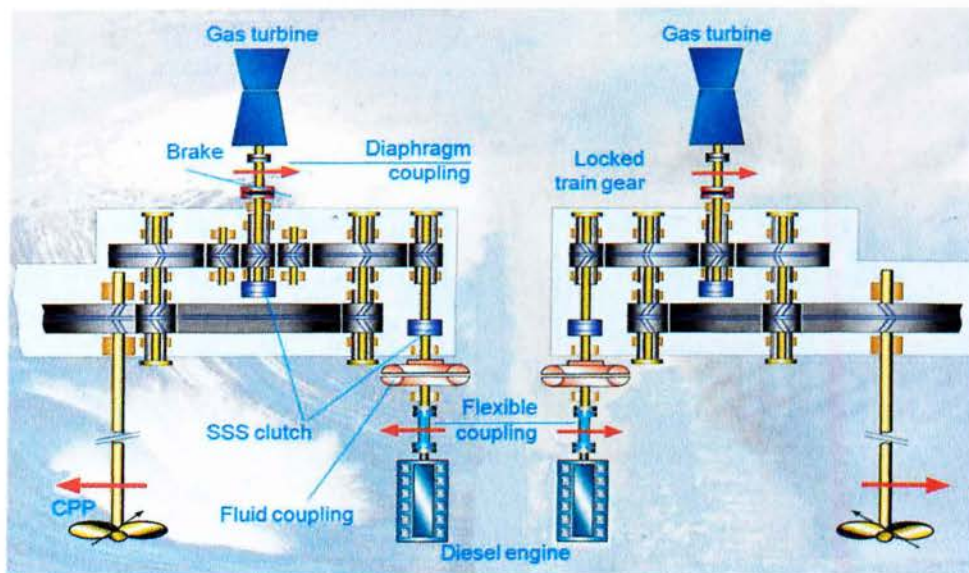
- Περιβαλλοντικά

Λιγότερη μόλυνση λόγω ελαφρότερου καυσίμου με αποτέλεσμα μικρότερη περιεκτικότητα σε θείο και χαμηλότερες εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα CO.

- Λειτουργικά

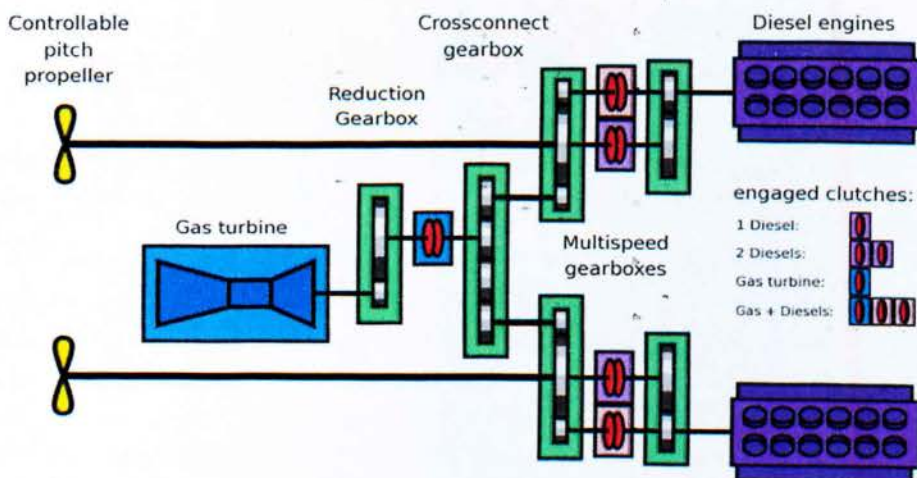
Πλήρως αυτοματοποιημένος έλεγχος σε όλα τα στάδια και καλύτερη διαχείριση του συστήματος.

1. **CODOG (Combined Diesel or Gas)** (Σχήμα 2.2.1). Κάνοντας χρήση πετρελαιομηχανών ή αεριοστρόβιλων. Κάθε ένας από τους κινητήρες περιστρέφει έναν άξονα μέσα σε ένα σύστημα το οποίο επιτρέπει την λειτουργία των αεριοστρόβιλων ή των μηχανών εσωτερικής καύσης.



Σχήμα 2.2.1 Χρήση πετρελαιομηχανών ή αεριοστρόβιλων

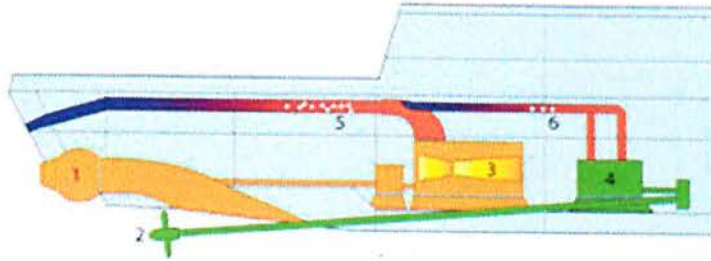
2. **CODAG (Combined Diesel and Gas)** (Σχήμα 2.2.2). Συνδυασμός ντίζελ μηχανών και αεριοστρόβιλων. Αυτό το σύστημα επιτρέπει την παράλληλη λειτουργία των μηχανών εσωτερικής καύσης με τον αεριοστρόβιλο. Χρησιμοποιείται στην περίπτωση που το πλοίο θέλει να αναπτύξει μεγαλύτερη ταχύτητα.



Σχήμα 2.2.2 Συνδυασμός πετρελαιομηχανών και αεριοστρόβιλων

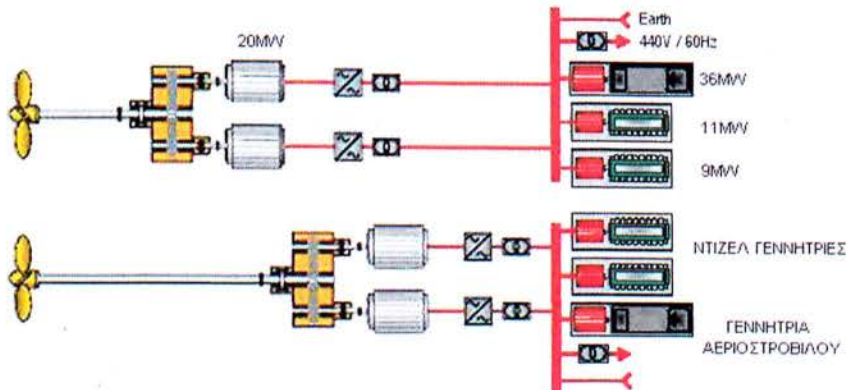
2.1. CODAG WARP (Σχήμα 2.2.2.1). Η ώση σε αυτό το σύστημα παρέχεται από πετρελαιομηχανές ενώ παράλληλα υπάρχει αεριοτουρμπίνα η οποία δημιουργεί έναν πίδακα νερού “water jet”.

1. ΠΙΔΑΚΑΣ ΝΕΡΟΥ
2. ΠΡΟΠΕΛΑ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΥ ΒΗΜΑΤΟΣ
3. ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΙΟΣ
4. ΝΤΙΖΕΛ ΜΗΧΑΝΗ
5. ΣΗΜΕΙΟ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ



Σχήμα 2.2.2.1 Σύστημα πίδακα νερού

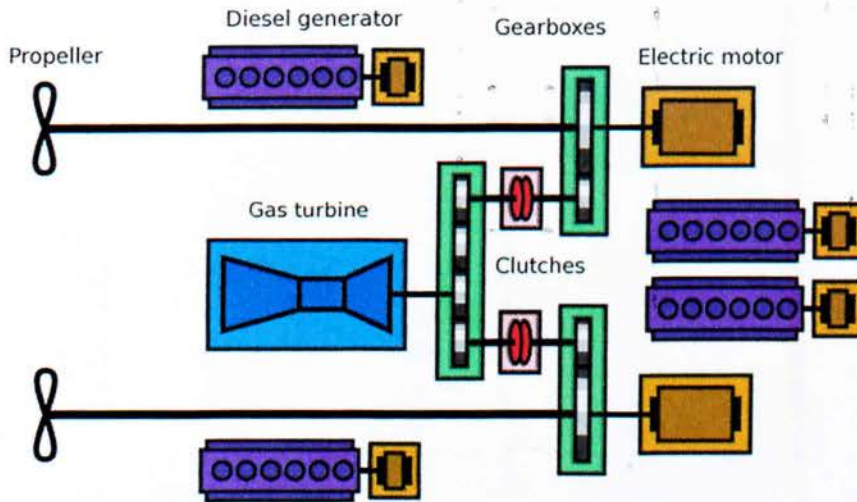
2.2. CODAG – ELECTRIC (Σχήμα 2.2.2.2). Συνδυασμός στον οποίον και οι πετρελαιομηχανές και η αεριοτουρμπίνες περιστρέφουν γεννήτριες οι οποίες με την σειρά τους τροφοδοτούν ηλεκτρικές προπέλες.



Σχήμα 2.2.2.2 Παραγωγή ρεύματος από πετρελαιομηχανές και αεριοστρόβιλους

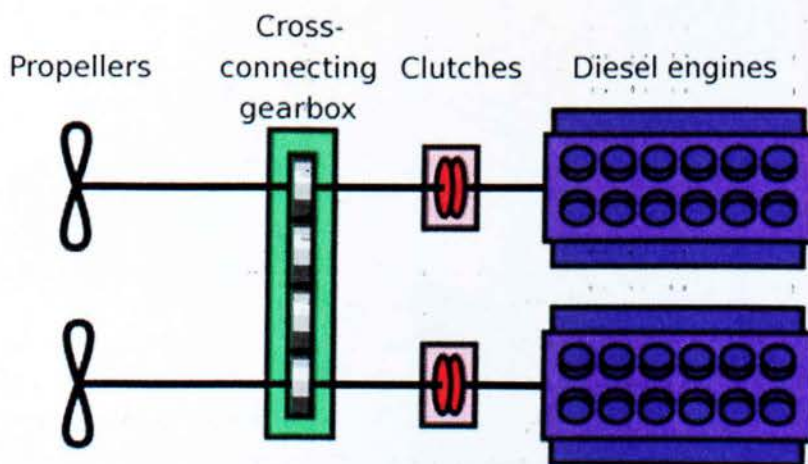
2.3. CODAS (Combined Diesel – electric and Steam). Χρησιμοποιώντας ένα λέβητα στον οποίο εισάγεται θερμότητα από τον κύλινδρο και τα καυσάερια μιας πετρελαιομηχανής γίνεται παραγωγή ατμού σε ποσοστό ανάλογο με τη ροή του καυσίμου. Ο ατμός εγχέεται ξεχωριστά στον κύλινδρο κοντά στο άνω νεκρό σημείο, ο οποίος ενεργά τροποποιεί την καύση και την μετάκαυση. Ο λόγος της μάζας ατμού προς τη μάζα καυσίμου είναι κατά προτίμηση 1:01 - 3:01, η θερμοκρασία και η πίεση του ατμού προσεγγίζουν υψηλές τιμές ανάλογες των υλικών του κινητήρα. Αυτό το σύστημα προσαρμόζεται σε μεγάλες πετρελαιομηχανές και μειώνει σημαντικά την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές.

3. **CODLAG (Combined Diesel – electric and Gas)** (Σχήμα 2.2.3). Ηλεκτρικά μοτέρ περιστρέφουν τις προπέλες και σε περίπτωση ανάγκης μεγαλύτερης ταχύτητας, μέσω κιβωτίου ταχυτήτων ο αεροστρόβιλος συμβάλει στην περιστροφή της προπέλας.



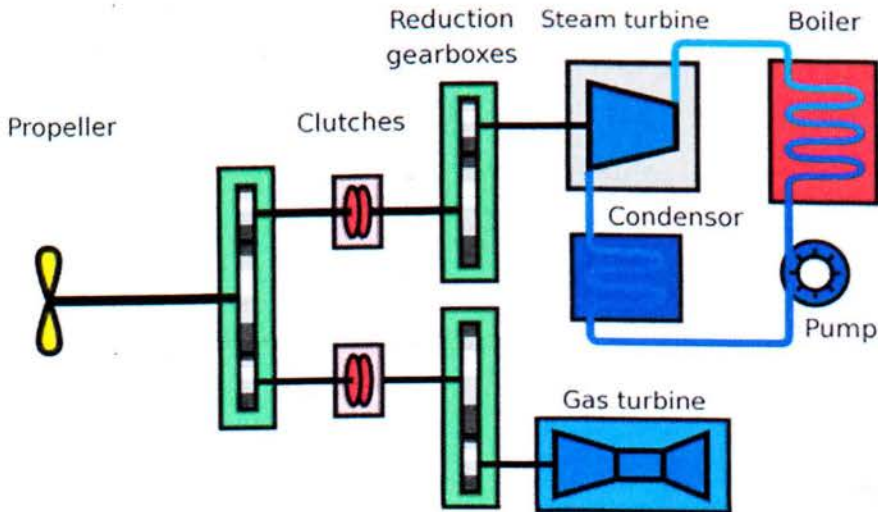
Σχήμα 2.2.3 Συνδυασμός ατμοστρόβιλου και ηλεκτρικών μοτέρ

4. **CODAD (Combined Diesel and Diesel)** (Σχήμα 2.2.4). Είναι ο συνδυασμός δύο πετρελαιομηχανών οι οποίες χρησιμοποιούνται για την κίνηση μίας προπέλας. Οι πετρελαιομηχανές μπορούν να είναι ίδιας ισχύος ή διαφορετικής. Την δυνατότητα αυτή την επιτρέπει ένα κιβώτιο ταχυτήτων.



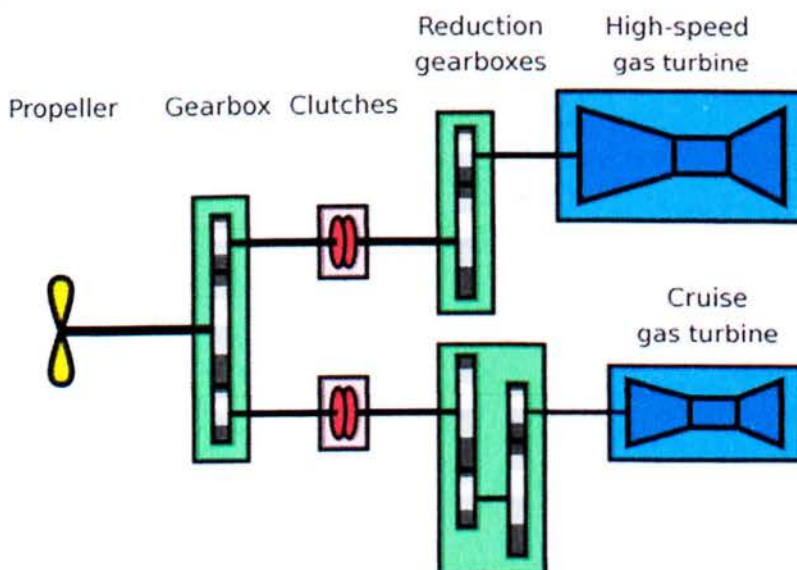
Σχήμα 2.2.4 Συνδυασμός δυο πετρελαιομηχανών

5. **COSAG (Combined Steam and Gas)** (Σχήμα 2.2.5). Συνδυασμός αεριοστρόβιλου και ατμοστρόβιλου που τροφοδοτούν με την απαραίτητη ισχύ τον άξονα. Ένα κιβώτιο ταχυτήτων σε συνδυασμό με συμπλέκτη επιτρέπει στους στρόβιλους να οδηγούν τον άξονα. Το σύστημα διακρίνεται για την αξιοπιστία του ατμοστρόβιλου και τη γρήγορη επιτάχυνση και χρόνο εκκίνησης του φυσικού αερίου.



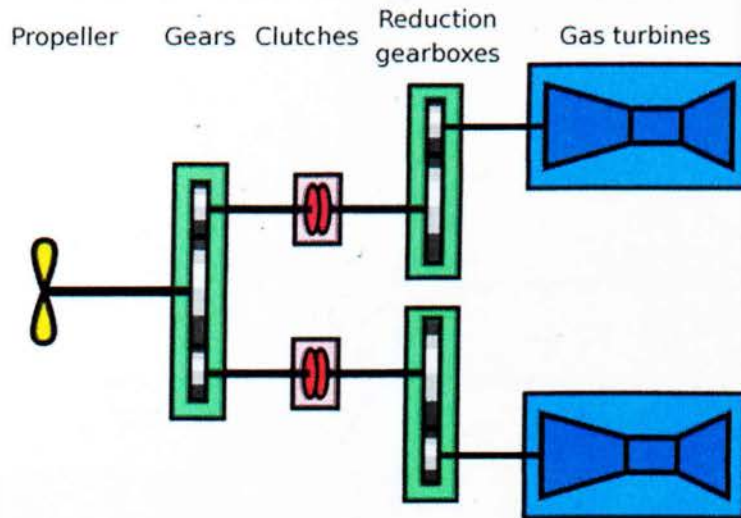
Σχήμα 2.2.5 Συνδυασμός ατμοστρόβιλου και αεριοστρόβιλου

6. **COGOG (Combined Gas or Gas)** (Σχήμα 2.2.6). Συνδυασμός δύο αεριοστρόβιλων, ένας χαμηλής απόδοσης που λειτουργεί υπό φυσιολογικές συνθήκες κρουαζιέρας και ένας δεύτερος υψηλής απόδοσης που επιτρέπει μεγαλύτερες ταχύτητες. Ο λόγος που χρησιμοποιείται αυτό το σύστημα για κρουαζιέρες είναι διότι όταν ένας αεριοστρόβιλος δουλεύει στο 100% της ισχύς του έχει μεγαλύτερη απόδοση καυσίμου.



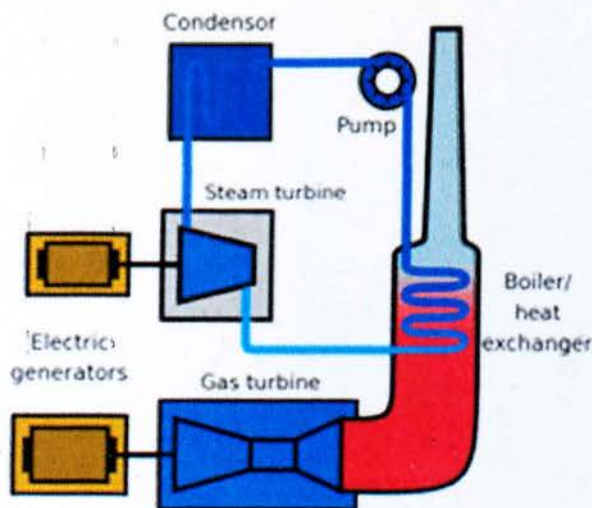
Σχήμα 2.2.6 Συνδυασμός δυο αεριοστρόβιλων

7. **COGAG (Combined Gas and Gas)** (Σχήμα 2.2.7). Συνδυασμός δύο αεροστροβίλων που συνδέονται σε ενιαίο άξονα με σύστημα ταχυτήτων και συμπλέκτη. Χρησιμοποιείται λόγω της μεγαλύτερης απόδοσης καυσίμου που έχουν οι αεροστροβίλοι κατά τη λειτουργία τους υπό πλήρες φορτίο.



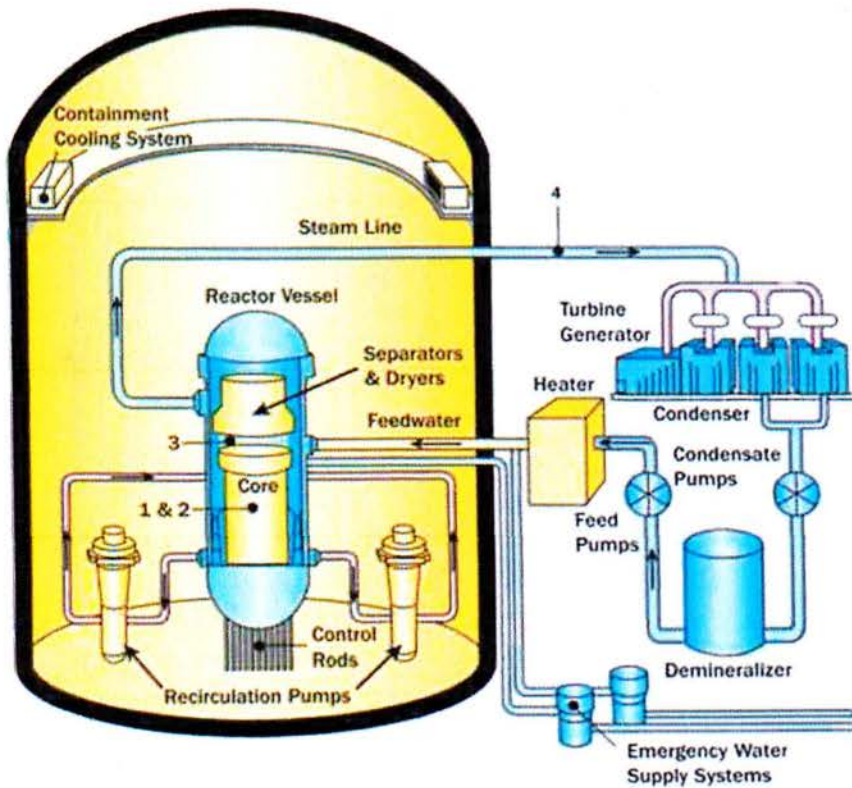
Σχήμα 2.2.7 Συνδυασμός δύο αεροστροβίλων

8. **COGAS (Combined Gas and Steam)** (Σχήμα 2.2.8). Συνδυασμός αεροστροβίλου με ατμοστροβίλο. Ο ατμοστροβίλος οδηγείται από τον ατμό που παράγεται χρησιμοποιώντας την εξάτμιση του αεροστροβίλου. Με αυτόν τον τρόπο μέρος της ενέργειας που θα χανόταν από τον αεροστροβίλο ανακτάται πετυχαίνοντας μείωση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου. Τέτοιου είδους εργοστάσια παραγωγής συνδυασμένου κύκλου έχουν απόδοση μετατροπής πάνω από 58%.



Σχήμα 2.2.8 Συνδυασμός αεροστροβίλου με ατμοστροβίλο

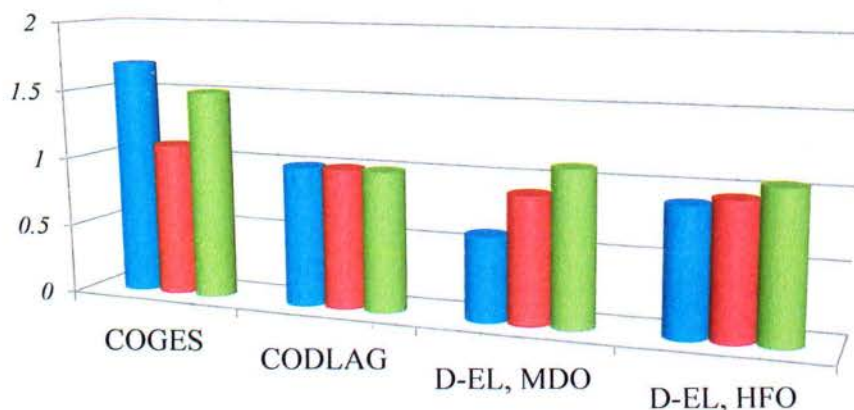
9. **CONAS (Combined Nuclear and Steam)** (Σχήμα 2.2.9). Σύστημα πρόωσης με συνδυασμό πυρηνικού αντιδραστήρα και ατμοστρόβιλου. Συμπληρωματικά προς τον πυρηνικό αντιδραστήρα υπάρχουν δύο συμβατικοί λέβητες, που έχουν εγκατασταθεί ως εφεδρικοί σε περίπτωση βλάβης του αντιδραστήρα. Και οι δύο μαζί είναι ικανοί να οδηγήσουν δύο ατμοστροβίλους ώστε να παράγουν 89MW ή 120.000 hp σε δύο άξονες.



Σχήμα 2.2.9 Συνδυασμός πυρηνικού αντιδραστήρα και ατμοστροβίλου

<i>Συνοπτικά για τα συστήματα συνδυνασμένου κύκλου</i>									
<i>ΣΥΣΤΗΜΑ</i>	<i>CODOG</i>	<i>CODAG</i>	<i>CODLAG</i>	<i>CODAD</i>	<i>COSAG</i>	<i>COGOG</i>	<i>COGAG</i>	<i>COGAS</i>	<i>CONAS</i>
<i>ΣΥΝΔΕΣΗ</i>	<i>Μηχανική</i>	<i>Μηχανική</i>	<i>Ηλεκτρική & μηχανική</i>	<i>Μηχανική</i>	<i>Μηχανική</i>	<i>Μηχανική</i>	<i>Μηχανική</i>	<i>Ηλεκτρική</i>	<i>Μηχανική</i>
<i>ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ</i>	<i>Οικονομία & Ταχύτητα</i>	<i>Ταχύτητα</i>	<i>Απόδοση</i>	<i>Οικονομία</i>	<i>Απόδοση & Οικονομία</i>	<i>Απόδοση & Οικονομία</i>	<i>Απόδοση καυσίμου</i>	<i>Απόδοση & επιδόσεις</i>	<i>Ειδικές περιπτώσεις</i>
<i>ΙΣΧΥΣ ΖΕΥΓΟΥΣ</i>	<i>16 ή 36 MW</i>	<i>16+36 MW</i>	<i>16+36 MW</i>	<i>16+16 MW</i>	<i>>80 MW</i>	<i>36 MW</i>	<i>>60 MW</i>	<i>>70 MW</i>	<i>>150 MW</i>
<i>ΤΑΧΥΤΗΤΑ</i>	<i>Υψηλή</i>	<i>Υψηλή</i>	<i>Υψηλή</i>	<i>Μεγάλη</i>	<i>Υψηλή</i>	<i>Υψηλή</i>	<i>Υψηλή</i>	<i>Υψηλή</i>	<i>Υψηλή</i>
<i>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ</i>	<i>Μεγάλη</i>	<i>Υψηλή</i>	<i>Μεγάλη</i>	<i>Μέτρια</i>	<i>Μεγάλη</i>	<i>Υψηλή</i>	<i>Υψηλή</i>	<i>Μέτρια</i>	<i>Μέτρια</i>
<i>ΚΟΣΤΟΣ</i>	<i>Μέτριο</i>	<i>Μέτριο</i>	<i>Υψηλό</i>	<i>Χαμηλό</i>	<i>Υψηλό</i>	<i>Μέτριο</i>	<i>Μέτριο</i>	<i>Υψηλό</i>	<i>Πολύ υψηλό</i>
<i>ΒΑΡΟΣ</i>	<i>Μεσαίο</i>	<i>Μεσαίο</i>	<i>Μεσαίο</i>	<i>Μεγάλο</i>	<i>Μεγάλο</i>	<i>Μικρό</i>	<i>Μικρό</i>	<i>Μεγάλο</i>	<i>Μεγάλο</i>
<i>Πινάκας 2.2.1 Σύγκριση συστημάτων συνδυνασμένου κύκλου.</i>									
<i>* Εφαρμογή σε υποβρύχια και πλοία, όπως πολεμικά και παγοθραυστικά, για την κάλυψη μεγάλων αποστάσεων χωρίς την ανάγκη ανεφοδιασμού.</i>									

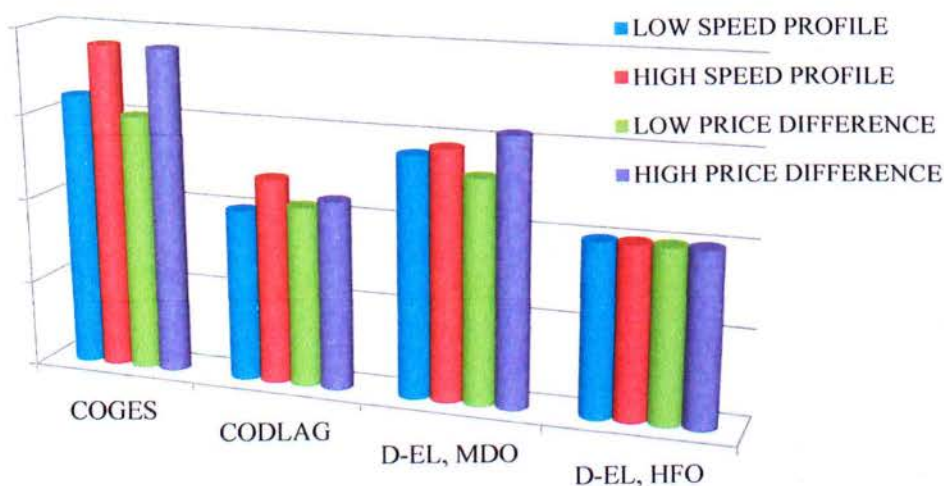
ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ



Αρχικό κόστος εξοπλισμού : Το αρχικό κόστος του εξοπλισμού μεταξύ των συστημάτων όπως παρουσιάζεται είναι αρχικά αρκετά διαφοροποιούμενο, όμως όταν η εγκατεστημένη ισχύς ξεπεράσει τα 50MW τότε η διαφορά του κόστους μεταξύ των συστημάτων συρρικνώνεται.

Κατανάλωση καυσίμου : Η κατανάλωση καυσίμου όπως και παρουσιάζεται αρχικά έχει μικρές αποκλίσεις μεταξύ των συστημάτων, παρόλα αυτά υπάρχουν μεγάλες διαφορές των συστημάτων σε ρύπους και σε εξοικονόμηση χώρου κα.

Συνολικό ετήσιο κόστος : Το συνολικό ετήσιο κόστος συμπεριλαμβανομένου του κόστους συντήρησης των μηχανών, του καυσίμου και του λιπαντικού ελαίου. εννοείτε πως μέσα σε αυτό υπολογίζεται και η συντήρηση των συστοιχιών καθαρισμού των απαερίων SCR .



Η ευελιξία του κόστους καυσίμου, είναι ακόμα ένας παράγοντας που κάνει ελκυστικότερες κάποιες λύσεις από κάποιες άλλες. Όπως φαίνεται οι CODLAG υπερτερούν σε αυτή την κατηγορία όχι απαραίτητα εξαιτίας του καυσίμου αλλά και της ικανότητάς τους να λειτουργούν σε διαφορετικά λειτουργικά προφίλ .

2.2.3 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα θαλάσσιων πετρελαιομηχανών

Τα πλεονεκτήματα, των θαλάσσιων πετρελαιομηχανών, μπορούν να συνοψιστούν ως εξής :

- **Οικονομία στην κατανάλωση καυσίμου.** Μεγάλης, χαμηλής και μέσης ταχύτητας πετρελαιοκινητήρες έχουν κατανάλωση καυσίμου μικρότερη από 120 γραμμάρια / bhp και hr, σε αντίθεση με τους πιο προηγμένους αεριοστροβίλους, όπου έχουν ενσωματωμένο συμπιεστή των καυσαερίων και ψύξη του αέρα, παρ' όλα αυτά έχουν κατανάλωση καυσίμου 142 με 145 γρ / bhp και hr.
- **Ευκολία επισκευής και συντήρησης.** Λόγω της ευρείας εμπορικής χρήσης τους, σχεδόν σε όλα τα λιμάνια μπορούν να επισκευαστούν.
- **Χαμηλό κόστος.** Οι κινητήρες αυτοί έχουν το χαμηλότερο κόστος ως μέσα παραγωγής ρεύματος στη θάλασσα ή ως κινητήριες μηχανές.
- **Ικανότητα να "καίνε" ένα ευρύ φάσμα καυσίμων.** Μπορούν να κάψουν το καύσιμο με τον χαμηλότερο βαθμό κατάλοιπων που διατίθενται στην αγορά, ακόμα και αυτά με τη μαζική περιεκτικότητα σε θείο, όπου καμία άλλη μηχανή δεν μπορεί να ανεχθεί.
- **Εξαιρετική απόδοση μερικού φορτίου.** Μπορούν να λειτουργήσουν καλά σε ένα ευρύ φάσμα στροφών του κινητήρα και δεν υφίστανται μεγάλες μειώσεις όσον αφορά τις επιδόσεις ή την οικονομία κατά τη λειτουργία σε μερικό φορτίο.

Τα μειονεκτήματα, των θαλάσσιων πετρελαιομηχανών, μπορούν να συνοψιστούν ως εξής :

- **Υψηλό βάρος**
- **Καταλαμβάνουν μεγάλο όγκο**
- **Χαμηλής ισχύος ανά μονάδα**
- **Θόρυβος και κραδασμοί.** Οι κινητήρες ντίζελ είναι σχετικά πιο θορυβώδης και ανακινούνται περισσότερο από το μεγαλύτερο ποσοστό των αεριοστροβιλικών, επίσης παράγουν αρμονικές που παράγουν δονήσεις στο κύτος και στο σύστημα του έλικα.

Για τους αεριοστροβίλους μπορούμε να πούμε ότι έχουν τα αντίθετα χαρακτηριστικά από τις μηχανές εσωτερικής καύσης. Στον παρακάτω πίνακα 2.2.2, συνοψίζονται τα προαναφερθέντα στοιχεία.

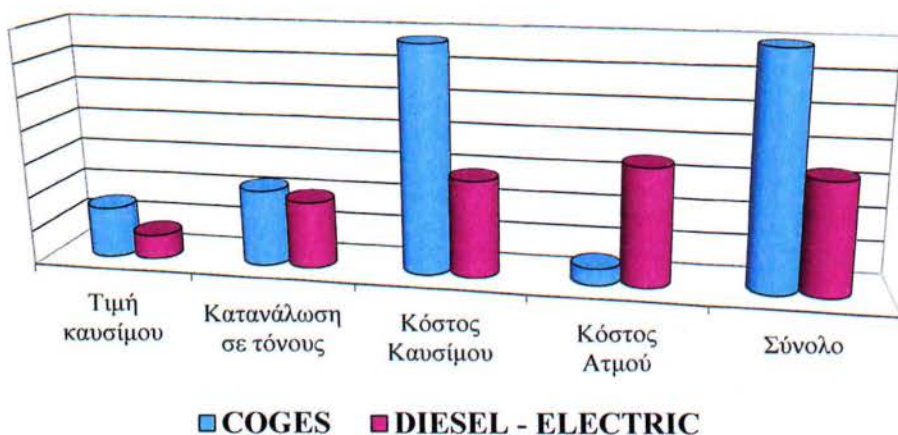
Κριτήρια	Πετρελαιομηχανές Wartsila 16V38	Κινητήρες αερίου 18V50DF	Τουρμπίνες αερίων (LM2500+G4)	
Τύπος καυσίμου	<ul style="list-style-type: none"> • Ντιζέλ ISO 8217 ISO F DMX, DMA and DMB. • Μαζούτ 730cSt/50° C ISO F RMK 55. 	<ul style="list-style-type: none"> • Φυσικό αέριο. • Μεθάνιο Αρ.80 LHV: min 28MJ/nm³, 5.5 bar 	<ul style="list-style-type: none"> • Φυσικό αέριο • Συνθετικό φυσικό αέριο & αέριο χαμηλού BTU • Υγρά καύσιμα • Συνδυασμός δύο καυσίμων (φυσικού αερίου και υγρών καυσίμων) • Μίξης καυσίμων (bi fuel) • Εισαγωγή νερού ή ατμού για μείωση NOx 	
			Κατάσταση λειτουργίας	
			Μηχανική	H/ Z
Ισχύς εξόδου	11.6 MW	17 MW	35.3MW	36MWe
Απόδοση καύσιμο/ισχύς	47%	47,3%	36,6%	36,6%
Διαστάσεις	M : 13,3m Y : 5,120m Π : 3,8m	M: 18,8m Y : 6m Π : 4,530m	M: 10,67m Y: 3,04m Π: 2,4m	M: 17,37m Y: 3,04m Π: 2,74m
Βάρος (τόνους)	200	355	✓ 53	✓ 115
Αρχικό κόστος σε €	✓ < 1.500.000	✓ < 1.500.000	6.000.000	9.200.000
Κόστος συντήρησης	✓	✓		
Κατανάλωση καυσίμου	✓ 177g/kWh	✓	210 g/kWh	
Ικανότητα καθαρής καύσης	✓	✓		
Ικανότητα μερικής λειτουργίας	✓		Ασύμφορη λειτουργία	
Χρόνος για πλήρες φορτίο	Έως 10 λεπτά		Τουλάχιστον 30 λεπτά	
Παροδική αντίδραση	✓			
Θόρυβος στον σκελετό του πλοίου	50 db στα 1000Hz		✓ < 50 db στα 1000Hz	

Κατάσταση περιβάλλοντος	✓		
Θόρυβος που επιβαρύνει τον αέρα	102 ~ 108 db με πλήρες φορτίο		✓ < 85db
Καύση του λιπαντικού ελαίου	0.7g/kWh		✓ 1 % των diesel
NOx εκπομπές	12 g/kWh @ 75%	2 g/kWh @ 75%	✓ < 70ppmv / kWh @ 15% O ₂
SOx εκπομπές	6gr/kWh Πολύ χαμηλές		✓ Μηδενικές
CO ₂ εκπομπές στο 75%	✓ 630g/kWh	✓ 450g/kWh	
Θερμοκρασία καυσαερίων	389°C 20,9kg/sec		524°C 91,6kg/sec
Ρυθμός παραγωγής θερμότητας			507°C 97kg/sec
			6.389 Btu/hp-hr
			9.313 Btu/kWh

Πίνακας 2.2.2 Σύγκριση αεριοστρόβιλων και κινητήρων εσωτερικής καύσης

Κόστος για συνολική ισχύ συστήματος 60 MW, Τιμές καυσίμου έτους 2010.		
	COGES	DIESEL – ELECTRIC
Καύσιμο	MGO	HFO 380 cSL
Τιμή καυσίμου , €/τόνο	300	145
Κατανάλωση καυσίμου σε τόνους	45,120	39,540
Κόστος καυσίμου σε €	13,54	5,73
Επιπρόσθετο κόστος, κατανάλωσης καυσίμου για παραγωγή ατμού 17 τόνους/ώρα σε τόνους	1000	7060
Επιπλέον κόστος καυσίμου	0,3	1,03
Συνολικό ετήσιο κόστος καυσίμου σε €	13,86	6,76

Πίνακας 2.2.3 Οικονομική σύγκριση συστημάτων συνδυασμένου κύκλου και πετρελαιοκινητήρων.



Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι παρά το μεγάλο κόστος λειτουργίας με τη χρήση COGES εξοικονομούμε χώρο για 50 διπλές καμπίνες. Εάν υποθέσουμε ότι το 90% από αυτές τις καμπίνες θα είναι δεσμευμένο, για 50 εβδομάδες το χρόνο και με μέση τιμή τα 160€ ανά άτομο και ημέρα το ετήσιο όφελος από τη χρήση αυτών των 50 εξτρά καμπινών ανέρχεται στο ποσό των 5.5 εκατομμυρίων ανά έτος. Από αυτό εάν αφαιρέσουμε το ποσό που θα χρειαστεί για την κατασκευή και τον εξοπλισμό των δωματίων, το φαγητό, τον καθαρισμό τους, την ανάγκη προσωπικού και τους φόρους δηλαδή περίπου το 70%, το καθαρό κέρδος ανέρχεται στα 1,7 εκατομμύρια ευρώ ανά έτος. Υπολογίζοντας το συνολικό κόστος καυσίμου και λιπαντικού ελαίου για συστήματα COGES στα 13,86 εκατομμύρια ευρώ και για τις πετρελαιομηχανές 7.04 εκατομμύρια ευρώ η διαφορά είναι 6,8 εκατομμύρια ευρώ ανά έτος αφαιρώντας το κέρδος από τα 50 δωμάτια 2.1 εκατομμύρια ευρώ, υπάρχει απώλεια 4,7 εκατομμυρίων ευρώ ανά έτος. Συνεπώς τα συστήματα COGES είναι οικονομικά ασύμφορα έναντι των πετρελαιομηχανών.

Από τα παραπάνω γίνεται ξεκάθαρο ότι το βασικό πλεονέκτημα των πετρελαιομηχανών είναι η οικονομική λειτουργία και η αρχική τιμή τους. Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης έχουν μικρότερο κόστος και κατανάλωση καυσίμου, μικρότερες εκπομπές CO₂, μικρότερο αρχικό κόστος και κόστος λειτουργίας, ευκολότερη και οικονομικότερη συντήρηση. Όμως οι αεριοστρόβιλοι πλεονεκτούν σε βάρος, μέγεθος, δημιουργία θορύβου και εκπομπών NO_x. Είναι μηχανές απλές στην κατασκευή, αξιόπιστες, με αποτέλεσμα την ομαλή λειτουργία τους ενώ επιπλέον έχουν λιγιστά κινητά μέρη και μηδενικές απώλειες τριβής.

2.3 Εξοικονόμηση ενέργειας.

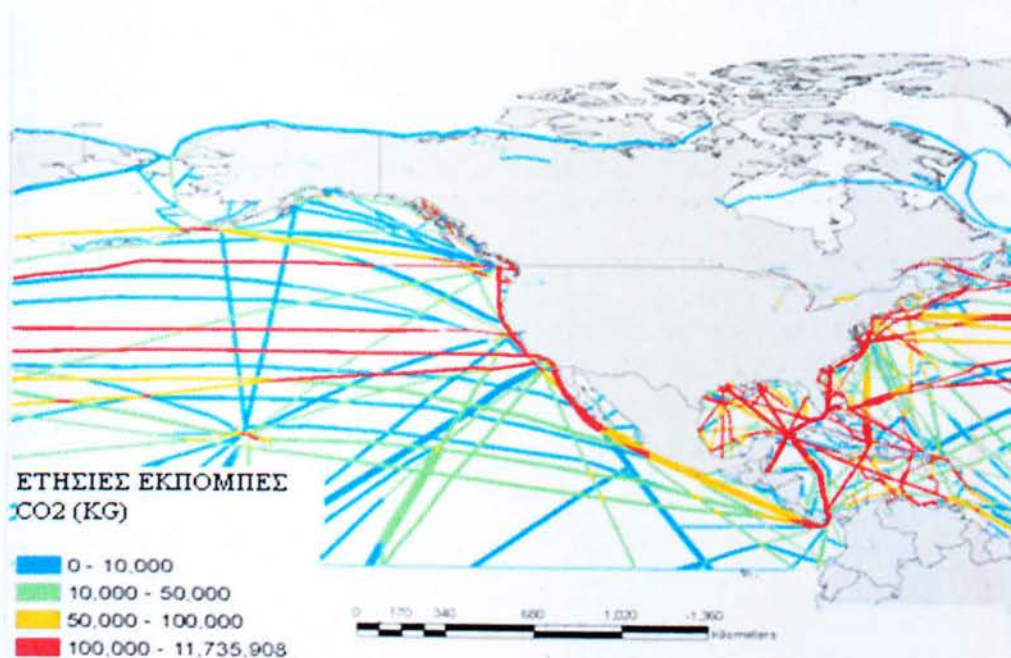
Εξοικονόμηση ενέργειας ονομάζεται οποιαδήποτε προσπάθεια με την οποία επιτυγχάνεται περιορισμός της σπατάλης των ενεργειακών αποθεμάτων. Γενικά σήμερα ιδιαίτερα στις μεγαλουπόλεις απαιτείται πολύ μεγάλη ποσότητα ενέργειας για θέρμανση, φωτισμό, κλιματισμό πέρα από εκείνη της τροφοδοσίας των διαφόρων μηχανών των βιομηχανιών. Για την απρόσκοπτη εξασφάλιση αυτής της ενέργειας γίνεται εξαιρετικά μεγάλη κατανάλωση καυσίμων όπως το πετρέλαιο, τους γαιάνθρακες και το φυσικό αέριο. Επειδή τα αποθέματα αυτών των καυσίμων είναι περιορισμένα, καθίσταται αναγκαία η λήψη διαφόρων μέτρων περιορισμού της σπατάλης ώστε αυτά να διαρκέσουν περισσότερο χρόνο ή ακόμα και η εξεύρεση νέων τεχνολογιών

απεξάρτησης από αυτά. Αυτό μπορεί να συμβεί με επιλογή οικονομικότερων μηχανών σε καύσιμη ύλη, αποδοτικότερων εγκαταστάσεων και μείωση κατανάλωσης ενέργειας.

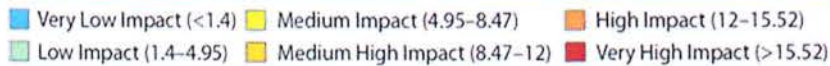
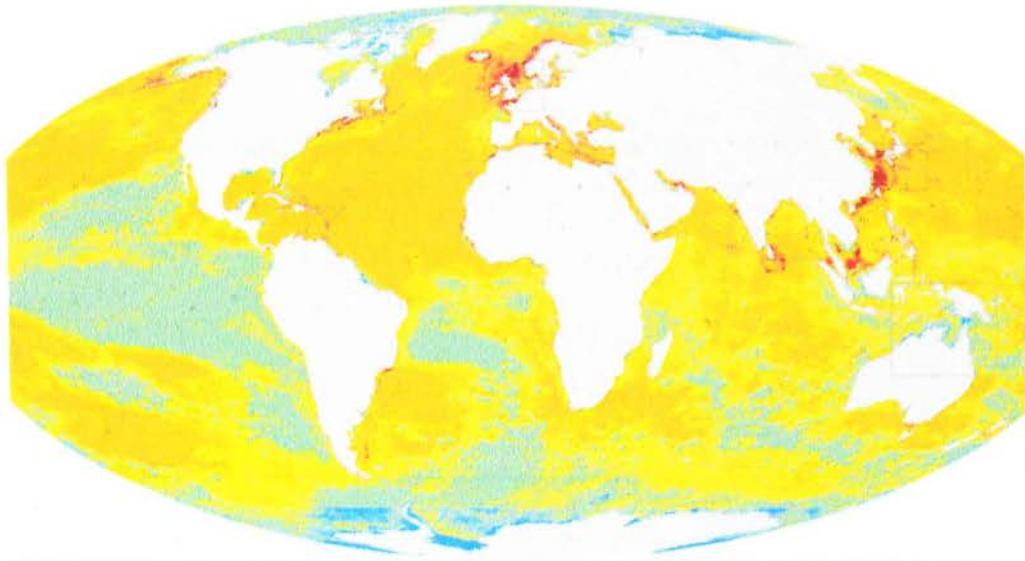
Αναμφίβολα τέτοια μέτρα πρέπει να είναι ανεξάρτητα των οικονομικών κερδών επιφέροντας πολύ μικρότερη ατμοσφαιρική ρύπανση. Παρά το γεγονός ότι στα κρουαζιερόπλοια δε χρησιμοποιούμε γαιάνθρακες, τεράστια ποσά πετρελαίου και υποπροϊόντων του καταναλώνονται.

2.4 Περιβαλλοντική – ατμοσφαιρική ρύπανση.

Τα κρουαζιερόπλοια παράγουν λύματα, απόνερα, επικίνδυνα απόβλητα, λιπαρά από τους υδροσυλλέκτες νερού και έρματος, γενικώς αποτελούν πηγή στερεών και αέριων ρύπων. Τα απόβλητα αυτά εάν απελευθερωθούν χωρίς κατάλληλη επεξεργασία μπορούν να προσθέσουν παθογόνους παράγοντες και τοξικά συστατικά στο περιβάλλον τα οποία θα μπορούσαν να βλάψουν την ανθρώπινη υγεία και την υδρόβια ζωή. Περιβαλλοντικές έρευνες έχουν δείξει την επίδραση που έχουν οι ατμοσφαιρικοί ρύποι των κρουαζιερόπλοιων στις θαλάσσιες αρτηρίες που αυτά ακολουθούν. Έχει παρατηρηθεί, εκτός των λυμάτων και των διαφόρων σκουπιδιών που αφήνονται στην θάλασσα κατά τη διάρκεια κάθε ταξιδιού, πραιτέρω αύξηση των εκπομπών του θείου και του διοξειδίου του άνθρακα. Κατά τη διάρκεια ενός έτους οι εκπομπές του θείου και του διοξειδίου του άνθρακα αυξάνονται ταχύτερα κοντά στις κύριες θαλάσσιες οδούς όπως και δείχνεται στον παρακάτω χάρτη 2.4.α.



Χάρτης 2.4.α Ρύπανση κύριων θαλάσσιων οδών



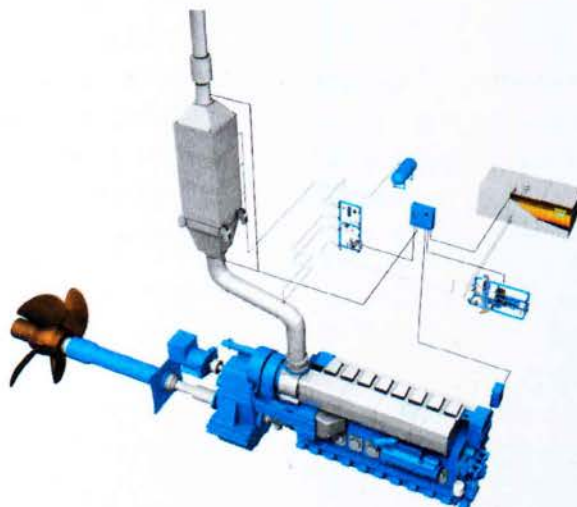
Χάρτης 2.4.β Ρύπανση θαλάσσιων περιοχών

Στον χάρτη 2.4.β χωρίζονται οι θαλάσσιες περιοχές ανάλογα με την ατμοσφαιρική ρύπανση τους. Για παράδειγμα ένα κρουαζιερόπλοιο με 4.000 επιβάτες παράγει κάθε μέρα, 15 γαλόνια τοξικών χημικών ουσιών, 37.000 γαλόνια ελαιώδη ύδατα υδροσυλλεκτών και η ατμοσφαιρική ρύπανση που δημιουργείται ισοδυναμεί με 1.200 μέρες λειτουργίας ενός αυτοκινήτου. Εκπέμπει 1,5 τόνο οξειδίου του αζώτου ισοδύναμο 12.000 αυτοκινήτων, 1,3 τόνο οξειδίου του θείου ισοδύναμο ενός μεγάλου εργοστασίου τσιμέντου, 253 κιλά διοξειδίου του άνθρακα, 100 κιλά εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων και 75 κιλά σωματιδίων. Οι εκπομπές από τους πετρελαιοκινητήρες των κρουαζιερόπλοιων είναι ανεξέλεγκτες.

Εξ' αιτίας των μεγάλων φυσικών καταστροφών και της αλλαγής του κλίματος έχουν ασκηθεί πιέσεις στη θαλάσσια βιομηχανία, έχουν γίνει προσπάθειες για μείωση τόσο των στερεών όσο και των αέριων ρύπων αλλά και κάθε μορφής που παράγεται από τα πλοία αυτού του τύπου. Επιπλέον έχουν νομοθετηθεί νέα αυστηρότερα όρια παραγωγής ρύπων με σημαντικές κυρώσεις όπως η απαγόρευση παραμονής ή και διέλευσης ενός πλοίου από ένα λιμάνι πέρα από χρηματικό πρόστιμο. Όλα τα πλοία πλέον έχουν καταταχτεί βάση των ρύπων και της στάσης τους προς το περιβάλλον. Επιπλέον έχουν δημιουργηθεί οργανισμοί που παρακολουθούν την παγκόσμια κατάσταση, διεξάγοντας έρευνες, για τη μείωση των εκπομπών των βλαβερών ουσιών, για την προστασία του υδροβιότοπου και για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

2.4.1 Τρόποι μείωσης των εκπομπών των πλοίων

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι παρά το γεγονός ότι μολύνουν το περιβάλλον είναι και μία σημαντική πηγή εξόδων για τις πλοιοκτήτριες εταιρίες. Εξαιτίας αυτού οι εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικών συσκευών που προμηθεύουν τα πλοία κατασκευάζουν συσκευές με χαμηλότερη ηλεκτρική κατανάλωση ή κάνοντας χρήση υγραερίου. Επιπλέον οι εταιρίες κατασκευής κινητήρων διεξάγουν έρευνες για κατασκευή κινητήρων βέλτιστης απόδοσης και μεθόδων περιορισμού ή ακόμα και εξάλειψης των βλαβερών στοιχείων των καυσαερίων. Οι συνήθεις μέθοδοι, μείωσης του οξειδίου του αζώτου NOx είναι δύο, πρώτον με εισαγωγή νερού απευθείας στον κινητήρα από την εισαγωγή αέρα και δεύτερον με καταλύτες στην εξαγωγή των καυσαερίων. Στο παρακάτω σχήμα 2.4 παρατηρούμε μία τέτοια κατασκευή, έναν καταλύτη, για τον περιορισμό των βλαβερών στοιχείων. Αυτές οι κατασκευές αποτελούνται από φίλτρα που συγκρατούν τα βλαβερά στοιχεία ή τα εξουδετερώνουν.



Σχήμα 2.4 Μονάδα επιλεκτικής καταλυτικής αναγωγής

Selective Catalytic Reduction (SCR) Μέχρι σήμερα η πιο αποτελεσματική μέθοδος μείωσης NOx είναι η χρήση του καταλύτη που μειώνει τις εκπομπές κατά 80-90%, σε 2 g/kWh ή και ακόμα λιγότερο, επίπεδα τα οποία δεν είναι βλαβερά για τον ανθρώπινο οργανισμό και είναι αποδεκτό όριο εκπομπών στη θάλασσα. Επιπλέον επιτυγχάνεται μείωση θορύβου στα επίπεδα 25-35 dB(A).

Τα οφέλη από τη μείωση των εκπομπών NOx είναι τα εξής :

- 1) Αυξημένη διάρκεια ζωής των χιτωνίων, των εμβόλων και των ελατηρίων.
- 2) Χαμηλή και σταθερή κατανάλωση λιπαντικού ελαίου.
- 3) Μείωση ειδικής κατανάλωσης μαζούτ SFOC.
- 4) Ευκολία μετασκευής, συναρμολόγησης και αντικατάστασης.
- 5) Μικρός χρόνος αποπληρωμής.

Ο καθαρισμός των καυσαερίων είναι μία οικονομικά συμφέρουσα λύση για τα πλοία όπου χρησιμοποιούνται καύσιμα με μεγάλη περιεκτικότητα σε οξείδιο του θείου SO_x. Η απομάκρυνση του γίνεται με ψεκάσμο ενός μείγματος νερού και καυστικής σόδας NaOH. Τα λύματα τα οποία προκύπτουν είναι εντός των ορίων των θαλάσσιων κανονισμών και απορρίπτονται στη θάλασσα. Η απόδοση αυτού του συστήματος, στην απομάκρυνση του οξειδίου του θείου SO_x είναι πάνω από 97% και δίνει τη δυνατότητα στις εταιρείες να χρησιμοποιούν καύσιμα με περιεκτικότητα σε θείο έως 3.5%, τα οποία ασφαλώς και είναι οικονομικότερα.

Η ανάγκη για λειτουργία των πλοίων με μη ορατό καπνό έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια ενώ παράλληλα έχουν επιβληθεί τοπικές ρυθμίσεις και περιορισμοί των εκπομπών αιθανόλης από τα πλοία κατά τους θερινούς μήνες. Διάφορες τεχνολογίες είναι διαθέσιμες, στις μηχανές εσωτερικής καύσης, για βελτίωση των επιδόσεων με μερικό φορτίο όπως ανακουφιστικές βαλβίδες και βαλβίδες μεταβλητού χρονισμού, ανάλογα βέβαια από τον τύπο του κινητήρα. Αυτό το σύστημα εφαρμόζεται ευρέως σήμερα σε όλους τους κινητήρες επιτρέποντας υψηλή πίεση και σταθερή για όλο το φάσμα των στροφών του κινητήρα.

Ένας άλλος τρόπος που πετυχαίνεται μείωση στους ρύπους και παράλληλα εξοικονομούνται μεγάλα ποσά καυσίμου και χρημάτων είναι η μείωση της ταχύτητας πλεύσης. Για παράδειγμα μείωση της ταχύτητας κατά 3KN επιτυγχάνεται μείωση 23% στην απαιτούμενη ενέργεια συνεπώς και στο καύσιμο. Τέλος κάθε προσπάθεια σε όλους του τομείς του πλοίου, για μείωση της κατανάλωσης, πετυχαίνει μείωση των εκπομπών.

3

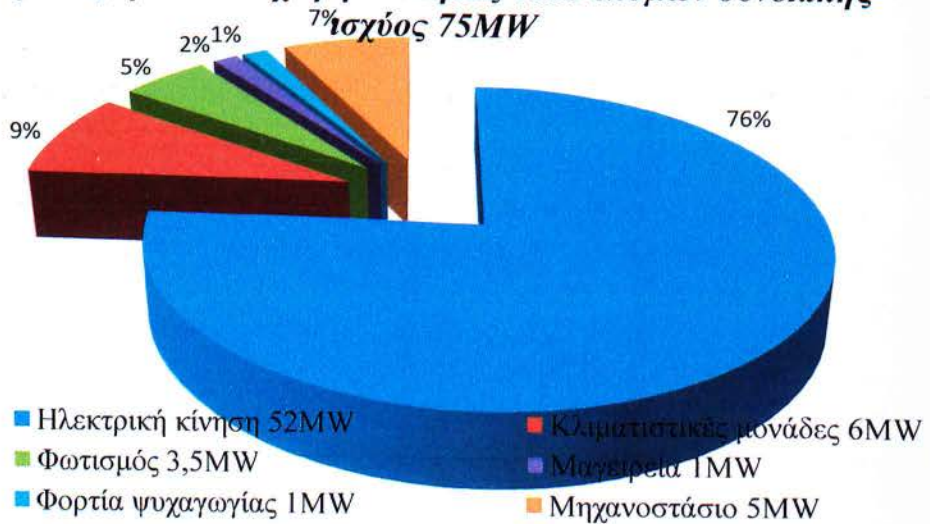
Καταγραφή ενεργοβόρων περιοχών πλοίου και διερεύνηση μεθόδων και λύσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

Για να μπορέσουμε να δώσουμε μια τάξη μεγέθους των απαιτήσεων σε ηλεκτρική ισχύ ενός κρουαζιερόπλοιου θα πρέπει να τα ταξινομήσουμε σε κάποιες κατηγορίες. Τα μεγέθη που τα χαρακτηρίζουν είναι η ταχύτητα, ο όγκος, ο αριθμός των επιβατών και το λειτουργικό τους προφίλ. Οι απαιτήσεις σε ισχύ δεν είναι απολύτως ανάλογες από τον αριθμό των επιβατών αλλά περισσότερο από το μέγεθος, το βάρος και τα φορτία του πλοίου. Έτσι θα λάβουμε ως στοιχείο εξατομίκευσης την ολική χωρητικότητα του πλοίου, που προσδιορίζεται με συγκεκριμένο τύπο $GT = K \times V$ και είναι χωρίς μονάδα μέτρησης. Με αυτή αποδίδονται οι πραγματικές διαστάσεις του πλοίου, που περιλαμβάνεται απαραίτητα στη νηολόγηση και σε όλα τα πιστοποιητικά του. Εδώ υπεισέρχεται μία ακόμα παράμετρος, η χρονολογία κατασκευής των πλοίων, γιατί τα κρουαζιερόπλοια μέχρι και το 1980 κατασκευάζονταν από 5.000 έως 50.000 τόνους ολικής χωρητικότητας. Αντιθέτως εδώ και μία δεκαετία υπάρχει η τάση να σχεδιάζονται πλοία μεγαλύτερα έως και 200,000 τόνους ολικής χωρητικότητας και λόγω αυτού περισσότερο ενεργοβόρα.

Η επιλογή σημερινών πλοίων τάξεως 115.000 ολικής χωρητικότητας και χωρητικότητας 4000 ατόμων δείχνουν μία εικόνα του μεγέθους και των απαιτήσεων τους σε ηλεκτρική ισχύ, η οποία κυμαίνεται από 70 έως 100MW. Αυτά καταναλώνονται από την ηλεκτρική κίνηση, τις κλιματιστικές μονάδες, το φωτισμό, τα μαγειρεία, τους χώρους αναψυχής και διαμονής και τα μηχανήματα σωστής λειτουργίας του πλοίου. Στο γράφημα 3.α παρουσιάζεται η κατανομή της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας από τις διάφορες καταναλώσεις ενός κρουαζιερόπλοιου. Τα ποσοστά αυτά δεν είναι απόλυτα αλλά μεταβλητά και ανάλογα των φορτίων του πλοίου και του λειτουργικού του προφίλ. Ένα τέτοιο πλοίο έχει ετήσια κατανάλωση πάνω από 200GWh ή εάν μετατραπεί σε καύσιμο πάνω από 40.000 τόνους πετρελαίου. Με τις σημερινές τιμές των καυσίμων και εάν γίνει η μετατροπή του καυσίμου σε χρήματα, το ποσό που δαπανείται για τη παραγωγή αυτής της ισχύς ξεπερνάει τα 25 εκατομμύρια τον χρόνο.

Ο σκοπός του κεφαλαίου είναι να καταγράψουμε τις καταναλώσεις που υπάρχουν σε τέτοιου είδους πλοία με στόχο την μετ' έπειτα μελέτη τους. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μεταφράζεται σε κατανάλωση καυσίμου δηλαδή σε κόστος λειτουργίας. Βρίσκοντας τρόπους εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας ή χρήση οικολογικών μορφών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μειώνουμε το μέγεθος των μηχανών και εξοικονομούμε καύσιμο, με όφελος τη μείωση του κόστους λειτουργίας του πλοίου, συμβάλλοντας επίσης και στη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος.

Οι κυριότεροι καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας κρουαζιερόπλοιου χωρητικότητας 4000 ατόμων συνολικής ισχύος 75MW



Γράφημα 3.α Παρουσίαση καταναλωτών κρουαζιερόπλοιου

Καταναλωτής	Ισχύς (MW)	Υπολογισμός
Ηλεκτρική κίνηση	52	Ηλεκτρικές προπέλες 2 X 20MW, Σταθεροποιητές ισχύος 4 X 2MW Προωστήρες πλήρους ισχύος 2 X 2MW
HVAC (ψύξη, θέρμανση, κλιματισμός)	6	Κλιματιστικές μονάδες για κάθε καμπίνα 2500 X 2kW Κλιματιστικές μονάδες ισχύος στους κοινόχρηστους χώρους, (διαδρόμων, μαγειρείων, μηχανοστασίου και χώρους εργασίας του προσωπικού) 20 X 50kW.
Φωτισμός	3.5	Περίπου 50.000 σημεία φωτισμού με ισχύ 60 W κάθε ένα και λοιπά φώτα ασφαλείας του πλοίου.
Παραγωγή ατμού, πόσιμο νερό και νερού χρήσης	2	Για την απαιτούμενη ποσότητα πόσιμο νερού (1.000.000 λίτρων / μέρα), όταν απαιτείτε, χρειάζεται εγκατάσταση καθαρισμού, φιλτραρίσματος και αφαλάτωσης του νερού ηλεκτρικής ισχύος 2.000 kW.
Καθαρισμός λυμάτων	1.5	Τα μηχανήματα καθαρισμού των λυμάτων καθώς και μηχανήματα πολτοποίησης σκουπιδιών και συσκευασίας.
Μαγειρεία	1	Στις κουζίνες και στους αποθηκευτικούς χώρους (ψύξης και κατάψυξης) των τροφίμων και για την προετοιμασία του φαγητού, οι συσκευές ενός μέσου κρουαζιερόπλοιου καταναλώνουν 1MW.
Φορτία ψυχαγωγίας	1	Μηχανήματα όπως αντλίες για τις πισίνες, τα μηχανήματα των καζίνο, οι χώροι εκδηλώσεων, τα θέατρα και οι κινηματογράφο.
Λοιπά	8	Μηχανήματα καθαρισμού, μηχανοστασίου, βοηθητικά μηχανήματα

Πίνακας 3.1 Ανάπτυξη γραφήματος καταναλώσεων

3.1 Ηλεκτρική κίνηση « Propulsion , draft , trim »

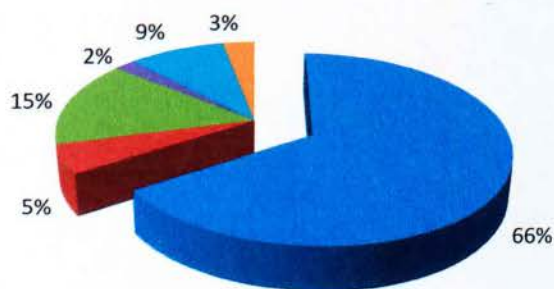
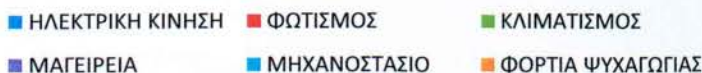
Όπως φαίνεται και στο παρακάτω γράφημα 3.1.α η ηλεκτρική κίνηση είναι η περιοχή με τη μεγαλύτερη ζήτηση σε ενέργεια, δηλαδή ο μεγαλύτερος παράγοντας κατανάλωσης πετρελαίου, πράγμα το οποίο συνεπάγεται μεγαλύτερες εκπομπές καυσαερίων όπως διοξειδίου του άνθρακα CO₂, οξειδίου του αζώτου NO_x, οξειδίου του θείου SO_x και χημιακής επιβάρυνσης για τον περιορισμό ή την εξάλειψη αυτών. Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται τα συστήματα κατευθύνσεως και πλεύσης του πλοίου (Εικόνες 3.1.β – 3.1.γ), εξισορρόπησης (Εικόνα 3.1.δ) και της ικανότητας άμεσης αντίδρασης.



Εικόνα 3.1.β

Εικόνα 3.1.γ

Εικόνα 3.1.δ



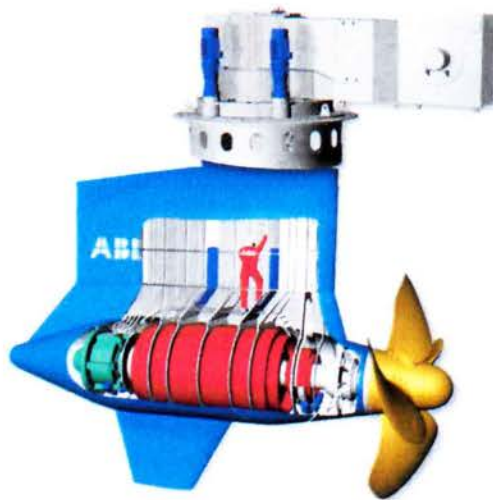
Γράφημα 3.1.α

Στα περισσότερα σύγχρονα επιβατηγά πλοία, οι μηχανές προώσεως είναι ηλεκτρικά αποσυνδεδεμένες από τις προπέλες, έτσι η ρύθμιση της προώθησης είναι πιο ακριβής. Η συνολική ισχύς που απαιτείται από τα σύστημα πρόωσης, εξισορρόπησης και περιστροφής του πλοίου μπορεί να ξεπεράσει, για τα μεγάλα πλοία των 5.000 ή περισσότερων ατόμων, τα 100MW ενώ για πλοία εσωτερικού όγκου έως 60,000 και 2,500 ατόμων δεν ξεπερνάει τα 60MW. Στην εικόνα 3.1.β φαίνονται οι τέσσερις προωθητήρες του υπερωκεάνιου Queen Merry 2 όπου ο καθ' ένας από αυτούς είναι 21,5MW ή 28,800hp δηλαδή έχει συνολική ισχύς πρόωσης 86MW. στην εικόνα 3.2.γ φαίνονται τέσσερις προωστήρες πλώρης ισχύος 3.2MW ο καθ' ένας, δηλαδή συνολική ισχύς 12,8MW.

Έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες για μείωση κατανάλωσης πετρελαίου, όπως οικονομικότερες μηχανές νέας τεχνολογίας, υβριδική κίνηση με χρήση ηλεκτρικών μηχανών (φωτογραφίες 3.1.α και 3.1.β), μηχανών μίξης καυσίμων και αυτοματοποιημένα συστήματα ελέγχου και σωστής διαχείρισης. Ο βέλτιστος σχεδιασμός του πλοίου παίζει μεγάλο ρόλο γι' αυτό και χρησιμοποιούνται προγράμματα για τον καλύτερο δυνατό σχεδιασμό με σκοπό την μείωση της τριβής, της προπέλας και μεταξύ της γάστρας και της θάλασσας, πράγμα το οποίο πετυχαίνεται και με χρήση ειδικών βαφών. Ο καλύτερος τρόπος για να γίνει εξοικονόμηση πετρελαίου στα υπάρχοντα πλοία είναι ο περιορισμός της άσκοπης χρήσης των μηχανημάτων και αντικατάσταση του εξοπλισμού με καλύτερης απόδοσης μηχανήματα. Ο σωστός σχεδιασμός των δρομολογίων για την αποφυγή άστατου καιρού επιφέρει μείωση του φόρτου λειτουργίας των μηχανών και αύξηση της ταχύτητας πλεύσης. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι μείωση της ταχύτητας κατά έναν ναυτικό κόμβο συνεπάγεται περίπου 10% μείωση της απαιτούμενης ενέργειας. Τέλος, ο καθαρισμός του κύτους και η σωστή συντήρηση των διαφόρων μηχανημάτων έχει αντίκτυπο στη μείωση όχι μόνο της κατανάλωσης αλλά και των εκπομπών των ρύπων.



3.1.α



3.1.β

3.2 Μονάδες HVAC (Heating, Ventilating, and Air Conditioning)

Τα κρουαζιερόπλοια είναι σχεδιασμένα να μεταφέρουν ανθρώπους για πολυήμερα ταξίδια με σκοπό την αναψυχή τους. Ένα τέτοιο ταξίδι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες απαιτεί τη χρήση κλιματιστικών μονάδων ώστε οι επιβάτες να απολαμβάνουν καλύτερες συνθήκες διαμονής. Σε ένα τέτοιου τύπου πλοίου, το οποίο έχει περίπου 4.000 δωμάτια για τους φιλοξενούμενους και για το προσωπικό, αίθουσες εκδηλώσεων, χώρους αναψυχής, εστιατόρια, σινεμά, τα κλιματιστικά συστήματα έχουν μεγάλη ανάγκη από ηλεκτρική ισχύ. Επίσης ελεγχόμενες συνθήκες κλίματος απαιτούνται για τη σωστή λειτουργία των μηχανών και των συνθηκών εργασίας στο μηχανοστάσιο και τους χώρους εργασίας του προσωπικού, επιβαρύνοντας ακόμα περισσότερο την ήδη αυξημένη κατανάλωση. Στο παρακάτω γράφημα 3.2.α. παρουσιάζεται το ποσοστό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, που αγγίζει το ποσό των 10 MW και καταναλώνεται από τα συστήματα κλιματισμού, του πλοίου και συνήθως είναι ίση με το άθροισμα των καταναλώσεων του πλοίου εκτός της πρόωσης.

Απαίτηση ηλεκτρικής ενέργειας από τα συστήματα HVAC



Γράφημα 3.2.α

Η κατανάλωση αυτή προκύπτει για χρήση :

- 1) Αυτόνομων κλιματιστικών μονάδων για κάθε καμπίνα ισχύος 2,5 kw
- 2) Fan coil για την ψύξη, την θέρμανση και τον αερισμό των επιμέρους χώρων και
- 3) Κλιματιστικές μονάδες ισχύος από 50 έως 250 kw στους χώρους εστίασης, ψυχαγωγίας, στο μηχανοστάσιο, στα καταστήματα κτλ.

Η ενέργεια που καταναλωνόταν σ' ένα πλοίο κατασκευασμένο την περασμένη δεκαετία από το σύστημα HVAC (θέρμανση, ψύξη, αερισμός) από πραγματικές μετρήσεις επάνω στο πλοίο ισοδυναμεί με την ισχύ ώσης ενός πλοίου που κατασκευάζεται σήμερα. Τα μηχανήματα αυτά ξεκινάνε από την ισχύ του 1,5KW και φτάνουνε την ισχύ των 3 MW/ μονάδα.

Ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος για την εξοικονόμηση ενέργειας που χρησιμοποιείται από τον κλιματισμό είναι:

- 1) Μείωση του εμβαδού των εξωτερικών επιφανειών των παραθύρων.
- 2) Κατασκευή μεγάλων εξωτερικών μπαλκονιών με σκοπό την σκίαση των παραθύρων.
- 3) Ψύξη ή θέρμανση των δωματίων μόνο παρουσίας ατόμων. Με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνεται μείωση την ενέργειας κατά 30%
- 4) Διακοπή κλιματιστικών ή μείωση της θερμοκρασίας σε χώρους κατά τις ώρες μη λειτουργίας. Ένας τέτοιος έλεγχος επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 10%.
- 5) Ελαχιστοποίηση του όγκου του εισερχόμενου φρέσκου αέρα με επακόλουθο την μείωση της ενέργειας που απαιτείται, για την ψύξη και την απομάκρυνση της υγρασίας, κατά 25%.
- 6) Τοποθέτηση αντηλιακών μεμβρανών στα παράθυρα με στόχο την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτές οι μεμβράνες περιορίζουν την ακτινοβολία κατά 99% μειώνοντας τις ανάγκες θέρμανσης του χώρου.
- 7) Χρήση μεμονωμένων κλιματιστικών μικρότερων μονάδων, χρήση fan coils και αντλιών θερμότητας για τη θέρμανση των επιμέρους χώρων του πλοίου σε συνδυασμό με σύστημα αυτοματισμού για τον περιορισμό της άσκοπης χρήσης. Με χρήση μεμονωμένων μονάδων, περιορίζεται η σπατάλη ηλεκτρικής ενέργειας και δίνει την δυνατότητα καλύτερης διαχείρισης. Μια τέτοια διάταξη, είναι δυνατό να περιορίσει την απαιτούμενη ενέργεια κατά 30%.
- 8) Τέλος η χρήση LED λαμπτήρων έχει επίδραση στη μείωση της θέρμανσης του χώρου, καθώς το 90 περίπου τις εκατό της ισχύς που καταναλώνουν οι λαμπτήρες παρακτώσεως μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια.

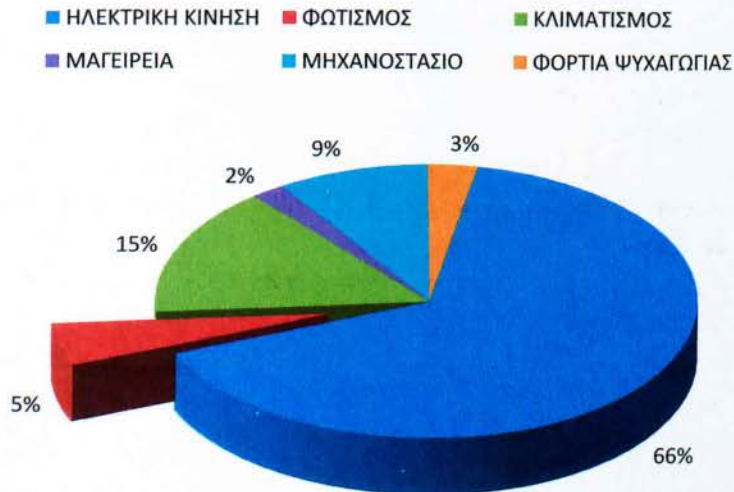
Με βάση όλα τα παραπάνω, η συνολική ενέργεια που χρειάζεται από τα συστήματα HVAC ενός πλοίου, είναι πιθανό να μειωθεί κατά 50%. Μερικές από αυτές της αλλαγές είναι άμεσα πραγματοποιήσιμες ενώ άλλες όπως η κατασκευή μπαλκονιών και η μείωση των επιφανειών των παραθύρων δεν μπορούν να υλοποιηθούν παρά μόνο από το αρχικό στάδιο της μελέτης της κατασκευής του πλοίου.

3.3 Φωτισμός

Οι ανάγκες φωτισμού σε ένα κρουαζιερόπλοιο είναι αυξημένες λόγω του μεγέθους του και των πολλών ξεχωριστών τμημάτων του. Σε όλα τα επίπεδα του πλοίου υπάρχουν περισσότερα από 80.000 σημεία φωτισμού, από το μηχανοστάσιο, το χώρο ελέγχου, τα υπνοδωμάτια, τις διάφορες αίθουσες αναψυχής και εργασίας όπως και για τον αρχιτεκτονικό και τον εξωτερικό φωτισμό του πλοίου. Σύμφωνα με τα παραπάνω δημιουργείται μια τεράστια ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια η οποία αγγίζει τα 8MW.



Απαίτηση ηλεκτρικής ενέργειας από τα συστήματα φωτισμού.



Γράφημα 3.3.α

Σε τέτοιου μεγέθους κατασκευές η ανάγκη για φωτισμό είναι τεράστια καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας ενός κρουαζιερόπλοιου. Εντυπωσιακό είναι το πλήθος των λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται για το σωστό φωτισμό και την ασφάλεια του πλοίου, ποσότητα που ξεπερνά τις 80.000. Για να πετύχουμε μείωση αυτής της κατανάλωσης της ενέργειας μπορούμε να εστιάσουμε στο συνδυασμό σωστής μελέτης φωτισμού με τη χρήση λαμπτήρων οικονομίας και χρήση αυτοματισμών για την εξάλειψη της άσκοπης χρήσης, αφού βέβαια έχει προηγηθεί μελέτη επανατοποθέτησης των φωτιστικών που ίσως να χρειάζεται. Η χρήση λαμπτήρων «οικονομίας» ή LED έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της απαιτούμενης ισχύος για το φωτισμό κατά 50% αλλά και της θέρμανσης του χώρου, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

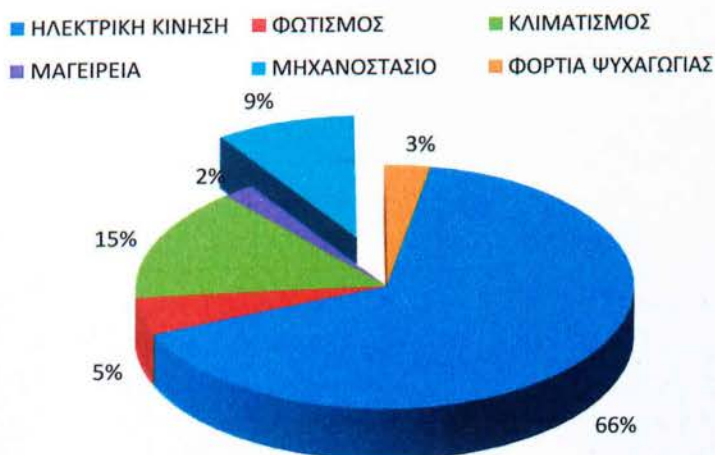
Εντυπωσιακό είναι το μέγεθος της ισχύος που καταναλώνεται σ' ένα πλοίο για τις ανάγκες φωτισμού. Εάν υποθέσουμε ότι έχει 80.000 λαμπτήρες με ισχύ 60W ανά λαμπτήρα, με απλό πολλαπλασιασμό προκύπτει η συνολική ισχύς των 4,8MW. Επανασχεδιασμός των θέσεων των λαμπτήρων των δωματίων των πλοίων τα οποία δεν έχουν εκσυγχρονιστεί σύμφωνα με τα νέα μέτρα και με παράλληλη αντικατάσταση λαμπτήρων πυρακτώσεως και φθορισμού με λαμπτήρες οικονομίας επιφέρει μείωση της κατανάλωσης ισχύος και της παραγόμενης θερμότητας την οποία ακτινοβολούν οι λαμπτήρες πυρακτώσεως. Μία τέτοιου είδους αντικατάσταση επιφέρει μείωση 3,92MW σε ένα πλοίο 3.000 επισκεπτών εάν αντί για λαμπτήρες των 60W χρησιμοποιήσουμε λαμπτήρες οικονομίας των 11W των οποίων η συνολική απαιτούμενη ισχύς είναι 880KW.

Λαμπτήρες πυράκτωσης	Έως 80% εξοικονόμηση ενέργειας	Έως 50% εξοικονόμηση ενέργειας	Έως 30% εξοικονόμηση ενέργειας
25 W	5-6W	Δεν υπάρχει	Δεν υπάρχει
40 W	7-9W	20 W	28 W
60 W	11-12 W	30 W	42 W
75 W	14-16 W	Δεν υπάρχει	53 W
100 W	18-20 W	Δεν υπάρχει	70 W
150 W	23-27 W	Δεν υπάρχει	105 W
200 W	Δεν υπάρχει	Δεν υπάρχει	140 W

Πίνακας 3.3.1 Πίνακας αντιστοιχίας λαμπτήρων

3.4 Κατανάλωση μηχανοστασίου.

Απαίτηση ηλεκτρικής ενέργειας από τα διάφορα συστήματα του μηχανοστασίου.



Γράφημα 3.4

Το μηχανοστάσιο είναι η καρδιά του πλοίου, ο χώρος στον οποίο παράγεται η απαιτούμενη μηχανική, υδραυλική και ηλεκτρική ενέργεια. Εδώ βρίσκονται διάφορα μηχανήματα και συστήματα, όπως το σύστημα πυρόσβεσης, ηλεκτρικές αντλίες για την άντληση νερών από τα κύττη, για την ψύξη των μηχανών εσωτερικής καύσης, για την παραγωγή πόσιμου νερού, υδραυλικά συστήματα, τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη και οι μηχανές που προορίζονται για την κίνηση του πλοίου. Υπάρχουν ακόμα διάφοροι καταναλωτές όπως τα μηχανήματα εξαερισμού και τροφοδότησης φρέσκου αέρα για το προσωπικό αλλά και για τη σωστή λειτουργία των μηχανών, λαμπτήρες για το σωστό φωτισμό του χώρου και υπολογιστές που ελέγχουν τη σωστή λειτουργία των συστημάτων του σκάφους.



Μέσα στο μηχανοστάσιο βρίσκονται επίσης οι μονάδες αφαλάτωσης και φιλτραρίσματος νερού, για παραγωγή πόσιμου νερού και νερού χρήσης, οι μονάδες καθαρισμού των λυμάτων, οι ταχυθερμαντήρες για παραγωγή ζεστού νερού και ατμού και οι θερμαντήρες του καυσίμου. Όλες οι παραπάνω καταναλώσεις αναλύονται στις παρακάτω παραγράφους. Για λόγους ασφαλούς λειτουργίας δεν μπορεί να γίνει μείωση της κατανάλωσης με περικοπή φορτίων ή συσκευών, παρά μόνο με βελτιστοποίηση του συστήματος και χρήση συσκευών όπως υπολογιστές, λαμπτήρες, ηλεκτρικά μοτέρ, και λοιπές ηλεκτρικές και μηχανικές συσκευές καλύτερης ενεργειακής κλάσης.

3.4.1 Παραγωγή ατμού και ζεστού νερού

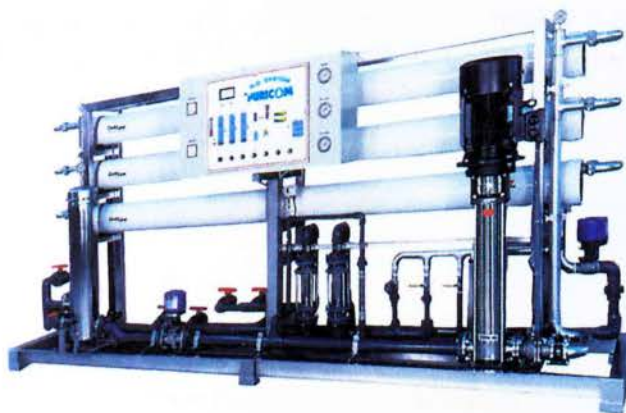
Σ' ένα κρουαζιερόπλοιο υπάρχει μεγάλη ζήτηση ατμού από πολλές συσκευές οι οποίες αντί αυτού θα καταλάωναν ηλεκτρική ενέργεια πράγμα το οποίο θα ανέβαζε το κόστος της κατασκευής αλλά και της λειτουργίας του πλοίου. Χρησιμοποιώντας ατμό πετυχαίνουμε εξοικονόμηση καυσίμου και αύξηση της απόδοσης του συστήματος. Ο ατμός παράγεται με χρήση των καυσαερίων των μηχανών και του κλειστού κυκλώματος του νερού ψύξης των μηχανών εσωτερικής καύσης. Σε περίπτωση στάσης του πλοίου ή χαμηλής ταχύτητας πλεύσης όπου δεν επαρκή αυτή η θερμότητα, γίνεται χρήση ταχυθερμαντήρων (Σχήμα 3.4.1), ηλεκτρικών αντιστάσεων ή καυστήρων πετρελαίου. Η κατανάλωση αυτή εξαρτάται από το μέγεθος του πλοίου και κυμαίνεται από 2 έως 10 MW. Ο ατμός που παράγεται χρησιμοποιείται από τα μαγειρεία του πλοίου, στη θέρμανση του καυσίμου, στα πλυντήρια του πλοίου, από το σύστημα φιλτραρίσματος του νερού, στους εξατμιστήρες θαλάσσιου νερού και στους προθερμαντήρες και τους αναθερμαντήρες του συστήματος κλιματισμού. Τέλος ο ατμός χρησιμοποιείται από πολλά πλοία και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 3.4.1 Μονάδα παραγωγής ζεστού νερού

3.4.2 Παραγωγή πόσιμου νερού και νερού χρήσης

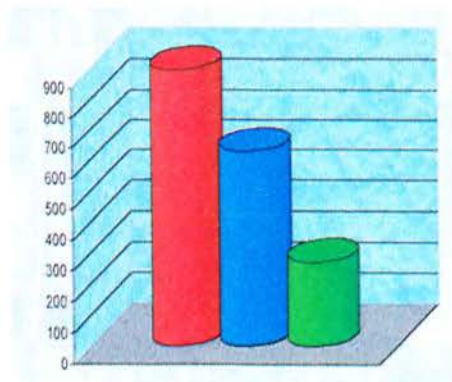
Σ' αυτά τα πλοία υπάρχει καθημερινά η ανάγκη μερικών τόνων πόσιμου νερού από τους διάφορους καταναλωτές του πλοίου όπως τα μαγειρεία, τα μπαρ, τα εστιατόρια, τις πισίνες, τις ντουζιέρες και για την κατανάλωση πόσιμου νερού από το πλήρωμα και τους επιβάτες. Για την κάλυψη των αναγκών αυτών με την απαραίτητη ποσότητα πόσιμου νερού και νερού χρήσης υπάρχουν μονάδες αφαλάτωσης και φιλτραρίσματος (σχήμα 3.4.2) οι οποίες απαιτούν σημαντικά ποσά ενέργειας, έως και 5MW. Τα συστήματα αυτά έχουν δυνατότητα παραγωγής πάνω από 600.000 λίτρων την ημέρα, με τη μέση ημερήσια παραγωγή νερού να ξεπερνάει το 1.000.000 λίτρα. Για την αποθήκευση του πόσιμου νερού υπάρχει δεξαμενή στο πλοίο χωρητικότητας έως και 4.000.000 λίτρων, ικανά να καλύψουν τις ανάγκες του πλοίου, για τρεις ημέρες ταξιδιού. Στην περίπτωση που το πλοίο δεν παράγει την απαιτούμενη ποσότητα νερού τότε οι υπεύθυνοι του πλοίου αγοράζουν νερό από τη στεριά.



Σχήμα 3.4.2 Μονάδα αφαλάτωσης

Η θερμική ενέργεια που απαιτείται από αυτές τις μονάδες, παρέχεται από τα καυσαέρια, τον ατμό ή το νερό ψύξης των μηχανών και των αεριοστρόβιλων. Ο καλύτερος τρόπος για να κάνουμε εξοικονόμηση ενέργειας είναι η μείωση της κατανάλωσης και ο περιορισμός της άσκοπης παραγωγής πόσιμου νερού και νερού χρήσης. Πολλές εταιρίες έχουν δημιουργήσει συστήματα μείωσης του νερού χρήσης κατά 50%, ενώ την ίδια στιγμή αυξάνουν την ταχύτητα ροής του μειώνοντας έτσι τον χρόνο ξεπλύματος. Είναι μελετημένα έτσι ώστε να είναι σχεδόν αδύνατο να μπλοκαριστεί η παροχή από στερεά σωματίδια ή να επιτραπεί η επικάθιση αλάτων. Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζεται, η κατανάλωση και η εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται με χρήση άκρων οικονομίας σε σχέση με τα απλά συστήματα.

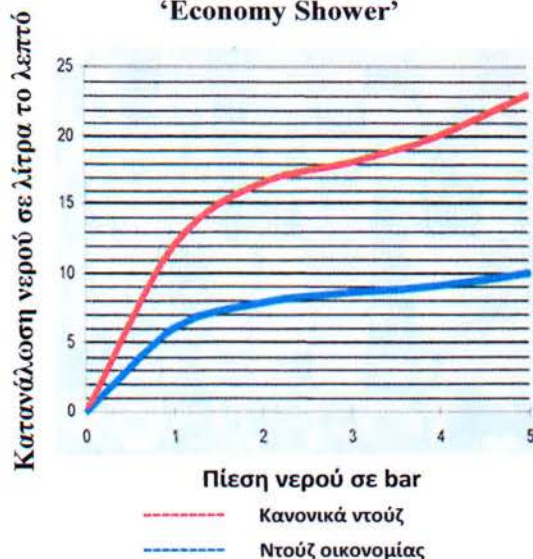
Τυπική καθημερινή κατανάλωση νερού σε λίτρα



Με χρήση συμβατικών μεθόδων
Με χρήση συστήματος οικονομίας
Ποσότητα νερού που εξοικονομήθηκε

Καμπύλη κατανάλωσης

'Economy Shower'



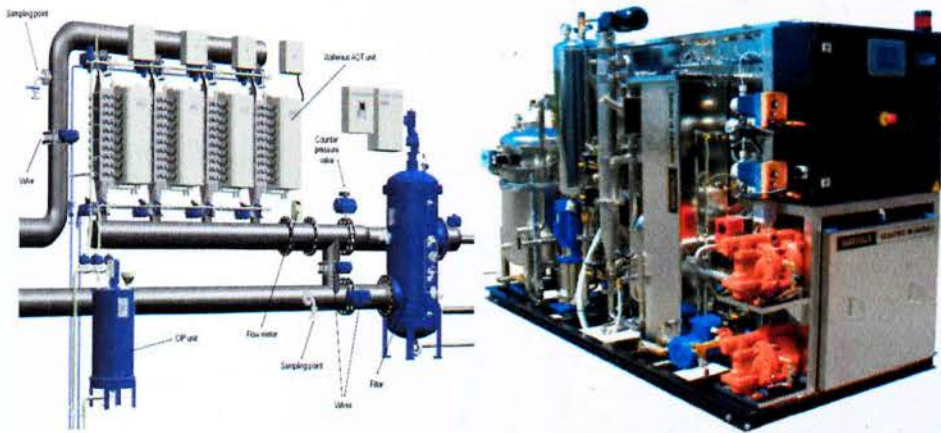
Επίσης, λύση για τη θέρμανση του νερού και στην παραγωγή πόσιμου νερού είναι η χρήση των απαερίων των μηχανών που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους. Με χρήση «καθαρότερων» καυσίμων πετυχαίνουμε καθαρότερα απαέρια με αποτέλεσμα την δυνατότητα εκμετάλλευσης μεγαλύτερου ποσοστού των απαερίων των μηχανών στην παραγωγή ατμού. Η χρήση θερμαντήρων κατά τη διάρκεια στάσης των μηχανών με τροφοδοσία ηλεκτρικού ρεύματος από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή ρεύματος από την ξηρά, το οποίο προφανώς θα ήταν επίσης οικολογικό να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

3.4.3 Θέρμανση καυσίμου

Η θέρμανση του καυσίμου είναι απαραίτητη στις μηχανές εσωτερικής καύσεως που χρησιμοποιούν υγρά καύσιμα, ώστε το καύσιμο να έχει τη μεγαλύτερη δυνατή θερμική ενέργεια, με αποτέλεσμα την βέλτιστη καύση. Η θέρμανση του καυσίμου πετυχαίνεται χρησιμοποιώντας τα καυσαέρια των μηχανών κατά τη διάρκεια του ταξιδιού ενώ όταν είναι τα πλοία στα λιμάνια και απαιτηθεί με ηλεκτρικούς θερμαντήρες ισχύος μερικών kW.

3.4.4 Καθαρισμός νερού για ρίψη στη θάλασσα

Κάθε πλοίο παράγει λύματα τα οποία βάση κανονισμών μπορούν να αποτεθούν στη θάλασσα σε τέτοια απόσταση από τις ακτογραμμές ανάλογα με την προέλευσή τους. Σε ορισμένους θαλάσσιους τόπους απαγορεύεται η οποιαδήποτε ρίψη λυμάτων, ενώ στα λιμάνια υπάρχουν μονάδες για την απορρόφηση των διαφόρων αυτών λυμάτων και των σκουπιδιών.



Έτσι σε κάθε κρουαζιερόπλοιο υπάρχουν μονάδες καθαρισμού του ακάθαρτου νερού, το οποίο προέρχεται από προηγούμενη χρήση εντός του πλοίου, από τα ντουζ και τους νιπτήρες, τις τουαλέτες, τους χώρους των μαγειρειών και νερό από τα κύτη του πλοίου. Το νερό αυτό πρόκειται να αφεθεί στη θάλασσα, αποκλειστικά και μόνο μετά από επεξεργασία του σε σημείο ώστε να μην αποτελεί πλέον κίνδυνο μόλυνσης του υδροβιότοπου. Τα λύματα αυτά χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με την προέλευση τους και το ποσοστό σωματιδίων που φέρουν. Η επεξεργασία τους γίνεται από ξεχωριστές μονάδες και η κατανάλωση του συστήματος αυτού φτάνει τα 5MW.

Όπως και στα συστήματα παραγωγής πόσιμου νερού έτσι και εδώ, γίνεται χρήση του ατμού και της θερμότητας του νερού ψύξης των μηχανών, με σκοπό τον περιορισμό της ηλεκτρικής κατανάλωσης. Τέλος για περιορισμό αυτής της κατανάλωσης σε πολλά πλοία δεν φιλτράρονται τα λύματα αλλά φυλάσσονται με σκοπό τη μεταφορά τους μέχρι το επόμενο λιμάνι.

3.5 Μαγειρείο

Ο χώρος του μαγειρείου ενός κρουαζιερόπλοιου, αν και απαιτεί σχετικά μικρό ποσοστό από την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, είναι ένας από τους σημαντικότερους τομείς του πλοίου. Εδώ βρίσκονται τα συστήματα συντήρησης των τροφίμων και παρασκευής των ποικίλων γευμάτων τα οποία προσφέρονται στους επιβάτες κάθε μέρα. Σε αυτήν την ομάδα καταναλωτών βρίσκονται τα ψυγεία, οι φούρνοι και όλες οι απαιτούμενες ηλεκτρικές συσκευές για τη δημιουργία των καθημερινών γευμάτων. Σε πολλά από τα κρουαζιερόπλοια υπάρχουν περισσότερα από ένα μαγειρείο, αντίστοιχα εκείνων των μεγάλων ξενοδοχείων. Ο χώρος των μαγειρείων είναι περίπου 1.000 τετραγωνικά μέτρα ενώ στο σύνολο μαζί με τους χώρους αποθήκευσης και σίτισης μπορεί να ξεπεράσει τα 3.000 τετραγωνικά μέτρα.



Ενδεικτικές ποσότητες προϊόντων ετήσιας κατανάλωσης είναι : 1.728.000 αυγά, 420.000 πακέτα δημητριακών, 1.350.000 σακουλάκια τσαγιού, 2.494.758 τόνους καφέ, 11.294.450 τόνους πατάτας. Κατά τη διάρκεια μιας εβδομαδιαίας τυπικής κρουαζιέρας υπάρχει η εξής κατανάλωση προϊόντων :

- 105.000 γεύματα
- 300.680 γλυκά
- 9.100 kg κρέατος
- 5.400 kg κοτόπουλο
- 1.800 kg θαλασσινά
- 29.000 kg φρέσκα λαχανικά
- 16.000 kg φρέσκα φρούτα
- 2.600 kg τυρί
- 28.000 φρέσκα αυγά
- 240.000 κιλά πατάτες
- 18.000 κομμάτια πίτσας
- 8.000 λίτρα παγωτού
- 5.700 λίτρα φρέσκο γάλα
- 11.500 αναψυκτικά
- 19.200 μπουκάλια μπύρας
- 2.900 μπουκάλια κρασί

Για τη συντήρηση, την προετοιμασία και τη διάθεση των παραπάνω προϊόντων, κατά τη διάρκεια μίας κρουαζιέρας, ένα κρουαζιερόπλοιο είναι εφοδιασμένο με πλήθος από καταψύκτες, ψυγεία, φούρνους, φριτέζες, εστίες και πλάκες εψήσεως, μίξερ, θερμοθαλάμους συντήρησης, θαλάμους καπνίσματος των τροφίμων, πλυντήρια (πιάτων, σκευών, ποτηριών), μικροκυματικοί φούρνοι, ψησταριές, τοστιέρες, ψυκτικούς θαλάμους και βιτρίνες θερμαινόμενες ή ψυχόμενες, συσκευές παραγωγής και διατηρήσεις πάγου κ.α. Η κατανάλωση από τα μαγειρεία είναι εξαρτώμενη από το πλήθος των συσκευών, το μέγεθος του πλοίου, την ενεργειακή κλάση των συσκευών κ.α. Η συνολική ηλεκτρική ισχύ που καταναλώνουν όλες αυτές οι συσκευές αγγίζει τα 7MW.

Ενδεικτικά δείχνονται παρακάτω μερικά από τα φορτία του μαγειρείου όπως ο φούρνος διατηρήσεως θερμοκρασίας των γευμάτων 69kW (σχήμα 3.5.1), ψυγείο τροφίμων 64kW (σχήμα 3.5.2), εστίες εψήσεως 15kW (σχήμα 3.5.3), συσκευή παραγωγής πάγου (σχήμα 3.5.4), πλυντήριο πιάτων 65kW (σχήμα 3.5.5) και διατηρητής θερμοκρασίας τροφίμων για παρουσίαση (σχήμα 3.5.6). Πολλές από τις συσκευές είναι δυνατό να λειτουργήσουν ηλεκτρικά ή με φυσικό αέριο, εάν προϋπάρχει.

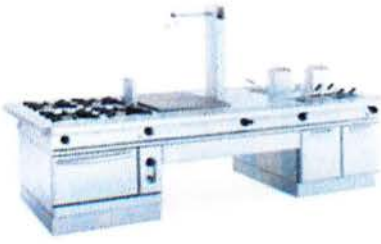
Μερικοί από τους καταναλωτές είτε καταναλώνουν απευθείας ηλεκτρική ισχύ για τη λειτουργία τους όπως τα ψυγεία και οι φούρνοι είτε επιβαρύνοντας άλλους καταναλωτές, όπως ο φωτισμός ή και τα δύο μαζί. Για τη μείωση αυτής της κατανάλωσης γίνεται χρήση φυσικού αερίου και χρήση ατμού καθώς και χρήση συσκευών βέλτιστης ενεργειακής απόδοσης.



Σχήμα 3.5.1



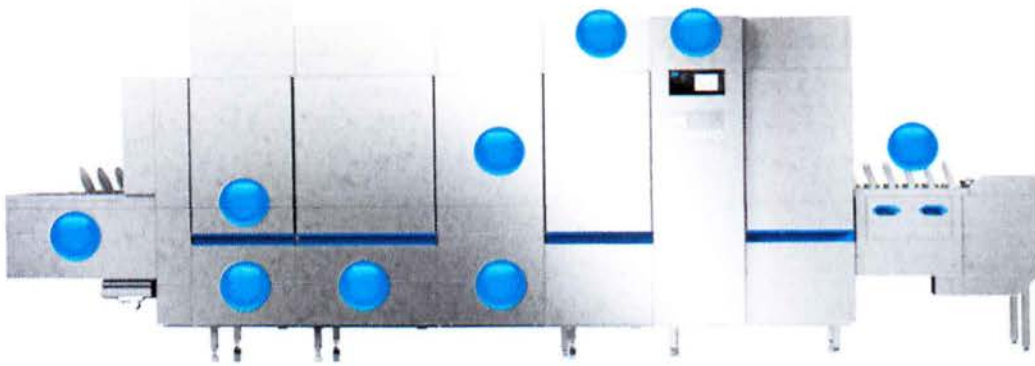
Σχήμα 3.5.2



Σχήμα 3.5.3



Σχήμα 3.5.4



Σχήμα 3.5.5



Σχήμα 3.5.6

3.6 Καταναλώσεις διαμονής και ψυχαγωγίας.

Εδώ βρίσκονται οι καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας του πλοίου που σκοπός τους είναι η εξυπηρέτηση και η ευχάριστη διαμονή των επιβατών. Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται διαφόρων ειδών φορτία από τις καμπίνες του πληρώματος και των επισκεπτών, τον κινηματογράφο, τα εμπορικά καταστήματα και τους λοιπούς χώρους ψυχαγωγίας των επιβατών.



Μέσα στις καμπίνες υπάρχουν διάφορες ηλεκτρικές συσκευές όπως τηλεοράσεις, ραδιόφωνα, σεσουάρ, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τζακούζι και υδρομασάζ κ.α. Τα φορτία μπορεί να συμπεριλαμβάνονται ανάμεσα στους άλλους μεγάλους καταναλωτές, όπως ο φωτισμός, τα κλιματιστικά και η παραγωγή νερού μπορεί να είναι όμως και ξεχωριστοί καταναλωτές όπως τα ηλεκτρονικά παιχνίδια, τα καζίνο και τα μηχανήματα του θεάτρου και του κινηματογράφου και τα φορτία για τα θαλάσσια σπορ, κατανάλωση τάξης μεγέθους των 3MW.

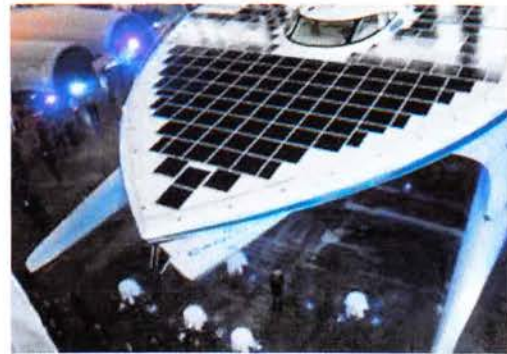
Η κατανάλωση αυτή περιορίζεται κάνοντας χρήση μηχανημάτων χαμηλής κατανάλωσης και βέλτιστης απόδοσης όπως και με περιορισμό της άσκοπης χρήσης με συνδυασμό αυτοματισμών.

4

Δυνατότητα χρήσης «πράσινων» μορφών ενέργειας

4.1 Φωτοβολταϊκά

Μια από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι και τα φωτοβολταϊκά συστήματα. Με τη χρήση του ηλιακού φωτός, το οποίο είναι άφθονο και παρέχεται δωρεάν, μπορούμε να παράγουμε ηλεκτρισμό. Εδώ και αρκετό καιρό γίνεται χρήση τέτοιων συστημάτων είτε για την ηλεκτροδότηση κατοικιών μεμονωμένα είτε για τη συντροφοδότηση του δικτύου ηλεκτροδότησης.



Οι σημερινές τεχνολογικές δυνατότητες δεν επαρκούν για να μας εξασφαλίσουν χαμηλού κόστους παραγωγή και επαρκή ποσότητα ηλεκτρισμού από ηλιακή ενέργεια λόγω του μικρού βαθμού απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Συνεπώς επί του παρόντος είναι αδύνατη η τροφοδότηση ενός κρουαζιερόπλοιου αποκλειστικά και μόνο από φωτοβολταϊκά στοιχεία. Παρ' όλα αυτά έχουν γίνει προσπάθειες τροφοδότησης μέρους της απαιτούμενης ενέργειας.

Σε γενικές γραμμές ένα τυπικό μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό πάνελ καταλαμβάνει 0,7 - 0,8 τετραγωνικά μέτρα για κάθε 100Watt συμπεριλαμβανομένου και του πλαισίου από αλουμίνιο. Συνεπώς θεωρούμε ότι 1KWp φωτοβολταϊκών πάνελ καταλαμβάνει επιφάνεια 7,5 τετραγωνικών μέτρων κατά μέσο όρο. Έχοντας σ' ένα κρουαζιερόπλοιο πολύ μεγάλη ελεύθερη επιφάνεια, μας δίνετε η δυνατότητα τοποθέτησης φωτοβολταϊκών στοιχείων. Για παράδειγμα χρησιμοποιώντας 200 πάνελ Mitsubishi PV – TJ235GA6 (235W) η συνολική ισχύς εξόδου είναι 47KWp. Οι διαστάσεις του κάθε πάνελ είναι 1658 x 994 x 46mm επομένως η απαιτούμενη επιφάνεια είναι 330 τετραγωνικά μέτρα. Το κάθε πάνελ έχει βάρος 20kg δηλαδή θα επιβαρύνουμε το πλοίο κατά 4.000 κιλά. Κατά τη διάρκεια της ημέρας το σύστημα μπορεί να αποδώσει πάνω από 4.000 kWh ανάλογα από τον μήνα και ετήσια απόδοση πάνω από 60.000kWh.

Φωτοβολταϊκά στοιχεία	Ποσότητα (Κομμάτια)	Τύπος	Ισχύς/ μονάδα (W)	Συνολική ισχύς (kW)	Βάρος / κομ (kg)	Συνολικό βάρος (kg)
	200	PV TJ235GA6	235	47	20	4.000

Πίνακας 4.1 Απόδοση με χρήση φωτοβολταϊκών

Παράδειγμα είναι το Celebrity Solstice, το νεότευκτο κρουαζιερόπλοιο της Celebrity Cruises, το οποίο ξεκίνησε την λειτουργία του τον Νοέμβριο του 2008 και είναι το πρώτο κρουαζιερόπλοιο σε όλη τη βιομηχανία κρουαζιέρων που χρησιμοποιεί ηλιακή ενέργεια, καθώς έχει 216 πάνελ συλλογής ηλιακής ενέργειας σε πέντε ξεχωριστές περιοχές του, όπου τροφοδοτεί 7000 LED λάμπες και τα 4 ασανσέρ του κατά τη διάρκεια της ημέρας.



4.2 Ανεμογεννήτριες.

Ανεμογεννήτρια είναι μια περιστροφική διάταξη που εξάγει ενέργεια με τη βοήθεια του ανέμου. Αν η μηχανική ενέργεια χρησιμοποιείται άμεσα από τα μηχανήματα, όπως για άντληση νερού, κοπής ξυλείας ή λείανσης πλίνθων, η μηχανή ονομάζεται ανεμόμυλος. Όταν η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική, η μηχανή ονομάζεται ανεμογεννήτρια. Τέτοιου είδους κατασκευές χρησιμοποιούντουσαν στην αρχαιότητα από διάφορους πολιτισμούς για διαφορετικής μορφής εργασίες, όπως ανεμόμυλοι και αρδευτικές μηχανές.



Τα τελευταία χρόνια με την πρόοδο της τεχνολογίας ο άνθρωπος χρησιμοποίησε αυτές τις μηχανές για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με πιο συνήθεις αυτές του οριζοντίου άξονα. Η παραγόμενη ισχύς είναι ανάλογη με το μέγεθος των μηχανών και φυσικά σημαντικό ρόλο παίζει η ταχύτητα του ανέμου. Με μέσο όρο ταχύτητας τους 20 κόμβους την ώρα, κατά την διάρκεια ενός ταξιδιού, η ταχύτητα του ανέμου θα ήταν επαρκής ώστε ο αέρας να περιστρέψει αυτές τις μηχανές.

Το σημαντικά μεγάλο μέγεθός τους καθιστά αδύνατη τη χρήση ανεμογεννητριών μεγάλου μεγέθους ισχύος. Παρ' όλα αυτά χρησιμοποιώντας έναν αριθμό, μικρότερων ανεμογεννητριών θα ήταν δυνατό η τροφοδότηση ορισμένων καταναλώσεων από αυτές. Ανεμογεννήτριες της τάξης των 0,5 ~ 1KW χρησιμοποιούνται σε μικρού μεγέθους σκάφη αναψυχής για την τροφοδότηση των διαφόρων ηλεκτρικών συσκευών. Με χρήση 4 ανεμογεννητριών FALCON 5.5 kW έχουμε 22 KWp οι διαστάσεις αυτών των μηχανών είναι 4.6 μέτρα διάμετρος, 5.5 μέτρα ύψος και το βάρος για την κάθε μια είναι 985 κιλά. Λειτουργώντας σε άνεμο 40% του ανέμου λειτουργίας και χρήση 365 ημερών η απόδοση του συστήματος είναι 19.000 ~ 70.000kWh το χρόνο.

Ανεμογεννήτριες	Ποσότητα (κομμάτια)	Τύπος	Ισχύς/ μονάδα (Wp)	Συνολική ισχύς (kWp)	Βάρος / κομ (kg)	Συνολικό βάρος (kg)
	4	FALCON 5.5	5.500	22	985	3940

Πίνακας 4.2 Απόδοση με χρήση ανεμογεννητριών

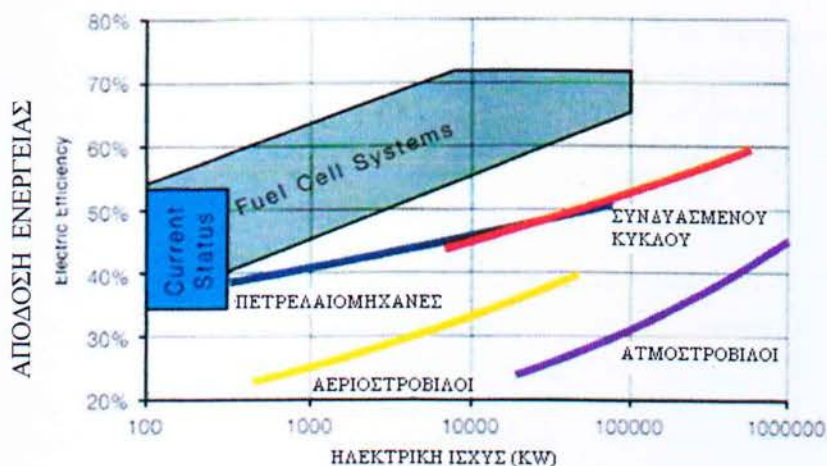
4.3 Εναλλακτικής μορφής καύσιμα.

Το σχήμα που ακολουθεί είναι ενδεικτικό της τάσης απεξάρτησης από τα παραδοσιακά καύσιμα και των παράγωγων του πετρελαίου, που χρησιμοποιούνται σήμερα κατά κόρον. Όλες οι μεγάλες εταιρίες κατασκευής συστημάτων προώσεως πλοίων και παραγωγής ενέργειας σ' αυτά είναι στο στάδιο εξέλιξης μηχανών που θα χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα. Ως εναλλακτικά καύσιμα θεωρούνται το υδρογόνο, η αιθανόλη και το βιοντίζελ.

Το υδρογόνο θεωρείται ως ένα από τα πιο φιλικά προς το περιβάλλον καύσιμα και μία από τις πολλά υποσχόμενες πηγές ενέργειας στο μέλλον. Το υδρογόνο μπορεί να παραχθεί είτε απευθείας από τα ορυκτά καύσιμα είτε από το διαχωρισμό των μορίων του νερού χρησιμοποιώντας ηλεκτρική ενέργεια. Όμως οι μεγάλες απαιτήσεις ενέργειας για την παραγωγή του υδρογόνου τείνουν να ακυρώσουν τα πλεονεκτήματά του ως ένα από τα καθαρότερα διαθέσιμα καύσιμα.

Βιοκαύσιμα ονομάζονται τα καύσιμα για την παραγωγή των οποίων ως πρώτη ύλη χρησιμοποιείται η βιομάζα. Η βιομάζα προέρχεται κυρίως από γεωργικά προϊόντα π.χ. καλαμπόκι, ζαχαροκάλαμο αλλά και από γεωργικά κατάλοιπα όπως φλοιοί δέντρων, κοτσάνια φυτών κτλ. Τα παραγόμενα καύσιμα όπως για παράδειγμα η αιθανόλη έχουν αντίστοιχες ιδιότητες με αυτά που παράγονται από την επεξεργασία του πετρελαίου ή του άνθρακα και για το λόγο αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις υπάρχουσες ναυτικές μηχανές που είναι σχεδιασμένες για τα συγκεκριμένα καύσιμα.

ULO «used lube oil» είναι μία εντελώς διαφορετική προσέγγιση στη χρήση εναλλακτικών καυσίμων με τη χρησιμοποίηση μεταχειρισμένων λιπαντελαίων αναμειγμένων με συμβατικά καύσιμα σε ποσοστό της τάξεως του 5%. Τα μέχρι τώρα πειράματα δεν είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά, είναι όμως ενδεικτικά της κατεύθυνσης προς την οποία κινούνται οι έρευνες για την εξεύρεση εναλλακτικών λύσεων.



4.4 Κυψελίδες καυσίμων

Οι κυψελίδες καυσίμων είναι ηλεκτροχημικοί μετατροπείς ενέργειας, δηλαδή μετατρέπουν τη χημική ενέργεια ενός καυσίμου σε ηλεκτρική. Η μετατροπή αυτή συντελείται χωρίς την ενδιάμεση παραγωγή μηχανικής ενέργειας και την παρουσία καύσης.



Οι κυψελίδες καυσίμων χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο του ηλεκτρολύτη που χωρίζει το ηλεκτρόδιο της ανόδου με αυτό της καθόδου. Έτσι έχουμε τις παρακάτω κατηγορίες:

- Μembrάνη πολυμελούς ηλεκτρολύτη PEM (Polymer Electrolyte Membrane)
- Αλκαλικές AFC (Alkaline Fuel Cell)
- Στερεού οξειδίου SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)
- Φωσφορικού οξειδίου PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell) και
- Υγρού ανθρακικού οξέως MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell).

Όλες οι προαναφερθείσες κατηγορίες παρουσιάζουν κάποια κοινά και πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα που μπορούν να συνοψιστούν παρακάτω:

- είναι φιλικές προς το περιβάλλον εφόσον δεν παράγουν ρύπους,
- παρουσιάζουν υψηλή αξιοπιστία και απαιτούν μικρή συντήρηση μιας και έχουν ελάχιστα κινούμενα μέρη,
- έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης και
- είναι αθόρυβες.

Τα μειονεκτήματά τους είναι :

- το υψηλό κόστος,
- η απαίτηση για υψηλής ποιότητας καύσιμο,
- η αποθήκευση του καυσίμου και ιδιαίτερα του υδρογόνου όπου απαιτούνται υψηλές πιέσεις.

Τα σημερινά συστήματα μπορούν να παράγουν ισχύ της τάξεως των 20 KW ενώ γίνονται μελέτες για συστήματα έως 5MW. Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται από το πολεμικό ναυτικό της Γερμανίας, της Ιταλίας, της Ελλάδας, της Πορτογαλίας και πολλών άλλων χωρών. Το κυριότερο καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι το υδρογόνο το οποίο αντιδρά με το οξυγόνο παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Εκτός από το υδρογόνο χρησιμοποιούνται κοινά καύσιμα όπως το φυσικό αέριο, η αιθανόλη, η βενζίνη κ.α. Ένα ακόμα πλεονέκτημα τους είναι η συμπαραγωγή που μπορεί να πραγματοποιηθεί λόγω της υψηλής θερμοκρασίας λειτουργίας τους, στον κλιματισμό και τη θέρμανση νερού.

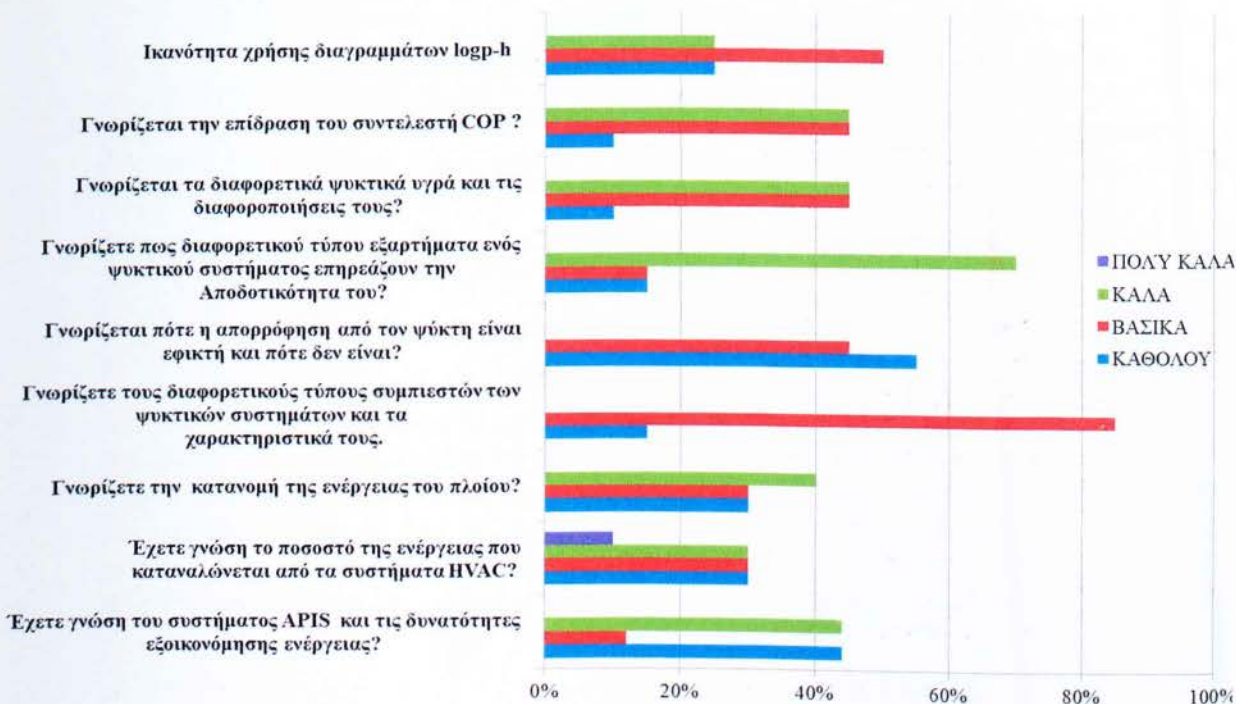
5

Συμβατικοί μέθοδοι εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας

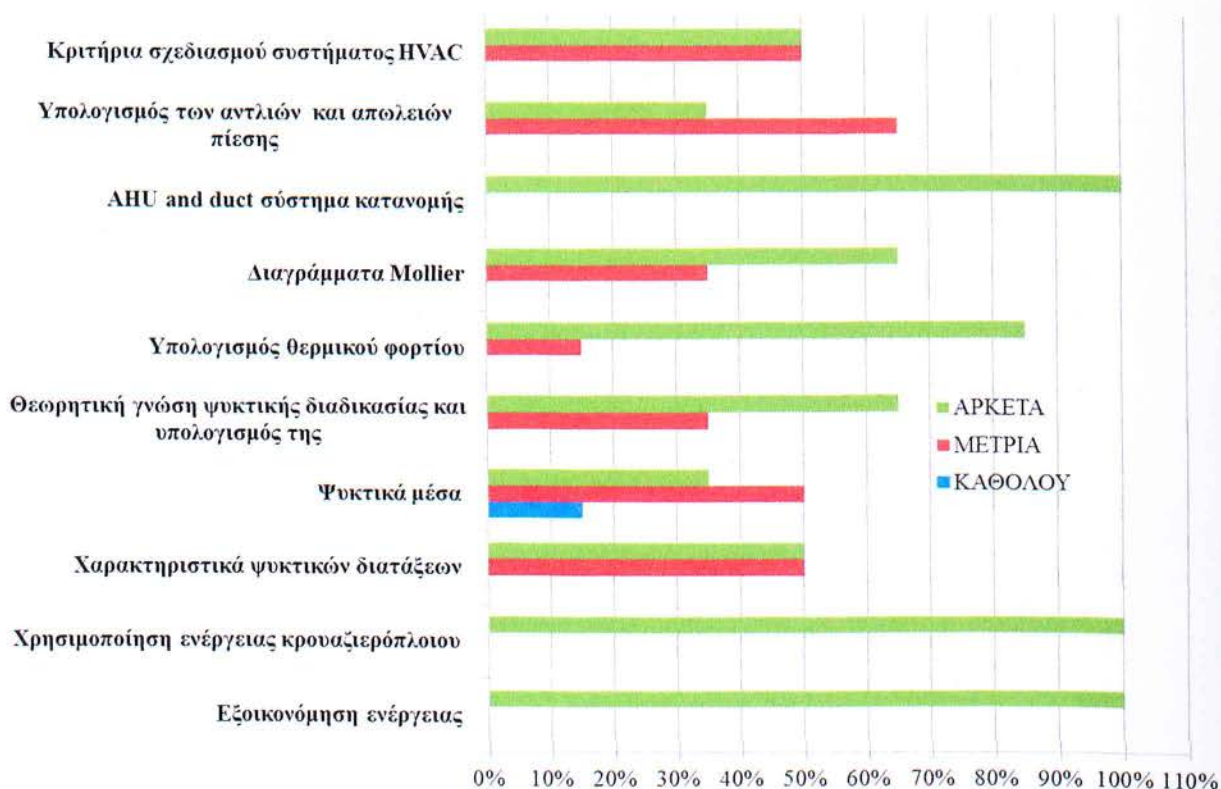
5.1 Σωστή εκπαίδευση προσωπικού

Μέσα από μελέτες, που διεξήχθησαν, για την επάρκεια των γνώσεων του προσωπικού παρατηρήθηκε ότι το προσωπικό δεν ήταν σωστά ενημερωμένο ούτε κατάλληλα εκπαιδευμένο. Όπως παρουσιάζεται και στα παρακάτω ερωτηματολόγια υπήρχαν ελλειπείς γνώσεις για βασικά μέρη του πλοίου.

✓ Ερωτηματολόγιο που συμπληρώθηκε πριν την ενημέρωση



✓ Ερωτηματολόγιο που συμπληρώθηκε μετά από ενημέρωση



Η σωστή εκπαίδευση του προσωπικού αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα στην εξοικονόμηση ενέργειας. Σε παλαιότερης κατασκευής πλοία, τα οποία δε διαθέτουν αυτοματισμούς για τη διαχείριση των φορτίων, ο ανθρώπινος παράγοντας είναι αυτός που ευθύνεται για την άσκοπη χρήση των μηχανημάτων όπως τα κλιματιστικά, τα φώτα και τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Όμως ακόμα και σε πλοία σύγχρονα το προσωπικό μπορεί να μεταφέρει τη γνώση του στους φιλοξενούμενους ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή χρήση των συσκευών και να δημιουργεί οικολογική συνείδηση.

5.2 Χρήση ευφυών συστημάτων διαχείρισης

Από τη δεκαετία του 80' είχαν εφαρμοσθεί σε εγκαταστάσεις με πλήθος φορτίων, όπου υπήρχαν μεγάλες απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια, συστήματα τα οποία έπαιζαν το ρόλο του ανθρώπου στη διαχείριση των διαφόρων φορτίων. Αρχικά είχε εφαρμοσθεί αυτού του είδους η τεχνολογία ως μέσο εξυπηρέτησης για τη διαχείριση ή ακόμα και τη μείωση του προσωπικού της εγκατάστασης παρά για τη μείωση της κατανάλωσης. Μέχρι τότε αυτού του είδους η τεχνολογία δεν ήταν ευρέως γνωστή παρά μόνο σε πολύ μεγάλα ξενοδοχειακά συγκροτήματα, σε ουρανοξύστες και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις λόγω του πολύ υψηλού κόστους εγκατάστασης, συντήρησης και της πολυπλοκότητάς τους. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας δημιουργήθηκαν αυτοματισμοί, οι οποίοι έχουν μικρότερο κόστος αγοράς, απαιτούν μικρότερο χώρο εγκατάστασης και μηδαμινή συντήρηση. Αποτέλεσμα αυτού είναι η χρήση αυτοματισμών σε μικρές εγκαταστάσεις όπως οικίες, καταστήματα, γραφεία και γενικότερα όπου μπορούμε να πετύχουμε μεγαλύτερη άνεση και να δημιουργήσουμε πιο λειτουργικές εγκαταστάσεις.

Η χρήση ευφυών συστημάτων για τη διαχείριση των φορτίων επέφερε ακόμα ένα θετικό αποτέλεσμα, τη μείωση της κατανάλωσης μέσα από την ελαχιστοποίηση της άσκοπης χρήσης, δηλαδή ελαχιστοποίηση της σπατάλης της ηλεκτρικής ενέργειας. Η χρήση τέτοιων συστημάτων σε κρουαζιερόπλοια θα επέφερε οπωσδήποτε εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτός είναι και ο λόγος που οι εταιρείες εγκαθιστούν στις τελευταίες κατασκευές τέτοιους αυτοματισμούς. Τα οικονομικά οφέλη που επιτυγχάνονται δυστυχώς δεν είναι μετρήσιμα, διότι τα ποσά είναι ανάλογα με τη χρήση, το μέγεθος και το είδος των ελεγχόμενων φορτίων.

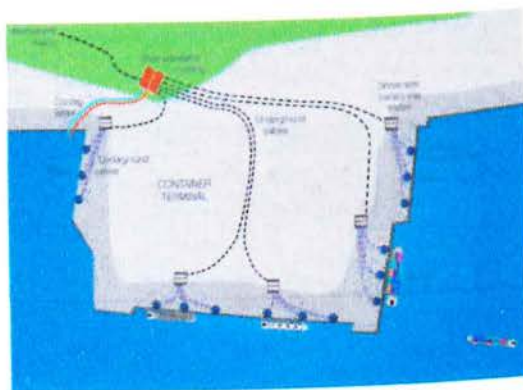
5.3 Ηλεκτροδότηση πλοίων από την ξηρά καθ'όλη τη διάρκεια παραμονής στο λιμάνι.



Πολλές εταιρίες έχουν τροποποιήσει τα κρουαζιερόπλοια ώστε να είναι δυνατή η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδες παραγωγής της ξηράς για όσο καιρό τα κρουαζιερόπλοια παραμένουν προσδεμένα στο λιμάνι. Η απαιτούμενη ενέργεια που χρειάζεται σε αυτές τις περιπτώσεις παράγεται από υδροηλεκτρικά εργοστάσια ή άλλης μορφής εργοστάσια τα οποία είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Για το χρονικό διάστημα που ένα κρουαζιερόπλοιο παραμένει

συνδεδεμένο με την ξηρά δε χρειάζεται να λειτουργούν οι ηλεκτρομηχανές του και οι εργασίες στο πλοίο προχωρούν κανονικά.

Αποτέλεσμα είναι η εξοικονόμηση πετρελαίου και σε συνδυασμό με τις μονάδες παραγωγής πετυχαίνεται μείωση των εκπομπών των ρύπων σε αυτές τις περιοχές. Αυτή τη μέθοδο αρχικά χρησιμοποιούσε το Πολεμικό Ναυτικό για πολλά χρόνια, μέθοδος που υιοθετήθηκε από τις εταιρίες για τα μικρά επιβατικά πλοία και ιδιωτικά σκάφη. Λιμάνια που έχουν



προχωρήσει σε αυτή την τεχνολογία είναι το λιμάνι Juneau στην Αλάσκα το 2001, του Seattle το 2005, του Vancouver, του Los Angeles και του San Francisco. Αναλυτικές πληροφορίες περιλαμβάνονται σε έκθεση με τίτλο “Service contract on ship emissions assignment, Abatement and Market based Instruments: Shore-side electricity”.

Οι τεχνικές απαιτήσεις και διάρθρωσης του συστήματος είναι οι ακόλουθες :

1. Σύνδεση με το εθνικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας τάσεως 20 – 100 KV μέσω τοπικού υποσταθμού όπου η τάση μετασχηματίζεται σε 6 – 20 KV.
2. Καλώδια παροχής ηλεκτρικού ρεύματος υπό τάση 6 – 20 KV από τον υποσταθμό προς τον σταθμό του λιμένα.
3. Μετατροπή ισχύος όπου χρειάζεται ανάλογα με τη συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος κατά την οποία λειτουργεί το πλοίο 50 ή 60 Hz.
4. Καλώδια για τη διανομή του ρεύματος στον σταθμό. Τα καλώδια αυτά είναι δυνατόν να τοποθετηθούν υπογείως.
5. Σύστημα περιέλιξης καλωδίων ώστε να αποφεύγονται οι χειρισμοί καλωδίων υψηλής τάσης και ρευματολήπτης επί του σκάφους για το καλώδιο σύνδεσης.
6. Μετασχηματιστής επί του σκάφους για την μετατροπή του ηλεκτρικού ρεύματος υψηλής τάσεως σε 400 V και διανομή του ηλεκτρικού ρεύματος σε όλο το πλοίο με τις βοηθητικές μηχανές εκτός λειτουργίας.

- **Οφέλη από τη μείωση των εκπομπών**

Η ηλεκτροδότηση από την ξηρά συνιστά δυνατότητα που μπορεί να αξιοποιηθεί για να επιτευχθεί τοπική βελτίωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Από την εκτίμηση των επιπτώσεων προκύπτει μείωση των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων σε 500 θέσεις πλεύρισης για την περίπτωση μεσαίου μεγέθους μηχανών πλοίων. Ένας σημαντικός παράγοντας είναι και η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο. Από την ισχύουσα νομοθεσία του 2010 (2005/33/EK) η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο έχει περιοριστεί μεταξύ 0,1 % και 2,7 %. Από τα παραπάνω προκύπτουν ότι η αξιοποίηση της ηλεκτροδότησης από την ξηρά θα επέφερε συνολικό οικονομικό όφελος μεταξύ 252 και 708 εκατομμυρίων ευρώ ανά έτος εάν η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο ήταν 2,7% και μεταξύ 103 και 284 εκατομμυρίων ευρώ ανά έτος εάν η περιεκτικότητα σε θείο του χρησιμοποιημένου καυσίμου ήταν 0,1 %. Στα στοιχεία αυτά συμπεριλαμβάνονται τα οφέλη από τη βελτίωση της υγείας του πληθυσμού και τη μείωση των υλικών ζημιών εξαιτίας της βελτίωσης των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων.

Επιπρόσθετα οφέλη είναι η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), έως και 30% εάν οι σταθμοί είναι λιγνιτικοί και περισσότερο από 50% εάν λάβουμε υπόψη το σύνολο των σταθμών της Ευρώπης, των εκπομπών μονοξειδίου τα άνθρακα (CO) κατά 99% και των εκπομπών υποξειδίου του αζώτου (N₂O) περισσότερο από 50%. Οι εκπομπές σχεδόν μηδενίζονται, στο 3% των εκπομπών NO_x και στο 90% των εκπομπών SO_x, εάν η απαιτούμενη ισχύ παρέχεται από οικολογικούς σταθμούς. Τέλος, θα εκλείψουν οι δονήσεις και ο θόρυβος από τις βοηθητικές μηχανές των πλοίων των οποίων η στάθμη θορύβου έχει μετρηθεί 90 – 120 dB και θα βελτιωθούν οι συνθήκες για την εκτέλεση των εργασιών συντήρησης από τους μηχανικούς των πλοίων κατά τη διάρκεια παραμονής του πλοίου στο λιμάνι.

- **Κόστος λειτουργίας και δαπάνες κεφαλαίου.**

Το κόστος των συστημάτων για τη δημιουργία και τη χρησιμοποίηση των εγκαταστάσεων ηλεκτροδότησης από την ξηρά κατανέμεται μεταξύ του λιμένα και του πλοίου και ποικίλει σημαντικά ανάλογα με την υπάρχουσα υποδομή ιδίως στην ξηρά.

Το συνολικό κόστος είναι κατά πολύ χαμηλότερο για πλοία με μεγάλες βοηθητικές μηχανές, στα οποία είναι επίσης πιθανό να προκύψουν μεγαλύτερες μειώσεις των εκπομπών ατμοσφαιρικών ρύπων. Είναι επίσης πολύ χαμηλότερο όταν το σύστημα ηλεκτροδότησης από την ξηρά είναι εγκατεστημένο στα νεότευκτα πλοία σε σύγκριση με τα μετασκευασθέντα. Τέλος, η μείωση της φορολογίας του ηλεκτρικού ρεύματος με το οποίο θα τροφοδοτούνται, το οποίο επιτρέπεται σύμφωνα με την οδηγία 2003/96/EK, καθιστά οικονομικώς ελκυστικότερη την ηλεκτροδότηση από την ξηρά. Εάν υποθεθεί ότι θα είναι υψηλότερη η τιμή του καυσίμου και θα φοροαπαλλάσσεται πλήρως η ηλεκτρική ενέργεια για ηλεκτροδότηση από την ξηρά, το συνολικό κόστος θα μειωθεί κατά 80 % σε περίπου 34 εκατομμύρια ευρώ ετησίως.

5.4 Χρήση πυρηνικών αντιδραστήρων.

Μία ακόμα μορφή ενέργειας, που χρησιμοποιείται τη σημερινή εποχή, σε εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ξηράς, σε παγοθραυστικά και σε πολεμικά πλοία είναι μονάδες πυρηνικών σταθμών (Εικόνα 6.4.1). Αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιούν πλοία κυρίως πολεμικά τα οποία έχουν ανάγκη να μείνουν στην θάλασσα για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς ανεφοδιασμό καυσίμων και μεγάλης ταχύτητας πλεύσης.

Οι πυρηνικοί αντιδραστήρες λειτουργούν σε συνδυασμό με τουρμπίνες ατμού, για μεγέθη ισχύς εξόδου που μπορούν να ξεπεράσουν τα 1000MW στη στεριά. Παρ' όλα αυτά, τέτοια ισχύς είναι λογικό ότι δεν μπορεί να παραχθεί μέσα σ' ένα πλοίο λόγω του μεγέθους του σταθμού και τεχνικών παραγόντων. Παρ' ότι αυτή η μέθοδος μπορεί να κρύβει πολλούς κινδύνους, λόγω του κινδύνου πυρηνικής έκρηξης ή έκλυσης ραδιενέργειας, δίνει τη δυνατότητα κατασκευής ακόμη μεγαλύτερων πλοίων και την απεξάρτηση τους από τη χρήση φυσικού αερίου, πετρελαίου και υποπροϊόντων του. Το πρώτο πυρηνικό υποβρύχιο ήταν το USS Nautilus το 1955 και ακολούθησε η κατασκευή του USS Long beach cruiser το 1961 ενώ στη Ρωσία κατασκεύασαν το παγοθραυστικό, με το όνομα Lenin, το 1954.



Εικόνα 5.4.1 Πυρηνικός αντιδραστήρας Πλοίου

5.5 Χρήση LNG (Liquefied Natural Gas) ή αλλιώς φυσικό αέριο.

Το φυσικό αέριο είναι κυρίως μεθάνιο CH₄ που έχει μετατραπεί προσωρινά σε υγρή μορφή για εύκολη αποθήκευση ή και μεταφορά. Είναι άοσμο, άχρωμο, μη τοξικό και μη διαβρωτικό. Ο όγκος του υγροποιημένου αέριου είναι 1/600 σε σχέση με την αέρια κατάσταση πράγμα που βοηθά στην οικονομική μεταφορά του σε σχέση με κατασκευή δικτύου αγωγών, για μεταφορά του αέριου, πράγμα χρονοβόρο και πολυέξοδο. Η ενεργειακή πυκνότητα του υγροποιημένου φυσικού αέριου είναι το 60% σε σχέση με του ντίζελ. Πολύ σημαντικό είναι ότι κατά τη διαδικασία υγροποίησης του απομακρύνονται στοιχεία όπως CO₂, H₂S, νερό, λαδί, υδράργυρος κα. Καθ' όλη τη διάρκεια παραμονής του σε υγρή μορφή είναι σε συνθήκες πίεσης 25kPa 3.6 psi και -260° F.

Το μεθάνιο περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας ανά ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα από κάθε άλλο ορυκτό καύσιμο 1/4, ενώ της βενζίνης για παράδειγμα είναι 1/1,25. Χρησιμοποιώντας φυσικό αέριο πετυχαίνουμε μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα CO₂ σε ποσοστό 25~30% και καλύτερη καύση όσο αφορά τις μηχανές εσωτερικής καύσης. Οι εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα NO_x μειώνονται κατά 85% δημιουργώντας το φαινόμενο της ισχύς καύσης, λόγω της υψηλής αναλογίας που απαιτείται καυσίμου / αέρα από τις μηχανές. Κατά την υγροποίηση του φυσικού αερίου αφαιρείται το θείο από αυτό με αποτέλεσμα την εξάλειψη των εκπομπών θείου SO_x. Χρησιμοποιώντας φυσικό αέριο πετυχαίνουμε ακόμα την μείωση των βλαβερών σωματιδίων των καυσαερίων από τις μηχανές. Τέλος ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την εκμετάλλευση του από τα πλοία είναι πως μέχρι και σήμερα είναι πιο οικονομικό ενώ παράλληλα υπάρχουν πολλά σημεία ανεφοδιασμού των πλοίων με τον αριθμό τους συνεχώς να αυξάνεται.

5.6 Χρήση υδρογόνου.

Το υδρογόνο H₂ δεν είναι μία από τις βασικές πηγές ενέργειας γιατί πρέπει να παραχθεί είτε από μεταρρύθμιση ορυκτών καυσίμων είτε από ηλεκτρόλυση του νερού. Επί του παρόντος το μεγαλύτερο μέρος του υδρογόνου παράγεται σε μεγάλη κλίμακα από την αναμόρφωση καυσίμου υδρογονανθράκων με τη χρήση θερμότητας ή ατμού. Κατά τον δεύτερο τρόπο απαιτούνται πολύ υψηλά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας, παράγοντας που το καθορίζει και ως ακριβό για χρήση. Το υδρογόνο είναι κατάλληλο για κυψέλες καυσίμων και για ειδικά σχεδιασμένους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Μπορεί και αποθηκεύεται με ασφάλεια σε υπόγειες κοιλότητες ή σε δεξαμενές υψηλής πίεσης. Τα οφέλη από τη χρήση είναι μηδενικές εκπομπές ρύπων.

5.7 Σχεδιασμός πλοίου.

Πάνω από το μισό της συνολικής ισχύος απαιτείται για την κίνηση και τον χειρισμό ενός πλοίου, καταναλώνοντας υπέρογκα ποσά καυσίμου και μολύνοντας παράλληλα το περιβάλλον. Εξ' αιτίας αυτού, ο τομέας αυτός χρήζει ανάγκης βελτίωσης. Από μελέτες που έχουν κατά καιρούς διεξαχθεί προκύπτουν οι παρακάτω βελτιώσεις σε σημεία του πλοίου. Όσον αφορά το σχεδιασμό του πλοίου έχουμε τα εξής :

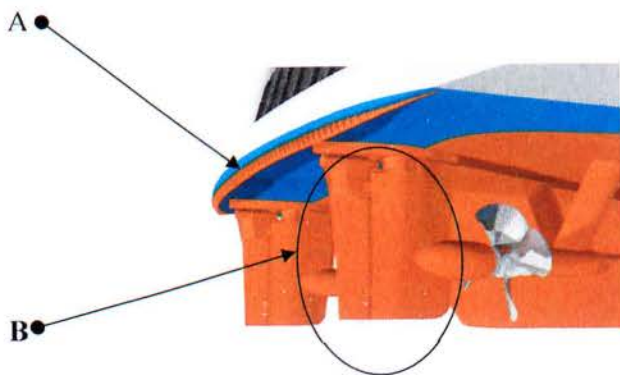
Σωστή μελέτη των διαστάσεων της γάστρας του πλοίου για τη μείωση της τριβής της με τη θάλασσα. Σε πιο επιμήκη γάστρα της τάξεως του 10 – 15% η απαιτούμενη ισχύς μειώνεται κατά 10%.



Μείωση του βάρους με χρήση ελαφρών υλικών όπως το αλουμίνιο επιφέρει μείωση της κατανάλωσης. Με μείωση 20 % του βάρους της κατασκευής επιτυγχάνεται μείωση τουλάχιστον 5% της απαιτούμενης ισχύς για την κίνηση.



Ο «υποκλοπέας» (A) είναι μια μεταλλική πλάκα που προσαρμόζεται κάθετα στο διαμήκη άξονα του πλοίου και καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του πλάτους της τραβέρσας κάμπτοντας την ροή πάνω από το πρυμναίο σώμα δημιουργώντας ανύψωση της μύτης του πλοίου. Αυτό το σύστημα εξοικονομεί ισχύ της τάξεως του 1-5%.



Σύστημα ENERGOPAC (B). Συνδυάζοντας την κίνηση του πλοίου με το πηδάλιο πετυχαίνεται μείωση της απαιτούμενης ισχύς 4%.

Η τοποθέτηση μίας «φτερούγας» τριών έως έξι μέτρων στο πίσω μέρος του πλοίου, επιμηκύνει την υφαλογραμμή δημιουργώντας θετικό αποτέλεσμα στην αντίσταση του πλοίου στο νερό. Σε συνδυασμό με τον «υποκλοπέα» η μείωση της απαιτούμενης ισχύος φτάνει το 10 %.



Η σωστή μελέτη της προπέλας βελτιώνει τις απώλειες λόγω τριβής και σπηλαίωσης κατά 4%. Επιπλέον ο καθαρισμός της προπέλας και του κύτους βοηθούν στην ομαλή λειτουργία και επιφέρουν μείωση της καταναλισκόμενης ισχύς 2 και 3% αντίστοιχα.

6

Παρουσίαση αποτελεσμάτων και συμπεράσματα

6.1 Μελλοντικές επεκτάσεις

Η αλλαγή, από συμβατικές πηγές παροχής ηλεκτρικής ενέργειας σε οικολογικές πηγές είναι δεδομένη και αναγκαία. Ήδη εφαρμόζονται παγκόσμια οικολογικοί μέθοδοι παραγωγής, με τη χρήση ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών πάρκων και με μελέτη και ανάπτυξη μεγαλύτερης ισχύς κυψελίδων καυσίμου, η ίδια τεχνολογία είναι εφαρμόσιμη και στα πλοία αναψυχής. Μετά από 30 χρόνια τα σημερινά καύσιμα είναι σίγουρο ότι θα έχουν χάσει την αξία τους και θα χρησιμοποιούνται μόνο από τους μη προνομιούχους και από τριτοκοσμικές χώρες. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, την αύξηση των αναγκών της ανταλλαγής αγαθών είναι πιθανή η δημιουργία μεγαλύτερων πλοίων που θα συνδυάζουν την αναψυχή των ανθρώπων και την παράλληλη μεταφορά αγαθών.

Ως θέμα μελλοντικής έρευνας παρατίθενται τα παρακάτω :

- Μελέτη νέου σχεδιασμού πλοίων, όσο αφορά την αεροδυναμική και την αντίσταση μεταξύ νερού.
- Συστημάτων ανύψωσης πλοίων από το νερό τύπου hover craft
- Πλοία συνδυασμένου τύπου, αναψυχής – μεταφοράς αγαθών
- Εξέλιξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για περιορισμό του βάρους και μείωσης της απαιτούμενης επιφάνειας για την ίδια ισχύ καθώς και αύξηση της απόδοσης των συστημάτων.

6.2 Σύνοψη και συμπεράσματα

Σε αυτή την εργασία έγινε καταγραφή των ενεργοβόρων περιοχών ενός κρουαζιερόπλοιου και παρουσιάστηκε το μέγεθος της απαιτούμενης ισχύος και των διαφόρων φορτίων για τη σωστή λειτουργία του. Έγινε αναφορά σε μεθόδους μείωσης της ζητούμενης ενέργειας όπως και παραγωγή ενέργειας από «πράσινες» πηγές.

Η ηλεκτρική ή υβριδική κίνηση δηλαδή ο συνδυασμός ντίζελ μηχανών, μπαταριών, κυψελίδων καυσίμου και άλλων μορφών ενέργειας όπως ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά πάνελ, ελεγχόμενα από ένα αυτοματοποιημένο σύστημα σωστής διαχείρισης μειώνει τους παραγόμενους ρύπους σε σημαντικά ποσοστά. Για παράδειγμα NOx – 78% , CO2 – 30% , σωματίδια – 83%. Με τη χρήση μηχανημάτων λιγότερο ενεργοβόρων, η εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί είναι εξαρτώμενη από τα φόρτια που αντικαθιστούνται. Ακόμα ένα υβριδικό σύστημα εκμετάλλευσης των καυσαερίων και ανάκτησης ισχύος από τα καυσαέρια μπορεί να ωφελήσει στην παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος έως και 10%. Η δημιουργία οικολογικών πηγών μεγάλης ισχύος είναι αναγκαία. Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από «πράσινες» πηγές γίνεται ευρέως γνωστή και τα παραγόμενα ποσά αυξάνονται. Όμως οι απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια, που απαιτείται από τα κρουαζιερόπλοια, είναι πολύ δύσκολο στο άμεσο μέλλον να καλυφθούν από τις ανανεώσιμες πηγές που μέχρι σήμερα γνωρίζουμε. Τέλος η δυνατότητα ηλεκτρικής σύνδεσης των πλοίων σε όλα τα λιμάνια όπου είναι εφικτό είναι ένα κύριο θέμα όχι μόνο για τον οικονομικό περιορισμό της σπατάλης αλλά και για περιορισμό των εκπομπών των ρύπων.

Συνοπτικά και όπως παρουσιάζονται τα στοιχεία στον παρακάτω πίνακα 6.3 παρατηρούμε ότι η ηλεκτρική ισχύ η οποία παράγεται από οικολογικές μορφές ενέργειας είναι πολύ μικρή μπροστά στην αναγκαία ηλεκτρική ισχύ για την τροφοδότηση ενός κρουαζιερόπλοιου. Παρ' όλα αυτά με χρήση αυτοματισμών και συσκευών καλύτερης ενεργειακής κλάσης μειώνεται αυτό το μέγεθος και η κατανάλωση καυσίμου. Όπως παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 4, οι οικολογικές πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι :

1^{ον} Με φωτοβολταϊκά στοιχεία, όπως υπολογίσαμε στο κεφάλαιο 4, μπορούμε να δούμε και στον πίνακα 6.1 ότι δίνουν τη δυνατότητα παραγωγής 47kW μόνο με χρήση 200 φωτοβολταϊκών πάνελ.

Ποσότητα (Κομμάτια)	Τύπος	Ισχύς/ μονάδα (W)	Συνολική ισχύς (kW)	Βάρος / Κομ (kg)	Συνολικό βάρος (kg)
200	PV TJ235GA6	235	47	20	4.000

Πίνακας 6.1 Παραγωγή ενέργειας από φωτοβολταϊκά στοιχεία.

2^{ον} Η χρήση ανεμογεννητριών είναι πιθανή και αποφέρει ηλεκτρική ισχύ άνω των 20 kW έτσι όπως υπολογίσαμε στο κεφάλαιο 4 και παρουσιάζεται και στον πίνακα 6.2.

Ποσότητα (κομμάτια)	Τύπος	Ισχύς/ μονάδα (Wp)	Συνολική ισχύς (kWp)	Βάρος / Κομ (kg)	Συνολικό βάρος (kg)
4	FALCON 5.5	5.500	22	985	3940

Πίνακας 6.2 Παραγωγή ενέργειας από ανεμογεννήτριες .

3^{ον} Με κυψελίδες καυσίμων έχουμε την δυνατότητα παραγωγής από 20 έως και 200kW ενώ από τις εταιρείες έχει τεθεί στόχος η δημιουργία κυψελίδων καυσίμου, με ικανότητας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έως και 5MW.

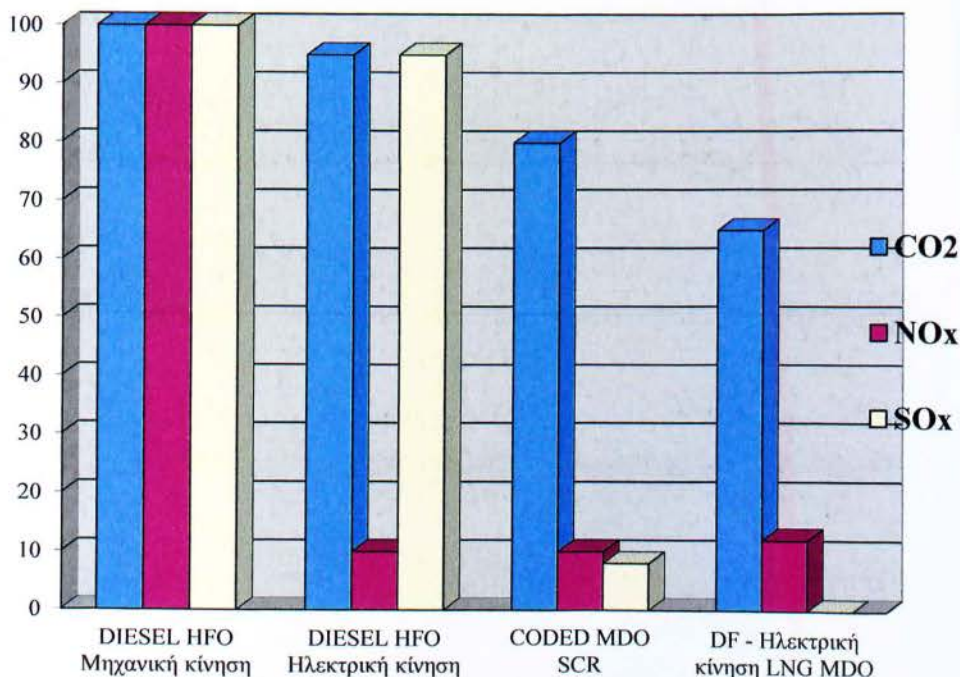
Μέσο ενέργειας	Παραγόμενη ισχύς (kW)	Βάρος (kg)
Φωτοβολταϊκά	47	4.000
Ανεμογεννήτριες	22	3.940
Κυψελίδες καυσίμων	«Μέχρι στιγμής» 20	
Σύνολο	89	7.940+

Πίνακας 6.3 Συνολική απόδοση με χρήση «πράσινων» πηγών

- Συνοψίζοντας τους ενεργοβόρους τομείς του πλοίου και τις μεθόδους μείωσης της κατανάλωσης έχουμε.

✓ Για την ηλεκτρική κίνηση

Η κίνηση του πλοίου κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό, έως και **70%** ανάλογα με τα λοιπά φορτία και την τεχνολογία του πλοίου, της συνολικής κατανάλωσης. Αυτή την υψηλή κατανάλωση καυσίμου των μηχανών πρόωσης, στα πλοία που η μετάδοση είναι μηχανική, την περιορίζουμε χάρη στην χρήση της ηλεκτρικής κίνησης και με συνδυασμό συστημάτων. Στο σχήμα 6.4 παρουσιάζονται και τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση των διαφόρων συστημάτων. Κάθε ένα από αυτά τα συστήματα απευθύνεται σε διαφορετικού προφίλ χρήσης πλοία. Η εξοικονόμηση που μπορεί να επιτευχθεί είναι από **1** έως **10%** από μετατροπή της μηχανικής μετάδοσης κίνησης δυο πετρελαιομηχανών σε ηλεκτρική κίνηση του πλοίου ή με συνδυασμό μηχανικής κίνησης (CODED). Η ηλεκτρική κίνηση επιφέρει ακόμα τα εξής προτερήματα. Α) δεν είναι αναγκαία τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη τα οποία χρειάζονται στην μηχανική κίνηση για την τροφοδότηση του πλοίου. Β) δεν υπάρχει περιορισμός στην εγκατάσταση, της θέσης των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών. Γ) καλύτερη πλευστότητα και έλεγχο πλοίου. Την κατανάλωση της κίνησης την περιορίζουμε ακόμα περισσότερο και με άλλες μεθόδους όπως : Α) με καθαρισμό της γάστρας και της προπέλας. Β) με προγραμματισμό του δρομολογίου, αποφεύγοντας ακραίες καιρικές συνθήκες.



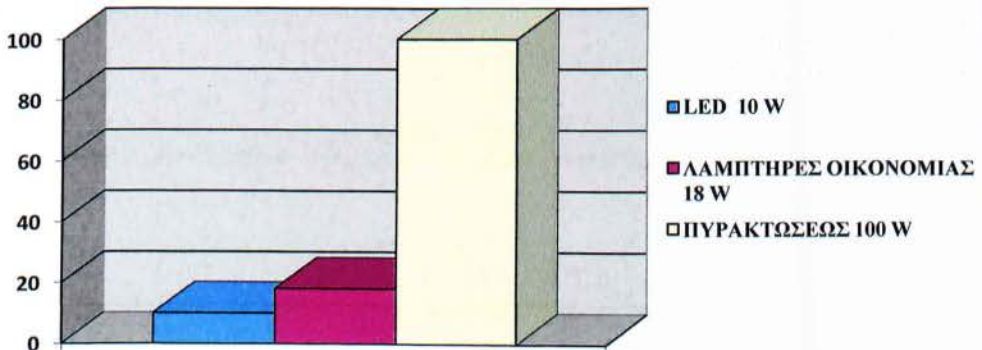
Σχήμα 6.4 Το σύνολο των εκπομπών των μηχανών και από τους λέβητες λαδιού.

✓ **Για την Ψύξη, τη θέρμανση και τον αερισμό του πλοίου**

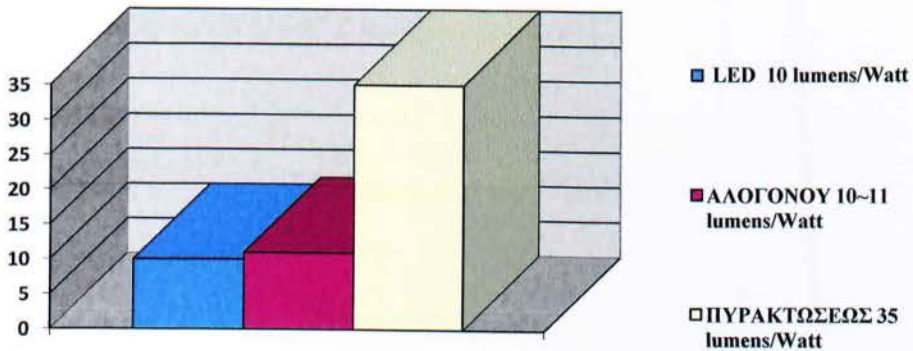
Το σύστημα HVAC του πλοίου (αερισμός, ψύξη, θέρμανση), είναι δεύτερο στη λίστα με τη μεγαλύτερη κατανάλωση. Σε παλαιού τύπου πλοία το σύστημα HVAC καταναλώνει το ίδιο ποσοστό όσο καταναλώνουν μαζί όλα τα λοιπά συστήματα του πλοίου. Αυτή η κατανάλωση μειώνεται χάρη στη βελτίωση της απόδοσης των συστημάτων, στη χρήση ευφυών συστημάτων διαχείρισης των μηχανημάτων και στην μελέτη και εγκατάσταση μεμονωμένων μικρότερων συστημάτων στις καμπίνες και στους χώρους του πλοίου με τη μικρότερη χρήση, όπως εστιατόρια τα οποία έχουν περιορισμό στο ωράριο λειτουργίας. Ακόμα ένας παράγοντας μείωσης της κατανάλωσης είναι η χρήση αντηλιακών μεμβρανών στα παράθυρα και μείωση της επιφάνειας τους σε συνδυασμό με μεγαλύτερα μπαλκόνια για μεγαλύτερη σκιάσή τους. Η χρήση λαμπτήρων LED ή οικονομίας βοηθάει στην μείωση της θέρμανσης του χώρου, επομένως και στην μείωση της απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύς για ψύξη.

✓ Για τον φωτισμό

Ο φωτισμός κατατάσσεται τρίτος στη λίστα με τη μεγαλύτερη κατανάλωση σ' ένα κρουαζιερόπλοιο. Τα τελευταία χρόνια πετυχαίνεται μείωση αυτής της κατανάλωσης εξ' αιτίας της χρήση λαμπτήρων οικονομίας ή LED σε ποσοστό που φτάνει το **80%**. Ένας ακόμα παράγοντας που συμβάλει στην μείωση της κατανάλωσης είναι ο σχεδιασμός των θέσεων και του αριθμού των λαμπτήρων που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να επιτύχει η μέγιστη δυνατή απόδοση φωτισμού. Η μείωση όμως της κατανάλωσης ισχύος (Σχήμα 6.5) δεν είναι το μοναδικό μέγεθος που αξίζει να αναφερθούμε αλλά και η ένταση φωτισμού (Σχήμα 6.6) των λαμπτήρων για την ίδια ισχύ.



Σχήμα 6.5 Κατανάλωση ισχύος διαφόρων τύπου λαμπτήρων



Σχήμα 6.6 Ένταση φωτισμού λαμπτήρων

6.3 Επίλογος

Θεωρώντας ότι, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έστω και λίγων KW μέσω της χρήσης «πρασίνων» πόρων ή και μείωση ισχύος, των εγκαταστημένων φορτίων ή αντικατάστασής τους, με αντίστοιχων επιδόσεων, καλύτερης απόδοσης είναι ένα μεγάλο βήμα για εξοικονόμηση ενέργειας και με οτιδήποτε αυτό συνεπάγεται. Έτσι μπορούμε να απαντήσουμε θετικά στο πρώτο ερώτημα που τέθηκε εάν είναι δυνατόν να εξοικονομήσουμε ενέργεια. Παρά το γεγονός ότι με την παρούσα τεχνολογία, τα ποσά από τις οικολογικές πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ μικρά, σε σχέση με την απαιτούμενη ισχύ, η δυνατότητα εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας είναι πιθανή συνάμα και αναγκαία. Η χρήση «πράσινων» συστημάτων σ' ένα κρουαζιερόπλοιο είναι εφικτή ιξού και η προσπάθεια κάποιων εταιρειών που πειραματίζονται με τη χρήση φωτοβολταϊκών πάνελ.

Παρ' όλα αυτά αν δεν γίνει μέριμνα από τα διάφορα κράτη για την ψήφιση νόμων που να επιβάλουν την μείωση της ρύπανσης και της κατανάλωσης πετρελαίου και φυσικού αερίου από τα κρουαζιερόπλοια είναι αβέβαιο αν οι εταιρείες θα συμμορφωθούν και θα συμπεριλάβουν τέτοιου είδους μελέτες λόγω του μέχρι σήμερα αυξημένου κόστους εγκατάστασης και συντήρησης όλων των παραπάνω πόρων καθώς και αντικατάστασης των ήδη υπαρχόντων συστημάτων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Σχετικές εργασίες.

“Energy Management Onboard Cruise Ships”, RINA 21 Ιουλίου 2006

Τον Ιούλιο του 2006 δημοσιεύτηκε μία εργασία από τον ιταλικό οργανισμό RINA S.p.A με τίτλο “Energy management onboard cruise ships” δηλαδή “Διαχείριση της ενέργειας σε κρουαζιερόπλοια”. «RINA» είναι τα αρχικά του ιταλικού οργανισμού ο οποίος είναι υπεύθυνος για τα εγγεγραμμένα σκάφη της Ιταλίας στον τομέα της πιστοποίησης, εκπαίδευσης, ανάπτυξης και έρευνας στο θαλάσσιο χώρο. Ο οργανισμός ιδρύθηκε το 1989 με σκοπό την προστασία της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα καθώς και του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Από την παραπάνω εργασία ελήφθησαν σημαντικές πληροφορίες οι οποίες και χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία για την πληρότητά της (ο ιστότοπος του οργανισμού είναι <http://www.rina.org>)

“Technological aspects of green shipping” SIEMENS Μάρτιος 2008

Η μελέτη της γνωστής εταιρείας SIEMENS με τίτλο “Technological aspects of green shipping” δηλαδή “τα αναμενόμενα οφέλη από την χρήση πράσινης τεχνολογίας” (Μάρτιος 2008) περιέχει σημαντικό όγκο πληροφοριών για τις δυνατότητες που υπάρχουν στην εξοικονόμηση ενέργειας πλοίων από τη σύγχρονη τεχνολογία. Η μελέτη αυτή δίνει έμφαση στον τομέα των μηχανών των πλοίων και όχι μόνο.

“Το ενεργειακό πρόβλημα και η περιβαλλοντική του διάσταση στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών”, Ανθυποπλοίαρχος Γεώργιος Γκουγκουλίδης, Οκτώβριος 2008.

Μια ελληνική έρευνα με τίτλο “Το ενεργειακό πρόβλημα και η περιβαλλοντική του διάσταση στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών” από τον Ανθυποπλοίαρχο Γεώργιο Γκουγκουλίδη (Οκτώβριος 2008) παρείχε επίσης πλήθος στοιχείων και σχετική βιβλιογραφία. Σε αυτή την εργασία έγινε αναφορά τόσο στις λεγόμενες «πράσινες» μορφές ενέργειας, οι οποίες εφαρμόζονται στην πράξη σε ποικίλου μεγέθους πλοία και σε λοιπές εφαρμογές που τείνουν προς αυτήν την κατεύθυνση αν και είναι ακόμα σε εργαστηριακή έρευνα.

ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ

MARPOL (MARINE POLLUTION) : Διεθνής σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης από πλοία

SECAs : ECAs (1.7.2010): EMISSION CONTROL AREAS

DF – Engines (Dual Fuel Engines)

SCR (Selective Catalytic Reduction)

LNG (Liquefied Natural Gas)

MGO (Marine Gas Oil) - roughly equivalent to No. 2 fuel oil, made from distillate only

MDO (Marine Diesel Oil) - A blend of heavy gasoil that may contain very small amounts of black refinery feed stocks, but has a low viscosity up to 12 cst so it need not be heated for use in internal combustion engines

IFO (Intermediate Fuel Oil) A blend of gasoil and heavy fuel oil, with less gasoil than marine diesel oil

MFO (Marine Fuel Oil) - same as HFO (just another "naming")

HFO (Heavy Fuel Oil) - Pure or nearly pure residual oil, roughly equivalent to No. 6 fuel oil

IFO 380 - Intermediate fuel oil with a maximum viscosity of 380 Centistokes

IFO 180 - Intermediate fuel oil with a maximum viscosity of 180 Centistokes

LS 380 - Low-sulphur (<1.5%) intermediate fuel oil with a maximum viscosity of 380 Centistokes

LS 180 - Low-sulphur (<1.5%) intermediate fuel oil with a maximum viscosity of 180 Centistokes

GT (ολική χωρητικότητα) = **K** (συντελεστής ανάλογος με τον όγκο του πλοίου) * **V** (συνολικός όγκος πλοίου σε m³)

Λίστα κρουαζιερόπλοιων

ΟΝΟΜΑ ΠΛΟΙΟΥ	ΠΑΡΟΙΚΗΤΗΡΙΑ ΕΤΑΙΡΕΙΑ	ΜΕΓΕΘΟΣ	ΗΜ/ΝΙΑ	ΧΩΡΗΤ/ΤΑ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ	ΙΣΧΥΣ (MW)
Oasis of the Seas	Royal Caribbean International	225.282	2009	7.565	22.6	155
Allure of the Seas	Royal Caribbean International	225.282	2010	5.400		
Freedom of the Seas	Royal Caribbean International	154.407	2006	5.730	21.6	76
Liberty of the Seas	Royal Caribbean International	154.407	2007	5.670	21.6	
Independence of the Seas	Royal Caribbean International	154.407	2008	5.730	23	
Norwegian Epic	Norwegian Cruise Line	153.000	2010	5.908	22	
Queen Mary 2	Cunard Line	148.528	2003	4.309	29.62	117
TBA Princess	Princess Cruises	141.000	2013			
TBA Princess	Princess Cruises	141.000	2014			
MSC Favolosa	MSC Cruises	139.000	2012	3.900		
Navigator of the Seas	Royal Caribbean International	138.279	2002	4.327		
Mariner of the Seas	Royal Caribbean International	138.279	2003	4.299	24	75
Explorer of the Seas	Royal Caribbean International	137.308	2000	4.294	23.7	
Voyager of the Seas	Royal Caribbean International	137.276	1999	2.138		
Adventure of the Seas	Royal Caribbean International	137.276	2001	2.114		75,6
MSC Fantasia	MSC Cruises	135.000	2008	5.213	21	80
MSC Splendida	MSC Cruises	133.000	2009	5.213	21	
Carnival Dream	Carnival Cruise Lines	130.000	2009	5.021	22.5	75
Carnival Magic	Carnival Cruise Lines	130.000	2011	3.652		
Carnival Breeze	Carnival Cruise Lines	130.000	2012	3.652		
Disney Dream	Disney Cruise Line	128.000	2011	5.500	22	
Disney Fantasy	Disney Cruise Line	128.000	2012	5.500		
Celebrity Solstice	Celebrity Cruises	122.000	2008	4.350	24	
Celebrity Equinox	Celebrity Cruises	122.000	2009	4.100	24	91,4
Celebrity Eclipse	Celebrity Cruises	122.000	2010	4.121	24	67,2
Celebrity Silhouette	Celebrity Cruises	122.000	2011	2.850		
Celebrity TBA	Celebrity Cruises	122.000	2012	285		
Ruby Princess	Princess Cruises	116.000	2008	3.080		
Azura	P&O Cruises	116.000	2010	4.318		
Diamond Princess	Princess Cruises	115.875	2004	4.312		
Sapphire Princess	Princess Cruises	115.875	2004	3.770	22	
Costa Concordia	Costa Cruises	114.500	2006	4800	21.5	
Costa Serena	Costa Cruises	114.500	2007	3700		
Costa Pacifica	Costa Cruises	114.500	2009	3700		
Costa Favolosa	Costa Cruises	114.500	2011	3700		
Costa Fascinosa	Costa Cruises	114.500	2012	3700		
Carnival Splendor	Carnival Cruise Lines	113.000	2008	4156	21	
Crown Princess	Princess Cruises	113.000	2006	4281	21.5	
Emerald Princess	Princess Cruises	113.000	2007	4314	21.5	
Ventura	P&O Cruises	113.000	2008	3092		
Caribbean Princess	Princess Cruises	112,894	2004	4822	22	84
Carnival Conquest	Carnival Cruise Lines	110.000	2002	4134		126
Carnival Glory	Carnival Cruise Lines	110.000	2003	4134	22.5	128,8

Carnival Valor	Carnival Cruise Lines	110.000	2004	4154	22.5	126,8
Carnival Liberty	Carnival Cruise Lines	110.000	2005	4124	22.5	126,8
Carnival Freedom	Carnival Cruise Lines	110.000	2007	4124	21	
Golden Princess	Princess Cruises	109.000	2001	3700	22.5	84
Star Princess	Princess Cruises	108.977	2002	2600		
Grand Princess	Princess Cruises	108.806	1998	3700	22.5	
Costa Fortuna	Costa Cruises	105.000	1003	3747	20	
Costa Magica	Costa Cruises	105.000	2004	2672		
Carnival Victory	Carnival Cruise Lines	102.000	2000	3678	22,4	68
Carnival Triumph	Carnival Cruise Lines	101.509	1999	3678	22,4	68
Carnival Destiny	Carnival Cruise Lines	101.353	1996	3682		
Celebrity Millenium	Celebrity Cruises	91.000	2001	3949	24	50
Celebrity Summit	Celebrity Cruises	90.280	2001	3449	24	50
MS Brilliance of the Seas	Royal Caribbean	90.090	2002	3360		
Brilliance of the Seas	Royal Caribbean Radiance	90.090	2002	3360		
		90.000	2007	2914	23,7	63,4
MS Arcadia	P&O	86.799	2004	3364		
MV Celebrity Mercury	Celebrity Cruises	77.713	1997	1886		
MV Aurora	P&O	76.152	2000	2800		58
Carnival Ecstasy	Carnival Cruise Lines	70.367	1991	3554		
Carnival Fascination	Carnival Cruise Lines	70.367	1994	3554		
Carnival Fantasy	Carnival Cruise Lines	70.367	1990	3595		
Carnival Elation	Carnival Cruise Lines	70.367	1998	2972		
AIDA luna	AIDA Cruises	68.500	2009	2707		114
AIDA diva	AIDA Cruises	68.500	2007	2696		
MS Amsterdam	Holland America	61.000	2000	2027		
Asuka II	Nippon Yusen Kaisha	50.142	2006	2005		
Canberra	P&O	49.073	1961	2532		
Celebration	Carnival Cruise Line	48.000	1987			
Artemis	P&O Cruises	44.348	2005	1797		92.8
Balmoral	Fred. Olsen Cruise Lines	43.537	1988	2249		
AIDAaura	AIDA Cruises	42.289	2003	1718		
AIDA vita	AIDA Cruises	42.289	2002	1292		
Aida	AIDA Cruises	38.531	1999			
AIDA cara	AIDA Cruises	38.531	2005	1546		43
MS Bahamas Celebration	Celebration	35.483	1981	1900		
Atlantic	Home Lines	35.143	1981			
MS Birka Paradise	Birka Line	34.728	2004	1800		23
MS Birka Paradise	Birka Line	34.728	2004	1800		
Azamara Journey	Azamara Cruises	30.277	2007	1111		
Azamara Quest	Azamara Cruises	30.277	2000	1057		
Azamara Quest	Azamara Cruises	30.277	2000	957		
Amadea	Phoenix Reisen	28.717	2006	916		
Black Watch	Fred. Olsen Cruise Lines	28.613	1972	820		
Boudicca	Fred. Olsen Cruise Lines	28.388	1973	1220		

Birka Queen	Birka Line	28.078	1992	
Andes	Royal Mail Line	27.000	1959	
Caronia	Cunard Line	24.292	1999	
Caribe I	Commodore Cruise Line	23.979	1981	
Aquamarine	Louis Cruise Lines	23.149	2005	1231
Arielle	Transicean Tours	23.149	2005	
Asia Star	Asia Cruises	20.295	1992	
Calypso I	Ulysses Line	20.204	1975	
Arosa Sky	Arosa Line	20.000	1950	
Alexandr Pushkin	Baltic Shipping Company	19.860	1965	
Braemar	Fred, Olsen Cruise Lines	19.089	2001	1387
Arkona	Various	18.853	1985	
Astor	Hadag Cruise Line /Safmarine	18.853	1981	950
Astoria	Transicean Tours	18.853	2002	
SS Britania	Chandris Lines	18.017	1970	
Amerikanis	Chandris- Cruises/Costa Cruises	17.041	1967	920
Arkadia	Blasco UK	16.331	1996	
Azerbaijan	Black Sea Shipping Company	16.331	1975	
Club I	Club Cruise	16.331	1999	
Amélia de Mello	Sociedade Geral lines	13.007	1966	
Ausonia	Louis Cruise Lines	11.879	1956	965
Aegean Odyssey	Voyages to Antiquity	11.563	1973	560
Black Prince	Fred, Olsen Cruise Lines	11.209	1966	672
The Calypso	Louis Cruise Lines	11.162	1967	740
Arosa Star	Arosa Star	10.000	1930	
Clipper Odyssey	Clipper Group	5.218	1989	
Clipper Adventure	Clipper Group	4.376	1975	194
Celebrity Expedition	Celebrity Cruises	2.329	2004	164

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Manwell, J.F, “Wind Energy Explained”. Wiley John & Sons Ltd, 2002
- [2] Photovoltaic Engineering Handbook. Publishing Ltd: F.Lasnier & T.G. Ang, 1990.
- [3] Wartsila Marine news (www.wartsila.com)
- [4] www.cruiseindustrynews.com
- [5] www.cunardcruises.gr/gr/
- [6] en.wikipedia.org/wiki/RMS_Queen_Mary_2
- [7] www.abb.com/marine
- [8] www.imtech.eu/eCache/DEF/13/746.bGFuZz1FTg.html
- [9] www.polychronidis.gr/gr/index.php
- [10] www.eepublishers.co.za/view.php?sid=16748
- [11] www.groovygreen.com/groove/?p=2385
- [12] news.mongabay.com/bioenergy/2007/04/eu-plans-unilateral-shipping-emissions.html
- [13] www.oceanlinermuseum.co.uk/
- [14] www.n-e-d.com/news_press.html
- [15] www.groovygreen.com/groove/?p=3373
- [16] www.usatoday.com/travel/cruises/item.aspx?type=blog&ak=61483036.blog
- [17] www.euractiv.com/en/transport/eu-plans-shipping-emissions-cap/article-163229
- [18] www.hexicon.eu/images/stories/pdfs/energy_saving_for_cruise_ships_qeii.pdf
- [19] www.fas.org/man/dod-101/sys/ship/eng/reactor.html
- [20] www.fas.org/sgp/crs/weapons/RL33946.pdf
- [21] www.nfrcr.uci.edu/2/FUEL_CELL_INFORMATION/FCexplained/Fuels.aspx
- [22] www.vacon.com/Default.aspx?id=473324