

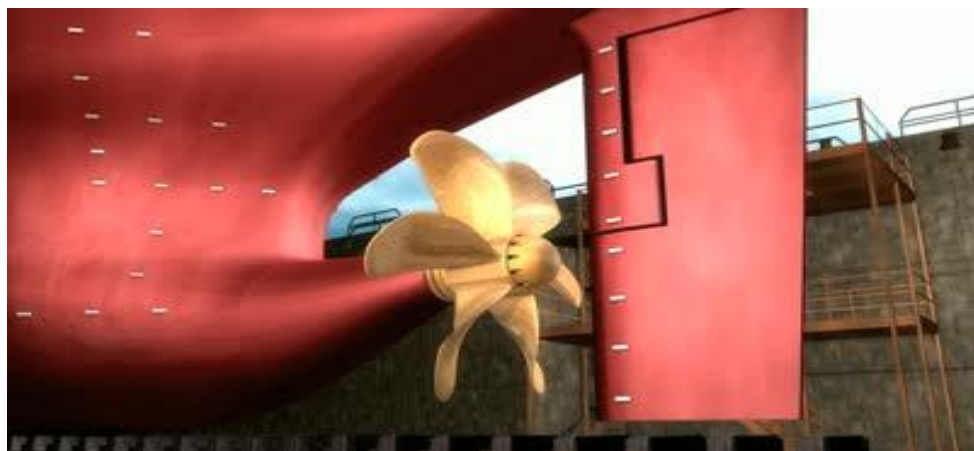
ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
ΠΡΟΩΣΗΣ ΠΛΟΙΩΝ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
ΝΟΥΤΣΟΣ ΜΑΤΘΑΙΟΣ
ΑΓΜ: 4577
ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΑΓΜ: 4601

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΟΡΜΠΑΤΖΙΔΗΣ Α.



ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ, 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον διοικητή της σχολής, τον διευθυντή σπουδών, τον επιβλέπων καθηγητή, τους εξεταστές και λοιπούς συντελεστές της Α.Ε.Ν. Μακεδονίας για την βοήθεια, προσφορά και υποστήριξη αυτής της πτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	σελ 3
Abstract.....	σελ 3
Πρόλογος.....	σελ 4
Κεφάλαιο 1: Κωπήλατα πλοία.....	σελ 6
Κεφάλαιο 2: Ιστιοφόρα πλοία.....	σελ 12
Κεφάλαιο 3: Η εποχή του ατμού.....	σελ 26
Κεφάλαιο 4: Μηχανές εσωτερικής καύσης.....	σελ 31
Κεφάλαιο 5: Ηλεκτροκίνητα πλοία και ηλεκτροπρόωση.....	σελ 38
Κεφάλαιο 6: Υβριδικό σύστημα πρόωσης.....	σελ 47
Κεφάλαιο 7: Υδροπρόωση ή Υδροτζέτ.....	σελ 50
Κεφάλαιο 8: Πλοία με αερόστρωμα ή Χόβερκραφτ.....	σελ 52
Κεφάλαιο 9: Πυρηνοκίνητα πλοία.....	σελ 54
Κεφάλαιο 10: Πλοία με ηλιακή ενέργεια.....	σελ 58
Κεφάλαιο 11: Σύγκριση συστημάτων πρόωσης.....	σελ 60
Κεφάλαιο 12: Μελλοντικά projects.....	σελ 61
Επίλογος.....	σελ 64
Βιβλιογραφία.....	σελ 65

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αυτή η πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε με σκοπό την ανάλυση και κατανόηση των συστημάτων πρόωσης πλοίων ανά τους αιώνες. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφει τους μεγαλύτερους σταθμούς τεχνολογικής εξέλιξης και αναβάθμισης, ξεκινώντας αρχικά από τα κωπήλατα πλοία.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα ιστιοφόρα, τα ατμόπλοια, τα διζελοκίνητα, τα ηλεκτροκίνητα πλοία υβριδικής τεχνολογίας καθώς και τα μελλοντικά συστήματα πρόωσης. Επίσης περιγράφει που και πότε αυτά τα συστήματα χρησιμοποιήθηκαν με σκοπό να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες του ανθρώπου για μεταφορά, εξερεύνηση, αλιεία ακόμη και πόλεμο.

Αφενός μεν, αυτή η εξέλιξη έγινε επειδή ο άνθρωπος ήθελε να διευκολύνει τη ζωή του, αφετέρου δε, επειδή διαρκώς ανακάλυπτε νέους τρόπους εκμετάλλευσης των φυσικών φαινομένων και πηγών ενέργειας και έπρεπε να τους εφαρμόσει και στην ναυτιλία που είναι αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής του.

Δεν συνυπολόγισε όμως τις επιπτώσεις που θα είχε αυτή η πρόοδος στο περιβάλλον και κατά συνέπεια και σε αυτόν. Έτσι λοιπόν προσπαθεί πλέον να βρει νέους τρόπους πρόωσης, πιο φιλικούς προς το περιβάλλον και λιγότερο ενεργοβόρους.

ABSTRACT

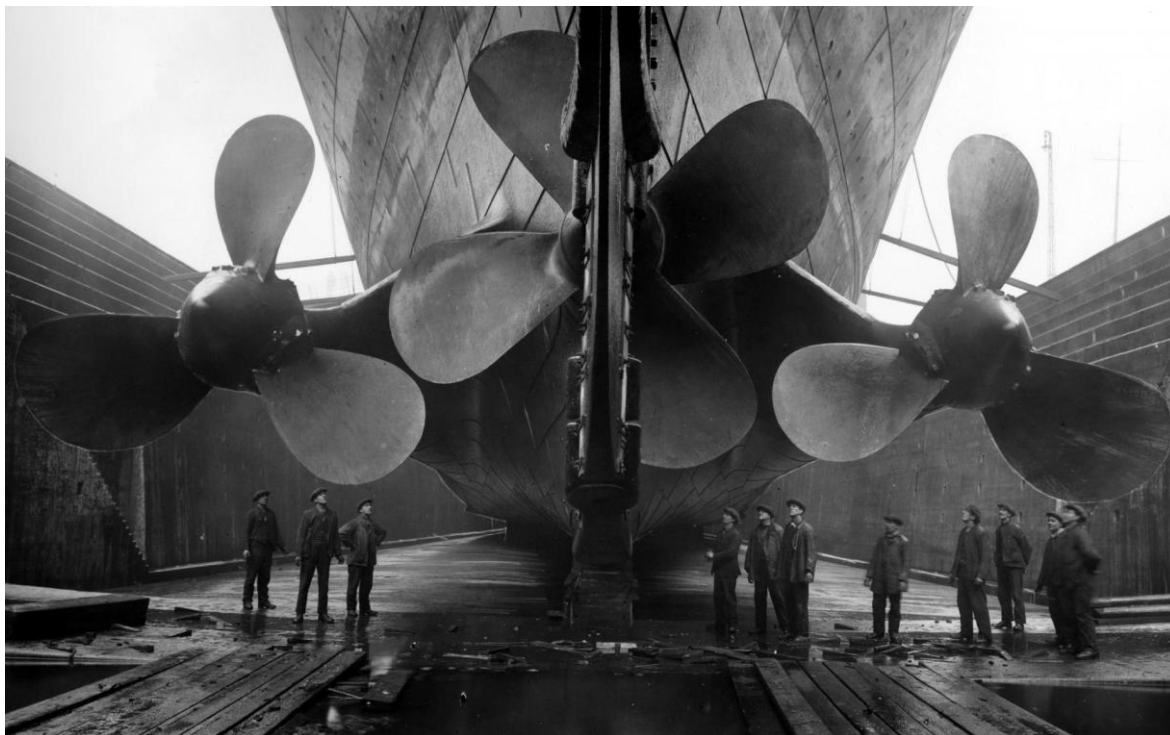
This diploma thesis was created to analyze and understand the propulsion system of ships throughout the centuries. More specifically, starting out from oar ships, this thesis describes the most significant stages of technological advances and evolution.

Consequently, sail, steam, diesel and hybrid electrical powered ships are presented, while taking a look into future propulsion systems. Furthermore, time and location of systems used to facilitate human needs concerning transport, exploration, angling and even war, are thoroughly described.

In one hand, this advancement took place due to Man's need to simplify life, while on the other hand, due to the fact that Man was constantly discovering new ways of exploiting natural phenomena and energy sources and had to also apply them in shipping which has always been an integral part of life.

However, Man did not consider the repercussions of this progress to the environment and inevitably to himself. Therefore, Man constantly attempts to find new ways of propulsion, ways that are more environmentally friendly and less energy consuming.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ



Γενικά ο όρος πρόωση πλοίου σημαίνει κίνηση του πλοίου. Επικράτησε όμως να αναφέρεται μόνο για τα μηχανοκίνητα πλοία, που είναι περισσότερη ελεγχόμενη, έναντι των άλλοτε ιστιοφόρων, (με ιστιοπλοΐα), και κωπήλατων, (με κωπηλασία). Σ' αυτό που τουλάχιστον συμφωνούν όλοι οι αρχαιολόγοι, ιστορικοί ερευνητές αλλά και φιλόλογοι είναι ότι η "γέννηση" του πλοίου ανάγεται στην προϊστορική εποχή. Ακριβώς τότε που ο άνθρωπος όταν βρισκόμενος δίπλα σε επιπλέοντα κορμό δένδρου, ανέβηκε σ' αυτό και κατάφερε ακουμπώντας είτε τα χέρια, είτε τα πόδια στο νερό να τον κατευθύνει μετατρέποντάς τον σε σκάφος.

Ο κορμός έχει πολύ λίγα κοινά σημεία με τα σημερινά πλοία. Ένα όμως είναι το κοινό στοιχείο που μοιράζεται η μικρότερη βάρκα με το μεγαλύτερο υπερωκεάνιο: το σκάφος του ή κουφάρι, είναι το κοίλο τμήμα του που επιπλέει. Η εφεύρεση του σχήματος που επιπλέει είναι τόσο σπουδαία για τις θαλάσσιες μεταφορές όσο ο τροχός για τις χερσαίες μεταφορές. Αυτή είναι η πρώτη ναυπηγική κατασκευή.

Η εξέλιξη της ναυπηγικής τέχνης την εποχή εκείνη ήταν πολύ αργή, όπως και με τις άλλες δραστηριότητες του ανθρώπου. Για πολλά χρόνια οι άνθρωποι χρησιμοποιούσαν κωπήλατα μονόξυλα, πλοίαρια δηλαδή τα οποία ήταν λαξευμένα από ένα και μόνο κορμό δένδρου, τα οποία είχαν τη δυνατότητα μεταφοράς εμπορευμάτων.

Κατόπιν δημιουργήθηκαν τα ιστία (πανιά) και χρησιμοποιήθηκαν από τους αρχαιότερους χρόνους. Λέγεται ότι με αυτά οι Αιγύπτιοι βοηθούσαν τους εργάτες που έσερναν τεράστιες σχεδίες κατά μήκος του Νείλου. Αλλά και η εμπορική επέκταση στον Εύξεινο Πόντο, γνωστότερη κατά την παράδοση ως Αργοναυτική Εκστρατεία έγινε με τη βοήθεια των ιστίων, όπως και η μετάβαση (διαπόρθμευση)

των Ελλήνων κατά την Εκστρατεία της Τροίας στηρίχτηκε στη δύναμη των "ούριων ανέμων". Καταφανής και η γνώση των αιολικών δυνάμεων.

Μετάπειτα εφαρμόστηκε η πρόωση των μηχανοκινήτων πλοίων όπου ξεκίνησε αρχικά με τους πλευρικούς ή πρυμναίο τροχό που ονομάζονταν τροχήλατα. Με την επικράτηση όμως της έλικας πρόωση πλοίου ονομάζεται η κίνηση του πλοίου που επιτυγχάνεται με μία ή περισσότερες έλικες οι οποίες και φέρονται επί αξόνων. Οι άξονες περιστροφής των ελίκων συνδέονται με τις κύριες μηχανές που χρησιμοποιούν ατμό που παρέχεται από τους ατμολέβητες, οι οποίοι και λειτουργούν είτε με καύση, αρχικά, κάρβουνου και εξελικτικά με καύση πετρελαίου, στα λεγόμενα ατμόπλοια, τα οποία αντικαταστάθηκαν με μηχανές diesel, είτε ακόμη και με πυρηνική ενέργεια.

Η πρόωση μικρότερων μηχανοκινήτων σκαφών γίνεται με πετρελαιομηχανές ή βενζινομηχανές χαρακτηριζόμενες ανάλογα εκ της θέσης τους σε εσωλέμβιες, εσω-εξωλέμβιες και εξωλέμβιες μηχανές. Κοινά μέσα πρόωσης των πάσης φύσεως μηχανοκινήτων πλοίων και σκαφών είναι η έλικα και το πηδάλιο, με κάποιες εξαιρέσεις όπως το αερόστρωμα, κοινώς "χόβερκραφτς".

Στην παρακάτω πτυχιακή εργασία αναφέρονται όλα τα μέσα πρόωσης πλοίων αναλυτικά με χρονολογική εξέλιξη δηλαδή με βάση την τεχνολογία που εφαρμόστηκε με σειρά στα πλοία από την πρώτη βάρκα μέχρι και τις μέρες μας, ακόμη και πράσινες οικολογικές τεχνολογίες που είναι σε εξέλιξη, και σε πειραματικό στάδιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο ΚΩΠΗΛΑΤΑ ΠΛΟΙΑ



Η ιστορία των πλοίων είναι πολύ παλιά και δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια. Τα πρώτα κωπήλατα πλοία, απ' ό,τι φαίνεται στις διάφορες παραστάσεις που διατηρούνται, ήταν αρκετά μεγάλα. Είχαν περίπου 20 κωπηλάτες και το φορτίο τους ήταν υπολογίσιμα βαρύ για την εποχή.

ΑΙΓΥΠΤΙΟΙ

Παραστάσεις τέτοιων πλοίων, που χρονολογούνται απ' το 3000 π.Χ., ήταν αιγυπτιακής προέλευσης. Οι Αιγύπτιοι κατασκεύαζαν αρχικά πλοία από καλάμια, των οποίων τα άκρα έστρεφαν προς τα επάνω, ώστε να παίρνουν την μορφή της πλώρης και της πρύμνης.

Ακόμη ανατολικότερα, στην Ερυθρά Θάλασσα, άρχισε η ναυπήγηση πλοίων από ξύλο, με αρκετή χωρητικότητα, χωρίς όμως τρόπιδα, με επίπεδη βάση και τετραγωνικά περίπου άκρα.

Περί το 3000 π.Χ. τα αιγυπτιακά πλοία ταξίδευαν στην Μεσόγειο, μέχρι την Κρήτη και τον Λίβανο, από όπου επανέπλεαν στην Αίγυπτο μεταφέροντας ξυλεία για ναυπήγηση των πλοίων τους. Τα αιγυπτιακά πλοία χρησιμοποιούσαν ξύλινα κουπιά για πρόωση, καθώς και για ελιγμούς, από την πρύμνη. Αυτά τα πλοία διέθεταν μακριά κουπιά που τα χειρίζονταν έμπειροι κωπηλάτες που στέκονταν όρθιοι. Αυτό δείχνει πως τα αιγυπτιακά πλοία είχαν αρχικά επινοηθεί για να πλέουν στο ποτάμι, γιατί κανείς δεν μπορεί να σταθεί όρθιος και να χειριστεί κουπί στη ανοιχτή παραγμένη θάλασσα.

Αργότερα, άρχισαν να χρησιμοποιούν και ιστίο για την εκμετάλλευση της προωθητικής δύναμης του ανέμου από την πρύμνη. Τα αυτά πλοία της αιγυπτιακής αυτοκρατορίας είχαν μόνο ένα κατάρτι που έμοιαζε με ανάποδο V και αποτελούνταν από δύο λεπτούς κοντούς κορμούς δεμένους μαζί ψηλά και στηριγμένους με ένα πολύπλοκο σύστημα σκοινιών πάνω στο κατάστρωμα. Οι Αιγύπτιοι σήκωναν το τετράγωνο πανί τους στην κορυφή αυτού του καταρτιού.

ΜΙΝΩΕΣ

Οι Κρήτες επίσης είχαν κατορθώσει να φτιάξουν σπουδαία για την εποχή πλοία, που κινούνταν με κουπιά και πανιά. Άξιοι ναυτικοί καθώς ήταν έφτασαν μέχρι το σημείο να δημιουργήσουν την πρώτη θαλασσοκράτειρα δύναμη του κόσμου.

Πριν οι Έλληνες κατοικήσουν στο νότιο τμήμα της Βαλκανικής χερσονήσου και μεγαλοουργήσουν, οι Κρήτες γνώριζαν στην εντέλεια να κατασκευάζουν πλοία και ήταν θαυμάσιοι ναυτικοί.

Οι Μινωικοί Κρήτες είχαν ήδη ναυπηγήσει, περί το 2000 π.Χ., ξύλινα πλοία με μακριά τρόπιδα, από την οποία υψώνονταν στις δύο πλευρές, δεξιά και αριστερά, νομείς, επάνω στους οποίους στερεώνονταν επηγκενίδες, δηλαδή το περίβλημα ή το πέτσωμα του σκάφους. Η τρόπιδα υψωνόταν στο εμπρόσθιο άκρο της, προς τα επάνω, σχηματίζοντας έτσι πλώρη, ικανή να προστατεύει το πλοίο από τα κύματα. Τα περισσότερα, εξάλλου, μινωικά πλοία είχαν μικρό σχετικό πλάτος και μεγάλο μήκος, ώστε να διευκολύνονται η κωπηλασία και οι χειρισμοί. Τα εμπορικά πλοία ήταν σχεδόν παρόμοια προς τα πολεμικά. Η διαφορά, όμως, ως προς τα πολεμικά ήταν ότι είχε τοποθετηθεί στην πλώρη τους μακρύ έμβολο, για επίθεση εναντίον άλλων πλοίων, οπότε χρειάστηκε και η ανάλογη ενίσχυσή της, καθώς και η ενίσχυση των δύο πλευρών του σκάφους, με ορισμένες επηγκενίδες μεγαλύτερου πάχους από τις άλλες, που ονομαζόταν ζωστήρες. Τα μινωικά πολεμικά πλοία έφεραν και ιστίο για ταχύτερο πλου με ευνοϊκό άνεμο, δεν το χρησιμοποιούσαν, όμως, στην ναυμαχία, γιατί την ύψωση ιστίου κατά τη μάχη, τη θεωρούσανε σημάδι ήττας.

Εικονίζονται με λεπτομέρειες στις τοιχογραφίες της Θήρας. Εγχάρακτη, όμως, απεικόνιση κυκλαδικών πλοίων απαντάται σε πρωιμότερη εποχή, στα τηγανοειδή των πρωτοκυκλαδικών χρόνων. Οι πανάρχαιες κρητικές και αιγυπτιακές παραστάσεις πλοίων από το 3000 π.χ., δίνουν την εντύπωση πως τα πλοία που διέθεταν ήταν πολύ μεγάλα, γιατί είχαν 20 κωπηλάτες και μετέφεραν σαν φορτίο αρκετά βόδια.

ΦΟΙΝΙΚΕΣ

Υπάρχουν όμως κι άλλες παραστάσεις, από φοινικικά και ασσυριακά πλοία. Είχαν ως βασικό μέσο κίνησης τα κουπιά (20 κωπηλάτες) και ως βοηθητικό ένα διπλό ιδιότυπο ιστό.

Τα αρχαία πλοία γνώρισαν μεγάλη εξέλιξη και τελειοποιήθηκαν από τους Φοίνικες, την τεχνική των οποίων χρησιμοποίησαν επίσης οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι. Πολλά στοιχεία για την τεχνική τους δίνονται σε διάφορες ασσυριακές παραστάσεις.

Γνωστό μάλιστα είναι πως οι Φοίνικες, λαός κατεξοχήν θαλασσινός, κατόρθωσαν ν' αποκτήσουν μεγάλο στόλο, πράγμα που τους βοήθησε στην κατάληψη της Καρχηδόνας και τη δημιουργία αποικιών στη Μασσαλία, Λισσαβόνα, Γάδαιρα κι έτσι έφτασαν μέχρι τον Ατλαντικό Ωκεανό.

Τα φοινικικά πλοία ήταν για πολεμική κι εμπορική χρήση. Και οι Φοίνικες που ήταν θαυμάσιοι θαλασσοπόροι, είχαν βελτιώσει και τελειοποιήσει το πλοίο. Σίγουρα δεν θα είχαν καταφέρει να ταξιδέψουν μακριά από τη Βαλτική Θάλασσα, αν δε διέθεταν ένα ανωτέρου επιπέδου πλοίο και δε διέθεταν συνδυασμό κίνησης με κουπιά και πανιά, γιατί δεν θα μπορούσαν να καλύψουν τεράστιες αποστάσεις μόνο με τη δύναμη των χεριών τους.

Οι Φοίνικες στην αρχή είχαν το ίδιο περιεργό κατάρτι με τους Αιγύπτιους. Μερικές φορές χρησιμοποιούσαν δύο πανιά, το ένα δεξιά και το άλλο αριστερά από το κατάρτι. Τελικά επικράτησε η λύση του ενός μεγάλου πανιού γιατί ήταν πιο απλή και εξίσου αποδοτική με τα δύο πανιά. Οι Φοίνικες έμποροι της Τύρου και της Σιδώνος διαπίστωσαν ότι τα μινωικά πλοία δεν ήταν κατάλληλα για μεταφορές πραγμάτων, διότι χρησιμοποιούσαν πολλούς κωπηλάτες και ήταν, συνεπώς, δαπανηρά ενώ διέθεταν μικρή χωρητικότητα.

Ναυπήγησαν το στρόγγυλο πλοίο με σκάφος αρκετά πλατύ, αλλά μικρού μήκους, με τρόπιδα που είχε μεγάλο βάρος, με νομείς, καθώς και με ποδόστημα στην πλώρη και στην πρύμνη, δηλαδή ξύλινη προέκταση της τρόπιδας προς τα επάνω. Η πρόωση γινόταν και με ένα μεγάλο τετράγωνο ιστίο. Τα πλοία αυτά ίσως περιέπλευσαν και την Αφρική. Είναι πάντως γνωστό ότι έπλευσαν μέχρι και την Βρετάνη στον Ατλαντικό.

ΕΛΛΗΝΕΣ

Τα ελληνικά πλοία έχουν ιστορία, που αρχίζει πριν από το 3000 π.Χ. Αυτά της εποχής του Ομήρου, σύμφωνα με τα στοιχεία που υπάρχουν στην Ιλιάδα ήταν γρήγορα, κομψά και "άφρακτα" (δηλ. χωρίς κατάστρωμα).

Το πλήρωμα το αποτελούσαν 50 ως 120 άντρες που ήταν παράλληλα και κωπηλάτες όλοι εκτός, από τον αρχηγό τους.. Το μήκος τους κυμαινόταν από 15 - 30 μ. και ήταν "μονήρεις νήες", είχαν δηλ. μια σειρά κουπιά. Ανάλογα με τον αριθμό των σειρών των κωπηλατών που είχαν τα πλοία, χωρίζονταν σε πεντηκοντήρεις (όταν είχαν μια σειρά από πενήντα κωπηλάτες), διήρεις (δύο σειρές κωπηλατών) και τριήρεις (τρεις σειρές κωπηλατών).

Οι τριήρεις κατασκευάστηκαν για πρώτη φορά, όπως λέει η παράδοση, από τους Κορίνθιους και χρησιμοποιήθηκαν λίγο καιρό πριν απ' τους περσικούς πολέμους. Οι αθηναϊκές τριήρεις είχαν μήκος 36 μ. και δύναμη κωπηλατών από 200 άντρες.

Τα πρώτα πλοία με έμβολο κατασκευάστηκαν τον 8ο αι. π.Χ. Τον 7ο αι π.Χ τα πλοία απέκτησαν δύο σειρές κωπηλατών, με αποτέλεσμα να αυξηθεί η ταχύτητά

τους. Γύρω στο 500 π.Χ. οι Έλληνες και οι Φοίνικες τελειοποίησαν ακόμη περισσότερο τα πλοία τους, προσθέτοντας και τρίτη σειρά κουπιών ("τριήρεις"). Αυτές είχαν μήκος 36 μ. και πλάτος περίπου 6 μ. Το βύθισμά τους ήταν μικρότερο από 1 μ., για να μπορούν να μεταφέρονται εύκολα στη στεριά. Το πλοίο είχε πλήρωμα 170 κωπηλάτες και η διαίρεσή τους ήταν η εξής: α) 62 κωπηλάτες με το όνομα "θρανίτες" είχαν θέση κοντά στην πλευρά του πλοίου, β) 54 κωπηλάτες με το όνομα "ζυγίτες" είχαν θέση δίπλα στους θρανίτες, προς το εσωτερικό του πλοίου και γ) 54 κωπηλάτες με το όνομα "θαλαμίτες" κάθονταν κάτω από τους θρανίτες, σε ένα ιδιαίτερο υπόφραγμα. Το μήκος των κουπιών για τους θρανίτες και τους ζυγίτες ήταν 4.47 μ.. ενώ τα κουπιά των θαλαμιτών ήταν λίγο πιο κοντά. Το πλοίο είχε δυο κατάρτια, το κύριο με δυο ιστία, μάλλον τετραγωνικού σχήματος, και το πρωραίο που μετά το 330 π.Χ. άρχισε να εκλείπει.

Τριήρεις χρησιμοποιήθηκαν κυρίως στη ναυμαχία της Σαλαμίνας, και αργότερα, στους κλασικούς χρόνους, ήταν το κυριότερο πολεμικό πλοίο. Οι πληροφορίες που υπάρχουν γύρω απ' τα αρχαία ελληνικά πλοία είναι αρκετά κατατοπιστικές και δείχνουν πως οι Έλληνες δεν έμειναν πίσω στην κατασκευή πλοίων και στη πλατιά χρησιμοποίησή τους.

Το πρώτο πλοίο για το οποίο γίνεται συγκεκριμένα λόγος στην ιστορία μας, είναι η Αργώ της αργοναυτικής εκστρατείας. Και μετά έρχονται τα ομηρικά έπη, για να μας δώσουν αρκετά και σαφή στοιχεία για τη ναυσιπλοΐα της εποχής. Τα καράβια που χρησιμοποιήθηκαν στις εκστρατείες των Ελλήνων ήταν αρκετά μεγάλα κι επανδρωμένα με 50-100 κωπηλάτες.

ΡΩΜΑΙΟΙ

Η μέχρι τότε τεχνική υιοθετήθηκε και από τους Ρωμαίους, που μετά το 260 π.Χ. κατανόησαν τη μεγάλη χρησιμότητα των πλοίων για πολεμικούς αλλά και για εμπορικούς σκοπούς και με μεγάλη καθυστέρηση εμφανίστηκαν στη Μεσόγειο τα ρωμαϊκά πλοία.

Τύποι ρωμαϊκών πλοίων ήταν οι πεντήρεις (με πέντε σειρές κωπηλατών), τα λιντούρνια και οι δρόμωνες, που ήταν διήρεις με ψηλό άλμπουρο και πανί. Οι δρόμωνες ήταν κατεξοχήν πολεμικό πλοίο.

Οι Ρωμαίοι αν και ξεπερνούσαν τους Έλληνες σε πολλούς τομείς, άργησαν πολύ να αποκτήσουν αξιόλογη ναυτική δύναμη. Περισσότερο προτιμούσαν να κατασκευάζουν μεγάλα πλοία, τα οποία μπορούσαν να μεταφέρουν μέχρι 275 επιβάτες και όλα τα απαραίτητα εφόδια για αυτούς.

Η κίνηση τους γινόταν με συνδυασμό κουπιών και πανιών και είχαν στερεωμένο μπροστά ένα έμβολο για να τρυπούν τα αντίπαλα πλοία στις ναυμαχίες. Στη μτερή πλώρη τους έφτιαχναν επίσης και μια πλατιά εξέδρα που έμοιαζε με πύργο. Από αυτόν οι ρωμαίοι στρατιώτες πηδούσαν πάνω στα εχθρικά σκάφη που ήθελαν να κυριεύσουν.

Στη διάρκεια των ελληνορωμαϊκών χρόνων και στα πρώτα χρόνια της Βυζαντινής αυτοκρατορίας δεν παρουσιάστηκαν ουσιαστικές βελτιώσεις στα πλοία.

ΣΚΑΝΔΙΝΑΒΟΙ

Τα πλοία των Σκανδιναβών θύμιζαν πολύ εκείνα της μινωικής Κρήτης. Οι Βίκινγκς, όμως αντί να τοποθετήσουν έμβολο στην πλώρη των πλοίων τους, κατασκεύασαν στενή, κοφτερή πλώρη και πρύμνη, ώστε τα πλοία τους να ανθίστανται και στους ισχυρούς κυματισμούς, που επικρατούν στις βόρειες θάλασσες. Χρησιμοποίησαν, εξάλλου, ιστία κατασκευασμένα από δέρμα ή και από ύφασμα ενισχυμένο με λωρίδες δέρματος, για να αντέχουν στους θυελλώδεις ανέμους.

Οι Σκανδιναβοί ναυπήγησαν, επίσης, και ένα πολύ επιτυχημένο τύπο εμπορικού πλοίου, το κνορ, που εξελίχθηκε και σε επιτυχημένο πολεμικό πλοίο με πρόβολο, αλλά, πολύ αργότερα, από τον 13ο αιώνα μ.Χ. και μετέπειτα, με τετραγωνικό ιστίο. Εξαιρετικοί θαλασσοπόροι απ' τα πάρα πολύ παλιά χρόνια ήταν οι σκανδιναβικοί λαοί. Είχαν αρκετά αναπτυσσόμενη τεχνική στην κατασκευή ιστιοφόρων πλοίων και μάλιστα τέτοιων που ήταν σε θέση ν' αντεπεξέλθουν στις δύσκολες καιρικές συνθήκες του Βορρά, στις μεγάλες θύελλες και τρικυμίες.

Ξακουστοί για την αντρεία τους και για τα επιτεύγματά τους ήταν οι Βίκινγκς. Τα καράβια τους ήταν διαφορετικά από τα άλλα, με ομοιόμορφη πλώρη και πρύμνη, χρησιμοποιούσαν ένα κουπί για τιμόνι και είχαν ένα τετράγωνο και διακοσμημένο πανί. Τα πρώτα από αυτά τα πλοία που ανήκαν στους Βίκινγκς, ανακαλύφθηκαν στη βόρεια Δανία το 1860. Κατασκευάστηκαν από τον 8ο αιώνα και το εκτόπισμά τους ήταν μεγαλύτερο από 30 τόνους.

Τα πλοία των Βίκινγκς είχαν ένα κατάρτι στο κέντρο της πλώρης με ύψος 3 μέτρα περίπου. Τα καλύτερα πλοία που έφτιαξαν ονομάζονταν «ντράκαρ», τα οποία ήταν πολύ ελαφριά και μπορούσαν να πλέουν σε πολύ ταραγμένη θάλασσα. Μπορούσαν να πλέουν με άνεση στα βαθιά νερά και ήταν πολύ ευέλικτα με το βαρύ τιμόνι που είχαν στο δεξί μέρος της πρύμνης, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις ναυμαχίας.

Με το πλοίο αυτό οι Νορβηγοί ταξίδεψαν σε όλο το γνωστό τότε κόσμο. Τα πλοία του βορρά στηρίζονταν περισσότερο στον άνεμο για την κίνηση τους, παρά στη μυϊκή δύναμη.

Ένα άλλο πλοίο που γεννήθηκε στη Σκανδιναβία ήταν το καγιάκ, το τελειότερο και ασφαλέστερο μονοθέσιο πλοίο που κατασκευάστηκε ποτέ. Τα καγιάκ των Εσκιμώων αποτελούνται από ένα ελαφρύ ξύλινο σκελετό σκεπασμένο με δέρμα φώκιας. Στη μέση έχουν μια τρύπα στην οποία κάθεται ο επιβάτης, ο οποίος είναι από τη μέση και κάτω μέσα στο σκάφος με το υπόλοιπο κορμί του έξω. Το σώμα του ανθρώπου εφαρμόζει και γίνεται ένα με το σκάφος, και έτσι μπορεί να αψηφήσει κάθε καιρό την ώρα που ταξιδεύει.

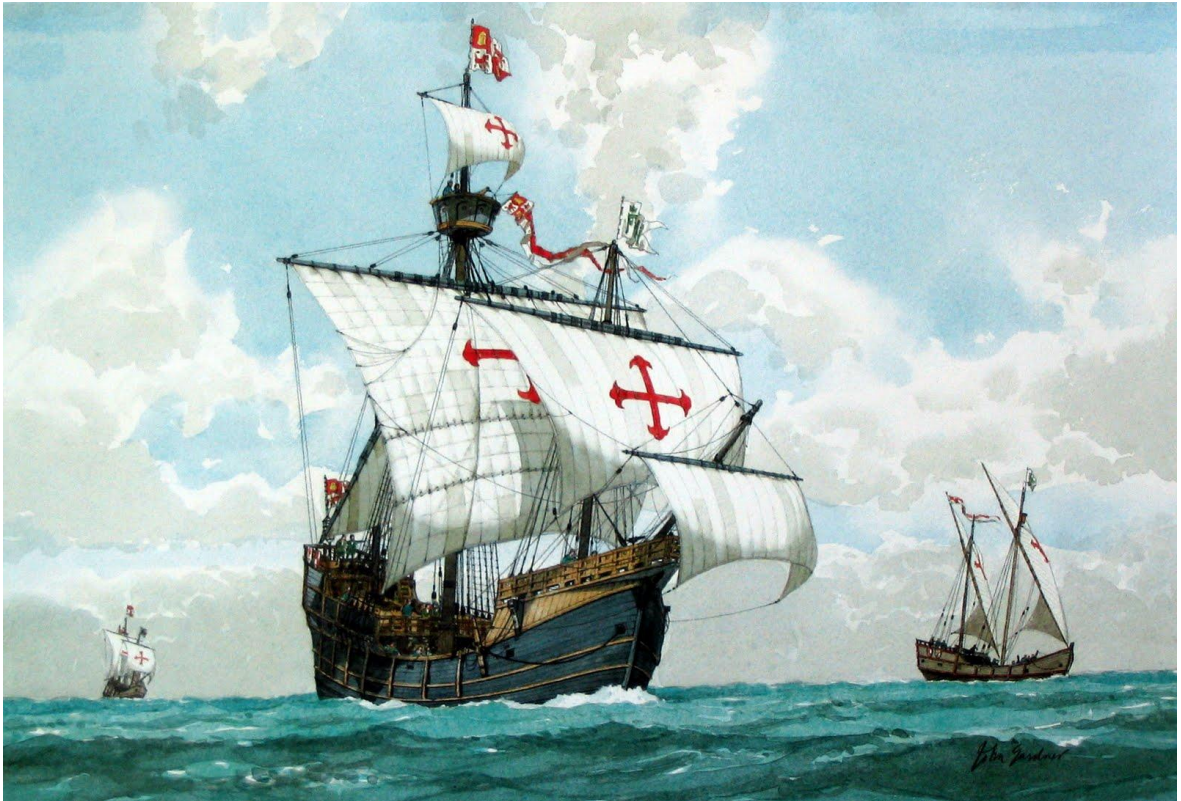
Λίγα είναι τα στοιχεία που έχουμε για τα πλοία της βόρειας Ευρώπης και αυτά προέρχονται κυρίως από τις σφραγίδες κάποιων ναυτικών πόλεων που είχαν σαν σήμα τους κάποιο πλοίο. Τα πλοία αυτά διέθεταν πανιά και ήταν εμπορικά και ψαράδικα, ήταν μικρά και καλά κατασκευασμένα, αλλά δεν μπορούσαν να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις.

ΑΣΙΑΤΕΣ

Στην Άπω Ανατολή οι Κινέζοι ναυπήγησαν στην αρχαιότητα το διπλό κανό, στη συνέχεια δε του περίφημου τζανκ, που αποδείχθηκε καλοτάξιδο στην θάλασσα, καθώς και ικανό για προσγιαλώσεις σε αβαθείς περιοχές. Οι ιστοφορία ήταν, επίσης πολύ επιτυχής. Τα πλοία αυτά αποδείχθηκαν τόσο ικανά ώστε διατηρήθηκαν από τη βαθιά αρχαιότητα μέχρι πρόσφατα, τον 19ο αιώνα. Τον 15ο αιώνα ήταν τα πλέον ευρύχωρα, ισχυρά και καλοτάξιδα πλοία του κόσμου. Στην Ιαπωνία ναυπηγήθηκαν διάφοροι τύποι πλοίων. Μεγάλη ώθηση στις ναυπηγήσεις έδωσε αυτοκρατορική διαταγή του 81 π.Χ., κατά την οποία, για κάθε επαρχία έπρεπε να ναυπηγεί ένα πλοίο. Έκτοτε, οι Ιάπωνες αναδείχθηκαν στους καλύτερους ναυπηγούς του κόσμου.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο ΙΣΤΙΟΦΟΡΑ ΠΛΟΙΑ



Από άποψη τεχνική, τα πλοία του μεσαίωνα δεν είχαν ιδιαίτερες εξελίξεις. Στηρίχτηκαν κυρίως στον τύπο του δρόμωνα, που τελειοποιήθηκε απ' τους μετέπειτα ναυπηγούς κι έτσι φτιάχτηκε η κορβέτα (κατά το 17ο αι.), που είχε τρεις ιστούς και κανόνια.

Επίσης, της ίδιας εποχής περίπου είναι τα δίκροτα τα τρίκροτα και οι φρεγάτες, όλα πολεμικά. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα πλοία του τέλους του μεσαίωνα, οι γνωστές караβέλες, που χρησιμοποιήθηκαν απ' τους μεγάλους ταξιδευτές του 15ου και 16ου αι. μ.Χ. Καραβέλα ήταν η "Σάντα Μαρία", το πλοίο με το οποίο ο Χριστόφορος Κολόμβος έφτασε στην Αμερική. Επίσης, με караβέλες ταξίδευαν οι γνωστοί εξερευνητές Βάσκο ντε Γκάμα, Αμέρικο Βεσπούτσι, Μαγγελάνος κ.ά.

Το ιστίο, που με τη βοήθεια του ανέμου κινεί ένα πλεούμενο είναι άγνωστο πού και πότε έκανε για πρώτη φορά την εμφάνισή του. Το σίγουρο είναι πως αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες εφευρέσεις του νοήμονα ανθρώπου, που από τα πανάρχαια χρόνια παρατηρούσε τα φυσικά φαινόμενα και προσπαθούσε να καθυποτάξει τις ιδιότητές τους.

Από τη στιγμή που γνώριζε πως η δύναμη του ανέμου ήταν ικανή από μόνη της να σπρώξει κάποιο αντικείμενο στην κατεύθυνση που φυσούσε, δεν του έμενε παρά να βρει και τον τρόπο για να θέσει στην υπηρεσία του αυτή του την ιδιότητα. Η επιλογή, του πότε και πώς θα εκμεταλλευτεί τη δύναμη του ανέμου και σε ποια εφαρμογή, ήταν κάτι που θα καθόριζαν οι ανάγκες του και οι δυνατότητές του.

Έτσι, όταν οι συνθήκες του επέβαλαν να ξανοιχτεί στη θάλασσα, με μεγαλύτερα και βαρύτερα πλεούμενα και να ταξιδέψει σε αποστάσεις που δεν μπορούσαν να καλυφθούν μόνο με τα κουπιά, που απαιτούσαν μυϊκή υπερπροσπάθεια, το πανί τού έλυσε τα χέρια.

Για την πρώτη εφαρμογή ιστιοφορίας, μπορούμε να υποθέσουμε ότι συνέβη όταν μία οποιαδήποτε επιφάνεια που προβλήθηκε τυχαία στον άνεμο, προκάλεσε εκτροπή του πλεούμενου προς τη φορά του. Η επιφάνεια αυτή μπορούσε να ήταν για παράδειγμα το ίδιο το σώμα του επιβαίνοντα ή η ασπίδα που είχε στην πλάτη του.

Ένα κομμάτι δέρμα στη συνέχεια, αναρτημένο σ' ένα μικρό ιστό, αποτέλεσε ίσως την αρχή αυτού που αργότερα ονομάσαμε ιστιοφόρα. Την πατρότητα της ανακάλυψης του ιστίου δεν μπορούμε φυσικά να αποδώσουμε με βεβαιότητα σε κάποιο λαό και πολύ περισσότερο σε κάποιο άτομο.

Όμως κατά την προσφιλή συνήθεια των αρχαίων για κάθε τι έπρεπε να υπάρχει και ο αντίστοιχος δημιουργός.

Έτσι έχουμε: Τους Έλληνες μυθοπλάστες να αποδίδουν την επινόηση του ιστίου στον Δαίδαλο (Μυθικό τεχνίτη, προσωποποίηση των τεχνών και κάθε τεχνικής εξέλιξης), τον Πλίνιο (Ρωμαίο σοφό που έγραψε το έργο "φυσική ιστορία", (23-79 μ.Χ.) να την αποδίδει στον Ίκαρο(Μυθικό πρόσωπο, γιος του Δαίδαλου), τον Διόδωρο (Σικελιώτη ιστοριογράφο που έζησε το δεύτερο μισό του α' αιώνα) να την αποδίδει στο μυθικό βασιλιά των Αιολίδων (Σύμπλεγμα νησιών μεταξύ Ιταλίας και Σικελίας, των σημερινών Λίπαρι) Αίολο (Ο Αίολος έζησε το 12· αι. π.Χ.) τον οποίο αποκαλούσαν και θεό των ανέμων και το Λατίνο γεωγράφο Πομπώνιο Μελά (Αναφορά στο "περί Χαρτογραφίας" σωζόμενο έργο του) να την αποδίδει στους κατοίκους της Τύρου, που είχαν, όπως λέει, την τολμηρή ιδέα να εμπιστευθούν στον άνεμο την τύχη του πρώτου πλοίου.

Για τη χρονική περίοδο, που χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά κάποιας μορφής ιστίο, μόνο υποθέσεις μπορούμε να κάνουμε. Η αρχαιότερη μαρτυρία ιστιοφόρου πλοίου που διαθέτουμε προέρχεται από ανάγλυφη απεικόνιση της 5ης χιλιετίας π.Χ, από την πυραμίδα του Φαραώ Σαχουρί, στο Αμπουσίρ της Αιγύπτου. Το πλοίο αυτό φέρει διποδικό ιστό και ορθογώνιο, ψηλό και στενό ιστίο.

Ακόμη, υπάρχει πήλινο ομοίωμα πλοίου από τη Μεσοποταμία, του 3400 π.Χ, που φέρει υποδοχή για ιστό, άρα και ιστίου, και που αποτελεί το αρχαιότερο γνωστό δείγμα ιστιοφόρου μοντέλου.

Επίσης αποτυπωμένες σε έναν αιγυπτιακό αμφορέα του 3200 π.Χ. εικονίζονται πλοία με στενόμακρη μορφή γάστρας και εφοδιασμένα με ένα κατάρτι στο οποίο στηρίζεται ένα τετραγωνικό ιστίο. Το υλικό κατασκευής των πλοίων αυτών ήταν ο πάπυρος, ενώ μετά από διακόσια χρόνια εμφανίζονται αιγυπτιακές παραστάσεις ιστιοφόρων κατασκευασμένων από ναυπηγική ξυλεία, κυρίως κέδρο, φερμένη από το γειτονικό Λίβανο.

Τέτοια πλοία κατασκευάζονταν συνέχεια σε όλη την εποχή των φαραώ και τα χρησιμοποιούσαν ανώτατα πρόσωπα της αιγυπτιακής κρατικής ιεραρχίας.

Αντιπροσωπευτικός τύπος είναι το πλοίο του φαραώ Χέοπα που βρέθηκε το 1954 μέσα σε έναν αεροστεγή και υδατοστεγή θάλαμο της μεγάλης πυραμίδας του Χέοπα, αποσυναρμολογημένο στα απλά κατασκευαστικά του στοιχεία, διατηρημένα μετά από τόσα χρόνια σε εκπληκτικά καλή κατάσταση. Μετά τη συναρμολόγηση το πλοίο είχε διαστάσεις 43,4 μ. μήκος και 6 μ. πλάτος.

Παρόμοια με τα αιγυπτιακά είναι και τα πλοία της μινωικής Κρήτης, ενώ οι Φοίνικες διασχίζουν τη Μεσόγειο με δυο κυρίως τύπους πλοίων, τους "ίππους" και τις "σκάφες".

Οι τύποι αυτοί έχουν μεγάλο πλάτος και είναι ιδανικοί για μεταφορές εμπορευμάτων.

Η πιο διαδομένη μορφή ελληνικού ιστιοφόρου της προκλασικής εποχής είναι ο κέρκουρος, συνδυασμός πολεμικού και εμπορικού πλοίου, εφοδιασμένος με ένα τετραγωνικό ιστίο, δυο πηδάλια και δώδεκα κωπηλάτες. Στην πλώρη του πλοίου υπάρχει το έμβολο, αιχμηρή ξύλινη προεξοχή της γάστρας με μεταλλική επικάλυψη.

Σε μεταγενέστερες ρωμαϊκές αναπαραστάσεις της κλασικής εποχής, εμφανίζονται ιστιοφόρα πλοία με δυο κατάρτια, το κύριο και το πρωραίο, γνωστό με το όνομα αρτέμονας (φλόκος). Το κατάρτι αυτό δεν είναι κατακόρυφο, αλλά γέρνει προς την πλώρη, το ιστίο του είναι πολύ μικρότερο από το κύριο ιστίο του πλοίου και από το μέγεθός του βγαίνει το συμπέρασμα ότι προορίζεται μόνο για την πηδαλιούχηση και όχι για την πρόωση του σκάφους.

Στο τέλος της κλασικής εποχής εμφανίζεται για πρώτη φορά το τριγωνικό ιστίο και επίσης η σακολαίβα, με διαγώνιο κατάρτι, με προέλευση το βόρειο Αιγαίο και τη Μαύρη θάλασσα.

Ένας χαρακτηριστικός τύπος ιστιοφόρου της εποχής αυτής είναι η ρωμαϊκή κορβέτα. Ο τύπος αυτός έχει μήκος 25 μ., πλάτος 6,5 μ. και μεταφορική ικανότητα 86 τόνους. Το κύριο ιστίο του πλοίου έχει επιφάνεια 140 m² και υπάρχει επιπλέον ένα δεύτερο ιστίο, πάνω από το κύριο, με επιφάνεια 30 m². Στην πλώρη υπάρχει ο αρτέμονας με 17 m². Τα δυο πηδάλια μπορούν να ανυψώνονται με τη βοήθεια σκοινιών και να βγαίνουν από το νερό, όταν το πλοίο πέφτει σε θύελλα.

Κατά τον Πλούταρχο, η Ισις με μικρό από πάπυρο πλοίο πήγε σε αναζήτηση του αγαπημένου της Οσιρι. Και το πλοίο της Ίσιδας είχε ιστίο. Από τι όμως υλικό ήταν και τι σχήμα είχε το ιστίο απ' τη στιγμή που πήρε τη μορφή ενός πιο σύνθετου προωθητικού συστήματος;

Καθώς το μονόξυλο άρχισε να παίρνει τη μορφή σκάφους, μεγάλωσαν ταυτόχρονα και οι απαιτήσεις του προϊστορικού Θαλασσοπόρου. Η επιφάνεια ενός μόνο κομματιού δέρματος δεν ήταν αρκετή, οπότε η συρραφή περισσότερων κομματιών αποτέλεσε τη λύση.

Για χιλιάδες χρόνια, το δέρμα, αποτελούσε το μόνο πρόσφορο υλικό για την κατασκευή ιστίων. Θα φθάσουμε γύρω στο 1500 π.Χ, για να βρούμε κάποιες ενδείξεις αντικατάστασης του δέρματος με πανί υφασμένο από φυτικές ίνες.

Ο Ηρόδοτος αναφερόμενος στα Αιγυπτιακά πλοία γράφει: Ο ιστός είναι από ξύλο ακακίας και τα ιστία από πάπυρο (εκ βίβλου)

Θα χρειασθεί να φθάσουμε στο Ομηρικό καράβι του 9ου π.Χ. αιώνα για να βρούμε ιστία φτιαγμένα από τεμάχια υφάσματος .

Γύρω στο 2000 π.Χ., το ιστίο πρέπει να ήταν ψηλό και στενό, για να γίνει αργότερα κοντό και πλατύ. Με αυτή τη μορφή θα παραμείνει σε χρήση, ιδιαίτερα στο χώρο της Μεσογείου, μέχρι να κάνει την εμφάνισή του, στους έσχατους Ρωμαϊκούς χρόνους, το τριγωνικό λατίμι, για το οποίο θα μιλήσουμε παρακάτω.

Για πολλούς αιώνες, το μοναδικό τετράγωνο πανί, αποτελούσε το μέσον προώθησης για τα σκάφη των Ελλήνων, αλλά και γι' αυτά άλλων ναυτικών λαών. Με αυτό το πανί, οι δυνατότητες να ταξιδεύει το σκάφος κόντρα στον καιρό ήταν περιορισμένες. Και δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι αρχαίοι ναυτικοί ταξίδευαν συνήθως με τον άνεμο στην πρύμνη ή και λίγο στην μπάντα, Ταξίδια ιστιοφόρων με τον άνεμο στη μάσκα (όρτσα) μπόρεσαν να γίνουν όταν πλέον άρχισαν να χρησιμοποιούνται τριγωνικά πανιά στη διαμόρφωση της ιστιοφορίας.

Ο άνεμος που έπεφτε με δύναμη πάνω στο πανί, από τα πρύμα, έσπρωχνε το σκάφος στην κατεύθυνσή του. Μικρές διορθωτικές κινήσεις που μπορούσαν να γίνουν ως προς την τοποθέτηση και τους χειρισμούς του πανιού, επέτρεπαν μια απόκλιση του σκάφους ως προς τη διεύθυνση του ανέμου μέχρι 45° από κάθε πλευρά (λασκάδα). Έτσι, για το ταξίδεμα του σκάφους, με συγκεκριμένο προορισμό, η διεύθυνση του ανέμου, έπαιζε σημαντικό ρόλο.

Από τη μεταδιδόμενη προφορική παράδοση, οι αρχαίοι ναυτίλοι, είχαν γνώση των ανέμων που φυσούσαν σε κάθε περιοχή και ώρα της ημέρας. Καθώς είναι μεγάλη η ποικιλία τους στο Αιγαίο και τη Μεσόγειο γενικότερα, γνώριζαν τότε αυτοί σηκώνονταν η έπεφταν, πότε φυσούσαν τις διάφορες εποχές και από ποιες κατευθύνσεις. Και σύμφωνα με αυτές τους τις γνώσεις προγραμματίζαν τα ταξίδια τους.

Χαρακτηριστικές είναι οι περιπτώσεις όπου σκάφη με ένα τετράγωνο πανί που αγνόησαν την παραπάνω πραγματικότητα, παρασύρθηκαν σε άλλες από την επιθυμητή πορεία τους.

Ο Ηρόδοτος αναφέρει τον Κολαίο, το Σάμιο Θαλασσοπόρο, που ενώ έφυγε από τη Σάμο για την Αίγυπτο παρασύρθηκε από ανατολικούς ανέμους μέχρι το Γιβραλτάρ.

Χαρακτηριστική είναι επίσης η περίπτωση του ταξιδιού του "Ισις" όπως την περιγράφει ο Λουκιανός, "εκίνησε λέει από την Αλεξάνδρεια για να πάει στη Ρώμη και αναγκάστηκε να αλλάξει πορεία και να ταξιδέψει βορειανατολικά μέχρι τη Ρόδο για να βρει κατάλληλο άνεμο που θα του επέτρεπε να συνεχίσει περνώντας νότια της Κρήτης. Βρέθηκε όμως στον Πειραιά και τελικά στη Ρώμη με μεγάλη καθυστέρηση όταν οι άνεμοι του το επέτρεψαν".

Στα μέσα της δεύτερης χιλιετίας ανήκουν οι τοιχογραφίες της Θήρας, με τις αναπαραστάσεις πλοίων της εποχής, Σε αυτές το ιστίο είναι ορθογώνιο και στερεώνεται σε κεραία πάνω και σε κέρκο στο κάτω μέρος. Θα περάσουν επτά περίπου αιώνες για να φθάσουμε στα χρόνια του Ομήρου όπου καθιερώθηκε η εξαρτία που επρόκειτο να γίνει τυπική για όλο τον μετέπειτα αρχαίο κόσμο.

Τόσο ο Όμηρος, όσο και ο Απολλώνιος ο Ρόδιος μας δίνουν πολλές πληροφορίες για τα ξάρτια και τα ιστία των πλοίων της εποχής αλλά και για τους χειρισμούς τους. Το Ομηρικό καράβι είχε έναν ιστό πάνω στον οποίο κρεμούσαν ένα ιστίο στερεωμένο σε μια κεραία, το επίκριον, που μπορούσε με ένα σύστημα σχοινιών και δακτυλίων στην κορυφή του ιστού (καρχήσιον), να ανεβαίνει και να κατεβαίνει. Το πανί είχε σχήμα ορθογώνιο και αποτελείτο από πολλά κομμάτια υφάσματος φτιαγμένα από λινάρι, Αν και την εποχή αυτή ήταν σε χρήση οι βαμβακερές ίνες, δεν χρησιμοποιούντο για την κατασκευή ιστίων γιατί αποτελούσαν ακριβό υλικό που ερχόταν από τις Ινδίες.

Αμέσως μετά τους Ομηρικούς χρόνους, άρχισαν να χρησιμοποιούνται οι πολλαπλές μούσες, που αποτελούσαν ένα σύστημα συστολής του ιστίου, που θα παραμείνει σε χρήση για όλους τους μετέπειτα αιώνες.

Η ανάπτυξη του εμπορίου οδηγεί στη ναυπήγηση μεγαλύτερων σκαφών, που έχουν και μεγαλύτερο πανί. Οι χειρισμοί του απαιτούν πλέον πιο σύνθετες και συντονισμένες ενέργειες. Το πλήρωμα δέχεται και εκτελεί τις εντολές του καπετάνιου και έτσι τα ναυτικά παραγγέλματα μπαίνουν στη ζωή των ναυτικών.

Όταν το πλοίο επρόκειτο να ιστιοδρομήσει τα παραγγέλματα ήταν ιστόν στήσατε και μετά ιστία πετάσσατε. Στη συνέχεια και αφού το πλοίο ιστιοδρομούσε, ο καπετάνιος, που είχε το βλέμμα του στραμμένο πάντα στη θάλασσα, μήπως και βρεθεί στη ρότα του σκόπελος ή άλλο εμπόδιο, παράγγελλε: νήα εκτός έργε, δηλαδή κράτει το πλοίο μακράν ή σκόπελον επιμαίεο, δηλαδή παρέπλεε τον σκόπελο.

Με ευνοϊκές συνθήκες, τα αρχαία ιστιοφόρα, πετύχαιναν ταχύτητες 5-6 κόμβων και με τον άνεμο στην μπάντα ή δευτερόπρυμα γύρω στους 3 κόμβους (εφ' όσον βέβαια μπορούσαν να κάνουν τις απαραίτητες προσαρμογές στη θέση του πανιού τους).

Να σημειώσω εδώ ότι το πειραματικό σκάφος Κυρήνεια II, με τα πειραματικά του ταξίδια, απέδειξε πως οι ταχύτητες αυτές είναι απόλυτα εφικτές και πως κάτω από συνθήκες ισχυρού ανέμου ή ταχύτητα του ξεπέρασε και αυτή των 10 κόμβων.

Στα κλασικά χρόνια, τα χρόνια της κυριαρχίας της τριήρους, εκτός από το τετράγωνο πανί που ανάρτατο στον κύριο ιστό, κάνει την εμφάνισή του ένα μικρότερο, το ακάτιο, σ' έναν επικλινή ιστό που βρίσκεται προς την πλώρη. Με το πανί αυτό, γίνεται σαφές πως περνάμε πλέον σε μια πιο σύνθετη μορφή ιστιοφορίας.

Από τον 3^ο π.Χ. αιώνα, το ακάτιο ιστίο αλλάζει όνομα και αποκαλείται πλέον δόλων, ονομασία με την οποία διατηρήθηκε μέχρι την εποχή του Βυζαντίου,

Τα ιστία, στα κλασικά χρόνια, ήταν φτιαγμένα από ύφασμα λινό και μάλιστα λεπτό, σε αντίθεση προς το παλαιότερο χοντρό. Για καλύτερη αντοχή σχηματιζότανε από λουρίδες ραμμένες η μια με την άλλη. Για τον ίδιο λόγο πρόσθεταν στις άκρες λουρίδες από δέρμα η σχοινιά ραμμένα και στις γωνίες κομμάτια από δέρμα. Ο Πλούταρχος γράφει σχετικά: Το δέρμα της φώκης και της υαίνης, εις τα άκρα των ιστίων οι ναύκληροι καταδιφβερούσι.

Μια από τις βασικές αλλαγές που ακολούθησαν στην ιστιοφορία των πλοίων, είναι η ανάπτυξη στην περίοδο του Βυζαντίου, του ήδη γνωστού από παλαιότερα

τριγωνικού πανιού σε μεγάλες διαστάσεις για αντίστοιχα μεγάλα σκαριά. Η γενικευμένη χρήση του τρίγωνου πανιού (λατινιού) στο Βυζάντιο είναι βεβαιωμένη από τον 8^ο μ.Χ. αιώνα από το πλήθος των παραστάσεων που υπάρχουν σε χειρόγραφα της εποχής.

Το μεγάλο πλεονέκτημα του λατινιού ήταν η δυνατότητά του να οδηγεί το πλοίο σε εγγύτατες προς τον άνεμο πλεύσεις (όρτσα), δηλαδή σε γωνία πολύ κλειστή προς την προέλευση του ανέμου.

Η αξία του λατινιού φάνηκε από τη συνεχή και εντατική χρήση του στα μεταβυζαντινά πλοία της Μεσογείου και για όλη την περίοδο που ακολούθησε μέχρι το τέλος της ιστιοφόρου ναυτιλίας.

Ως υλικό κατασκευής τους, οι Βυζαντινοί, χρησιμοποιούσαν το λινάρι, τους έδιναν δε ποικίλους χρωματισμούς με επικρατέστερους το ερυθροπράσινο και το ερυθροκίτρινο χρώμα.

Για την προέλευση της ονομασίας "λατίνι" έχουν διατυπωθεί πολλές και διαφορετικές απόψεις, καμιά όμως δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως ακριβής. Το μόνο σίγουρο είναι πως με την ονομασία αυτή ήταν γνωστό στους Βυζαντινούς από τον 9ο αιώνα.

Αν και τα λατινάδικα αντικαταστάθηκαν με τον καιρό από σκάφη με πιο σύνθετες μορφές ιστιοφορίας, εντούτοις στην απλή τους μορφή, με ένα ή δύο τρίγωνα πανιά, αποτελούσαν μια γνώριμη εικόνα για τους θαλασσινούς των πρώτων δεκαετιών του 20ου αιώνα, καθώς αρματώνονταν μ' αυτά πολλά μικρά σκάφη.

Τον 15^ο αιώνα χαρακτηρίζει η αρχή των μεγάλων ταξιδιών στους ωκεανούς. Οι μεγάλοι Θαλασσοπόροι επιζητούν πλέον ένα ιστιοφόρο πιο γρήγορο και πιο ευκολοκυβέρνητο. Οι απαιτήσεις τους οδηγούν στη δημιουργία ενός νέου τύπου ιστιοφορίας. Έτσι, παρατηρείται μια ραγδαία υποκατάσταση του τριγωνικού λατινιού από το τετράγωνο πανί, που αυτή τη φορά επανεμφανίζεται με μικρότερες διαστάσεις και σε σύνθετους κατακόρυφους σχηματισμούς.

Από τον 15^ο αιώνα μέχρι και το τέλος της ιστιοφόρου ναυτιλίας, ναυπηγούνται συνεχώς μεγαλύτερα σκάφη, που εξοπλίζονται όλο και με ισχυρότερη ιστιοφόρα. Τα γενικά χαρακτηριστικά της δεν αλλάζουν έστω κι αν στην ιστιοφορία των "σταυρώσεων" οι ναυπηγοί προσθέτουν φλόκους, μπούμες και βελαστράδια (ευαίσθητα τριγωνικά λατίνια) προκειμένου να συλλαμβάνουν και τον πλέον ανεπαίσθητο άνεμο.

Η έλλειψη αναπαραστάσεων συνεχίζεται και το Μεσαίωνα, και μόλις τον 9ο αι. συναντάμε ελληνικά ευρήματα με απεικονίσεις πλοίων εφοδιασμένων με τριγωνικό πανί. Ο κυρίαρχος τύπος πλοίου της εποχής αυτής είναι ο δρόμωνας, αρχικά μικρό ταχυκίνητο ιστιοφόρο, με ένα τριγωνικό πανί στερεωμένο στο μοναδικό κατάρτι του πλοίου.

Ο αρχικός αυτός τύπος εξελίχτηκε αργότερα και έγινε το μεγαλύτερο πλοίο του βυζαντινού πολεμικού ναυτικού. Ο δρόμωνας είχε 200-230 κωπηλάτες για 100 κουπιά, διαταγμένα σε δυο σειρές. Από αναπαραστάσεις του 13ου μ.Χ. αι., βλέπουμε ότι ο δρόμωνας είχε δυο κατάρτια με τριγωνικά ιστία, και στην πρύμνη υπήρχε ένα κατακόρυφο εγκάρσιο πλαίσιο σχήματος Η, για τη στήριξη του

κατεβασμένου καταρτιού, ενώ στην πλώρη υπήρχε το έμβολο, με τη διαφορά ότι τώρα βρίσκεται πάνω από την ίσαλο.

Εκτός από το δρόμωνα, υπάρχει ο τύπος με το όνομα πάμφυλος, με 162 - 164 κωπηλάτες, και ο κάπως μικρότερος τύπος με το όνομα ουσιακός με 108 - 110 κωπηλάτες.

Η γαλέα είναι ο μικρότερος τύπος πλοίου της εποχής αυτής και έχει μια μόνο σειρά από κωπηλάτες.

Τον έλεγχο του ναυτικού εμπορίου στη Μεσόγειο την εποχή αυτή έχουν, παράλληλα με το Βυζάντιο, οι ιταλικές δημοκρατίες της Βενετίας και της Γένοβας, με διάφορους τύπους πλοίων, όμοιους με τα ρωμαϊκά εμπορικά.

Στην πλειοψηφία τους τα πλοία αυτά έχουν δυο κατάρτια, αλλά βαθμιαία αρχίζουν να εμφανίζονται και τρικάταρτα πλοία. Το πρωραίο κατάρτι είναι το ψηλότερο και δεν είναι κατακόρυφο, αλλά έχει μια κλίση προς τα εμπρός. Όλα τα μεγάλα πλοία έχουν μια τυπική καστρωτή υπερκατασκευή στην πρύμνη, και στο κατάστρωμά της είναι στερεωμένο το στήριγμα Η του καταρτιού.

Εκτός από την περιοχή της Μεσογείου, μεγάλη ανάπτυξη της ναυπηγικής τέχνης υπάρχει και στη Βόρεια Ευρώπη. Πολλοί πιστεύουν ότι υπάρχει πιθανότατα συγγένεια μεταξύ των ντράκαρς, πλοίων των Βίκινγκς, και των φοινικικών πλοίων. Η αλήθεια όμως είναι ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές στη ναυπηγική τέχνη των Βορειοευρωπαίων, εξαιτίας της ανεξάρτητης ανάπτυξής της. Στα πλοία αυτά, οι σανίδες της γάστρας καλύπτονται ακμή με ακμή, σχηματίζοντας μια ραβδωτή βρεχόμενη επιφάνεια, σε αντίθεση με τα μεσογειακά, όπου οι σανίδες συναντιούνται ή μια δίπλα στην άλλη, αφήνοντας ενδιάμεσο κενό (αρμός), και σχηματίζουν λεία βρεχόμενη επιφάνεια.

Πολλές πληροφορίες για τη μορφή και τον εξοπλισμό των βορειοευρωπαϊκών πλοίων δίνουν τα ευρήματα στο Όσμπεργκ και το Γκόκσταντ της Νορβηγίας.

Το πλοίο του Όσμπεργκ είναι του 9ου μ.Χ. αι., με διαστάσεις 21,4 μ. μήκος και 5,1μ. πλάτος, κατασκευασμένο από 24 δρύινες σανίδες, 12 σε κάθε πλευρά. Είχε 30 κουπιά και ένα τετραγωνικό ιστίο στερεωμένο στο μοναδικό του κατάρτι. Ο τύπος αυτός είναι περισσότερο ένα σκάφος αναψυχής παρά ένα πολεμικό πλοίο.

Το πλοίο του Γκόκσταντ είναι μεγαλύτερο και κατασκευασμένο για την ανοιχτή θάλασσα. Οι διαστάσεις του είναι 23,3 μ. μήκος και 5,25 μ. πλάτος, κατασκευασμένο από 32 δρύινες σανίδες.

Μια μεγάλης σημασίας βελτίωση της κατασκευής του πλοίου είναι η μετακίνηση του πηδάλιου από την πλευρά και η τοποθέτησή του πίσω από την πρύμνη. Η βελτίωση αυτή απεικονίζεται σε πολλά ευρήματα της Βόρειας Ευρώπης του 12ου αι.

Μια άλλη βελτίωση της ναυπηγικής τέχνης είναι η τοποθέτηση στην πρύμνη του πλοίου ενός τριγωνικού ιστίου, του επίκριου (φόγος, αγγλ. *mizzen*), για υποβοήθηση της πηδαλιούχησης, γιατί ήταν δύσκολο να κρατηθεί ένα ιστιοφόρο στη σωστή πορεία μόνο με ένα τετραγωνικό ιστίο και τον αρτέμονα.

Πιθανότατα η πρώτη αναπαράσταση ενός τέτοιου ιστιοφόρου, με πλήρη εξάρτυση με τρία κατάρτια και τρία ιστία (αρτέμονας, κύριο ιστίο και επίκριο), είναι η

αναπαράσταση ενός πορτογαλικού πλοίου της αρχής του 15ου μ.Χ. αι. σ' ένα ισπανικό κύπελλο από τη Μάλαγα.

Σε μια ζωγραφιά του τέλους του 15ου αι., βλέπουμε ένα ιστιοφόρο με ένα νέο μικρό ιστίο, τοποθετημένο στην κορυφή του κύριου κατάρτιου. Στα πλοία της εποχής αυτής ο αρτέμονας και το επίκριο γίνονται μεγαλύτερα και χρησιμεύουν πια για την πρόωση του πλοίου, ενώ παράλληλα το μέγεθός τους μεγαλώνει, κατασκευάζονται περισσότερα καταστρώματα, και στα πλευρά τοποθετούνται πολλές σειρές πυροβόλων.

Η μορφή αυτή ιστιοφόρου ονομάζεται καράκα (carrack) και σημαίνει μεγάλο πολεμικό ιστιοφόρο. Οι καράκες έχουν εκτός από τα τρία κατάρτια ένα τέταρτο τοποθετημένο πίσω από το πρυμναίο, με ένα τριγωνικό ιστίο, την μπωναβεντούρα, και στον πρόβολο, την πρωραία οριζόντια κεραιά (μπρομπρέσσο ή μπαστούνι), ένα πέμπτο ιστίο, συνήθως διπλωμένο πάνω στον πρόβολο και χρησιμοποιούμενο βοηθητικά σε ορισμένες μόνο περιπτώσεις ιστιοδρομίας.

Στις αρχές του 16ου αι., υπήρχε η συνήθεια κάθε μεγάλη ναυτική δύναμη να κατασκευάζει ένα υπερβολικά μεγάλο πολεμικό πλοίο για λόγους γοήτρου. Ένα τέτοιο πλοίο ήταν το "Henry Grace a Dieu", γνωστό στους ναυτικούς της εποχής με το όνομα "Ο Μεγάλος Χάρι".

Το πλοίο αυτό ναυπηγήθηκε το 1514 και έφερε 184 ελαφρά πυροβόλα. Τα κατάρτια του ήταν ψηλότερα εξαιτίας της πρόσθεσης των επιστηλίων (topmasts) πάνω από το κυρίως κατάρτι.

Μετά από πολλές μετασκευές, στην τελική του μορφή έφερε 21 βαριά μπρούντζινα πυροβόλα και 130 χαλύβδινα. Το χρώμα των ιστίων του ήταν χρυσό και είχε πλούσια διακόσμηση στα πλευρά και στην πλώρη του.

Ένα παρόμοιο ιστιοφόρο της εποχής αυτής, το αγγλικό "Ρίτζεντ", ήταν εφοδιασμένο με ένα τρίτο τμήμα κατάρτιου πάνω από τη στήλη και το επιστύλιο, που στην ελληνική ονοματολογία δεν έχει ιδιαίτερο όνομα, αλλά ονομάζεται με το όνομα του ιστίου που φέρει (επιστύλιο του δόλωνα ή επιστύλιο του φώσσωνα).

Ένας νέος τύπος ιστιοφόρου πλοίου εμφανίζεται στις αρχές του 15ου αι. και συνδέεται με τα μεγάλα ταξίδια των ανακαλύψεων: η караβέλα.

Στην αρχή οι караβέλες είχαν τρία κατάρτια και τριγωνικά ιστία, οι εξελεγμένοι όμως τύποι είχαν τετραγωνικό ιστίο στο πρωραίο κατάρτι (ακάτιο) και στο κύριο κατάρτι (μεγίστη), και τριγωνικό ιστίο στο πρυμναίο κατάρτι. Η караβέλα είχε μικρότερο βύθισμα από τα άλλα πλοία και ήταν πιο γρήγορη.

Η γαλέρα (galleon) είναι ένας άλλος τύπος ιστιοφόρου πλοίου, πολύ συνηθισμένος στους στόλους της Αγγλίας, Γαλλίας, Ισπανίας και Ιταλίας. Ο τύπος αυτός ιστιοφόρου αναπτύχθηκε ως αντιστάθμισμα στις φαρδιές και ψηλές καράκες και τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι οι λεπτές γραμμές του και οι χαμηλές υπερκατασκευές στην πλώρη και την πρύμνη.

Η αναλογία μήκους - πλάτους στη γαλέρα είναι 4:1, σε αντίθεση με τις ογκώδεις καράκες με αναλογία 3:1. Τα σπουδαιότερα πλοία του αγγλικού στόλου, που νίκησε την ισπανική αρμάδα το 1588, ήταν γαλέρες, κατασκευασμένες από το διάσημο ναυπηγό Μάθιου Μπέικερ, στον οποίο αποδίδονται και πολλά

κατασκευαστικά σχέδια πλοίων που απεικονίζονται σε χειρόγραφα του τέλους του 16ου αι.

Το πιο κομψό μοντέλο γαλέρας υπάρχει στο Ναυτικό Μουσείο της Μαδρίτης και απεικονίζει μια φλαμανδική γαλέρα του 1593, με πλουσιότατη και πολύχρωμη διακόσμηση στις πλευρές και στις υπερκατασκευές πλήρης και πρύμνης.

Μέσα σε λιγότερο από 200 χρόνια, το ιστιοφόρο πλοίο παρουσίασε τρομερή εξέλιξη, όση δεν είχε στα 5.000 χρόνια της ιστορίας του, με αποτέλεσμα να αποκτήσει εξαιρετικές ιδιότητες ευστάθειας και κατευθυντικότητας, καθώς και μεγάλη ταχύτητα και ευκολία χειρισμών, αρετές πολύ σημαντικές για πολεμικά πλοία της εποχής αυτής.

Παρ' όλα αυτά, η ναυπηγική τέχνη δεν έχει γίνει ακόμα επιστήμη, αλλά αντίθετα υπάρχει μια προσπάθεια αντιγραφής των τύπων που αποδείχτηκαν καλοτάξιδα, ενώ οι λίγοι πρακτικοί κανόνες αποτελούσαν μυστικά των κατασκευαστών. Για το λόγο αυτό πολύ λίγα ναυπηγικά χειρόγραφα και σχέδια υπάρχουν από την εποχή αυτή, όπως αυτά του Μάθιου Μπέικερ.

Παράλληλα με τη γαλέρα, πολύ διαδομένος είναι και ο τύπος του ιστιοφόρου που έχει και κουπιά και αποτελεί εξέλιξη του βυζαντινού δρόμωνα. Τα πλοία αυτά ονομάζονταν γαλέες (galleys), και οι ιταλικές πόλεις είχαν πολυάριθμους στόλους από εμπορικές γαλέες, πλοία με τρία κατάρτια και 19 ομάδες των τριών κουπιών η καθεμιά, σε κάθε πλευρά, δηλ. συνολικά 114 κουπιά.

Το 15ο και 16ο αι. υπήρχαν και πολεμικές γαλέες με αρκετές όμως διαφορές από τις εμπορικές. Είχαν ένα μόνο κατάρτι και ένα τριγωνικό ιστίο αντί του τετραγωνικού που είχαν οι εμπορικές γαλέες.

Στην αρχή του 16ου αιώνα εισάγεται ένας νέος τύπος ιστιοφόρου με κουπιά, η γαλεάτσα (galeass), συνδυασμός μεταξύ γαλέας και μεγάλου ιστιοφόρου. Ο αριθμός των κουπιών ελαττώνεται και τοποθετούνται περισσότεροι κωπηλάτες σε κάθε κουπί, συνήθως 5 ή 7 άτομα. Οι διαστάσεις μιας μεγάλης γαλεάτσας είναι 44,3 μ. μήκος, 8,2 μ. πλάτος και 2,8 μ. ύψος από την καρίνα μέχρι το κατάστρωμα. Κατά το 17ο αι. η γαλεάτσα της Μεσογείου είχε 300 ή 350 κωπηλάτες και 50 κουπιά, τρία κατάρτια με τριγωνικά ιστία και ένα τετραγωνικό ιστίο στον πρόβολο.

Η Γαλλία το 17ο αι. ήταν η μεγαλύτερη ναυτική δύναμη, με σύγχρονο στόλο, ικανό να συναγωνιστεί τον αγγλικό και ολλανδικό. Τα περισσότερα πλοία του στόλου της ήταν καθαρά ιστιοφόρα, αλλά υπήρχαν και πολλές γαλέες και γαλεάτσες, για τη μεσογειακή ακτοφυλακή.

Η ναυαρχίδα του κωπήλατου στόλου, από το 1526 και μετά, είχε το όνομα "La Reale" και στο τέλος του 17ου αι. εξελίχτηκε σε πλοίο με 52 μ. μήκος, 6,4 μ. πλάτος και 427 κωπηλάτες. Τα δύο τριγωνικά ιστία είχαν συνολική επιφάνεια 750 τ.μ. Οι πλευρές του πλοίου είναι πολύ χαμηλές και οι κωπηλάτες κάθονταν σε βρεγμένο πάγκο, εξαιτίας της συχνής διαβροχής του καταστρώματος από το επερχόμενο κύμα.

Κατά τη διάρκεια του 17ου αι. δεν παρουσιάζεται καμιά σημαντική βελτίωση, αλλά αντίθετα εμφανίζονται πολλές λεπτομερείς απεικονίσεις, που μας επιτρέπουν να κατασκευάσουμε μοντέλα στις ακριβείς τους αναλογίες.

Το αγγλικό πλοίο "Ρεντ Λάιον" απεικονίζεται μαζί με το "Πρινς Ρόγιαλ" σε έναν πίνακα με μεγάλη ακρίβεια. Το "Πρινς Ρόγιαλ" ναυπηγήθηκε το 1610 από το Φίνεας Πιτ, τον πιο καταρτισμένο ναυπηγό της εποχής του, και είχε τρία καταστρώματα πυροβολικού, με 96 πυροβόλα στην αρχή και τελικά, μετά από μεγάλες μετασκευές, με 90 πυροβόλα. Είχε 64 μ. μήκος, 13,2 μ. πλάτος και ήταν το μεγαλύτερο πλοίο της εποχής.

Το 1634 ο Κάρολος Ι διέταξε το Φίνεας Πιτ να κατασκευάσει στο ναυπηγείο του Γούλγουιτς το μεγαλύτερο πλοίο που ήταν δυνατό να ναυπηγηθεί, ανεξάρτητα από το τι θα κόστιζε. Έτσι ναυπηγήθηκε το περίφημο "Κυρίαρχος των θαλασσών", που ήταν 150 χρόνια μπροστά από την εποχή του. Είχε 100 πυροβόλα και οι διαστάσεις του ήταν 38,7 μ. μήκος καρίνας, 14,6 μ. πλάτος και 7,2 μ. βύθισμα.

Τα σύγχρονα πλοία, με 40 πυροβόλα, είχαν κόστος 6.000 λίρες, ενώ το "Κυρίαρχος των θαλασσών", όταν τελείωσε, είχε συνολικό κόστος 65.586 λίρες! Καθελκύστηκε το 1637 και αργότερα μετασκευάστηκε πολλές φορές. Πήρε μέρος σε πολλές ναυμαχίες και παρέμεινε αήττητο μέχρι το 1696, που καταστράφηκε τυχαία από πυρκαγιά.

Αντίθετα με τα αγγλικά και τα γαλλικά, τα ολλανδικά πολεμικά του 17ου αι. έχουν μικρότερο βύθισμα, δυο μόνο καταστρώματα πυροβόλων και πολύ ελαφριά κατασκευή.

Παρόλο που τα πλοία της μορφής αυτής δεν μπορούσαν να επικρατήσουν σε μια ναυμαχία με ένα βαρύ αγγλικό ή γαλλικό πλοίο, ήταν από ναυπηγική άποψη πολύ ανώτερα, ταχύτερα και με ευκολότερους χειρισμούς. Η ολλανδική ναυπηγική τέχνη έγινε το υπόδειγμα για πολλά ξένα κράτη, και αναφέρεται ότι ο Ρώσος τσάρος Μ. Πέτρος σπούδασε ο ίδιος ναυπηγική στο ολλανδικό ναυπηγείο Ζάανταμ, το 1697. Στις αρχές του 17ου αι. εμφανίζεται η φρεγάτα, αρχικά μικρό ταχύ πολεμικό πλοίο με 6 - 12 πυροβόλα, που σε 50 χρόνια αναπτύχθηκε σε μεγάλο πλοίο με 64 πυροβόλα.

Μέχρι το 1650 δεν υπήρχε καμιά ταξινόμηση ή κατάταξη των πολεμικών πλοίων ενός στόλου και οι ναυμαχίες δεν είχαν καμιά πραγματική τακτική μάχης. Το Βρετανικό Ναυαρχείο όμως, το 1653, καθόρισε με διαταγή ότι οι ναυμαχίες θα δίνονται από όλα τα πλοία του στόλου, το ένα πίσω από το άλλο, σε μια γραμμή.

Το γεγονός αυτό ανάγκασε να ταξινομηθούν τα πλοία σε κλάσεις. Ένα πλοίο πρώτης κλάσης είχε περισσότερα από 90 πυροβόλα, ένα πλοίο δεύτερης κλάσης είχε παραπάνω από 80, ένα τρίτης παραπάνω από 50, τετάρτης παραπάνω από 38, πέμπτης παραπάνω από 18 και έκτης πάνω από 6. Οι τρεις πρώτες κλάσεις ήταν αυτές που έπαιρναν μέρος στις ναυμαχίες "γραμμής", γι' αυτό και τα πλοία αυτά ονομάζονταν πλοία της γραμμής.

Στα μέσα του 17ου αι. τα ιστία των πλοίων έγιναν μεγάλα και πολυπληθή, με αποτέλεσμα να μη χρησιμοποιούνται όλα παρά μόνο σε ελάχιστες περιπτώσεις, εξαιτίας του μεγάλου απαιτούμενου αριθμού πληρώματος.

Εξαίρεση αποτελούν τα ολλανδικά πλοία, που η ελαφριά κατασκευή τους και ο εύκολος χειρισμός τους ανάγκασαν το σερ Γουόλτερ Ραλί να παραπνευθεί ότι τα ολλανδικά πλοία χρειάζονταν μόνο 10 ναύτες εκεί που τα αγγλικά απαιτούσαν 30.

Το 1638 κατασκευάστηκε στη Γαλλία το "Κουρόν", πλοίο που θα μπορούσε να αντιμετωπίσει το "κυρίαρχος των θαλασσών".

Το πλοίο αυτό είχε δυο καταστρώματα και 72 πυροβόλα. Το ύψος του πρώτου καταστρώματος από την ίσαλο είναι 1,2 μ., ενώ στα αντίστοιχα αγγλικά πλοία είναι μόνο 0,914 μ. Επίσης τα γαλλικά ιστιοφόρα με τρία καταστρώματα έχουν 13,4 μ. πλάτος αντί για 12,5 μ. των αγγλικών.

Έτσι τα γαλλικά πλοία πλεονεκτούσαν και στη χρήση του πυροβολικού και στην ιστιοδρομία. Στον Άτλαντα του Κολμπέρ υπάρχουν πολλές εικόνες με πλοία των 84 πυροβόλων με δυο καταστρώματα πυροβολικού και διαστάσεις 55 μ. μήκος, 39 μ. μήκος καρίνας, 13 μ. πλάτος και 6 μ. βύθισμα.

Το αγγλικό πλοίο "Πρινς" των 100 πυροβόλων είχε τρία καταστρώματα και τις ίδιες περίπου διαστάσεις, εκτός από το βύθισμα που ήταν μεγαλύτερο από 6,5 μ. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι τα γαλλικά πλοία ήταν σχεδιασμένα να αντιμετωπίζουν και τις εχθρικές μεσογειακές γαλέες, γι' αυτό είχαν όχι μόνο ισχυρά πλευρά, αλλά και εξοπλισμό στην πλώρη και την πρύμνη, με αποτέλεσμα οι αντίστοιχες υπερκατασκευές να είναι χαμηλότερες από τις αγγλικές, ώστε να εξασφαλίζουν μεγαλύτερη ελεύθερη οριζόντια γωνία πυρός.

Το 18ο αι. δεν παρατηρούμε σημαντικές αλλαγές στη σχεδίαση και κατασκευή των πλοίων, παρά μόνο μερικές μετασκευές στα ιστία, για να μεγαλώσει η απόδοσή τους, και μια τάση για οριστική κατάργηση των ψηλών υπερκατασκευών στην πλώρη και την πρύμνη.

Ο πρόβολος στην πλώρη επεκτείνεται εξαιτίας της τοποθέτησης του δοράτιου (μπαστούνι, jibboom), για να τοποθετηθεί ένα νέο τριγωνικό ιστίο, ο φλόκος (jib), ενώ το κατακόρυφο κατάρτι που υπήρχε στην άκρη του πρόβολου καταργείται.

Επίσης το τριγωνικό ιστίο του πρυμναίου καταρτιού γίνεται τετραγωνικό παρόμοιο με τον επίδρομο (μπούμα, gaffsail). Το 1682 κατασκευάστηκε στη Γαλλία ένας νέος τύπος πολεμικού πλοίου, η δικάταρτη πολεμική γολέτα (bomb ketch), εφοδιασμένη με πυροβόλα παρόμοια με όλμους, για να εξασφαλίζουν μεγάλο βεληνεκές λόγω της καμπύλης βλητικής τροχιάς τους, σε αντίθεση με την οριζόντια βλητική τροχιά μικρού βεληνεκούς των συνηθισμένων πυροβόλων της εποχής.

Οι βόμβες των νέων πυροβόλων ζυγίζουν 90,5 kgr., ενώ οι μεγαλύτερες βόμβες των παλιών πυροβόλων έχουν βάρος 22 kgr.

Ένας άλλος τύπος πλοίου που εμφανίζεται το 18ο αι. είναι η σκούνα (schooner). Με το όνομα αυτό εννοούμε ιστιοφόρο με δυο κατάρτια, το πλωριό και το κύριο, που είναι και το ψηλότερο.

Την εποχή αυτή η φρεγάτα γίνεται ο σπουδαιότερος τύπος πολεμικού ιστιοφόρου και χρησιμοποιείται ως καταδρομικό και ως πλοίο συνοδείας νηοπομπών. Ανάλογα με το μέγεθός του είναι εξοπλισμένο πολύ ισχυρά. Οι πρώτες φρεγάτες είχαν 24-28 πυροβόλα, ενώ στο τέλος του 18ου αι. συναντάμε φρεγάτες με περισσότερα από 40 πυροβόλα.

Σήμερα στο Πόρτσμουθ της Αγγλίας διατηρείται αγκυροβολημένη η ναυαρχίδα του Νέλσωνα "Βίκτορι" ("Νίκη"), με τη μορφή που είχε κατά τη ναυμαχία του

Τραφάλγκαρ. Οι διαστάσεις της είναι 69 μ. ολικό μήκος, 45,75 μ. μήκος καρίνας, 16 μ. πλάτος, και ο οπλισμός της αποτελείται από 102 πυροβόλα.

Περίφημα πλοία είναι η αμερικανική φρεγάτα "Πρέζιντεντ" που κατελκύστηκε το 1800, με διαστάσεις 62,2 μ. μήκος και 13,5 μ. πλάτος, και η γαλλική "Λα Μπελ Πουλ", που κατελκύστηκε το 1834 και είχε διαστάσεις 63,7 μ. μήκος και 14,7 μ. πλάτος.

Το 1845 κατελκύστηκε στη Νέα Υόρκη το "Ρέινμποου" και θεωρείται το πρώτο πλοίο τύπου κλίπερ. Οι γραμμές της πλώρης στον τύπο αυτό έχουν μια κλίση προς το εξωτερικό της γάστρας, αντίθετα με όλα τα παλιότερα πλοία που η επιφάνεια της γάστρας, καθώς ανέβαινε προς το κατάστρωμα, είχε μια κύρτωση προς το εσωτερικό του πλοίου.

Επίσης παρουσιάζουν αυξημένο βύθισμα καθώς και λεπτότερες γραμμές, εξαιτίας του μεγάλου μήκους τους. Το μεγαλύτερο πλοίο τύπου κλίπερ είναι το αμερικανικό "Γκρέιτ Ριπάμπλικ", που κατελκύστηκε το 1853. Είναι το μεγαλύτερο ξύλινο πλοίο που ναυπηγήθηκε ποτέ, οι διαστάσεις του είναι 99 μ. μήκος και 16,2 μ. πλάτος και είναι εφοδιασμένο με τέσσερα κατάρτια. Το πλοίο αυτό βυθίστηκε στις Βερμούδες το 1872.

Την εποχή αυτή όλα τα μεγάλα πλοία κατασκευάζονται από σίδηρο και αργότερα από χάλυβα. Το γερμανικό πλοίο "Πρόισεν" είναι το μοναδικό ιστιοφόρο με πέντε κατάρτια και πλήρη ιστιοφορία. Κατελκύστηκε το 1902, οι διαστάσεις του ήταν 124 μ. μήκος και 164 μ. πλάτος και τα 47 πανιά του είχαν συνολική επιφάνεια ιστιοφορίας 4.650 τ.μ.

Ο πιο συνηθισμένος τύπος εμπορικού πλοίου το 19ο αιώνα είναι το τρικάταρτο ιστιοφόρο (barque). Τα μεγάλα πλοία του τύπου αυτού είχαν πολύ απλοποιημένη ιστιοφορία, για να μπορεί να τη χειρίζεται μικρός αριθμός πληρώματος, εξαιτίας του συναγωνισμού μεταξύ ιστιοφόρων και ενός νέου τύπου πλοίων που εμφανίζονται την εποχή αυτή και αλλάζουν τη μορφή της ναυτιλίας, του ατμόπλοιου.

Τέλος πρέπει να αναφερθεί το μπρίκι (brig), δικάταρτο ιστιοφόρο με ένα μεγάλο επίδρομο στο πρυμναίο κατάρτι. Ο τύπος αυτός άρχισε να εξαφανίζεται στο τέλος του 19ου αι.

Τον 20ό αι. το μεγάλο εμπορικό και πολεμικό ιστιοφόρο εκτοπίζεται από το ατμόπλοιο και εξαφανίζεται εντελώς. Αντίθετα, εντυπωσιακή ανάπτυξη παρουσιάζει η ναυπήγηση αθλητικών ιστιοπλοϊκών σκαφών, εξαιτίας της ανάπτυξης του σπορ της ιστιοπλοΐας. Όσο αφορά το μέγεθος των πλοίων αυτών, διακρίνουμε τα μικρά ιστιοπλοϊκά σκάφη (dinghies) και τις μεγάλες θαλαμηγούς (jachts).

Τα κύρια χαρακτηριστικά όλων των σύγχρονων ιστιοπλοϊκών σκαφών είναι το μεγάλο πλάτος και το μικρό βύθισμα. Επίσης το μήκος της ισάλου επιφάνειας είναι αρκετά μικρότερο από το ολικό μήκος του πλοίου. Κάτω από τη γάστρα, τα ιστιοπλοϊκά έχουν ένα μεγάλο διάμηκες στέλεχος με μεγάλη πλωρική επιφάνεια, την καρίνα.

Τα περισσότερα σύγχρονα ιστιοπλοϊκά έχουν ένα μόνο κατάρτι, εφοδιασμένο με δυο τριγωνικά πανιά, το φλόκο και το κύριο ιστίο. Όταν ο καιρός το επιτρέπει χρησιμοποιείται και ένα τρίτο πανί, το σπίνακερ. Είναι πανί σχήματος μπαλονιού που φουσκώνει μπροστά από το φλόκο σε περιπτώσεις ουριοδρομίας.

Εκτός από τα μονοκάταρτα ιστιοπλοϊκά σκάφη (sloops) υπάρχουν και τρεις τύποι δικάταρτων ιστιοπλοϊκών: το γιολ (yawl), η γολέτα (ketch) και η σκούνα (schooner). Ο πρώτος τύπος είναι ο πιο αποδοτικός για ιστιοπλοΐα, ο δεύτερος χρησιμοποιείται περισσότερο σε ιστιοπλοϊκά αναψυχής παρά σε αγωνιστικά, εξαιτίας της χαμηλής απόδοσης του ιστίου, και ο τρίτος τύπος απαντάται σε σκάφη με σχετικά μεγάλο μέγεθος, κυρίως στις αμερικανικές ανατολικές ακτές.

Τα ιστιοπλοϊκά διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με το σχήμα που έχει το κύριο ιστίο τους: α) σχήμα τετράπλευρου επίδρομου (galfsail), β) σχήμα ωτοειδές (gunter), και το πιο αποδοτικό, γ) σχήμα Βερμούδας (Bermudan). Το πρώτο σχήμα συναντιέται μόνο σε παλιά ιστιοπλοϊκά και το δεύτερο σε μικρά ιστιοπλοϊκά (dinghies), που θέλουμε να έχουμε χαμηλό κατάρτι. Τα περισσότερα ιστιοπλοϊκά έχουν σήμερα πανί Βερμούδας, εξαιτίας της πολύ καλής απόδοσης αυτού του σχήματος.

Αντίθετα, στις χώρες της δυτικής Ευρώπης οι ναυπηγοί μεγαλώνουν περισσότερο τα πλοία και επινοούν νέες μεθόδους που επιτρέπουν στα πλοία να αντέχουν την καταπόνηση από τα νέα πυροβόλα όπλα που μόλις εμφανίζονται.

Πρωτοπόροι σε αυτόν τον τομέα εμφανίζονται οι Άγγλοι, οι Βενετοί και οι Ίβηρες. Τα πλοία είναι πλέον τόσο μεγάλα και βαριά που η χρήση κωπηλατών κρίνεται ασύμφορη, και την θέση τους παίρνουν πολλαπλά ιστία με πανιά. Η απομάκρυνση των κωπηλατών επιτρέπει και την μαζική χρήση κανονιών και άλλων πυροβόλων όπλων στα πλάγια του πλοίου.

Έτσι δημιουργούνται πλοία όπως τα καρράκ (πχ. Mary Rose, Αγγλία και Santa Maria, Ισπανία), κορβέτες και man of wars για πολεμικούς σκοπούς και οι караβέλες (πχ. Pinta και Nina, Ισπανία), για εμπορικούς. Ειδικά τα καρράκ ήταν ιδιαίτερα μεγάλα και ευσταθή στον ποντοπόρο πλου, πράγμα που επέτρεψε την διάσχιση του Ατλαντικού και άλλων ωκεανών και την εξερεύνηση της υφελίου από τους Ισπανούς και Πορτογάλους κατά τον 15ο και 16ο αιώνα.

Αποκορύφωμα της ασταμάτητης αυτής προσπάθειας για μεγαλύτερες ταχύτητες, υπήρξε η εμφάνιση των "κλίπερ" τον 19^ο αιώνα. Με τα αναρίθμητα πανιά στα πανύψηλα άλμπουρα έπιαναν εύκολα τη φανταστική ταχύτητα των 21 κόμβων, ταχύτητα που αδυνατούν να φτάσουν σήμερα τα συνηθισμένα ακτοπλοϊκά σκάφη της γραμμής.

Με την εμφάνιση του ατμού τελειώνει ουσιαστικά μια ιστορία χιλιάδων χρόνων ιστιοφόρου ναυτιλίας. Όμως, παρόλο που ο ατμός έδειξε από την αρχή την ικανότητά του να κινεί μεγάλα πλοία, κάποια πανιά εξακολουθούσαν να συνυπάρχουν ταυτόχρονα. Κι αυτό γιατί οι ναυτικοί της εποχής εμπιστεύονταν ακόμη τα πανιά και όχι τις μηχανές.

Στις μέρες μας, τα πανιά αποτελούν μια γνώριμη μορφή, που συναντάμε μόνο σε σκάφη αναψυχής και ναυταβλητισμού. Την ύπαρξη εμπορικών και επιβατηγών

σκαφών με πανιά θα συνεχίζουν να μας θυμίζουν πλέον κάποιες απεικονίσεις και παλιές φωτογραφίες.

Όμως, όπως πολλοί λένε, τίποτα δεν μπορεί να αποκλείσει την επανεμφάνιση, σε σύγχρονη μορφή, της ιστιοφόρου εμπορικής ναυτιλίας κάτω από το βάρος της ενεργειακής κρίσης.



square sail



spritsail



gaff sail

www.visualdictionaryonline.com



lug sail



Bermuda sail



lateen sail

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Η ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΑΤΜΟΥ



Η ακμή των ιστιοφόρων πλοίων διατηρήθηκε μέχρι τα τέλη του 19ου αι., οπότε έκανε την εμφάνισή του ένας καινούριος τύπος караβιού, που μέσα σε λίγο χρονικό διάστημα εκτόπισε τα ιστιοφόρα κι αποτέλεσε πραγματική επανάσταση στην τεχνική κατασκευής και κίνησης πλοίων. Ήταν τα ατμόπλοια, πλοία δηλ. που έπλεαν με τη βοήθεια του ατμού, που η ενεργειακή δύναμή του είχε ανακαλυφτεί μόλις πριν λίγο (το 1782), απ' τον Άγγλο μηχανικό Ιάκωβο Βατ.

Η λειτουργία των ατμομηχανών βασιζόταν αρχικά στην εκτόνωση του ατμού μέσα σε ένα ή περισσότερα έμβολα που συνδέονταν στο στροφαλοφόρο άξονα και έπειτα σε μία προπέλα ή ένα τροχό μέσω γραναζιών και ιμάντων. Ο ατμός παραγόταν σε έναν ατμολέβητα καίγοντας αρχικά λιγνίτη ή ξύλο και μετέπειτα ορυκτό πετρέλαιο.

Στα 1786 και 1788, οι Ι. Φις και Ου Ουάσινγκτον, κατάφεραν να κινήσουν δυο πλοία με ατμό. Από τότε δεν σταμάτησαν ούτε στιγμή οι προσπάθειες βελτίωσης και τελειοποίησης των ατμοκίνητων πλοίων.

Με την ανακάλυψη του ατμού και την κατασκευή των ατμόπλοιων, άρχισε να εμφανίζεται η ανάγκη δημιουργίας πλοίων, που θα είχαν μια συγκεκριμένη, ειδική αποστολή. Με γρήγορο ρυθμό αρχίζουν απ' τις αρχές του αιώνα μας να κατασκευάζονται πλοία, εμπορικά, επιβατηγά, πολεμικά, αλιευτικά κ.ά. Περνάμε έτσι στη σύγχρονη εποχή της ιστορίας του πλοίου, που η τελειοποίησή του, η τεχνική του, έχει κάνει μεγάλη πρόοδο.

Το έτος 1736 λέγεται ότι κατασκεύασε ο Άγγλος Jonathan Hull από το Gloucestershire, μια ατμοκίνητη μαούνα. Αν και δεν υπάρχουν άλλα στοιχεία,

πέρα από ένα σχέδιο του πλοίου, αυτή η κατασκευή θα έπρεπε να θεωρείται το πρώτο ατμοκίνητο πλεούμενο στην ιστορία. Είναι όμως πολύ πιθανόν να μην κατασκευάστηκε ποτέ αυτό το πλοίο, παρότι ο Hull είχε πάρει δίπλωμα ευρεσιτεχνίας.

Το έτος 1783 δοκίμασε ο μαρκήσιος Jouffroy d'Abbens στη Λυών ένα ατμόπλοιο με όνομα «Pyroscaphe» (πυροσκάφος), δηλαδή ένα πλοίο (για την ακρίβεια ποταμόπλοιο), με κινητήρια ατμομηχανή. Το δοκιμαστικό ταξίδι του κράτησε μόνο 15 λεπτά, γιατί η ατμομηχανή άρχισε να προκαλεί κραδασμούς, με αποτέλεσμα να υποστεί το σκάφος ρωγμές και να βυθιστεί.

Το έτος 1787 κατασκευάστηκε ένα ποταμόπλοιο με ατμομηχανή από τον Αμερικανό εφευρέτη John Fitch (Φιτς, 1743-1798). Ο Φιτς είχε χρησιμοποιήσει σχέδια και ιδέες ενός άλλου εφευρέτη, του William Henry (Χένρυ, 1729-1786), του οποίου όμως τα πλοία δεν είχαν καλή τύχη. Το πρώτο από αυτά βυθίστηκε και το δεύτερο δεν έφτασε καν μέχρι το νερό, γιατί ο εφευρέτης πέθανε! Το πλοίο του Φιτς που ήταν ίσως το πλοίο του Χένρυ σε ολοκληρωμένη μορφή, δρομολογήθηκε στον ποταμό Delaware μεταξύ των πόλεων Φιλαδέλφεια και Τρέντον. Επειδή όμως δεν υπήρξε ικανοποιητική προσέλευση επιβατών, το πλοίο αποσύρθηκε από την κυκλοφορία και ξεχάστηκε.

Το έτος 1807, είκοσι χρόνια μετά τον Φιτς, κατασκεύασε ο επίσης Αμερικανός Robert Fulton (Φούλτον, 1765-1815) ένα νέο ατμόπλοιο, του οποίου η μηχανή είχε καλύτερη απόδοση από εκείνη του Φιτς. Το δρομολόγιο του πλοίου ήταν στον ποταμό Χάτσον, μεταξύ Νέας Υόρκης και Όλμπανυ (Albany), με ταχύτητα περί τα 8 km/h.

Όλα τα ατμόπλοια εκείνης της εποχής είχαν ταυτόχρονα και πανιά, για την περίπτωση που η ατμομηχανή πάθαινε βλάβη, πράγμα σύνηθες. Το πρώτο αμιγώς ατμοκίνητο πλοίο ήταν το καναδικό «Royal William» που κατασκευάστηκε το έτος 1831. Η λειτουργία της γραμμής που εξυπηρετούσε το πλοίο του Φούλτον, αποδείχθηκε επικερδής και ο εφευρέτης δρομολόγησε κι άλλα ποταμόπλοια στην ίδια διαδρομή. Η εμπορική επιτυχία του μέσου οδήγησε στη διάδοση του ονόματος του Φούλτον, με αποτέλεσμα να θεωρείται αυτός, ανακριβώς, ως πρώτος κατασκευαστής ατμόπλοιου στην Ιστορία της Τεχνικής.

Λέγεται ότι ο Φούλτον είχε προσπαθήσει να κερδίσει το ενδιαφέρον του Ναπολέοντα στη Γαλλία, ήδη το 1801, για την κατασκευή ενός πολεμικού ατμόπλοιου. Ο εφευρέτης παρουσίασε, μαζί με Γάλλους τεχνικούς, τα πλεονεκτήματα ενός ατμοκινούμενου πλοίου, τα οποία ο Ναπολέων δεν φαίνεται να καταλάβαινε. Αρχικά αναρωτήθηκε ο στρατηγός, αν είναι ποτέ δυνατόν να κινηθεί ένα πλοίο χωρίς πανιά!

Στο τέλος, μετά από πολλές συζητήσεις, συνόψισε ο Ναπολέων τα συμπεράσματα λέγοντας περίπου ότι αποκλείεται να κρύβεται στον καπνό η ίδια δύναμη που έχει μέσα του ο αέρας! Έβλεπε τον καπνό που θα έβγαζε το υπό κατασκευή πολεμικό πλοίο, αλλά δεν αντιλαμβανόταν ότι αυτός ήταν ένα παραπροϊόν της λειτουργίας της ατμομηχανής. Έπρεπε εκείνη την εποχή να είναι κάποιος εξαιρετικά διορατικός

για να κατανοήσει ότι, μετά από μερικές χιλιάδες χρόνια, τελείωνε η εποχή των ιστιοφόρων και άρχιζε μια νέα εποχή για τη ναυσιπλοΐα και την τεχνική γενικότερα. Είναι ενδιαφέρον ότι όλες οι αρχικές προσπάθειες για τη λειτουργία ατμοπλοϊκών συγκοινωνιών έγιναν σε ποταμούς και λίμνες, ενώ από τη σημερινή σκοπιά θα θεωρούσαμε αυτονόητο να επιδιωχθούν από την αρχή υπερωκεάνιες συγκοινωνίες και μεταφορές. Η κατάσταση στις αρχές του 19^{ου} αιώνα ήταν όμως τελείως διαφορετική. Η λειτουργία ατμομηχανών προϋπέθετε την παρουσία εξειδικευμένου τεχνικού προσωπικού και την ύπαρξη εξοπλισμένων συνεργείων. Η ιδέα να ταξιδεύει με το πλοίο ένας εκπαιδευμένος μηχανικός είναι μεταγενέστερη και η σημασία της δημιουργίας μηχανουργείων σε κάθε μεγαλύτερο λιμάνι αναγνωρίστηκε επίσης αργότερα. Αυτός είναι και ο λόγος που σχεδόν όλα τα ατμόπλοια είχαν μέχρι το τέλος του 19^{ου} αιώνα, ταυτόχρονα και ιστία για την ανάρτηση πανιών, όταν παρουσιάζονταν μεσοπέλαγα βλάβες στη μηχανή.

Το έτος 1833 πραγματοποίησε το ατμοκίνητο ιστιοφόρο «Royal William» ένα υπερατλαντικό ταξίδι 25 ημερών από το λιμάνι Ρίχτου στον Καναδά, μέχρι το Λονδίνο. Το πλοίο αυτό που είχε κατασκευαστεί στον Καναδά το 1831 κινήθηκε σε όλο το ταξίδι με την ισχύ των μηχανών και μόνο κατά τη διάρκεια της αφαλάτωσης των λεβήτων που ήταν απαραίτητη ανά τετραήμερο, χρησιμοποιήθηκαν τα πανιά. Το Royal William είχε μήκος 54m, πλάτος 8,5m, ισχύ 300 ίππων και ταχύτητα 5 κόμβων. Πρώτο *υπερωκεάνειο* ατμόπλοιο που κατασκευάστηκε το 1837 στο Bristol και εκτελούσε τακτικά ταξίδια στον Ατλαντικό από το έτος 1838, ήταν το «Great Western», με μήκος 72m, βάρους 1.340 τόνων, μια μηχανή δύο κυλίνδρων συνολικής ισχύος 750 ίππων και ταχύτητα 8,5 κόμβων.

Ο Isambard Kingdom Brunel (1806-1859) που κατασκεύασε το ατμόπλοιο Great Western, σχεδίασε και κατασκεύασε στα ναυπηγεία Millwall μαζί με τον John Scott Russell (1808-1882) ένα νεότερο υπερωκεάνειο με όνομα «Great Eastern», το οποίο ήταν έξι φορές μεγαλύτερο από κάθε άλλο πλοίο της εποχής, με μήκος 210m, πλάτος 26m, βύθισμα 9m, βάρος 18.915 τόνους, ταχύτητα 13,5 κόμβους και ισχύ μηχανών 8.300 ίππους σε μία έλικα και δύο τροχούς, ένας σε κάθε πλευρά του πλοίου.

Το Great Eastern συνοδεύτηκε όμως από σειρά ατυχημάτων: Ήδη κατά την καθέλκυση σφηνώθηκε η πλώρη του στα ναυπηγεία, κατά το πρώτο δοκιμαστικό ταξίδι του εξερράγη ένας λέβητας και σκοτώθηκαν 6 ναύτες και, λόγω δεισιδαιμονίας του κόσμου, στο πρώτο υπερατλαντικό ταξίδι του βρίσκονταν στο κατάστρωμα μόνο 43 τολμηροί επιβάτες, ενώ το πλοίο είχε θέσεις για 3.000 άτομα. Όταν έφτασε δε στην Αμερική διαπιστώθηκε ότι δεν βρισκόταν επαρκής χώρος να μανουβράρει σε κανένα λιμάνι. Τελικά πουλήθηκε αυτό το πλοίο σε εταιρία πόντισης υποβρύχιων τηλεγραφικών καλωδίων και αξιοποιήθηκε μέχρι το έτος 1888. Αυτά τα δύο είτο τροχήλατα πλοία.

Όμως η μεγαλύτερη ιστορική επιτυχία και πρόοδος του τροχήλατου πλοίου ήταν η ναυπήγηση του θρυλικού "Μέγας Ανατολικός" το λεγόμενο "Γκρέιτ Έστ" (GREAT EAST), ένα θαύμα της τότε ναυπηγικής, που είχε μήκος 210 μέτρα, έφερε έξι ιστούς (κατάρτια), πέντε καπνοδόχους και από ένα τεράστιο τροχό ανά πλευρά.

Ήταν τέσσερις φορές μεγαλύτερο σε μήκος από οποιοδήποτε άλλο τροχήλατο πλοίο που είχε ναυπηγηθεί μέχρι τότε.

Σημαντικό είναι επίσης να σημειωθεί ότι αρχικά είχαν όλα τα ατμόπλοια ως κινητήριο μηχανισμό ένα πλευρικό και σε μερικές περιπτώσεις οπίσθιο τροχό, ο οποίος και προωθούσε το πλοίο. Σταδιακά άρχισε να χρησιμοποιούνται έλικες και από τη δεκαετία του 1840 πολλά πλοία είχαν μόνο έλικα. Αυτή ακριβώς τη δεκαετία κατασκευάζονταν πολεμικά πλοία με έλικα, σε μερικές περιπτώσεις μάλιστα με διπλή έλικα στον ίδιο άξονα (John Ericson), επειδή αυτή βρισκόταν κάτω από την επιφάνεια του νερού και ήταν προστατευμένη από τα εχθρικά πυρά. Το έτος 1860 είχαν καθιερωθεί στα υπερωκεάνια πλοία αποκλειστικά οι έλικες και μόνο ποταμόπλοια κατασκευάζονταν πλέον με τροχό.

Άρχισαν τα μεγάλα ποντοπόρα ταξίδια (σε μεγάλες αποστάσεις). Το 1825, το "Έντερπράιζ" (σιδερένιο πλοίο), έφτασε στις ανατολικές Ινδίες και το "Σείριος" πρώτο διέσχισε τον Ατλαντικό. Το 1843, απ' τους Άγγλους, ναυπηγήθηκε το πρώτο σιδερένιο υπερωκεάνιο, το "Μεγάλη Βρετανία".

Η ελληνική ναυτιλία εισήλθε καθυστερημένα στην ατμοπλοΐα, κυρίως λόγω έλλειψης κεφαλαίων και απουσίας καταρτισμένων τεχνικών. Σταδιακά βελτιώθηκε όμως αυτή η κατάσταση και το έτος 1856 έγιναν οι πρώτες νηολογήσεις ατμόπλοιων με ελληνική σημαία. Στο τέλος του 19^{ου} αιώνα κυκλοφορούσαν 84 ελληνικά ατμόπλοια και το έτος 1915 περί τα 475, πολλά από τα οποία (κάπου 270) καταστράφηκαν στη διάρκεια του α' παγκόσμιου πολέμου.

Η δυσκολία προσαρμογής στη νέα τεχνολογία οδήγησε από νωρίς πολλούς νησιώτες ναυτικούς να αναζητήσουν την τύχη τους στα ξένα ως μετανάστες. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι ναυτικοί από το Καστελόριζο, οι οποίοι ίδρυσαν το 1912 στο Perth της Αυστραλίας την πρώτη οργανωμένη ελληνική κοινότητα, την «Καστελοριζιακή Αδελφότητα».

Τα πρώτα ελληνικά ατμόπλοια φτιάχτηκαν το 1856. Αυτά ήταν τα: "Υδρα", "Καρτερία", "Βασιλεύς Όθων" και "Βασίλισσα της Ελλάδος". Είχαν χαρακτήρα συγκοινωνιακό και μεταφορικό. Πήγαιναν επιβάτες, γράμματα κι εμπορεύματα από νησί σε νησί.

Βέβαια το "ναυτικό δαιμόνιο" των Ελλήνων δεν μπορούσε να λείπει απ' αυτή τη ναυπηγική εξέλιξη και πολλά πλοία τροχήλατα παραγγέλθηκαν και ναυπηγήθηκαν ακόμα και στην Ελλάδα. Τέτοια ήταν το θρυλικό πολεμικό "ΚΑΡΤΕΡΙΑ", τα τέσσερα που παραγγέλθηκαν στην Αγγλία: ο "ΟΘΩΝ", η "ΑΜΑΛΙΑ" (αδέλφια πλοία), το "ΒΥΖΑΝΤΙΟΝ", και το "ΕΠΤΑΝΗΣΟΣ", μικρότερα των προηγούμενων.

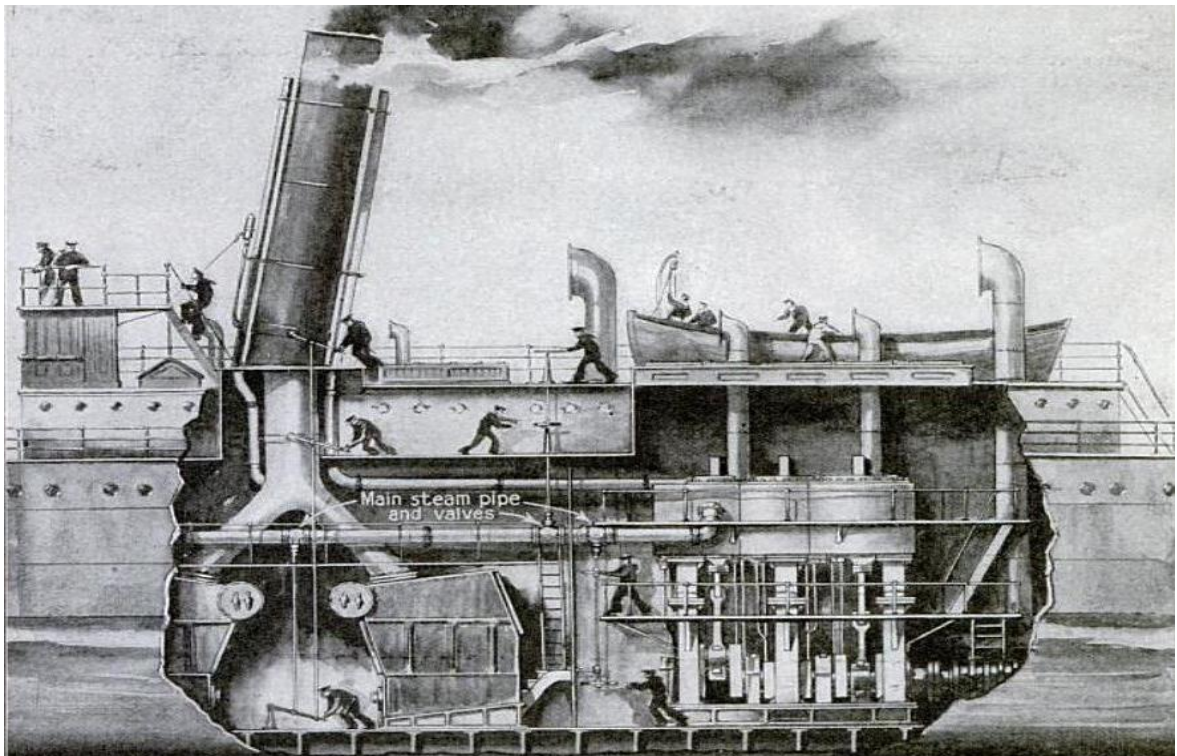
Σήμερα όλες οι θάλασσες, ακόμα και οι πιο μακρινές, διασχίζονται από μεγάλα πλοία και η επικοινωνία των ηπείρων, διαμέσου της θάλασσας είναι το πιο συνηθισμένο φαινόμενο. Ναυπηγήθηκαν τεράστια, άνετα, πολυτελή πλοία, με σκοπό την εξυπηρέτηση του κοινού, τα ονομαζόμενα υπερωκεάνια. Τα πιο γνωστά, αυτά δηλ. που για την εποχή τους άφησαν όνομα ήταν: το αμερικάνικο "Ηνωμένες Πολιτείες", που μπήκε σε κίνηση το 1952, είχε εκτόπισμα 53.329 τόνους, μήκος 275 μ., πλάτος 30 μ. και βάθος 12 μ. Το αγγλικό "Βασίλισσα Ελισάβετ", με εκτόπισμα 70.700 τ., μήκος 310 μ., πλάτος 36 μ. και βάθος 12 μ. Τα

γερμανικά "Βρέμη" και "Ευρώπη", 1929 και 1930, που φημίζονταν σαν τα ταχύτερα πλοία. Μετά έρχονται το γαλλικό "Νορμανδία" (1936), το πολυτελέστερο εσωτερικά πλοίο για τα χρόνια εκείνα και τα ιταλικά "Κόμητας της Σαβοΐας" και "Ρεξ" (1932).

Βέβαια λόγω της ευρείας χρήσης των ατμομηχανών, της ραγδαίας αύξησης της τεχνολογίας και τις αυξανόμενες απαιτήσεις των εταιρειών και των κρατών έπρεπε να βρεθεί μία λύση σε συνδυασμό με τον ατμολέβητα που να έχει καλύτερο βαθμό απόδοσης και να προσφέρει μεγαλύτερη ισχύ καθώς και αξιοπιστία.

Έτσι ο άγγλος μηχανικός Charles Parson κατασκεύασε το 1887 τον πρώτο ατμοστρόβιλο υψηλής πίεσης, όπου ο ατμός διερχόμενος από ακροφύσια, εκτονώνονταν πάνω σε πτερύγια που κινούσαν έναν άξονα και στη συνέχεια με τη βοήθεια συστήματος γραναζιών που λειτουργούσαν ως μειωτήρες στροφών, σε μία προπέλα.

Και το 1894 ξεκίνησε ένα νέο κεφάλαιο στην ιστορία των ατμομηχανών χρησιμοποιώντας αυτόν τον ατμοστρόβιλο στο πλοίο Turbinia. Παρόμοια συστήματα χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα σε μεγάλα εμπορικά και πολεμικά πλοία ανά την υδρόγειο.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ



Η ΑΡΧΗ

Όπως και με τις ατμομηχανές έτσι και οι μηχανές εσωτερικής καύσης ανακαλύφθηκαν, κατασκευάστηκαν, αποδοκιμάστηκαν και τελικά κατάφεραν να μπουν δραστικά στην ζωή μας και κυρίως στην πρόωση των πλοίων εκτοπίζοντας εν μέρη τους προκατόχους της.

Ήταν ο Diesel ο πρώτος που δήλωσε ότι θα αναπτύξει θερμική μηχανή ανώτερη της ατμομηχανής. Ήθελε να δημιουργήσει μία μηχανή καλύτερη, οικονομικότερη και με τη δυνατότητα να καίει όλων των ειδών τα καύσιμα, στερεά, υγρά και αέρια. Γύρω στο 1890, ο Diesel είχε την ιδέα για μία θερμική μηχανή η οποία συμπιέζε τον αέρα ο οποίος θερμαινόταν σε πολύ μεγάλο βαθμό και εκεί γινόταν η έγχυση ενός καυσίμου.

Η αρχική φιλοδοξία του ήταν να κάνει την μηχανή οικονομικότερη αυξάνοντας τον βαθμό απόδοσης στο 75% κάτι που για την εποχή εκείνη φαινόταν τεχνικά αδύνατο και αποδοκιμαστικό από τον ευρύτερο κύκλο.

Το 1893 ο Diesel, δημοσίευσε ένα άρθρο περί "Θεωρία και Κατασκευή μίας οικονομικής θερμικής μηχανής που θα αντικαταστήσει της ατμομηχανές και άλλες μηχανές που είναι γνωστές μέχρι σήμερα", το οποίο παρουσίαζε τα αποτελέσματα της έρευνάς του για την κατασκευή αυτής της μηχανής.

Λίγο μετά, ο Ivar Knudsen, ένας νεαρός μηχανικός στην Κοπεγχάγη, ανέφερε στον τότε διευθυντή της Burmeister&Wain, Halley, ότι αυτή η τεχνική ιδέα ήταν άξια προσοχής.

Η πρότασή του ωστόσο δεν έγινε δεκτή ως το 1895, όπου ο Knud Nielsen έγινε Διευθυντής της B&W και ήρθε αμέσως σε επαφή με τον Knudsen ο οποίος του παρουσίασε τη θεωρία της μηχανής όπως είχε διατυπωθεί από τον Diesel.

Ο Knudsen έπειτα με την προώθηση από τον Nielsen επισκέφτηκε το μηχανουργείο Krupp καθώς και την κατασκευαστική Mashinenfabrik Ausburg (Πλέον MAN) όπου οι ιδέες του Diesel άρχισαν να αποκτούν σάρκα και οστά.

Η 17η Φεβρουαρίου του 1912 είναι η μέρα ορόσημο όπου γεννήθηκε η μηχανοκίνητη πρόωση με μηχανές εσωτερικής καύσης. Αυτή τη μέρα καθελύστηκε το διζελοκίνητο πλοίο Selandia από το Δανέζικο ναυπηγείο και την B&W στην Κοπεγχάγη, και ήταν το πρώτο ποντοπόρο πλοίο με αυτού του είδους τις μηχανές.

Το πλοίο αυτό έφερε δύο οκτακύλινδρες τετράχρονες πετρελαιομηχανές με συνολική απόδοση 2,500 ίππων όπου κάθε μία συνδέονταν με μία προπέλα.

Το Selandia συγκλόνισε και κέρδισε την κοινή γνώμη ταξιδεύοντας 22000 ναυτικά μίλια προς την ανατολή χωρίς να χρειαστεί ανεφοδιασμό και χωρίς σημαντικά προβλήματα. Κατά τη διάρκεια μίας στάσης στο Λονδίνο ο Γουίνστον Τσόρτσιλ είπε "Έχω την ευχαρίστηση και την τιμή να συγχαρώ τους Δανούς, αυτό το αρχαίο και κατ'εξοχήν ναυτικό κράτος που για άλλη μία φορά μας έδειξε τον δρόμο για να πάμε μπροστά στη εξέλιξη της ναυτιλίας. Αυτός ο νέος τύπος караβιού είναι το τελειότερο ναυπήγημα του αιώνα".

Αυτό το ταξίδι μας έδειξε τα πλεονεκτήματα της διζελομηχανής έναντι των έως τότε συμβατικών ατμομηχανών, έχοντας σχεδόν τη διπλάσια απόδοση με μεγαλύτερη αυτοδυναμία, μικρότερο χώρο και λιγότερο ανθρώπινο δυναμικό. Επίσης ήταν εκπληκτική η αξιοπιστία και ο μικρός χρόνος επισκευής και συντήρησης.

Το Selandia ταξίδευε για πάνω από 24 χρόνια καλύπτοντας περισσότερα από 1,000,000 ναυτικά μίλια κάτι που δεν ήταν και τόσο εύκολο. Βέβαια αυτή η ιστορία απόλυτης επιτυχίας πάει στην ευφυή ιδέα του Rudolf Diesel ο οποίος την πατεντάρισε στο Αυτοκρατορικό Γραφείο Ευρεσιτεχνιών στο Βερολίνο στις 27 Φεβρουαρίου το 1892.

ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕΚ

Με τον όρο μηχανές εσωτερικής καύσης συνήθως εννοούνται κυρίως οι παλινδρομικές–εμβολοφόρες μηχανές και οι κινητήρες Βάνκελ (Wankel) .Μια δεύτερη κατηγορία των κινητήρων εσωτερικής καύσης είναι οι κινητήρες τζετ ή αεριοστρόβιλοι και ορισμένες τουρμπίνες ώσης και ισχύος που κάνουν χρήση συνεχούς καύσης.

Σύμφωνα με ένα γενικό ορισμό, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης είναι μια θερμική μηχανή, στην οποία καίγεται ένα καύσιμο παρουσία αέρα μέσα σε ένα θάλαμο (θάλαμος καύσης) και από την εξώθερμη αντίδραση του καυσίμου με τον οξειδωτή (θερμική καύση ελεύθερης φλόγας σε αέρια κατάσταση), που είναι το οξειγόνιο του αέρα, δημιουργώντας θερμά αέρια.

Στον κινητήρα εσωτερικής καύσης είναι πάντα η εκτόνωση της πίεσης των αερίων που παράγονται όπου εφαρμόζουν δύναμη στο κινητό μέρος του κινητήρα, όπως τα έμβολα ή πτερύγια.

Η μηχανή εσωτερικής καύσης (ή MEK) διαφοροποιείται με την μηχανή εξωτερικής καύσης, όπως με ατμό ή κινητήρα Stirling, στις οποίες η ενέργεια μεταφέρεται από ένα υγρό το οποίο θερμαίνεται σε ένα λέβητα(ο οποίος βρίσκεται εκτός του κινητήρα) από ορυκτά καύσιμα ή καύση ξύλου, πυρηνική ενέργεια, ηλιακή κ.λ.π.

Ένας μεγάλος αριθμός διαφορετικών σχεδίων για τις MEK έχουν αναπτυχθεί και κατασκευαστεί, με ποικιλία διαφορετικών πλεονεκτημάτων και αδυναμιών. Αν και υπήρξαν και εξακολουθούν να είναι πολλές οι στατικές εφαρμογές, μεγάλη χρήση των κινητήρων εσωτερικής καύσης είναι σε κινητές εφαρμογές και κυριαρχούν στα αυτοκίνητα, αεροσκάφη και πλοία, από το μικρότερο έως το μεγαλύτερο.

Ο 19ος ΚΑΙ 20ος ΑΙΩΝΑΣ

Από το «Great Britain» του 1840 μέχρι και το «Queen Mary II» της νέας χιλιετίας, τα υπερωκεάνια πρωταγωνίστησαν στη θάλασσα, ενώνοντας Ευρώπη και Αμερική.

Τον 19ο αιώνα εμφανίστηκαν τα περίφημα Ocean Liners και συνδέθηκαν ιστορικά με την ανάγκη της μεταφοράς των μεταναστών από την Ευρώπη στην Αμερική, για αυτό είναι γνωστά και ως μεταναστευτικά ποντοπόρα πλοία. Πρόκειται για τα πρώτα μεγάλα επιβατικά πλοία που συνδύασαν μαζική, γρήγορη και ασφαλή μεταφορά διαπλέοντας – κυρίως – τον Ατλαντικό ωκεανό.

Η περίοδος της μεγάλης ακμής αυτών των πλοίων – από τα τέλη του 19ου αιώνα μέχρι τα μέσα του 20ου – συνοδεύτηκε από τεράστιες κατασκευές με μεγάλες μηχανικές δυνατότητες σε έναν πρωτοφανούς κλίμακας ανταγωνισμό για περισσότερες θέσεις, ταχύτερες επιδόσεις και πρωτόγνωρη πολυτέλεια. Κοινό στοιχείο όλων οι εντυπωσιακές διαστάσεις, τα μεγάλα φουγάρα και οι μηχανές τεράστιας ισχύος που όργωσαν τον Ατλαντικό ωκεανό επιζητώντας την ταχύτητα, την πολυτέλεια και την μαζική μεταφορά των επιβατών.

Παλιά το «blue ribbon», η γαλάζια σημαία που δινόταν στο πιο γρήγορο υπερωκεάνιο της γραμμής, ήταν ο μεγάλος στόχος κάθε ναυπηγικής εταιρείας που κατασκεύαζε ένα καινούργιο πλοίο, αφού η ταχύτητα ήταν η βασικότερη απαίτηση των επιβατών, κυρίως αυτών της 2ης και της 3ης θέσης που στο μυαλό τους είχαν περισσότερο το να φτάσουν μια ώρα αρχύτερα στη «γη των ευκαιριών», παρά την πολυτελή τους διαβίωση στη διάρκεια του ταξιδιού.

Έτσι λοιπόν μέσα σε έναν αιώνα, από τις 25 ημέρες που διαρκούσε ο διάπλους του Ατλαντικού με τροχήλατο ιστιοφόρο το 1833, έφτασε τις 3 ημέρες και 22 ώρες το 1937.

Πρωταθλήτης σε αυτή την προσπάθεια συνεχούς ελάττωσης της διάρκειας του υπερατλαντικού ταξιδιού υπήρξε το υπερωκεάνιο «Mauretania» που κράτησε την γαλάζια σημαία επί 23 ολόκληρα χρόνια (1910-1933). Εκτός από τις μεγάλες εταιρείες της Βρετανίας, της Γαλλίας και της Γερμανίας, πολλές ακόμα χώρες

εκμεταλλεύθηκαν τις υπερπόντιες γραμμές για ολόκληρες δεκαετίες, ανάμεσά τους και η Ελλάδα, κυρίως με την γραμμή του Βόρειου Ατλαντικού (1907-1977) και την γραμμή της Αυστραλίας (1947-1977).

Η ακμή των υπερωκεάνιων άρχισε να τερματίζεται την δεκαετία του '50, όταν η αεροπλοΐα ξεκίνησε τα πρώτα της συντονισμένα βήματα. Είναι ενδεικτικό ότι το 1955 τα άνω των 30.000 τόνων εκτοπίσματος υπερωκεάνια ήταν μόλις 9. Οι αεροπορικές συγκοινωνίες έθεσαν τις υπερατλαντικές θαλάσσιες γραμμές στο περιθώριο, αφήνοντάς τους ως μοναδική διέξοδο τις κρουαζιέρες, έναν τουριστικό κλάδο που επιβίωσε μέχρι τις μέρες μας.

ΑΛΛΑ ΕΙΔΗ ΜΕΚ

- Κινητήρας Stirling: Ένα άλλο είδος κινητήρα που παρουσιάστηκε ως ευρεσιτεχνία ήδη από το έτος 1816, είναι δηλαδή ο παλαιότερος κινητήρας εσωτερικής καύσης, αλλά αναπτύχθηκε με αργά βήματα, είναι αυτός που λειτουργεί με υπέρθερμο αέρα (κινητήρας Stirling), ο οποίος είναι οικολογικά ο καλύτερος, μπορεί να αξιοποιήσει οποιοδήποτε καύσιμο, μέχρι και την ηλιακή ενέργεια, αλλά υστερεί έναντι των γνωστών κινητήρων για τεχνικούς και οικονομικούς λόγους.

- Κινητήρας Lenoir: Η πρώτη επιτυχής από τις πολλές παράλληλες προσπάθειες που γίνονταν για την κατασκευή μιας μηχανής εσωτερικής καύσης ήταν αυτή του Γαλλοβέλγου Jean-Josef Etienne Lenoire (Λενουάρ, 1822-1900).

Ο Λενουάρ παρουσίασε το έτος 1860 ένα μικρό όχημα, το οποίο εκινείτο, ικανοποιητικά για εκείνη την εποχή, με τον κινητήρα του. Μέχρι τότε είχαν παρουσιαστεί μόνο οχήματα με ογκώδη ατμομηχανή, η οποία τα έκανε δυσκίνητα.

Ο κινητήρας Λενουάρ αξιοποιούσε ως καύσιμο το φωταέριο, το οποίο εισάγεται στον κύλινδρο αναμειγμένο με αέρα στο πρώτο στάδιο λειτουργίας, κατά το πρώτο μισό της διαδρομής του εμβόλου. Το μίγμα αυτό πυροδοτείται με ηλεκτρικό σπινθήρα και ωθεί το έμβολο στο υπόλοιπο κομμάτι της διαδρομής του.

Κατά την επιστροφή του εμβόλου, στη μία πλευρά του απωθούνται τα καυσαέρια, ενώ στην άλλη πλευρά επαναλαμβάνεται η διαδικασία εισαγωγής του μίγματος φωταέριο-αέρας. Ο βαθμός αποδόσεως του κινητήρα Λενουάρ ήταν όμως πολύ χαμηλός, πράγμα που δυσκόλεψε την οικονομική αξιοποίησή της.

- Βενζινοκινητήρας Otto: Από τη μηχανή του Λενουάρ ξεκίνησε ο Γερμανός Nikolaus Augustus Otto (Ότο, 1832-1891), με σπουδές σε εμπορικά θέματα, και κατασκεύασε το έτος 1876 ένα τετράχρονο βενζινοκινητήρα. Προηγουμένως, είχε κατασκευάσει ο Ότο με οικονομική στήριξη του E. Langen (Λάνγκεν) ένα λεγόμενο ατμοσφαιρικό κινητήρα με ελεύθερο έμβολο.

Το έτος 1867 παρουσιάστηκε αυτός ο κινητήρας στην παγκόσμια έκθεση του Παρισιού και, παρά τη θορυβώδη λειτουργία του, πήρε ένα χρυσό βραβείο, γιατί είχε κατά 60% μειωμένη κατανάλωση καυσίμου. Έτσι απέκτησε ο Ότο τη φήμη να έχει κατασκευάσει τον πρώτο κινητήρα με ικανοποιητικό βαθμό αποδόσεως.

Επιβεβαιώθηκε δε άλλη μια φορά η «αρχή», όπως με την ατμομηχανή κ.ά., να εφευρίσκει ένας Γάλλος μία μηχανή, η οποία να βελτιώνεται και τελειοποιείται από Άγγλους και Γερμανούς .. Η μεγάλη ζήτηση για τους κινητήρες του Ότο οδήγησε στην ίδρυση από τον Λάνγκεν της ανώνυμης εταιρίας Deutz AG στην Κολωνία, το έτος 1872, η οποία είχε στόχο τη μαζική παραγωγή κινητήρων. Σήμερα αυτή η εταιρία έχει εξελιχθεί σε πρωτοπόρο κατασκευαστή μηχανών κάθε μεγέθους και λειτουργικής αρχής.

Υπεύθυνος για τη σχεδίαση ήταν ο Wilhelm Maybach (Μάιμπαχ,) και για την παραγωγή ο Gottlieb Daimler (Ντάιμλερ, 1834-1900). Το έτος 1874 έφτασε η μηνιαία παραγωγή τους 80 κινητήρες, αλλά στο τέλος του ίδιου έτους προέκυψε εμπορικό πρόβλημα: αυτοί οι κινητήρες με ισχύ περί τα 2 kW (~2,7 PS) δεν ήταν σε θέση να καλύψουν τις ανάγκες των βιοτεχνιών και μικρών βιομηχανιών.

Παράλληλα κυκλοφορούσαν δε κινητήρες Sterling (υπέρθερμου αέρα) οι οποίοι, αν και είχαν μικρότερο βαθμό αποδόσεως, είχαν υψηλότερη σταθερή ισχύ. Αυτοί δε οι κινητήρες δέχονταν ως καύσιμο ξύλα, τύρφη ή κάρβουνο και δεν είχαν εξάρτηση από το φωταέριο.

Για να αντιμετωπιστούν αυτά τα προβλήματα, έπρεπε να βελτιωθεί ο κινητήρας του εργοστασίου Deutz και για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ένα «Τμήμα Ερευνών», του οποίου τη λειτουργία ανέλαβε ο Ότο. Έτσι έγινε δυνατή η μελέτη για την κατασκευή κινητήρων που είχε διακοπεί από το 1862.

Ήδη το έτος 1876 παρουσίασε ο Ότο το «νέο κινητήρα», όπως ονομαζόταν για πολύ καιρό ο τετράχρονος βενζινοκινητήρας, με τον οποίο έκλεισε οριστικά η εποχή των πρώιμων κινητήρων.

Κύριο πλεονέκτημα του νέου αυτού κινητήρα ήταν η συμπίεση του μίγματος καύσιμο-αέρας, μια αρχή που δεν άλλαξε μέχρι των ημερών μας, παρά τις πάμπολλες τροποποιήσεις και βελτιώσεις.

ΣΗΜΕΡΑ

Οι κινητήρες diesel μετά από μακροχρόνια έρευνα κατέληξαν να αποτελούν σήμερα το σημαντικότερο μέσο πρόωσης των εμπορικών πλοίων συνδυάζοντας μεταξύ άλλων σχετικά υψηλό βαθμό απόδοσης, δυνατότητα λειτουργίας με βαριά καύσιμα (fuel oils) και μικρές ταχύτητες περιστροφής για απευθείας κίνησης της έλικας.

Με δεδομένο ότι η κατανάλωση καυσίμων στις κύριες και βοηθητικές μηχανές αποτελούν περίπου το 30-40% του κόστους λειτουργίας ενός σύγχρονου πλοίου, έχουν καταβληθεί σημαντικές προσπάθειες για τον περιορισμό του κόστους αυτού μέσω της βελτιστοποίησης της γεωμετρίας της γάστρας και της υπερκατασκευής με στόχο τη μειωμένη αντίσταση πρόωσης, τη συνεργασία σκάφους-έλικας, τη διατήρηση καθαρών υφάλων με χρήση εξειδικευμένων, συμπολυμερών χρωμάτων, τη βελτίωση των μηχανών πρόωσης με μείωση της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου, κ.α.

Τα τελευταία χρόνια γίνεται και μία προσπάθεια ελάττωσης των ρύπων των μηχανών αυτών γι' αυτό και γίνεται μεγάλος λόγος χρήσης κατάλληλων καυσίμων και θεσπίζονται ιδιαίτεροι νόμοι διεθνείς και τοπικοί

Τα καύσιμα ναυτιλίας (marine fuel oils) ακόμα και σήμερα βασίζονται στα υπολείμματα απόσταξης του αργού πετρελαίου, τα οποία έχουν τη χαμηλότερη τιμή πώλησης και παρουσιάζουν φθίνουσα ζήτηση με την πάροδο του χρόνου με τις προδιαγραφές της αγοράς να θέτουν περιορισμούς κυρίως στο ιξώδες και την περιεκτικότητα σε θείο.

Η τελευταία εξαρτάται από το είδος του αργού πετρελαίου από το οποίο προήλθε καθιστώντας το θείο ανεπιθύμητο συστατικό επειδή κατά την καύση του μετατρέπεται σε διοξείδιο του θείου που είναι όξινο και διαβρωτικό.

Στην περίπτωση που σχηματιστεί τριοξείδιο του θείου, τότε είναι δυνατό με τους υδρατμούς των καυσαερίων να δημιουργηθεί θειικό οξύ που προκαλεί με τη σειρά του φαινόμενα διάβρωσης ενώ μειώνει το βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης.

Με την κοινοτική Οδηγία 32 του 1999 υιοθετήθηκαν περιορισμοί στα όρια περιεκτικότητας του θείου στο ντήζελ ναυτιλίας (marine gas oil), καύσιμα που προορίζεται για ναυτική χρήση και πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές σχετικά με το ιξώδες ή την πυκνότητα.

Τα κράτη μέλη υποχρεώθηκαν στη λήψη μέτρων για να διασφαλίσουν ότι εντός της επικράτειάς τους δε θα χρησιμοποιείται ντήζελ ναυτιλίας από την 1η Ιουλίου 2000 με περιεκτικότητα σε θείο μεγαλύτερη από 0.2% κατά βάρος, και από την 1η Ιανουαρίου 2008 με περιεκτικότητα σε θείο μεγαλύτερη από 0.1% κατά βάρος.

Στις χώρες που έχουν παρασχεθεί παρεκκλίσεις για να χρησιμοποιούν ντήζελ ναυτιλίας περιεκτικότητας σε θείο άνω των παραπάνω ορίων, συγκαταλέγεται και η Ελλάδα.

Η προμήθεια καυσίμων από τη ναυτιλία και η επιθυμητή τους ποιότητα συμπυκνώνεται στο πρότυπο ISO 8217, το οποίο παρέχει προδιαγραφές τόσο για τη σειρά των ενδιάμεσων, υπολειμματικών καυσίμων (IFO series) όσο και για τα καύσιμα προϊόντα διύλισης αργού πετρελαίου (distillate marine fuels).

Για το μη κοινοτικό στόλο, για τα πλοία δηλαδή σημαίας κράτους μη μέλους της Ε.Ε. αλλά και για αυτά που δεν καταπλέουν σε κοινοτικούς λιμένες, οι όροι ποιότητας των καυσίμων προέρχονται από τη Δ.Σ. SOLAS 74/78 και το Παράρτημα VI της Δ.Σ. MARPOL 73/78.

Ο Κανονισμός 15/ Κεφ. II-2 της Δ.Σ. SOLAS 74/78, απαγορεύει τη χρήση καυσίμου πετρελαίου με σημείο ανάφλεξης κάτω των 600C εκτός από την περίπτωση των γεννητριών έκτακτης ανάγκης και των μηχανών των σωστικών λέμβων όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί καύσιμο πετρέλαιο με σημείο ανάφλεξης όχι μικρότερο των 430C.

Κατ' εξαίρεση η Αρχή της σημαίας του πλοίου, μπορεί να δεχθεί τη χρήση καυσίμων με σημείο ανάφλεξης μέχρι 430C, με την προϋπόθεση ότι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου των δεξαμενών αποθήκευσης δεν ανέρχεται σε επίπεδο 100C κάτω από το σημείο ανάφλεξης του καυσίμου.

Το Παράρτημα VI όμως της MARPOL 73/78, το οποίο κυρώθηκε από τη χώρα μας με το Νόμο 3104/2003, ρυθμίζει και ελέγχει την εκπομπή ατμοσφαιρικών εκπομπών από τα πλοία χωρίς όμως να έχει τεθεί σε ισχύ καθώς απαιτείται, 15 χώρες με αντιπροσωπευτικό tonnage, μεγαλύτερο από 50% να το κυρώσουν ώστε να ισχύσει ένα χρόνο αργότερα.

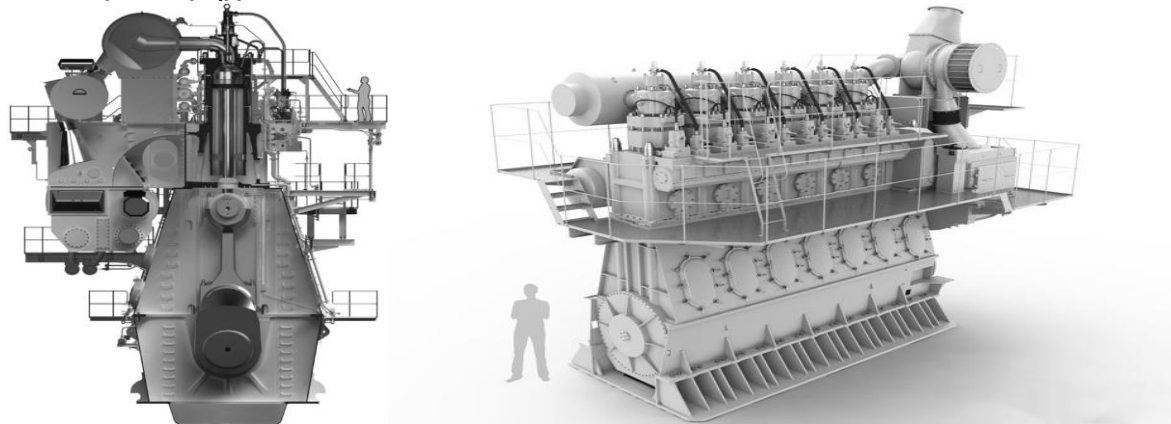
Οι εκπομπές οξειδίων του θείου στην ατμόσφαιρα συνδέονται άμεσα με την περιεκτικότητα θείου στα καύσιμα ναυτιλίας που χρησιμοποιούνται στις κύριες και βοηθητικές μηχανές των πλοίων. Σύμφωνα με το Παράρτημα VI της Δ.Σ. MARPOL 73/78 το περιεχόμενο σε θείο οποιουδήποτε καυσίμου πετρελαίου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 4.5 % κατά βάρος.

Ο μέσος όρος περιεχομένου θείου σε υπολειμματικά καύσιμα τα οποία παραδίδονται για χρήση στα πλοία θα πρέπει να παρακολουθούνται λαμβάνοντας υπόψη τις Οδηγίες του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού. Η περιεκτικότητα θείου στα καύσιμα στις Ειδικές Περιοχές Ελέγχου (SOx Control Areas) δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1.5% κατά βάρος, ενώ εναλλακτικά τα πλοία που διέρχονται μέσα από αυτές τις περιοχές, μπορούν να έχουν εγκαταστήσει ένα σύστημα καθαρισμού καυσαερίων, εγκεκριμένο από την Αρχή της σημαίας του πλοίου, ικανό να μειώσει τις ολικές εκπομπές οξειδίων του θείου από τα πλοία συμπεριλαμβανομένων των κύριων και βοηθητικών μηχανών πρόωσης σε 6.0 gr SOx./Kw h ή λιγότερο.

Η Ευρωπαϊκή ένωση από το 2002 μελετά μέσω της αναθεώρησης της Οδηγίας 1999/32/EK τη δημιουργία ορίων περιεκτικότητας σε θείο και στα λεγόμενα βαριά καύσιμα πετρέλαια ναυτιλίας (heavy marine fuel oils), υποσκελίζοντας τους έως τώρα διεθνείς Κανονισμούς του IMO.

Η σχετική πρόταση αναμένει τα αποτελέσματα ερευνητικών προγραμμάτων που εκτελούνται στο πλαίσιο χρηματοδοτούμενων προγραμμάτων (LIFE , 6ο Πρόγραμμα Πλαίσιο) αλλά και άλλων ανεξάρτητων δραστηριοτήτων. Στο μεταξύ θεσμοθετούνται εθελοντικές πρωτοβουλίες που προάγουν την πράσινη ναυτιλία ή αλλιώς τη ναυτιλία μικρών εκπομπών (Clean Marine Awards) και εξετάζεται η δημιουργία κινήτρων μέσω της εφαρμογής, επιδοκιμαστικής τιμολογιακής πολιτικής στα λιμάνια παράλληλα με την υιοθέτηση γεωγραφικών περιορισμών στη ναυσιπλοία.

Θα ξεκινήσει έτσι ο αγώνας προστασίας του περιβάλλοντος και η εξέλιξη πιο οικολογικών μηχανών.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΑ ΠΛΟΙΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΠΡΩΣΗ



ΓΕΝΙΚΑ

Ως ηλεκτροπρόωση ορίζεται το είδος εκείνο της πρόωσης στο οποίο οι άξονες του πλοίου κινούνται απ' ευθείας (ή και σπανιότερα μέσω μειωτήρων) από ηλεκτρικούς κινητήρες και όχι από άλλες μηχανές όπως ντήζελ, αεριοστρόβιλους και ατμοστρόβιλους.

Φυσικά οι κινητήρες ντήζελ, αεριοστρόβιλοι και ατμοστρόβιλοι εξακολουθούν να υπάρχουν στις εγκαταστάσεις ηλεκτροπρόωσης, αλλά αντί να κινούν απ' ευθείας το αξονικό σύστημα με την έλικα κινούν ηλ. γεννήτριες, που με τη σειρά τους τροφοδοτούν τους ηλεκτρικούς κινητήρες προώσεως, οπότε και αναφέρονται στη βιβλιογραφία σαν "prime movers" ('κινητήριες μηχανές').

Η προωστήρια εγκατάσταση συμπληρώνεται από κάποιο σύστημα ελέγχου για τον χειρισμό της, δηλαδή την κράτηση-εκκίνηση, την αυξομείωση στροφών και την αλλαγή φοράς περιστροφής των ηλεκτρικών κινητήρων.

Η ηλεκτρική πρόωση έχει αρχίσει να εφαρμόζεται πριν από περίπου 55 χρόνια. Επί μεγάλο διάστημα, τα συστήματα ήταν του τύπου Σ.Ρ./Σ.Ρ. (συχνά συστήματα Ward-Leonard) δηλ. παραγωγή συνεχούς ρεύματος και κίνηση με συνεχές ρεύμα.

Το εναλλασσόμενο ρεύμα αρχίζει να χρησιμοποιείται στα πλοία στις αρχές της δεκαετίας του 1950, αλλά τα συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης εξακολουθούν να στηρίζονται σε κινητήρες Σ.Ρ.

Κατά την τελευταία εικοσαετία, η ανάπτυξη διατάξεων και τεχνικών ελέγχου κινητήρων E.P (ηλεκτρονικά ισχύος), που να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της πρόωσης από πλευράς τόσο ευελιξίας όσο και οικονομίας καυσίμου, έδωσε τη δυνατότητα για ευρύτερη διάδοση της ηλεκτρικής πρόωσης σε εμπορικά πλοία. Ενώ παλαιότερα η ηλεκτρική πρόωση έβρισκε μόνον πολύ εξειδικευμένες εφαρμογές (παγοθραυστικά, ερευνητικά σκάφη, σκάφη πόντισης καλωδίων), κατά τη δεκαετία του '90 παρουσιάζει μια έντονα αυξανόμενη διάδοση σε πλοία όπως μεγάλα επιβατηγά, οχηματαγωγά, κρουαζιερόπλοια, δεξαμενόπλοια, κ.λπ.. Γενικά, η ηλεκτρική πρόωση μπορεί να αποδειχθεί η καταλληλότερη λύση στις ακόλουθες κατηγορίες εφαρμογών:

- Σκάφη με υψηλές απαιτήσεις ελικτικών ικανοτήτων.
- Σκάφη με μεγάλη ισχύ βοηθητικών μηχανημάτων.
- Σκάφη με μεγάλα φορτία ενδίαιτησης και έντονη διακύμανση της ισχύος πρόωσης.
- Σκάφη εξοπλισμένα με πολλές ταχύστροφες μη αναστρέψιμες μηχανές.
- Υποβρύχια και βαθυσκάφη.

Ειδικά, όσον αφορά στα πολεμικά πλοία, η ηλεκτροπρόωση αποτελεί την βασική επιλογή για την κίνηση των Υποβρυχίων. Η χρήση της σε πολεμικά πλοία επιφάνειας, που μέχρι σήμερα ήταν σχετικά περιορισμένη, προσελκύει ξανά το έντονο ενδιαφέρον των ναυτικών χωρών που κατασκευάζουν πολεμικά πλοία και εξετάζεται πλέον σαν υποψήφιο σύστημα για την προωστήρια εγκατάσταση της επόμενης γενιάς και των μεγάλων πολεμικών πλοίων.

Οι αυξημένες απαιτήσεις και οι αυστηρότερες - σε σχέση με τα εμπορικά πλοία - προδιαγραφές των πολεμικών ναυτικών, (τόσο από απόψεως περιορισμών χώρου αλλά και απαιτήσεων του προωστήριου συστήματος), προϋποθέτουν περισσότερη ανάπτυξη και τελειοποίηση υποσυστημάτων για να πραγματοποιηθούν τα εν δυνάμει πλεονεκτήματα της ηλεκτροπρόωσης.

Οι κύριες αιτίες της αναζωπύρωσης του ενδιαφέροντος των πολεμικών ναυτικών για τη χρήση της ηλεκτροπρόωσης είναι :

η αύξηση των ηλεκτρικών καταναλωτών στα πλοία και η τάση για την 'ηλεκτροποίηση' των πλοίων (με αποκορύφωση το Πλήρως Εξηλεκτρισμένο Πλοίο-All Electric Ship-AES), δηλαδή η τάση όλες οι λειτουργίες, κύριες και βοηθητικές, να γίνονται πλέον από ηλεκτρικά συστήματα και μηχανήματα (αντικαθιστώντας π.χ. υδραυλικά, μηχανικά ή συστήματα ατμού κ.λ.π.),

- η ανάγκη για περισσότερο 'αθόρυβη' λειτουργία των πλοίων ,
- η αναζήτηση προωστήριων συστημάτων με χαμηλότερο κόστος ζωής και μειωμένες απαιτήσεις επανδρώσεως,
- και κυρίως η ωρίμανση τεχνολογιών που απαιτούνται για να αξιοποιηθεί το πλήρες δυναμικό της ηλεκτροπρόωσης. Τέτοιες τεχνολογίες είναι κυρίως των ηλεκτρικών κινητήρων και των ηλεκτρονικών ισχύος για τον έλεγχό τους.

Επίσης πρέπει να τονιστεί ότι η επιλογή συστήματος ηλεκτροπρόωσης για ένα πλοίο, προσφέρει περισσότερη ελευθερία στη σχεδίαση και στην επιλογή των

υποσυστημάτων και της διάταξης όλης της προωστήριας και ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Σε κάθε περίπτωση αξίζει να σημειωθεί, ότι οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι η μόνη λύση για τη βοηθητική πρόωση (δηλ. το σύστημα των πλευρικών προωστήριων μηχανισμών που επαυξάνουν την ελικτική ικανότητα των σκαφών).

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής μπορεί να είναι ενιαίο καλύπτοντας όλες τις ηλεκτρικές ενεργειακές ανάγκες ή μπορεί να αποτελείται από δύο επιμέρους υποσυστήματα, αυτό της ηλεκτροπρόωσης κι εκείνο των λοιπών ηλεκτρικών φορτίων. Σε πλοία με συμβατική πρόωση, ειδική υποπερίπτωση αποτελούν τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που περιλαμβάνουν και γεννήτριες άξονα-shaft generators- (εξηρητημένες δηλαδή γεννήτριες που στρέφονται από την κύρια νηξέλο-μηχανή πρόωσης του πλοίου).

Οι γεννήτριες αυτές μπορεί να συνδέονται με το υπόλοιπο ηλεκτρικό δίκτυο με σύνδεσμο ΣΡ (DC link) ή να τροφοδοτούν αυτόνομα μόνο μεγάλα φορτία όπως οι κινητήρες βοηθητικής πρόωσης (thrusters).

Ενίοτε, σε έκτακτες περιπτώσεις (π.χ. μεγάλης έκτασης ζημία στην κύρια μηχανή) μπορούν να λειτουργήσουν και αντίστροφα, δηλ. ως ηλεκτρικοί κινητήρες πρόωσης (τροφοδοτούμενες από τις άλλες ηλεκτρογεννήτριες) περιορισμένης ισχύος και να οδηγήσουν το σκάφος σε ασφαλή προορισμό.

Σημαντικά διαφορετικό είναι το ηλεκτρικό σύστημα της νέας γενιάς υποβρυχίων στα οποία η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από κυψέλες καυσίμου (fuel cells) (και αποθηκεύεται συστοιχίες συσσωρευτών ΣΡ) για να τροφοδοτήσει καταναλώσεις ΣΡ αλλά και ΕΡ μέσω μετατροπών ΣΡ/ΕΡ. Ηλεκτρογεννήτριες ΕΡ που κινούνται με κινητήρες νηξέλ υφίστανται μιν, αλλά δεν αποτελούν την κύρια πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Όπως αναφέρθηκε οι επιλογές για το σχεδιασμό των σύγχρονων συστημάτων ηλεκτροπρόωσης είναι πολλές και κάθε μία μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες και τον ρόλο του συγκεκριμένου πλοίου. Ο σχεδιασμός ενός σύγχρονου συστήματος ηλεκτροπρόωσης μπορεί να αναλυθεί στην επιλογή λύσεων σε επιμέρους ζητήματα, που είναι :

- Το είδος των κινητήριων μηχανών. Νηξέλ, Αεριοστρόβιλοι (ειδικά για πιο αθόρυβη λειτουργία), Ατμοστρόβιλοι (ειδικά για πυρηνοκίνητα σκάφη), Συσσωρευτές ή/και Ηλεκτροχημικές Κυψέλες Καυσίμου (Fuel-Cells) (για τα υποβρύχια).
- Τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού δικτύου, όπως το είδος (DC, AC) και η τιμή της τάσης παραγωγής και διανομής της ηλεκτρικής ισχύος (που υπαγορεύεται

κυρίως από τις απαιτήσεις ισχύος προώσεως και τη διαθεσιμότητα παρελκόμενου ηλεκτρολογικού εξοπλισμού (καλώδια, μονωτικά, διακόπτες πίνακες κ.λ.π.).

- Ο αριθμός και το είδος των γεννητριών.
- Η παράλληλη ή μη λειτουργία των γεννητριών.
- Το ποσοστό αυτοματισμού στη λειτουργία, φόρτωση, παραλληλισμό και κράτηση των γεννητριών.
- Ο αριθμός και το είδος των κινητήρων προώσεως. Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά που εξετάζονται είναι η μέγιστη ισχύς, ο όγκος και το βάρος ανά μονάδα ισχύος, ο μέσος χρόνος μεταξύ επισκευών και βλαβών και η αποδοτικότητα (βαθμός αποδόσεως).
- Το είδος ελέγχου-χειρισμού των κινητήρων προώσεως.
- Το είδος των στατών μετατροπών.
- Η σχεδίαση της διάταξης του ηλεκτρικού δικτύου και συγκεκριμένα :
- Θα υπάρχει διάκριση ανάμεσα στα ηλεκτρικά φορτία του πλοίου, άρα και στα ηλεκτρικά δίκτυα, σε φορτία προώσεως και στα λοιπά. Το ζήτημα έχει να κάνει και με το βαθμό εξηλεκτρισμού του πλοίου καθώς η σχέση του ηλεκτρικού δικτύου προώσεως με το ηλεκτρικό δίκτυο χρήσεως μπορεί να είναι μία από τις παρακάτω:
 - να είναι τελείως ανεξάρτητα, δηλαδή το καθένα να εξυπηρετείται από δικές του γεννήτριες και να μη συνδέονται μεταξύ τους ή αν υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης, αυτή να είναι μόνο για κατάσταση ανάγκης.
 - να είναι διακριτά, αλλά να υπάρχει σύνδεση μεταξύ τους οπότε το ένα από τα δύο να μπορεί να τροφοδοτείται και από το άλλο.
 - να είναι ενωποιημένα σε ένα κοινό ηλεκτρικό δίκτυο.

ΕΙΔΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

- Κινητήρες αξονικής ροής
Πρόκειται για κινητήρες στους οποίους η ωφέλιμη μαγνητική ροή είναι κατά την ακτινική διεύθυνση δηλαδή όπως στις συνήθεις συμβατικές ηλεκτρικές μηχανές. Αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις τέτοιων κινητήρων είναι ο κινητήρας PERMASYN της εταιρείας SIEMENS, με μόνιμους μαγνήτες Sm-Co που βρίσκει εφαρμογές πρόωσης μεταξύ άλλων σε υποβρύχια του ΠΝ.
Ένας άλλος τύπος ηλεκτρικού κινητήρα πρόωσης είναι ο Εξελιγμένος Επαγωγικός Κινητήρας (Advanced Induction Motor-AIM) της ALSTOM, ο οποίος έχει επιλεγεί για την πρόωση της φρεγάτας (Type 45) του Βρετανικού Πολεμικού Ναυτικού. Προσφέρει υψηλή πυκνότητα ισχύος και ροπής σε σύγκριση με έναν συμβατικό επαγωγικό κινητήρα ίδιας ονομαστικής ισχύος. Η διαφορά με τον κοινό 3-φασικό επαγωγικό κινητήρα είναι ότι προσφέρει την δυνατότητα λειτουργίας με 5, 10 ή 15 φάσεις χρησιμοποιώντας τις αρμονικές του μαγνητικού πεδίου με την βοήθεια εξελιγμένων ηλεκτρονικών ισχύος για να αυξηθεί η ισχύς του κινητήρα.
- Πολυβάθμιοι κινητήρες εγκάρσιας ροής (transverse flux motors)

Οι κινητήρες αυτοί έχουν μόνιμους μαγνήτες στο δρομέα, προσανατολισμένους μάλιστα κατά τέτοιο τρόπο ώστε η μαγνητική ροή να ρέει μέσα στο διάκενο σε διεύθυνση εν μέρει κατά την αξονική διεύθυνση και κυρίως κάθετη- εγκάρσια προς τον άξονα της μηχανής.

- Πολυβάθμιοι κινητήρες αξονικής ροής (axial flux motors)

Οι κινητήρες αυτοί έχουν μόνιμους μαγνήτες στον δρομέα, προσανατολισμένους κατά τρόπο ώστε η μαγνητική ροή να ρέει σε διεύθυνση παράλληλη προς τον άξονα της μηχανής.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΠΡΟΩΣΗΣ ΕΡ

Ο έλεγχος της ταχύτητας και της ροπής ενός κινητήρα ΕΡ είναι αρκετά πιο σύνθετος από την περίπτωση των κινητήρων ΣΡ, όπου η ροπή, M , προκύπτει ως μία ποσότητα ανάλογη του γινομένου του ρεύματος τυλίγματος διεγέρσεως (πεδίου), I_F και του ρεύματος τυλίγματος τυμπάνου, I_A : $M=k \cdot I_F \cdot I_A$

όπου k σταθερά που εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της μηχανής.

Στη συνέχεια ακολουθεί μία συνοπτική περιγραφή όλων των μεθόδων ελέγχου κινητήρων ΕΡ με έμφαση σε αυτές που εφαρμόζονται σε κινητήρες ηλεκτροπρόωσης.

- Βαθμωτός έλεγχος ανοικτού ή κλειστού βρόχου V/F (scalar control): -μη εφαρμόσιμος στην περίπτωση της πρόωσης -: απλά ως αναφορά δίνεται η επιθυμητή μηχανική ταχύτητα χωρίς να λαμβάνεται μέτρηση της πραγματικής ταχύτητας. Η τάση μεταβάλλεται αναλογικά προς την επιθυμητή ταχύτητα σε μία προσπάθεια να μην μεταβάλλεται η ροπή.

Σε μία παραλλαγή αυτής της μεθόδου, λαμβάνεται μέτρηση της πραγματικής ταχύτητας που συγκρινόμενη με την επιθυμητή ταχύτητα παράγει ένα σήμα σφάλματος. Το σήμα αυτό οδηγείται σε έναν ελεγκτή PI και παράγεται κατάλληλο σήμα εναύσεως των διακοπών ισχύων. Το ίδιο σήμα ρυθμίζει και την τάση σε μία προσπάθεια να μην μεταβάλλεται η ροπή στον άξονα.

- Έλεγχος με SPWM και CSI (μαζί με συγκριτές υστερήσεως): η στιγμιαία τιμή του ρεύματος εισόδου ελέγχεται συνεχώς ώστε να κυμαίνεται μεταξύ δύο οριακών τιμών κατωφλίου. Σε κάθε προσπάθεια του ρεύματος να υπερβεί τα όρια αυτά, παράγεται σήμα από τον ελεγκτή PWM που δίνει εντολή στους διακόπτες να άγουν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αναιρεθεί η εν λόγω προδιάθεση του ρεύματος.

- Διανυσματικός έλεγχος (vector control): όπως προαναφέρθηκε, ο έλεγχος γίνεται όπως στη μηχανή ΣΡ ξένης διεγέρσεως, όπου η ροπή, M , προκύπτει ως μία ποσότητα ανάλογη του γινομένου του ρεύματος τυλίγματος διεγέρσεως (πεδίου), I_f και του ρεύματος τυλίγματος τυμπάνου, I_A : $M=k \cdot I_f \cdot I_A$

Στην μηχανή ΣΡ όμως τα δύο ηλεκτρομαγνητικά πεδία είναι σταθερά στο χώρο και σε 90° μεταξύ τους. Αντιθέτως, στις μηχανές ΕΡ, τα πεδία αφενός στρέφονται και αφετέρου η μεταξύ τους γωνία μεταβάλλεται με τις μεταβολές στις φορτίσεις.

Σημειώνεται ότι η μέτρηση του διανύσματος μαγνητικής ροής (κατά μέτρο και γωνία) και δη στον στρεφόμενο δρομέα είναι εξαιρετικά δύσκολο να γίνει (υπεισέρχεται μεγάλο ποσοστό θορύβου, ενώ πρέπει να παρακολουθούνται συνεχώς οι μεταβολές των τιμών R και L των τυλιγμάτων διότι με την περιστροφή μεταβάλλονται λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών).

Ως μειονέκτημα της μεθόδου σημειώνεται ο μεγάλος αριθμός αισθητήρων, μετατροπέων και μετρητικών που πέραν της πολυπλοκότητας που εισάγουν, αυξάνουν το κόστος αλλά και τον χρόνο απόκρισης των διατάξεων ελέγχου.

Επιπλέον, με τη μέθοδο του διανυσματικού ελέγχου η ροπή ελέγχεται μόνον με έμμεσο τρόπο χωρίς να αποφεύγονται και κραδασμοί (torque ripples).

- Απευθείας έλεγχος ροπής (direct torque control DTC): πρόκειται για ουσιαστική εξέλιξη της μεθόδου του διανυσματικού ελέγχου πεδίου (vector field control). Έτσι, και σε αυτήν την περίπτωση οι τάσεις και τα ρεύματα του στάτη μετρώνται και μετασχηματίζονται σε στρεφόμενο πλαίσιο αναφοράς, όμως μετράται ή καλύτερα υπολογίζεται η μαγνητική ροή στον στάτη καθώς επίσης και η τιμή της ροπής στον άξονα του κινητήρα.

Η διαδικασία σύγκρισης στηρίζεται σε μη γραμμικές συναρτήσεις και έχει το πλεονέκτημα ότι αξιοποιεί τη διακριτή στον χρόνο συμπεριφορά των διακοπών ισχύος αυξάνοντας τελικά τη συνολική απόδοση.

Η τεχνική αυτή έχει ήδη αρχίσει να εφαρμόζεται σε πλοία με ηλεκτρική πρόωση και πιο συγκεκριμένα με αζιμουθιακό προωστήριο σύστημα σε συνδυασμό με σύγχρονο κινητήρα μονίμων μαγνητών (Azipod, εταιρεία ABB) και κυκλομετατροπείς.

Η μέθοδος πλεονεκτεί έναντι του διανυσματικού ελέγχου, καθώς ελέγχει απευθείας τη ροπή εξόδου του κινητήρα, έχει πολύ μικρότερες απαιτήσεις σε μετρήσεις και υπολογισμούς μεγεθών (π.χ. δεν είναι απαραίτητη η μέτρηση της ταχύτητας περιστροφής) ενώ η παραγόμενη ροπή είναι πλέον εφικτό να μην εμπεριέχει μεγάλες αιχμές (torque ripples).

ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΕΛΙΚΑΣ ΜΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΠΡΟΩΣΗΣ

Στα πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής πρόωσης συγκαταλέγεται και η ουσιαστική μείωση του αξονικού συστήματος των πλοίων.

Τα συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης έχουν το πλεονέκτημα συνεχούς μεταβολής των στροφών σχεδόν σε όλο το διάστημα 0-100%. Επιπλέον, το 100% της ροπής μπορεί συνήθως να χρησιμοποιηθεί σε όλο το πεδίο λειτουργίας. Για λόγους ασφαλείας, η έλικα κινείται από δύο (ή και περισσότερους) ηλεκτροκινητήρες ίσης ισχύος.

Όσον αφορά την έλικα ως μηχανικό φορτίο, ακολουθεί τον λεγόμενο «νόμο της έλικας» δηλ. η μηχανική ροπή ανάλογη του τετραγώνου της μηχανικής ταχύτητας όπως περίπου και οι φυγοκεντρικές αντλίες και οι ανεμιστήρες, αλλά μπορεί η χαρακτηριστική αυτή να είναι σταθερή (έλικα σταθερού βήματος) ή να

μεταβάλλεται με αλλαγή της κλίσης των πτερυγίων της (έλικα μεταβλητού βήματος).

- Έλικα Σταθερού Βήματος: Καθώς η υπερτάχυνση δεν είναι δυνατή, η έλικα σχεδιάζεται έτσι ώστε να απορροφά τη μέγιστη συνεχή ισχύ (σημείο MCR) σε κατάσταση δοκιμών, δηλ. πλήρες φορτίο, καθαρή γάστρα και ήρεμο καιρό.

Προκειμένου να είναι δυνατή η λειτουργία με πλήρη ισχύ σε δυσμενείς συνθήκες, το σύστημα πρόωσης συνήθως υπολογίζεται για τιμή κατά 10 - 20% μεγαλύτερη της ονομαστικής, χωρίς αύξηση της ισχύος πέρα από τη μέγιστη συνεχή (MCR). Αυτό σημαίνει υπερδιαστασιολόγηση έλικας αξονικού συστήματος - μειωτήρα - κινητήρα - μετατροπέα κατά 10 - 20%.

- Έλικα Ρυθμιζόμενου Βήματος: Το σύστημα είναι συχνά (ή θα έπρεπε να είναι) εφοδιασμένο με διάταξη αυτόματης επιλογής του συνδυασμού βήματος - στροφών έλικας στο διάστημα 65 - 100% των στροφών, ώστε να εξασφαλίζεται η βέλτιστη λειτουργία και η καλύτερη δυνατή απόκριση κατά τους χειρισμούς.

Όταν η έλικα είναι ρυθμιζόμενου βήματος δεν απαιτείται περιθώριο ροπής, διότι η μέγιστη ισχύς μπορεί σχεδόν πάντοτε να απορροφηθεί με ρύθμιση του βήματος.

- Το Αζιμουθιακό Προωστήριο Σύστημα (POD): Την τελευταία δεκαετία και παράλληλα με την εισαγωγή της ηλεκτρικής πρόωσης εμφανίστηκε μία εναλλακτική λύση για το προωστήριο σύστημα που έχει πολλαπλά πλεονεκτήματα.

Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα ηλεκτρικού κινητήρα και έλικας είναι μία ενιαία μονάδα, εμβαπτισμένη στο νερό στο πρυμναίο μέρος του πλοίου, όπως στις εξωλέμβιες. Το σύστημα μπορεί να φέρει μία ή δύο έλικες και έχει τη δυνατότητα να στρέφεται σχεδόν κατά 360° κατά την αζιμουθιακή διεύθυνση (από όπου προέρχεται και το όνομά του), δηλ. στο οριζόντιο επίπεδο, αυξάνοντας σε μεγάλο βαθμό τις δυνατότητες ελιγμών του πλοίου, ενώ αφενός πρακτικά εκμηδενίζεται το αξονικό σύστημα και αφετέρου δεν υφίσταται μηχανισμός πηδαλίου.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΠΡΩΣΗΣ

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής πρόωσης, στα οποία οφείλεται και η διάδοσή της στις εφαρμογές που προαναφέρθηκαν, είναι τα ακόλουθα:

- Συνεχής μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής της έλικας και της ταχύτητας του πλοίου σε όλο το πεδίο 0- 100 %.

- Γρήγορη απόκριση κατά τη διάρκεια χειρισμών και δυναμικής τοποθέτησης του σκάφους.

- Χαμηλή στάθμη θορύβου και κραδασμών.

- Οικονομία καυσίμου, καθώς είναι δυνατή η επιλογή των μηχανών που θα λειτουργούν έτσι, ώστε η κάθε μια να λειτουργεί κοντά στο βέλτιστο σημείο.

- Ελευθερία στην τοποθέτηση των επιμέρους μηχανημάτων του ενεργειακού συστήματος, που προσφέρει ευελιξία στον σχεδιασμό του σκάφους και εξοικονόμηση ωφέλιμου χώρου.

- Πλήρης εκμετάλλευση της στρεπτικής ροπής σε όλο το πεδίο λειτουργίας.
- Ευκολία αυτοματισμού.
- Αυξημένη αξιοπιστία (πολλά συστήματα συνδεδεμένα παράλληλα) και, επομένως, αυξημένη ασφάλεια.
- Περιορισμός των εκπεμπόμενων ρύπων διότι:
 - η κατανάλωση καυσίμου είναι μικρότερη, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως,
 - ιδιαίτερα οι εκπομπές NOx είναι αισθητά χαμηλότερες όταν, π.χ. ένας μεσόστροφος κινητήρας Diesel λειτουργεί με σταθερές στροφές, όπως συμβαίνει στα νέα συστήματα ηλεκτρικής πρόωσης.
- Περιορισμός του κινδύνου ρύπανσης του περιβάλλοντος από ατυχήματα όπως αυτά των δεξαμενοπλοίων, χάρη στην ταχύτερη απόκριση του συστήματος κατά τους χειρισμούς και τη δυναμική τοποθέτηση του σκάφους.

Μειονεκτήματα της ηλεκτρικής πρόωσης είναι τα εξής:

- Υψηλό κόστος επένδυσης. Αυτό γίνεται η προσπάθεια να μειωθεί κατά το δυνατόν, αξιοποιώντας την υπάρχουσα τεχνολογία των ηπειρωτικών ηλεκτρικών δικτύων (Commercial Off The Shelf – COTS), ωστόσο το υψηλό κόστος των κινητήρων και των διατάξεων ελέγχου τους δεν δείχνει να υπερκερνάται εύκολα.
- Υψηλότερες απώλειες στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης, σε σύγκριση με το μηχανικό σύστημα. Π.χ., σε συμβατικό σύστημα κινητήρα Diesel - έλικα ρυθμιζόμενου βήματος, οι απώλειες του συστήματος μετάδοσης είναι περίπου 4%: 2% στην έλικα και 2% στον μειωτήρα, όταν η έλικα λειτουργεί στον βέλτιστο συνδυασμό ταχύτητας/βήματος.

Σε εγκατάσταση νηζελο-ηλεκτρικής πρόωσης, το σύστημα μετάδοσης προκαλεί απώλειες 7 - 8%: 3% στις γεννήτριες, 2% στους μετασχηματιστές και μετατροπείς συχνότητας και 2 - 3% στους προωστήριους ηλεκτροκινητήρες.

Επομένως, ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι υψηλότερος στο σύστημα ηλεκτρικής πρόωσης μόνον όταν κάθε μηχανή λειτουργεί σε σταθερή ταχύτητα περιστροφής και επί μεγάλα χρονικά διαστήματα στη βέλτιστη περιοχή.

- Ένα πρόβλημα που προκύπτει από την εκτεταμένη χρησιμοποίηση των διατάξεων ηλεκτρονικών ισχύος είναι ότι εμφανίζονται προβλήματα ποιότητας ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς πέραν των χρήσιμων συχνοτήτων αναπτύσσεται και μεγάλο πλήθος αρμονικών συνιστωσών ρεύματος και τάσεως.

Οι αρμονικές αυτές αφενός προσαυξάνουν τη συνολική κυκλοφορούσα άεργο ισχύ στο ηλεκτρικό δίκτυο αλλά επιπλέον δημιουργούν προβλήματα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας.

Έτσι ο "ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος" που παράγεται επηρεάζει αρνητικά όλες τις ευαίσθητες ηλεκτρονικές διατάξεις –πρωτίστως τα κυκλώματα ελέγχου των ίδιων των ηλεκτρονικών ισχύος – ενώ σε περιπτώσεις στρατιωτικών εφαρμογών αυξάνει τα επίπεδα της ηλεκτρομαγνητικής υπογραφής των πλοίων.

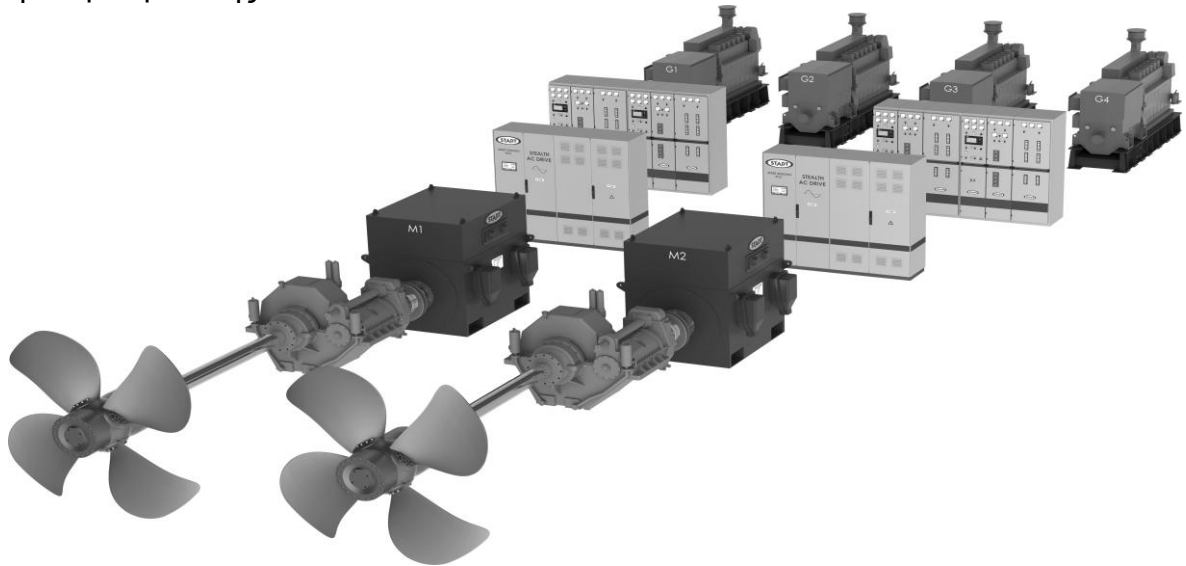
Τέλος, είναι δυνατόν οι αρμονικές παραμορφώσεις των ηλεκτρικών μεγεθών να διεγείρουν ιδιοσυχνότητες για ηλεκτρομηχανικών ταλαντώσεων, όπως είναι τα

φαινόμενα σιδηροσυντονισμού στους δρομείς των σύγχρονων γεννητριών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η σειρά αυτή των προβλημάτων λόγω της εξηλεκτρίσης των συστημάτων του πλοίου αντιμετωπίζεται με εξειδικευμένες αναλύσεις και μελέτες κυρίως κατά της φάση της σχεδίασης του ηλεκτρολογικού συστήματος.

Σε πολλές εφαρμογές, η συνισταμένη πλεονεκτημάτων - μειονεκτημάτων είναι θετική, οπότε η ηλεκτρική πρόωση είναι η ενδεδειγμένη λύση, οδηγώντας σε χαμηλότερο κόστος λειτουργίας (μειωμένο πλήρωμα, οικονομικότερη συντήρηση, γρηγορότερα ταξίδια, μη αναγκαιότητα ρυμούλκησης κοκ).

Η ηλεκτροπρόωση λοιπόν αποτελεί μία αρκετά δελεαστική επιλογή για τα πλοία που συνεχώς κερδίζει έδαφος τα τελευταία χρόνια μεταξύ των άλλων λόγω και της γενικά εντατικής εξέλιξης όλων των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συστημάτων και κυρίως στον τομέα των διατάξεων ελέγχου των ηλεκτρικών κινητήρων και των ηλεκτρονικών ισχύος. Η έρευνα κατά την τρέχουσα περίοδο επικεντρώνεται στη μείωση του αρχικού κόστους επένδυσης αλλά και στην αύξηση των επιδόσεων του συνολικού συνδυασμού των διατάξεων που αξιοποιούνται από συστήματα ηλεκτροπρόωσης.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΩΣΗΣ



Οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις για μείωση των εκπομπών ρύπων και για φθηνότερα καύσιμα στις θαλάσσιες μεταφορές, έχουν οδηγήσει τους επιστήμονες και τις εταιρείες που στελεχώνουν, να προσπαθήσουν να δημιουργήσουν πιο οικονομικά και φιλικά προς το περιβάλλον συστήματα πρόωσης.

Έτσι μετά από έρευνες και δοκιμές κατέληξαν στο υβριδικό σύστημα πρόωσης (HYBRID PROPULSION PLANT), το οποίο είναι ένας πετυχημένος συνδυασμός Dual-Fuel Diesel μηχανών και ηλεκτροπρόωσης.

Μηχανική και ηλεκτρική ισχύς συνδυάζονται μαζί ρυθμίζοντας την απόδοση της πρόωσης και της ηλεκτροπαραγωγής για πλοία που χρειάζονται ένα τέτοιο "ευλύγιστο" σύστημα, το οποίο δίνει την ισχύ και ροπή που χρειάζονται οι προπέλες ενός πλοίου ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας.

Τα βασικά μέρη αυτής της εγκατάστασης είναι:

- Τρεις ηλεκτρομηχανές, οι οποίες παρέχουν ηλεκτρική ισχύ στα βοηθητικά μηχανήματα και στα μοτέρ που είναι συνδεδεμένα μέσω μειωτήρα, με τις προπέλες.
- Δύο κύριες μηχανές που είναι επίσης συνδεδεμένες μέσω μειωτήρα με τις προπέλες.
- Δύο μοτέρ/γεννήτριες που είναι συνδεδεμένα και μπορούν να λειτουργούν παράλληλα με τις δύο κύριες μηχανές και επίσης μπορούν αν τους παρέχεται ηλεκτρική ενέργεια να δίνουν κίνηση στις προπέλες ή να παίρνουν κίνηση από τις κύριες μηχανές μέσω του μειωτήρα και να την μετατρέπουν σε ηλεκτρική ενέργεια

- Τρεις μετασχηματιστές για την μετατροπή του ρεύματος σε κατάλληλη μορφή από τις ηλεκτρομηχανές προς τα μοτέρ

- Καθώς και ρυθμιστές συχνότητας για την αυξομείωση των στροφών των μοτέρ

Οι επιλογές μοιάζουν απεριόριστες καθώς μπορούμε να χρησιμοποιούμε τις μηχανές και τα μοτέρ πρόωσης παράλληλα, ξεχωριστά ή σε συνδυασμό για να πάρουμε την μέγιστη ισχύ.

Οι βασικές επιλογές είναι οι εξής:

- PTO BOOSTER MODE: Αυτή η επιλογή προορίζεται για μέγιστη ταχύτητα και ισχύ στις προπέλες, καθώς οι κύριες μηχανές λειτουργούν ταυτόχρονα και παράλληλα με τα μοτέρ που παίρνουν ηλεκτρική ισχύ από τις γεννήτριες.

- GENERATOR MOD (PTO-MODE): Με αυτή την επιλογή οι κύριες μηχανές όχι μόνο παρέχουν την ισχύ για πρόωση αλλά κινούν και τα μοτέρ μέσω του μειωτήρα λειτουργώντας τα ως γεννήτριες που παρέχουν ρεύμα και στο υπόλοιπο πλοίο. Με αυτόν τον τρόπο οι κύριες μηχανές λειτουργούν με μεγάλο φορτίο και αποδοτικά με ελάχιστες εκπομπές ρύπων. Επίσης αυτή η λειτουργία περιορίζει την συχνότητα των συντηρήσεων και επισκευών των ηλεκτρομηχανών.

- ELECTRICAL MODE: Αυτό το πρόγραμμα είναι συνήθως για χαμηλές ταχύτητες και φορτία καθώς λειτουργούν μόνο τα μοτέρ τα οποία παίρνουν ηλεκτρική ενέργεια από τις ηλεκτρομηχανές ενώ οι κύριες μηχανές είναι εκτός λειτουργίας και αποσυνδεδεμένες από τον μειωτήρα μέσω του συμπλέκτη. Έτσι περιορίζονται οι συντηρήσεις των κυρίως μηχανών αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση βλάβης των κυρίως μηχανών μέχρις ότου αποκατασταθεί η βλάβη ή μέχρι να φθάσουμε σε κάποιο ασφαλές σημείο.

- ELECTRICAL CROSS-CONNECTION MODE(ELECTRIC SHAFT): Σε περίπτωση που έχουμε δύο προπέλες, έχουμε την δυνατότητα με την μία κύρια μηχανή που κινεί την μία προπέλα να τροφοδοτούμε με ρεύμα το μοτέρ τις άλλης προπέλας, λειτουργώντας το μοτέρ της πρώτης σαν shaft generator.

Ενώ τα μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι η υψηλή τιμή αγοράς, τα πλεονεκτήματά του κάνουν κάποιον να αναθεωρεί την σχέση ποιότητας και ποσότητας και είναι τα εξής:

- Μεγάλη ποικιλία λειτουργικών καταστάσεων, από πολύ αργή μέχρι και ενισχυμένη.

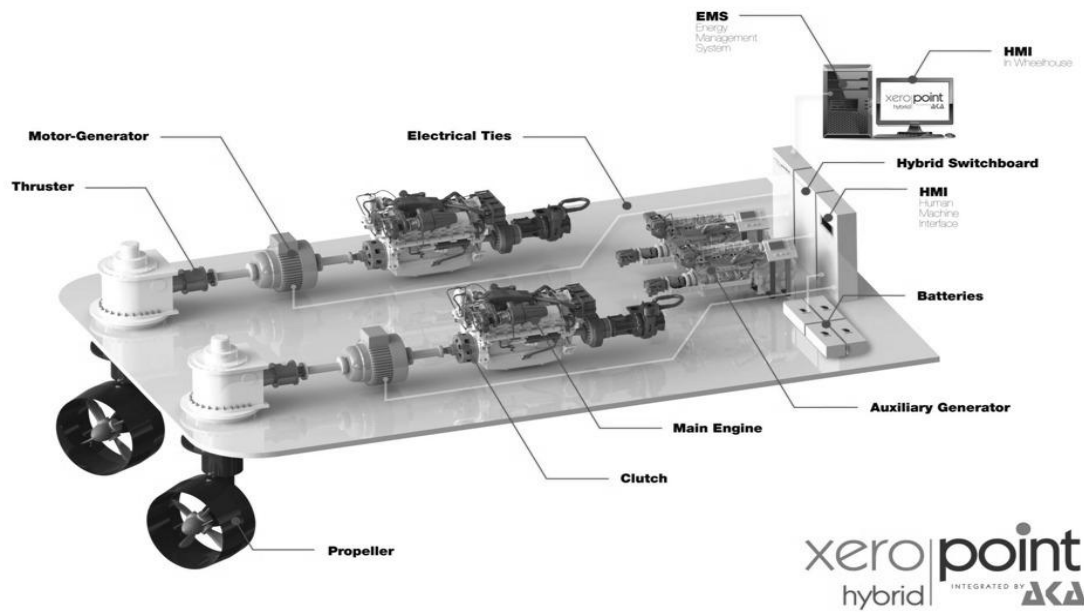
- Οι προπέλες μπορούν να κινηθούν είτε από διζελομηχανές, είτε από μοτέρ, κάτι που παρέχει την αξιοπιστία τις συνεχούς κινήσεως.

- Χαμηλότερο λειτουργικό κόστος χάρη στην δυνατότητα να συνδυάζεις κύριες και βοηθητικές μηχανές για να παράγεις την απαιτούμενη ισχύ

- Χαμηλότερη κατανάλωση και εκπομπές ρύπων ως αποτέλεσμα της αποδοτικότητας και της έλλειψης λειτουργίας μηχανών με χαμηλά φορτία.

- Αναλόγως το πρόγραμμα λειτουργίας παρατείνονται οι επισκευές και συντηρήσεις των μηχανών, το οποίο είναι βαριά υπολογίσιμο από τους πλοιοκτήτες.

Όπως αποδεικνύεται το υβριδικό σύστημα είναι μία πολύ καλή λύση και προσφέρει πολλές επιλογές καθώς συνδυάζει την απόδοση με τους αυστηρούς διεθνείς νόμους περί προστασίας του περιβάλλοντος και τις χαμηλές καταναλώσεις των πανάκριβων έως τώρα καυσίμων.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο

ΥΔΡΟΠΡΩΣΗ Ή ΥΔΡΟΤΖΕΤ



Την δεκαετία του '50 υπήρξε μεγάλο ενδιαφέρον για τα συστήματα υδροπρόωσης. Μετά από πειράματα και έρευνες που έγιναν από την British Atmirality και την Σουηδική Κυβέρνηση για την αποδοτικότητα της συμβατικής έλικας (προπέλα) και των συστημάτων υδροπρόωσης, κατέληξαν ότι η έλικα είναι αποδοτικότερη από τα συστήματα υδροπρόωσης επειδή η τεχνολογία στην κατασκευή αντλιών ήταν αρκετά πίσω εκείνη την εποχή.

Ο William Hamilton πιστεύοντας στην υδροπρόωση χρησιμοποίησε μία φυγόκεντρη αντλία που αναρροφούσε το νερό και το απέβαλε μέσω ενός πηδαλιουχούμενου ακροφυσίου κάτω από την βάρκα. Έτσι κατάφερε να επιτύχει μία ενθαρρυντική αλλά μικρή ταχύτητα των 11 μιλίων.

Το 1954 ιδρύθηκε η Αμερικάνικη Εταιρία Hamilton Waterjet και κατασκεύασε το πρώτο τύπο υδροτζέτ, Quinnat, το οποίο αποτελείται από μία οριζόντιου άξονα φυγοκεντρική αντλία στην οποία η κίνηση δινόταν από ένα δεξιόστροφο κιβώτιο ταχυτήτων. Μετά από μία μικρή τροποποίηση για να αποβάλει το νερό επάνω από την ίσαλο γραμμή, κατάφερε να αναπτύσσει ταχύτητα μέχρι και 17 κόμβους και απέβαλε όλα τα εξαρτήματα που ήταν κάτω από το νερό.

Έτσι δημιουργήθηκε η Hamilton Waterjet που από το 1954 μέχρι σήμερα συνεχίζει να παράγει συστήματα υδροπρόωσης και παράλληλα στο χώρο δημιουργήθηκαν και άλλες εταιρείες όπως η Kamewa, η Aerojet Liquid Rocket Company και η Rocketdyne Waterjet Propulsors οι οποίες προόριζαν τα συστήματά τους και για το πολεμικό ναυτικό.

Η αρχή λειτουργίας των συστημάτων υδροπρόωσης βασίζεται στον 3^ο νόμο του Νεύτωνα όπου κάθε δύναμη που ασκείται πάνω σε ένα σώμα έχει μία δύναμη ίση και αντίθετη από την αρχική. Δηλαδή η κατάθλιψη της δέσμης του νερού προς το πίσω μέρος του σκάφους δημιουργεί μία δύναμη εξ'αντιδράσεως η οποία

μεταφέρεται μέσω του σκελετού του συστήματος υδροπρόωσης στο σκάφος και το ωθεί προς τα εμπρός. Δημιουργούν έτσι μία προωθητική δύναμη μέσω του νερού. Όπως για παράδειγμα η ώθηση που δεχόμαστε όταν κρατάμε μία πυροσβεστική μάνικα.

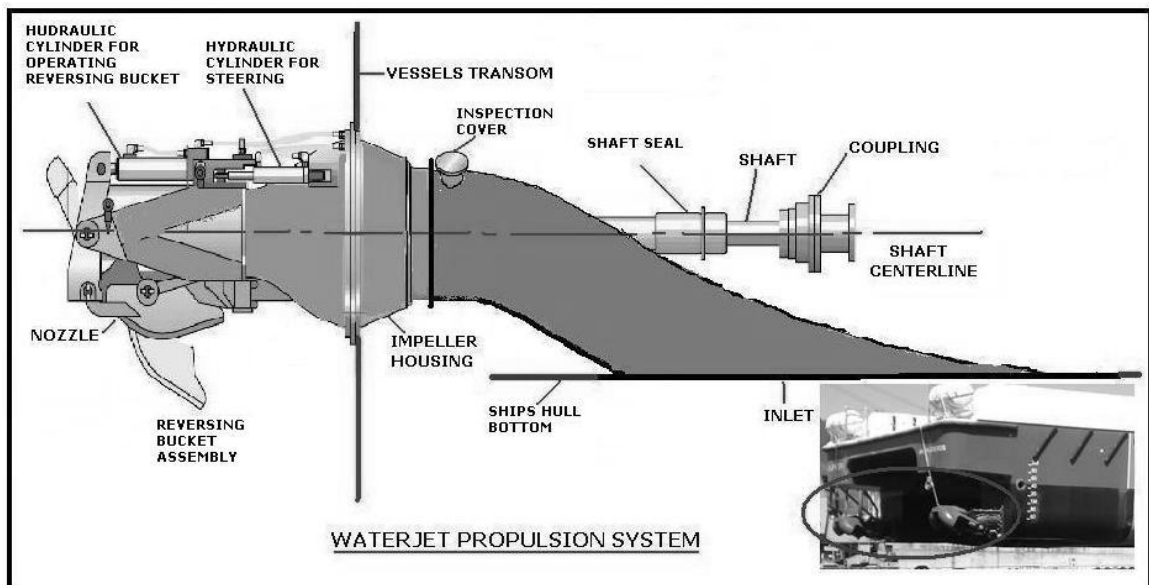
Τα συστήματα υδροπρόωσης, βασικά, είναι αντλίες, που κινούνται από μηχανές εσωτερικής καύσης, οι οποίες αναρροφούν νερό από το κάτω μέρος του σκάφους και το καταθλίζουν στο πίσω μέρος του με μεγαλύτερη πίεση από αυτή που μπήκε μέσα στο σύστημα.

Μέσω του impeller δημιουργείται κενό το οποίο αναγκάζει το νερό να μπει από το κάτω μέρος του σκάφους στον οχετό εισαγωγής, ο οποίος είναι σχεδιασμένος βάση των χαρακτηριστικών του σκάφους. Περνώντας το νερό από το impeller αυξάνεται η δυναμική του ενέργεια και αφού περάσει και από το προφύσιο εξαγωγής έχουμε την έξοδο μίας ισχυρής δέσμης νερού που ωθεί το σκάφος προς τα εμπρός.

Η πηδαλιούχηση γίνεται μέσω τιμονιού το οποίο αλλάζει την γωνία του ακροφυσίου προς τα αριστερά ή δεξιά και το "ανάποδα" επιτυγχάνεται με την βοήθεια ενός κοίλου διαφράγματος που υδραυλικά κατεβαίνει μπροστά από το ακροφύσιο και την δέσμη νερού και την αναστρέφει προς την αντίθετη πορεία.

Γενικά είναι ένα σύστημα με απίστευτη ευελιξία όπου μπορείς να έχεις πλήρη έλεγχο της πηδαλιούχησης σε πολύ υψηλές ταχύτητες, την δυνατότητα περιστροφής 360 μοιρών ανα πάσα στιγμή καθώς και τη δυνατότητα απότομου φρεναρίσματος με μεγάλες ταχύτητες. Επίσης είναι αποδοτικό και αξιόπιστο αλλά ορισμένες φορές η υψηλή κατανάλωσή του σε καύσιμο το καθιστά ασύμφορο.

Σήμερα το υδροτζέτ χρησιμοποιείται από το πολεμικό ναυτικό διάφορων χωρών αλλά και από σκάφη αναψυχής, ταχύπλοα και ακτοπλοία.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο

ΠΛΟΙΑ ΜΕ ΑΕΡΟΣΤΡΩΜΑ Ή ΧΟΒΕΡΚΡΑΦΤ



Σκάφος που γλιστρά σε λεία επιφάνεια (συνήθως στη θάλασσα), πάνω σε ένα στρώμα πεπιεσμένου αέρα, και χρησιμοποιείται για τη μεταφορά επιβατών και οχημάτων. Το σκάφος που προωθείται από έλικες όπως των αεροπλάνων ή ναυτικούς έλικες ή εκτοξευτήρες νερού. Η λειτουργία του βασίζεται στη δημιουργία του "στρωματο-ιπτάμενου συστήματος", το σκάφος δηλ. κινείται πάνω σε ένα συμπαγές στρώμα αέρα που δημιουργείται από το σύστημα ανύψωσης του σκάφους (ανάλογα με το μοντέλο είτε με έναν επιπλέον έλικα τοποθετημένο στο μπροστινό μέρος, είτε με εκμετάλλευση της πρόωσης του αέρα) και ανανεώνεται συνεχώς.

Αποτέλεσμα είναι το σκάφος να έχει τη δυνατότητα να κινηθεί με πολύ μεγαλύτερη ευελιξία από τα συμβατικά πλοία, ακόμα και σε νερά με πολύ μικρό βάθος, ενώ μπορεί να αναπτύξει ταχύτητες 30-40 κόμβων. Το χόβερκραφτ εφευρέθηκε από τον Βρετανό Σερ Κρίστοφερ Κόκερελ, χρησιμοποιήθηκε αρχικά για στρατιωτικούς σκοπούς και από το 1959 χρησιμοποιείται για τη μεταφορά επιβατών και εμπορευμάτων.

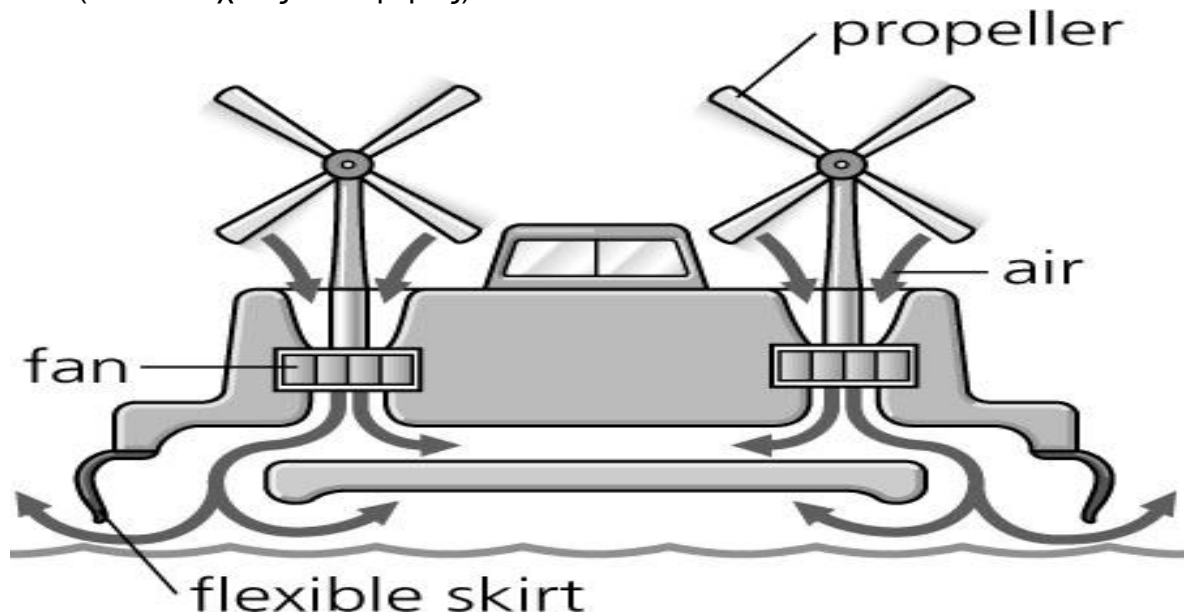
Τα σκάφη αυτά είναι συνήθως μικρής χωρητικότητας 250 τόνων περίπου ικανά να μεταφέρουν περί τους 300, ή και περισσότερους, επιβάτες και γύρω στα 25 επιβατηγά οχήματα. Η κίνησή τους γίνεται πάνω σε στρώμα αέρος που επιτυγχάνεται με ειδικούς επιπρυμναίους αεροστροβίλους (ανεμιστήρες) πίσω από τους οποίους φέρονται τα πηδάλια. Η φορτοεκφόρτωσή τους γίνεται από τη πλήρη όπου και φέρουν πρωραίο υδραυλικό καταπέλτη. Τα σκάφη αυτά

θεωρητικά δεν παρουσιάζουν "εν κινήσει" (θαλάσσιο) εκτόπισμα (non-displacement craft), όπως επίσης και τα υδροπτέρυγα.

Η πρώτη εμπορική εμφάνιση και εκμετάλλευση των χόβερκραφτς ήταν στις πορθμειακές γραμμές μεταξύ Αγγλίας και Γαλλίας.

Σημαντικότετος επίσης υπήρξε ο πολεμικός στόλος των χόβερκραφτς που είχε δημιουργήσει ο τελευταίος Σάχης της Περσίας λίγο πριν την πτώση του, και που αποτελούσε τον φόβο και τον τρόμο σε όλο τον Περσικό τότε και σήμερα Αραβικό Κόλπο, που όμως μετά την μεταπολίτευση του Ιράν και τον Περσοϊρακινό πόλεμο που ακολούθησε, στην αρχή καθηλώθηκε από έλλειψη ανταλλακτικών και στη συνέχεια εγκαταλείφθηκε.

Συνεχώς ο ναυπηγικός αυτός τύπος σκαφών βελτιώνεται και πολλά τέτοια σκάφη έχουν προτιμηθεί από πολλές ναυτικές δυνάμεις Χωρών, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, στην εξέλιξη των πλοίων αποβάσεων καθώς και για αμφίβιες επιχειρήσεις και ανάγκες ναρκοπολέμου η οποία κατέχει τα ΠΤΜ Κεφαλληνία και Ιθάκη τύπου Zurb(Πλοία Ταχείας Μεταφοράς).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9ο ΠΥΡΗΝΟΚΙΝΗΤΑ ΠΛΟΙΑ



Πυρηνοκίνητο πλοίο (nuclear ship) (NS) χαρακτηρίζεται το πλοίο εκείνο που χρησιμοποιεί ως μέσον πρόωσης πυρηνική ενέργεια. Αποτελεί την τελευταία εξέλιξη μέσου πρόωσης των μηχανοκινήτων πλοίων.

Τα πλοία αυτά σε ειδικό διαμέρισμα πλώραθεν του μηχανοστασίου φέρουν πυρηνικό αντιδραστήρα τύπου PWR που θέτει σε κίνηση τις ηλεκτρομηχανές (τουρμπίνες).

Σχετικές μελέτες εφαρμογής επέκτασης της πυρηνικής ενέργειας ως μέσον πρόωσης εμπορικών πλοίων ξεκίνησαν πολλές Χώρες. Σημαντικότερες ήταν των Γερμανών με την ναυπήγηση του μεταλλευματοφόρου "Otto Hahn", των Κινέζων με το επιβατηγό "Zan Than", των Ρώσων με το Παγοθραυστικό "Λένιν" και των Αμερικανών με το φορτηγό πλοίο γραμμής (λάινερ) "Savannah" που ναυπηγήθηκε το 1962.

Η πειραματική αυτή χρήση στα εμπορικά πλοία δεν πέτυχε όμως και το τελειότερο απ' όλα τα παραπάνω, το αμερικανικό "Σαβάννα" αποσύρθηκε από την εκμετάλλευσή του ως "λίαν αντιοικονομικό".

Αντίθετα όμως η εφαρμογή της πυρηνικής ενέργειας ως μέσον πρόωσης πολεμικών πλοίων υπήρξε μάλλον επιτυχής πλην ελαχίστων εξαιρέσεων (ατυχημάτων) ιδίως σε υποβρύχια και αεροπλανοφόρα για τα οποία η έννοια "ακτίνα δράσης" (δηλαδή μέγιστη απόσταση χωρίς ανεφοδιασμό) παραμένει άγνωστος!

Τα τελευταία χρόνια τα κέντρα που έχουν εστιάσει στην σχεδίαση σύγχρονων συστημάτων πρόωσης πλοίων όπου η κρίση του κόστους των καυσίμων και ακόλουθα η διεθνής οικονομική κρίση δημιούργησαν νέα δεδομένα έστρεψαν το ενδιαφέρον τους στο «Ρωσικό πείραμα».

Η πρόσφατη σχετικά κατασκευή δύο πυρηνοκίνητων εμπορικών σκαφών με ικανότητες παγοθραυστικών για τις «σκληρές» βόρειες ρότες έφεραν στο προσκήνιο το όλο ζήτημα της εφαρμογής της ενέργειας αυτή στην πρόωση εμπορικών πλοίων.

Ωστόσο ο προβληματισμός και οι συζητήσεις των ειδικών πέραν του κόστους εστίασε και σε θέματα παγκόσμιας ασφάλειας. Θέματα που είχαν κάνει την εμφάνισή τους κατά την δεκαετία του 70 όταν η χρήση πυρηνοκίνητων αεροπλανοφόρων, υποβρυχίων και λοιπών μονάδων Πολεμικών Ναυτικών είχε επεκταθεί. Μετά το Τσερνόμπιλ μάλιστα οι «φόβοι» έγιναν πιο συγκεκριμένοι και ακόμη πιο εξειδικευμένοι μετά την γενικότερη και σε παγκόσμια κλίμακα πλέον «τρομο-φοβία» για «βρόμικα όπλα» κλπ.

Ως γνωστόν ένα πλοίο κινούμενο με τέτοια ενέργεια εν πολλοίς θα μπορούσε να αποτελεί «όπλο» στα χέρια τρομοκρατών και για λόγους που δεν είναι της παρούσης.

Ξεκινώντας από την αρχή, από τα μέσα της δεκαετίας του 50 μέχρι σήμερα κατασκευάσθηκαν 486 πυρηνικά Υ/Β και 37 σκάφη πυρηνικά σκάφη επιφανείας. Το γεγονός αυτό είχε ως αποτέλεσμα 739 πυρηνικοί αντιδραστήρες να βρεθούν να λειτουργούν στις θάλασσες του κόσμου. Από αυτούς, οι 238 είναι ακόμα σε λειτουργία, 195 σε Υ/Β, και 43 σε σκάφη επιφανείας. Και βέβαια στους αριθμούς αυτούς δε συμπεριλαμβάνονται τα πυρηνικά όπλα τα οποία μεταφέρονταν και μεταφέρονται από Υ/Β, πυρηνοκίνητα και μη, και σκάφη επιφανείας.

Το 1960 κατελκύστηκε το CVN-65 Enterprise το οποίο ήταν το 1^ο πυρηνοκίνητο πολεμικό σκάφος επιφανείας και το εντυπωσιακότερο σκάφος που είχε ποτέ πλεύσει στους ωκεανούς. Παραμένει ακόμα σε υπηρεσία και κινείται από 8 αντιδραστήρες. Το ακολούθησαν, για το ναυτικό των ΗΠΑ, 9 καταδρομικά κατευθυνόμενων πυραύλων (CGN) τα οποία παροπλίστηκαν στη δεκαετία του 90. Σε υπηρεσία παραμένουν τα 9 αεροπλανοφόρα της κλάσης Nimitz με 2 αντιδραστήρες το καθένα. Συνολικά από τα 19 πυρηνοκίνητα πολεμικά επιφανείας που κατασκευάσθηκαν για το ναυτικό των ΗΠΑ, σε υπηρεσία παραμένουν τα 10 αεροπλανοφόρα.

Από την άλλη πλευρά, τα σχέδια του Σοβιετικού ναυτικού για την κατασκευή ενός πυρηνοκίνητου αεροπλανοφόρου δεν πραγματοποιήθηκαν ποτέ. Το 1980 εισήλθε στην υπηρεσία το μεγαλύτερο πολεμικό σκάφος του κόσμου, εκτός αεροπλανοφόρων. Πρόκειται για το καταδρομικό κατευθυνόμενων πυραύλων (CGN) «Ναύαρχος Ουσάκοβ», πρώην «Κίροβ» το οποίο ακολούθησαν άλλα 3 σκάφη της ίδιας κλάσης, το τελευταίο εκ των οποίων, το «Μεγάλος Πέτρος» εισήλθε στην υπηρεσία στα τέλη της δεκαετίας του 90. Ένα πέμπτο σκάφος της κλάσης δεν ολοκληρώθηκε ποτέ, παρότι είχαν ήδη τοποθετηθεί οι αντιδραστήρες. Χρησιμοποιείται σήμερα ως πλωτό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στις ακτές του Ειρηνικού. Επίσης το Σοβιετικό ναυτικό κατασκεύασε ένα σκάφος επικοινωνιών και διοίκησης επιχειρήσεων το «Ουράλ» το οποίο παρότι εισήλθε στην υπηρεσία μόλις το 1988 σήμερα είναι απενεργοποιημένο και συζητείται η πώλησή του.

Τέλος, το 2000 εισήλθε στην υπηρεσία του Γαλλικού ναυτικού το αεροπλανοφόρο R91 Charles De Gaulle, το τελευταίο μέλος της οικογένειας των πυρηνοκίνητων σκαφών επιφανείας.

Η ύπαρξη μη πολεμικών πλοίων που χρησιμοποιούν την πυρηνική ενέργεια ως μέσο πρόωσης είναι μια ιστορία όχι και τόσο γνωστή. Η αρχή έγινε μόλις το 1959 με το Σοβιετικό παγοθραυστικό «Λένιν» το οποίο ήταν και το πρώτο σκάφος επιφανείας που έφτασε στο Βόρειο πόλο. Το «Λένιν» παροπλίστηκε το 1989, όμως σήμερα υπάρχουν 7 άλλα παγοθραυστικά που χρησιμοποιούνται από τη Ρωσία για τη διευκόλυνση της ναυσιπλοΐας στις βόρειες ακτές της χώρας. Από τις αρχές της δεκαετίας του 90 χρησιμοποιούνται επίσης και ως κρουαζιερόπλοια, για ταξίδια στο Βόρειο Πόλο. Επίσης η Ρωσία διαθέτει και ένα πυρηνοκίνητο εμπορικό πλοίο για μεταφορά μεταλλευμάτων.

Κατασκευάστηκαν άλλα 3 εμπορικά πυρηνοκίνητα πλοία. Το NS Savannah κατελύστηκε στα τέλη της δεκαετίας του 50 όμως παροπλίστηκε το 1970. Το ίδιο σύντομη ήταν και η ιστορία του Γερμανικού NS Otto Hahn το οποίο μετατράπηκε σε νηζελοκίνητο και του Ιαπωνικού NS Mutsu το οποίο μετά και από αρκετά προβλήματα λειτουργίας χρησιμοποιείται σήμερα για ερευνητικούς σκοπούς. Και στις 3 περιπτώσεις ο κυριότερος ανασταλτικός παράγοντας ήταν το μεγάλο κόστος λειτουργίας, που καθιστούσε τη χρήση της πυρηνικής ενέργειας οικονομικά ασύμφορη.

Πυρηνικός αντιδραστήρας ονομάζεται η διάταξη εκείνη εντός της οποίας παράγεται ενέργεια με ελεγχόμενη αντίδραση σχάσης. Ο Πυρηνικός αντιδραστήρας θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν μια μεγάλη δεξαμενή όπου το πυρηνικό καύσιμο υφίσταται πυρηνική σχάση απελευθερώνοντας έτσι θερμότητα. Τα άτομα του εν λόγω καυσίμου υπό ορισμένες συνθήκες διασπώνται αυθόρμητα εκπέμποντας νετρόνια, τα οποία στη συνέχεια προκαλούν τη διάσπαση άλλων ατόμων, με τελικό αποτέλεσμα μια γεωμετρικά αυξανόμενη αλυσιδωτή αντίδραση.

Στην "καρδιά του αντιδραστήρα" φέρονται επιβραδυντικό υλικό και ρυθμιστικές ράβδοι (ή "ράβδοι ελέγχου" ή "ράβδοι ρύθμισης") που συγκρατούν την αλυσιδωτή αντίδραση σε σταθερό ρυθμό ανάπτυξης έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η ομαλή ροή της θερμότητας. Ένα "ψυκτικό μέσο" (που μπορεί να είναι αέριο ή υγρό όπως το νερό) κυκλοφορεί μέσα στον αντιδραστήρα και θερμαίνεται. Στη συνέχεια αυτό οδηγείται σε ένα "εναλλάκτη θερμότητας" όπου προκαλεί βρασμό σε νερό που υπάρχει εκεί. Ο παραγόμενος ατμός στη συνέχεια θέτει σε κίνηση στροβίλους που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα αλλά και κινητική ενέργεια (πυρηνοκίνητα πλοία).

Ο Πυρηνικός αντιδραστήρας εκπέμπει έντονη ακτινοβολία που αξιοποιείται στη παραγωγή ραδιοϊσοτόπων. Η διαρροή της ακτινοβολίας αυτής εμποδίζεται από τα προστατευτικά στρώματα της "θωράκισης" του αντιδραστήρα. Όλοι όσοι εργάζονται σε τέτοιους χώρους υποχρεούνται να είναι εφοδιασμένοι με ειδικούς φορητούς ανιχνευτές ραδιενέργειας.

Ιστορία

Παρά το γεγονός ότι οι επιστήμονες μόλις τις τελευταίες δεκαετίες κατάφεραν να κατασκευάσουν τεχνητούς πυρηνικούς αντιδραστήρες όπου γίνεται ελεγχόμενη

σχάση, εντούτοις φυσικοί πυρηνικοί αντιδραστήρες προϋπήρξαν περίπου ενάμισι δεκαετομμύρια χρόνια πριν. Ανακαλύφθηκαν το 1972 από τον Γάλλο φυσικό Φράνσις Περέν στα ορυχεία ουρανίου του Όκλο, στην Γκαμπόν της Δυτικής Αφρικής. Σε περίπου δεκαπέντε τοποθεσίες, η αναλογία μεταξύ U235 και U238, αλλά και άλλων ραδιενεργών ισωτόπων σε σχέση με τις κανονικές τους συγκεντρώσεις στο φλοιό της γης, οδήγησε στο συμπέρασμα ότι κάποτε στα συγκεκριμένα σημεία έλαβαν χώρα πυρηνικές αντιδράσεις σχάσης πολύ παρόμοιες με αυτές που συμβαίνουν στο εσωτερικό ενός σύγχρονου αντιδραστήρα. Οι αντιδραστήρες αυτοί "λειτούργησαν" για περίπου 150 εκατομμύρια χρόνια.

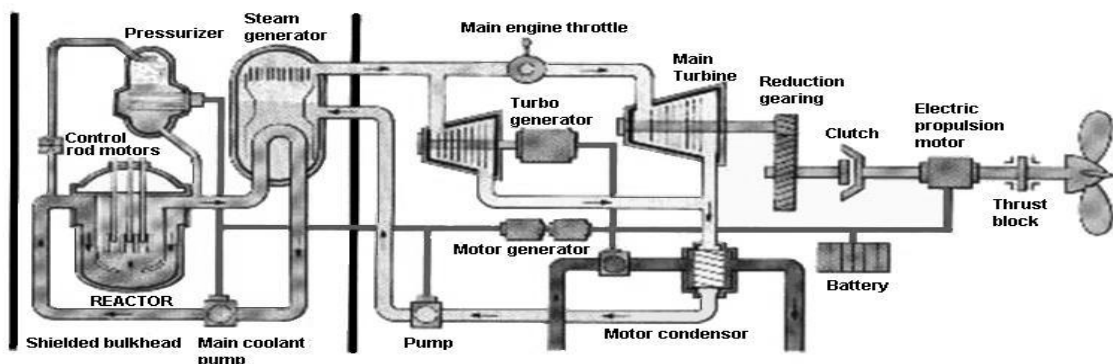
Ο πρώτος πυρηνικός αντιδραστήρας κατασκευάστηκε στα πλαίσια του σχεδίου Μανχάτταν, το 1942, υπό την καθοδήγηση του Ενρίκο Φέρμι στο Πανεπιστήμιο του Σικάγο. Το καύσιμο που χρησιμοποιήθηκε ήταν φυσικό ουράνιο, το οποίο περιέχει σε ποσοστό μικρότερο του 1% το ισότοπο του ουρανίου U-235 και κατά 99% αποτελείται από U-238 το οποίο δε σχάζεται εύκολα.

Ο Φέρμι είχε παρατηρήσει ότι η σχάση αυξανόταν όταν κάποιο μέσο επιβράδυνε τα νετρόνια, και έτσι στον πρώτο πυρηνικό αντιδραστήρα που κατασκεύασε χρησιμοποιήθηκαν επιβραδυντές αποτελούμενοι από γραφίτη. Το ουράνιο που αποτελούσε το καύσιμο λαμβανόταν από οξειδίο του ουρανίου που τοποθετούνταν σε μεγάλες ποσότητες πάνω στους στύλους του γραφίτη. Ρυθμιστικές ράβδοι καδμίου που εισέρχονταν στον αντιδραστήρα χρησίμευαν στο να προλαμβάνεται η αλυσιδωτή αντίδραση όταν αυτή δεν ήταν επιθυμητή.

Ο Φέρμι, πριν τη λειτουργία του αντιδραστήρα, έδωσε εντολή να αφαιρεθούν όλες οι ρυθμιστικές ράβδοι εκτός από μία η οποία ήταν ικανή να σταματήσει τη δημιουργία αλυσιδωτής αντίδρασης. Μετά αφαιρέθηκε και αυτή σταδιακά και σε κάθε στάδιο ελεγχόταν ο ρυθμός της σχάσης για να διαπιστωθεί αν ήταν ίδιος με αυτόν που είχε υπολογιστεί θεωρητικά. Όταν αφαιρέθηκε και το τελευταίο τμήμα της ρυθμιστικής ράβδου, η έκλυση της ενέργειας ανοδικά έφτασε σε ένα σταθερό επίπεδο και υπήρξε ο πρώτος τεχνητός έλεγχος πυρηνικής σχάσης.

Όμως οι ειδικοί τώρα επιχειρούν «ένα βήμα μπροστά» καθώς τουλάχιστον για μεγάλες μονάδες που απαιτούν τεράστιες ποσότητες καυσίμων και η εμπορική τους χρήση καθίσταται επωφελής όταν έχουν και το τακτικό πλεονέκτημα της ταχύτητας η ενέργεια αυτή μπορεί να είναι και η λύση.

Pressurized-water Naval Nuclear Propulsion System



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10ο

ΠΛΟΙΑ ΜΕ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ



Λόγω της οικονομικής κρίσης, ο κλάδος των θαλάσσιων μεταφορών υφίσταται τεράστια πίεση να μειώσει τα έξοδά του. Ιδιαίτερα η Ιαπωνία, που δεν έχει δικούς της ενεργειακούς πόρους, προσπαθεί με κάθε μέσο να ελαττώσει την εξάρτησή της από το πετρέλαιο, το οποίο αναγκάζεται να αγοράζει από ξένες χώρες. Έτσι, η ηλιακή ενέργεια αποτελεί ένα νέο μέσο για μείωση των εξόδων και μεγιστοποίηση του κέρδους.

Ταυτόχρονα, λόγω της κλιματικής αλλαγής, οι εταιρίες θαλάσσιων μεταφορών δέχονται πίεση να μειώσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Ο κλάδος τους προκαλεί περίπου το 3% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε παγκόσμιο επίπεδο.

Κατά συνέπεια, η χρήση ηλιακής ενέργειας στις θαλάσσιες μεταφορές αποτελεί ένα εξαιρετικό μέτρο, φθινό και φιλικό προς το περιβάλλον. Στο πλαίσιο αυτό, η ιαπωνική εταιρία «Νίπρον Γιούσεν», κατασκευάστρια του πρωτοποριακού πλοίου, έχει δηλώσει πως ο στόχος της είναι να μειώσει στο μισό τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ως το 2010.

Το πρώτο φορτηγό πλοίο που κινείται εν μέρει με ηλιακή ενέργεια, το Auriga Leader, κατασκευασμένο της Nippon Yusen KK στο Κόμπε, απέπλευσε πρόσφατα από το Τόκιο. Το τεράστιο αυτό πλοίο, βάρους 60.000 τόνων και μήκους 200 μέτρων, μπορεί να μεταφέρει ως και 6400 αυτοκίνητα.

Η κατασκευή του κόστισε 2,4 εκατομμύρια δολάρια στην ιαπωνική εταιρία «Νίπρον Γιούσεν». Είναι εξοπλισμένο με 328 πλαίσια φωτοβολταϊκών κυττάρων, τα οποία παρέχουν 40 KW, δηλαδή το 0.2% της ενεργειακής κατανάλωσης του πλοίου. Το

ποσοστό είναι ακόμα μικρό, μα οι επιστήμονες δηλώνουν αποφασισμένοι να το αυξήσουν στο κοντινό μέλλον. Μια νέα λύση εν μέσω οικονομικής κρίσης

Επίσης πριν από λίγες μέρες ανακοινώθηκε πως είναι έτοιμη η μεγαλύτερη ηλιακή βάρκα στον κόσμο. Με 31 μέτρα μήκος και 15 πλάτος, το πλοίο αναμένεται να είναι σε θέση να λάβει 103.4Kw από τα 500 τετραγωνικά μέτρα ηλιακών panel για να παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια στον κινητήρα του ο οποίος χρειάζεται μόλις 20Kw για να επιτευχθεί μια μέση ωριαία ταχύτητα έως και 8 κόμβοι (15 Km/h).

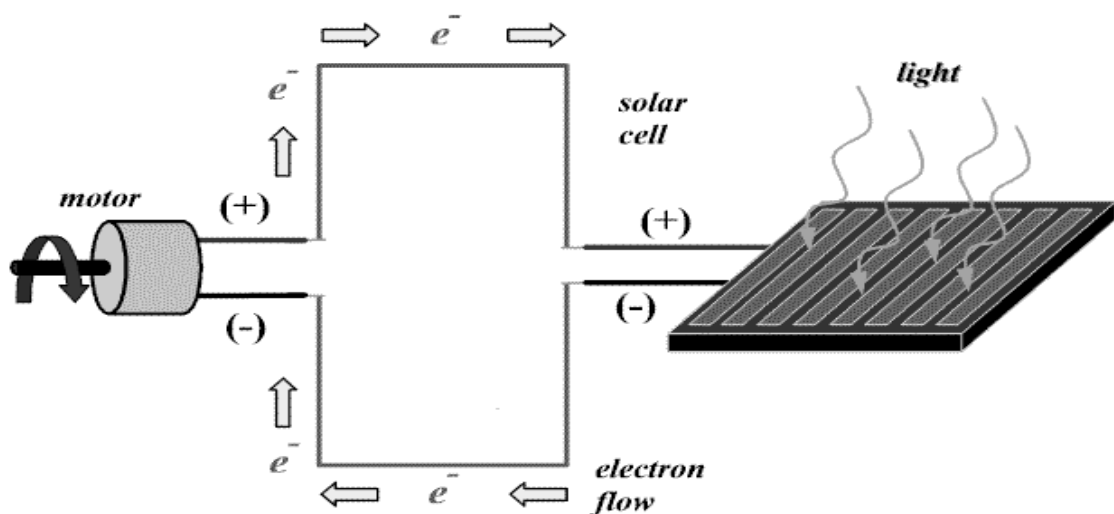
Το Planetslar (έτσι έχει βαφτιστεί το πλοίο) είναι ένα καταμαράν 60 τόνων που κόστισε 18 εκ. ευρώ στην Knierim Yacht Club του Κιέλου στην βόρεια Γερμανία θα ξεκινήσει τον επόμενο μήνα τις πρώτες δοκιμές στην θάλασσα από τον Ιούνιο μέχρι τον Σεπτέμβρη.

Τα φωτοβολταϊκά panels τοποθετήθηκαν από την πρύμνη έως το μέσω του πλοίου, κατασκευάστηκαν από την Sunpower και έχουν απόδοση 22% που είναι μια από τις μεγαλύτερες αυτή στην στιγμή το εμπόριο.

Η ιδέα για αυτό το ηλιακό πλοίο ανήκει στον Raphaël Domjan έναν Ελβετό μηχανικό 38 ετών και τον Γάλλο Gérard d'Aboville ο οποίος θα είναι και ο κυβερνήτης του σκάφους για την παγκόσμια περιοδεία που έχει προγραμματιστεί για τον επόμενο χρόνο με σκοπό να δείξει σε όλους τις πρακτικές πτυχές τις φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.

Παρά το γεγονός ότι αυτό το είδος πλοίων δεν προορίζεται για να αντικαταστήσει τα συμβατικά η ομάδα του Planetsolar σημειώνει ότι ένα τέτοιο σκάφος μπορεί να κάνει το γύρο του κόσμου και δίνει ελπίδες για να μειωθούν οι εκπομπές από τις υδάτινες μεταφορές που κυμαίνονται στα 1.4 εκ. τόνους διοξειδίου του άνθρακα (2008) το οποίο αντιπροσωπεύει το 6% τον συνολικών εκπομπών και είναι δυο φορές υψηλότερο από εκείνο στις αερομεταφορές.

Τον τελευταίο καιρό γίνονται όλο και περισσότερες προσπάθειες για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και αυτό ωθεί τους επιστήμονες στο να βρουν μία εναλλακτική πηγή ενέργειας εκμεταλλευόμενοι τα στοιχεία της φύσης ώστε να μειωθούν κατά πολύ τα ποσοστά CO & CO₂ που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα και εκπέμπονται από τις σημερινές μηχανές κίνησης, πρόωσης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11ο

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΟΩΣΗΣ

Όπως αναφέραμε οι άνθρωποι ανέκαθεν προσπαθούσαν να διευκολύνουν τη ζωή τους. Πέτυχαν μεν, η πλοήγηση στη θάλασσα να χρειάζεται λιγότερη σωματική προσπάθεια αλλά έκαναν δε, την ζωή τους πιο πολύπλοκη. Όλα τα συστήματα πρόωσης κατά την διάρκεια εξέλιξης τους σίγουρα υπερετερούσαν έναντι των προκατόχων τους αλλά είχαν επίσης και μειονεκτήματα.

Όταν το πανί αντικατέστησε το κουπί δεν χρειαζόταν πλέον ανθρώπινη υπερπροσπάθεια για να εξερευνηθούν νέοι τόποι και να εδραιωθεί το εμπόριο, έτσι τα ταξίδια έγιναν ευκολότερα και μακρύτερα, αλλά τα πλοία πλέον εξαρτιόντουσαν απόλυτα από τις φυσικές δυνάμεις, δηλαδή, τον αέρα. Με αυτόν τον τρόπο εξασφάλισαμε και μεγαλύτερες ταχύτητες πλεύσης, κατά συνέπεια πιο γρήγορες μετακινήσεις. Αυτό βέβαια μπορούσε να ξεπεραστεί με τον συνδυασμό και χρήση και των δύο ταυτόχρονα όπως και έγινε αρκετές φορές στο παρελθόν.

Το μεγάλο βέβαια άλμα για την απεξάρτηση της ναυσιπλοΐας από τα στοιχεία της φύσης έγινε με την δημιουργία των θερμικών μηχανών. Οι ατμομηχανές αρχικά "έλυσαν" τα χέρια του ανθρώπου και σχεδόν οποιοδήποτε περιορισμό στη θαλάσσια πλοήγηση, αλλά μακροπρόθεσμα χειροτέρευσαν κατά πολύ την ποιότητα ζωής του, καταναλώνοντας μεγάλα ποσοστά ενέργειας παραγόμενης από την αποψίλωση τεράστιων δασικών εκτάσεων και μολύνοντας τον καθαρό αέρα με τοξικές ουσίες.

Επίσης τα πλοία έπρεπε να είναι πολύ μεγαλύτερα σε διαστάσεις έτσι ώστε να χωρέσει η πολύπλοκη για την εποχή εκείνη εγκατάσταση. Με μεγαλύτερο συνολικό βάρος πλοίου χρειαζόταν επιπλέον, προσωπικό με γνώση στον τρόπο χειρισμού και συντήρησης της εγκατάστασης της ατμομηχανής. Επιπλέον χρειαζόνταν μεγάλους αποθηκευτικούς χώρους για την αποθήκευση της καύσιμης ύλης (σε αυτήν την περίπτωση το κάρβουνο).

Ακολούθησαν οι μηχανές εσωτερικής καύσης που παρόλο που χρησιμοποιούσαν ορυκτό καύσιμο, άχρηστο για εμάς, μεγιστοποίησαν το πρόβλημα την ρύπανσης του περιβάλλοντος. Με τις μηχανές αυτές κερδίσαμε ακόμη μεγαλύτερες ταχύτητες όπως ήταν αναμενόμενο, αλλά το βασικότερο κερδίσαμε για την ίδια ιπποδύναμη, σε όγκο εγκατάστασης σε σχέση με τα ατμόπλοια αλλά και σε όγκο αποθηκεύσεως του καυσίμου.

Επίσης καταφέραμε μειωμένη κατανάλωση καυσίμου (βαρύ πετρέλαιο η ναυτικό πετρέλαιο που πλέον καίνε οι μηχανές μέχρι και σήμερα). Οι μηχανές αυτές έγιναν πολύ αξιόπιστες με την πάροδο του χρόνου και επικράτησαν μέχρι και σήμερα.

Τώρα πλέον είναι από τις επικρατέστερες μηχανές παγκοσμίως με σχεδόν μηδενικά προβλήματα με εξαιρετικά μικρές καταναλώσεις σε καύσιμο και πολύ πιο καθαρές μηχανές περιβαλλοντολογικά.

Και ας μην ξεχνάμε ότι ο τρόπος ζωής που χρησιμοποιούμε σήμερα εξαρτάται απόλυτα από αυτές της μηχανές και μας διευκολύνουν απεριόριστα την καθημερινότητά μας.

Για να φέρουμε στα ίσια τον ζυγό μεταξύ ευκολίας και ποιότητας ζωής αναπτύσσουμε πλέον ηλεκτρονικά συστήματα πρόωσης που πετυχαίνουν να εξισώσουν αυτά τα δύο αλλά αυξάνεται κατά πολύ η πολυπλοκότητα σε σημείο που ίσως να μην είναι πλέον χρηστικά για έναν απλό ναυτικό και να χρειάζεται πολύ επιπλέον εξειδίκευση.

Ακόμα και στα πλοία με ηλεκτροπρόωση βρίσκουμε τις περισσότερες φορές μηχανές εσωτερικής καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την τροφοδότηση των ηλεκτροκινητήρων με ηλεκτρική ενέργεια.

Η εγκατάσταση αυτή καταλαμβάνει μικρότερο όγκο και έχει μεγαλύτερο εύρος στροφών που μπορεί να λειτουργήσει, το όλο σύστημα είναι πιο καθαρό διότι έχουμε να κάνουμε με ηλεκτρισμό αλλά έχουμε μεγαλύτερη επικινδυνότητα λόγω των υψηλών τάσεων λειτουργίας του συστήματος (3.3 , 6.6 , και 11 KV) .

Στο υβριδικό σύστημα πρόωσης βρίσκουμε έναν συνδυασμό των δυο προηγούμενων συστημάτων πρόωσης, πολύ πιο αποδοτικό και με μεγαλύτερη ελευθερία χειρισμών αλλά λόγω του κόστους εγκατάστασης δεν προτιμάται από τους πλοιοκτήτες .

Η αποκορύφωση βέβαια στα πολύπλοκα συστήματα πρόωσης είναι η πυρηνική ενέργεια όπου με κατάλληλη χρήση και επεξεργασία του καύσιμου της είναι η πιο καθαρή και αποδοτική από όλες. Αλλά λόγω του ότι η πυρηνική ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε όπλο μαζικής καταστροφής δεν διατίθεται στην αγορά και για αυτό το λόγο έχει μείνει μόνο για στρατιωτική χρήση και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε κρατικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

Η υδροπρόωση είναι κατάλληλη για σκάφη αναψυχής, ταχύπλοα, ακτοπλοία και για πολεμικά πλοία. Βασικό προτέρημα είναι η επίτευξη υψηλών ταχυτήτων, η μεγάλη ευελιξίας η δυνατότητα περιστροφής 360 μοιρών καθώς και η δυνατότητα απότομου φρεναρίσματος σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα πρόωσης .

Τα πλοία με αερόστρωμα η κοινώς Hovercraft είναι πολύ γρήγορα πλοία που χρησιμοποιούνται κυρίως για στρατιωτικούς σκοπούς διότι έχουν μικρή μεταφορική ικανότητα περί τους 250 τόνους βέβαια χρησιμοποιούνται και σαν πλοία μεταφοράς επιβατών.

Τα πλοία αυτά έχουν την μοναδική ικανότητα να κινούνται σε πολύ ρηχά νερά χωρίς κανένα πρόβλημα είναι ευέλικτα και κινούνται με αεροστρόβιλο (ανεμιστήρες). Αυτά τα πλοία προσεγγίζουν σε σημεία που κανένα άλλο πλοίο δεν μπορεί να κινηθεί, ακόμα και στην στεριά.

Με λίγα λόγια κάθε σύστημα πρόωσης έχει τα πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα του, όμως μπορεί στο μέλλον να βελτιωθούν σε τέτοιο βαθμό που να επιστρέψουμε πάλι σε παλαιά συστήματα, πλέον εκσυγχρονισμένα και αποδοτικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12ο ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ PROJECTS

VINDSKIP



Ένας νορβηγός επιχειρηματίας ανακοίνωσε ότι σχεδίασε και μέσα στα επόμενα χρόνια πρόκειται να κατασκευάσει ίσως το πιο οικολογικό φορτηγό πλοίο στον κόσμο. Το Vindskip (Windship) θα είναι ένα υβρίδιο τροφοδοτούμενο εν μέρει από τον άνεμο, όχι όμως με ανεμογεννήτριες, αλλά χάρη στο ίδιο του το σχήμα, που θα το κάνει να λειτουργεί ως... πανί ιστιοφόρου, εκμεταλλευόμενο στο έπακρο τον άνεμο.

Η εταιρεία LADE AS του Τέριε Λάντε υπόσχεται ένα φορτηγό πλοίο που θα εξοικονομεί καύσιμο σε ποσοστό 60%, καθώς και 80% λιγότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα σημερινά πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

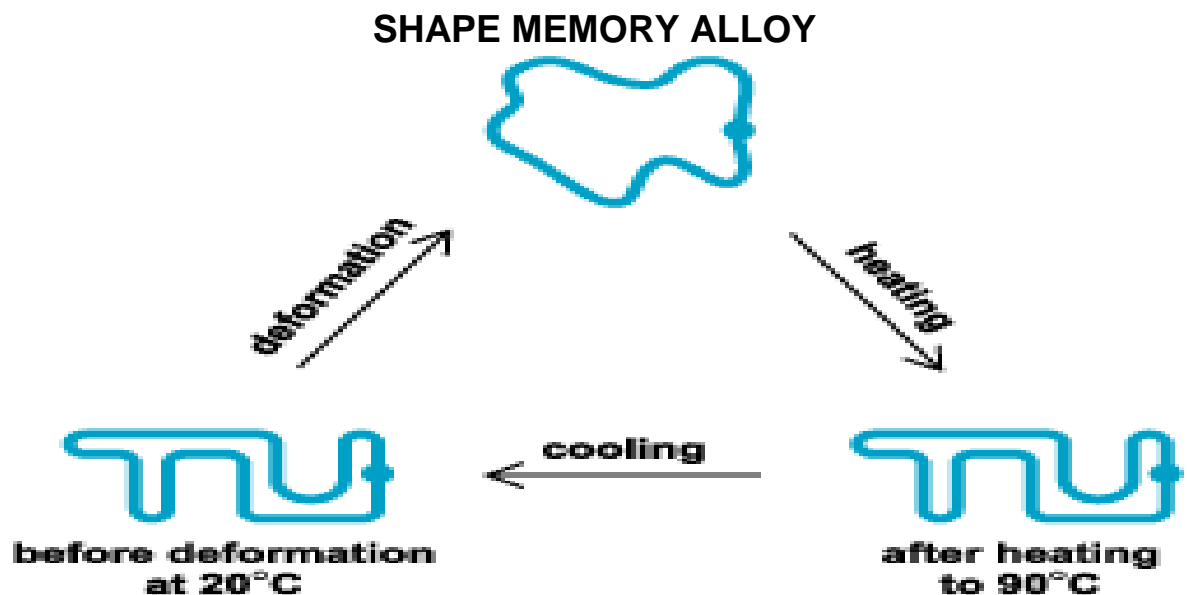
Το αεροδυναμικό σχέδιο προβλέπει λειτουργία μέσω κινητήρα τροφοδοτούμενου με υγροποιημένο φυσικό αέριο και ενός συστήματος πλεύσης που ρυθμίζεται από υπολογιστικό σύστημα, το οποίο υπολογίζει την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου για να βρίσκει ανά πάσα στιγμή την καλύτερη δυνατή πορεία και γωνία, ώστε το πλοίο να κινείται με ταχύτητες περίπου 14 κόμβων (26 χλμ. την ώρα).

«Η ιδέα είναι να ταιριάξουμε το σχέδιο του κελύφους με ένα περίπλοκο σύστημα “ανάγνωσης” του καιρού και έναν υπολογιστή ελέγχου πλεύσης, το οποίο δίνει στον κυβερνήτη διάφορες επιλογές δρομολογίων, ανάλογα με το αν θέλει την

ταχύτερη ή την πιο οικονομική επιλογή», εξηγεί ο εμπνευστής του πρωτοποριακού πλοίου.

Ο Λάντε λέει ότι η εταιρεία του άντλησε έμπνευση από την αεροδιαστημική βιομηχανία για να δημιουργήσει ένα κέλυφος που θυμίζει «συμμετρική αεροτομή» και μπορεί, κατά τον ίδιο να συγκριθεί «με ένα κανονικό ιστίο».

«Μιλάω τόσο με πλοιοκτήτες όσο και με ναυπηγεία, όμως δεν μπορώ να πω κάτι πιο συγκεκριμένο από αυτό», δήλωσε πρόσφατα ο Λάντε αναφερόμενος στα σχέδια της εταιρείας του. «Πιστεύω πως μέσα σε τρία με τέσσερα χρόνια θα κατασκευάσουμε το πρώτο πλοίο.»



Τα Shape Memory Alloys, είναι υλικά που μπορούν να διασταλούν ή να συσταλούν σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με τις μεταβολές της θερμοκρασίας και στη συνέχεια να επιστρέψουν στην κανονική τους κατάσταση. Μία ομάδα ερευνητών από το πανεπιστήμιο του Τέξας με επικεφαλής τον Έλληνα Καθηγητή Όθων Ρεντινιώτη, προσπαθούν χρησιμοποιώντας τα παραπάνω υλικά να δημιουργήσουν, για το Αμερικάνικο Ναυτικό, μικρά σκάφη τα οποία να κινούνται αθόρυβα και χωρίς να αφήνουν ίχνη στο πέρασμά τους.

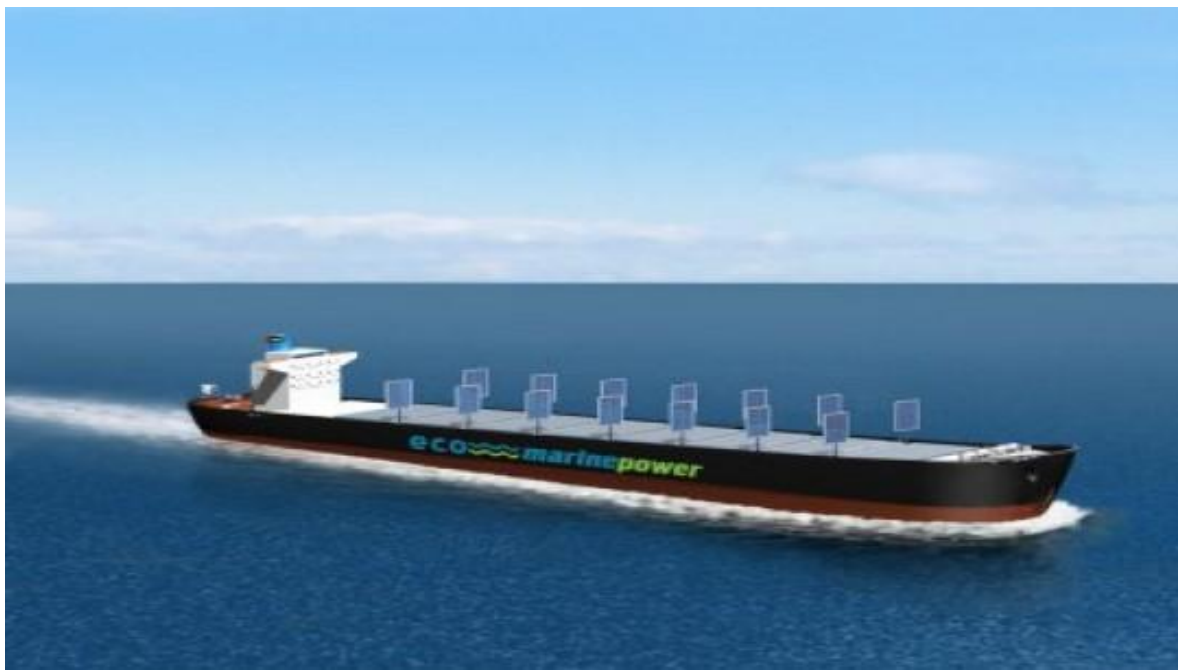
Κατά την κίνηση ενός συμβατικού πλοίου οι προπέλες δημιουργούν ίχνη στη επιφάνεια του νερού, τα οποία είναι εύκολα αναγνωρίσιμα και δίνουν τη δυνατότητα σε δορυφόρους ή επίγειες συσκευές να παρακολουθούν τα ίχνη των πλοίων. Ανάλογα ίχνη δημιουργούνται και από υποβρύχια γεγονός που τα κάνει ορατά στα εχθρικά "μάτια". Παρατηρώντας τη συμπεριφορά και περισσότερο την κίνηση των ψαριών (και ειδικότερα τις συστολές και διαστολές των μυϊκών τους κυττάρων) οι ερευνητές προσπαθούν να την αντιγράψουν και να την εφαρμόσουν στα ταχύπλοα σκάφη του αμερικάνικου στρατού. Για να επιτευχθεί η μίμηση, η επιστημονική ομάδα του κ. Ρεντινιώτη χρησιμοποιεί καλώδια κατασκευασμένα από Shape Memory Alloys. Όταν θερμανθούν, μεταβάλλεται το μήκος των καλωδίων κατά 8% (μικραίνουν). Χρησιμοποιώντας ελατήρια και προσαρμόζοντας τα καλώδια σε έναν μεταλλικό σκελετό, το σκάφος αποκτά τη δυνατότητα να

κινείται εμπρός και πίσω, όπως τα ψάρια, με συνεχή εναλλαγή μεταξύ θερμών και κρύων καλωδίων. Ο Δρ. Όθων Ρεντινιώτης είναι μέλος της ερευνητικής ομάδας SMART (Shape Memory Alloy Research Team), που αναπτύσσει πολλές εφαρμογές (από ορθοδοντική και μηχανές παραγωγής καφέ έως μεθόδους ελέγχου αεροσκαφών και προστασίας κτιρίων από τους σεισμούς) στηριζόμενοι στην ιδιότητα των Shape Memory Alloy υλικών. Επικεφαλής της ομάδας SMART είναι ο Δρ. Δημήτριος Λαγουδάς.

SKYSAIL



SOLARSHIP



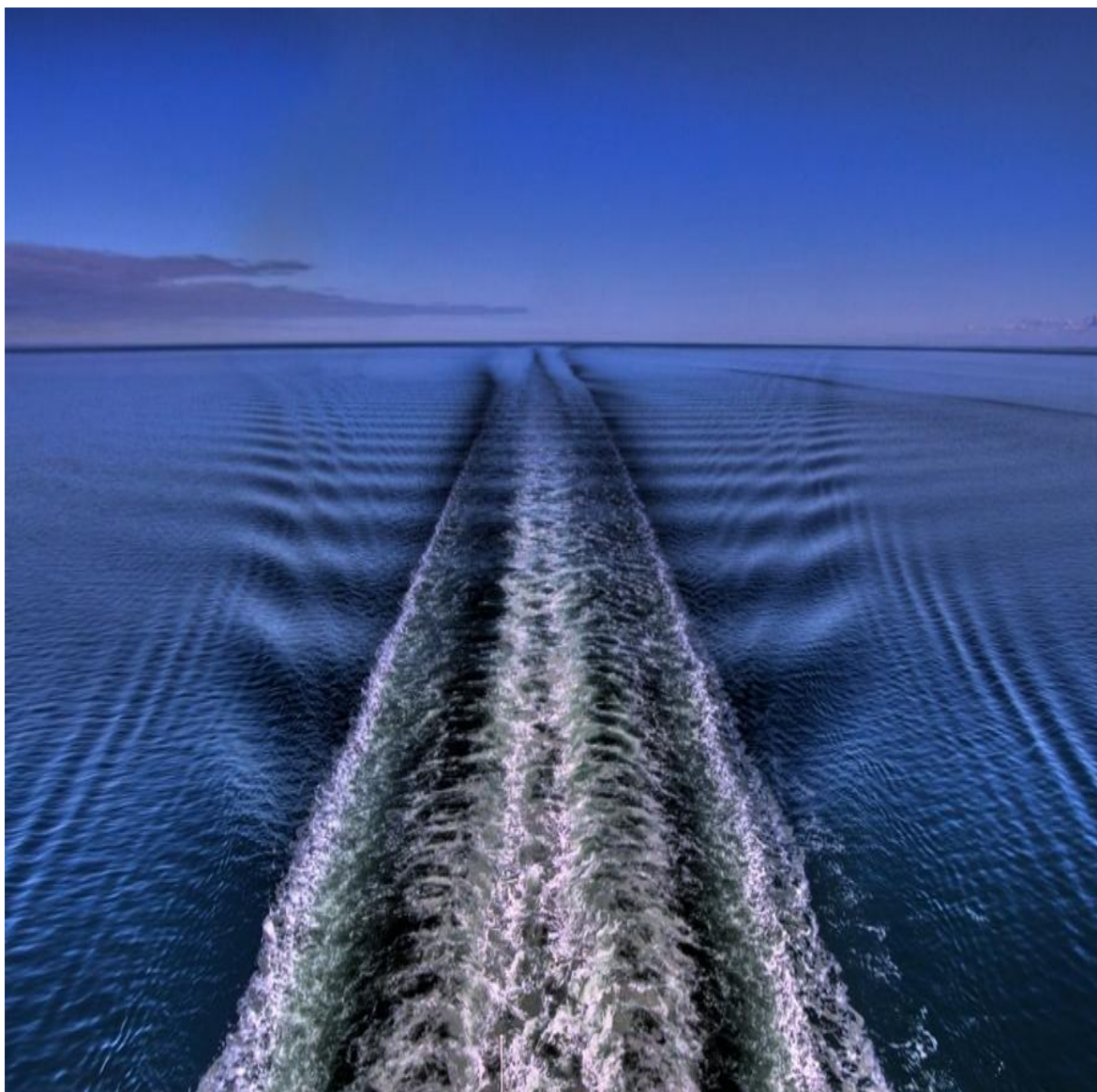
ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Με την εκπόνηση της ανωτέρω πτυχιακής εργασίας δόθηκε μία πλήρη εικόνα της ιστορικής εξέλιξης των συστημάτων πρόωσης των πλοίων από την αρχαιότητα έως και σήμερα.

Επιπρόσθετα παρουσιάστηκαν οι βασικοί πυλώνες γύρω από τους οποίους εξελίσσονται τα μελλοντικά σχέδια πρόωσης και η προσπάθεια του ανθρώπου για την βελτίωση της ζωής και του περιβάλλοντος του, χρησιμοποιώντας "πράσινες" τεχνολογίες.

Το σίγουρο είναι ότι με τους ραγδαίους ρυθμούς που αναπτύσσεται η τεχνολογία, όλο και περισσότερα εναλλακτικά συστήματα θα εφαρμόζονται στην ναυτιλία, όπου, άλλα θα απορρίπτονται και άλλα, θα υιοθετούνται με σκοπό την κατασκευή πιο φθηνών, ανθεκτικών και αποδοτικών μέσων θαλάσσιας μεταφοράς.

Εμείς είμαστε λοιπόν η γενιά αυτή της αλματώδους ανάπτυξης και είναι στο χέρι μας αν θα πάμε μπροστά ή αν θα μείνουμε προσκολλημένοι στο παρελθόν.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] AES (2000) "All Electric Ship –Civil or Military", Πρακτικά διεθνούς συνεδρίου με Αντικείμενο το Πλήρως Εξηλεκτρισμένο Πλοίο, Paris (France), Οκτώβριος.
- [2] AES (2003) "All Electric Ship –Civil or Military", Πρακτικά διεθνών συνεδρίων με Αντικείμενο το Πλήρως Εξηλεκτρισμένο Πλοίο, Edinburg (UK), Φεβρουάριος.
- [3] AES (2005) "All Electric Ship –Civil or Military", Πρακτικά διεθνών συνεδρίων με Αντικείμενο το Πλήρως Εξηλεκτρισμένο Πλοίο, Paris (France), Οκτώβριος.
- [4] Edwin Tunis (1952), "Oars, Sails and Steam", The world publishing company
- [5] Harrington R. L. (1992), ed., "Marine Engineering", The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Jersey City, N.J.
- [6] Hellenic Register of Shipping (1999), "Rules and Regulations for the Classification and Construction of Steel Ships- Part 6: Electrical Installations", Piraeus (Greece).
- [7] Holström P. (1993), "Selection of Propeller for Diesel Electric Machinery," in PROPULSION '93: Marine Main Propulsion and Auxiliary Power Conference and Trade Show, New Orleans, November 7-9.
- [8] Holström P. (1994), "Choosing the Right Propeller for Diesel Electric Machinery," Marine Propulsion, April.
- [9] Kuuskoski J. (1995), "Diesel-Electric Machinery Concept in a Safe and Economical Tanker," in Marine Propulsion Systems: Design and Performance, Athens, Greece, 8 June.
- [10] Mado Saarlax (1987), "Steam and Gas Turbines for Marine Propulsion", United States Naval Institute, Annapolis, Maryland
- [11] Newell J. M., Young S. S. (2001), 'Beyond Electric Ship', Trans ImarE, Vol. 113, Part 1, pp. 13-23.
- [12] Nicod J.-P. and Simon P. (1995), "Electrical Propulsion for Tankers," in Marine Propulsion Systems: Design and Performance, Athens, Greece, 8 June.
- [13] "The Naval Technology for the 21st Century" (1998), Hellenic Naval Academy, Peiraius, Greece, 29-30 June.
- [14] Thomson B. (1994), "Diesel-Electric Options for Tanker Propulsion," The Motor Ship, April.
- [15] Woodyard D. (1994), "Diesel-Electric Suits Many Cruise New buildings," Marine Propulsion, April.
- [16] Woodyard D. (1994), "D-E moves to Mainstream," Marine Propulsion, October.
- [17] Woodyard D. (1995), "Electric Propulsion Charges Ahead," Marine Propulsion, April.
- [18] Μπατιστάτος Ν. (1999), "Ανάλυση Συστημάτων Δηζελοηλεκτρικής Πρόωσης Πλοίων", Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία ΔΠΜΣ "Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας", Αθήνα, Οκτώβριος.

- [19] Φραγκόπουλος Χ., Προυσαλίδης Ι (2005): "Ενεργειακά Συστήματα Πλοίου – Τόμος Α': Ηλεκτρολογικό μέρος", Διδακτικές σημειώσεις για φοιτητές της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ.
- [20] Κλίανης Λάζαρος, Νικολού Ι., Σιδέρης Ι.(2003), "Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως-Τόμος Β"
- [21] Κλίανης Λάζαρος, Νικολού Ι., Σιδέρης Ι.(2008), "Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως-Τόμος Α"
- [22] Θεοφανίδης Ιωάννης (1923), "Ιστορία του Ελληνικού Ναυτικού"
- [23] Αντωνόπουλος Κ. Ν. (1963), "Η Ιστορία του εμπορικού Ναυτικού"
- [24] http://www.vht-online.de/PDF/Papers/Antrieb_Seeschiffe_en.pdf
- [25] <http://www.maritime-executive.com/article/the-future-of-marine-propulsion-gas-hybrid-power-plants/>
- [26] <http://www.scribd.com/doc/78588262/Basic-Ship-Propulsion-Ghose-and-Gokarn>
- [27] Μουσείο Ναυτικής Ιστορίας Πειραιά