



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ιστορική αναδρομή στην τεχνολογική εξέλιξη της
πρόωσης των πλοίων**

Χανιά, 2023

Ηλιοπύρης Στυλιανός

A.M: 2014010120

Επιβλέπων: Πατέλης Δημήτρης

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, που με στηρίζει όλα αυτά τα χρόνια. Τέλος, ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Δημήτρη Πατέλη, που μου επέτρεψε να εκπονήσω την εργασία μου, παρέχοντάς μου καθοδηγητικές συμβουλές και παρατηρήσεις.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πρόωση είναι το σύστημα με τα οποίο δημιουργείται ώθηση για να κινηθεί ένα πλοίο. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας εισήγαγε νέους μηχανισμούς πρόωσης, επηρεάζοντας και πλάθοντας την κοινωνία όπως την ξέρουμε σήμερα.

Τα κουπιά και τα πανιά ήταν από τα πρώτα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για πρόωση. Η ναυτική ατμομηχανή έκανε την εμφάνισή της στις αρχές του 19^{ου} αιώνα. Κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, αντικαταστάθηκε από ατμοστροβίλους οι οποίοι έδωσαν τη θέση τους σε δίχρονους ή τετράχρονους κινητήρες ντίζελ. Οι θαλάσσιοι πυρηνικοί αντιδραστήρες, εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 1950. Με τον ατμό που παράγουν, προωθούν τα πολεμικά πλοία και τα παγοθραυστικά. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μία αυξημένη τάση κατασκευής πλοίων με ηλεκτροπρόωση. Σε αυτά, γεννήτριες κινούμενες από μηχανές εσωτερικής καύσης παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για τη πρόωση και τις γενικές ανάγκες του πλοίου.

Τέλος, λόγω των ολοένα αυξανόμενων περιβαλλοντολογικών απαιτήσεων υπάρχουν και εφαρμογές στις οποίες ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να παράγεται μέσω της οξείδωσης υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) ή υδρογόνου σε κυψέλες καυσίμου ή συνδυασμό άλλων μεθόδων. Πειραματικές τεχνολογίες που προσπαθούν να βελτιώσουν το ενεργειακό αποτύπωμα πλοίων, καταναλώνουν ενέργεια με ηλιακά πάνελ. Η ανάπτυξη υβριδικών πλοίων κερδίζει διαρκώς έδαφος, με το πλεονεκτήματα χαμηλών εκπομπών.

ABSTRACT

Propulsion is the system which creates the lift of a ship. Technological advancement has introduced new propulsion mechanisms, influencing and shaping our society as we know it today.

Oars and sails were the first tools used for propulsion. The marine steam engine made its appearance at the start of the 19th century. During the 20th century, it was replaced by steam-turbines which gave their place to two and four-stroke engines. Naval nuclear reactors made their appearance during the 1950s. The generated steam is used to produce power for the propulsion of warships and icebreakers. Lately, more and more ships are built with electrical propulsion. Generators, powered by internal combustion engines, produce electrical power used for propulsion and other general uses.

Lastly, because of the increasing environmental requirements, there exists new applications where electrical power is generated from liquefied natural gas (LNG) or hydrogen fuel cells, or a combination of other methods. Experimental technologies that try to help reduce the energy footprint, produce power with solar panels. The advancements of hybrid ships gains ground, having the advantages of low emission.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ABSTRACT	3
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	11
ΝΕΟΛΙΘΙΚΗ ΕΠΟΧΗ.....	11
ΦΟΙΝΙΚΕΣ	12
ΓΑΛΕΡΕΣ ΣΤΗ ΚΛΑΣΣΙΚΗ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ.....	13
ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ	14
ΡΩΜΑΙΟΙ	15
ΒΙΚΙΝΓΚ	16
Η ΑΡΜΑΔΑ ΤΟΥ ΖΕΝΓΚ ΧΕ	17
ΕΠΟΧΗ ΤΩΝ ΑΝΑΚΑΛΥΨΕΩΝ.....	19
ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΟ ΠΕΡΑΣΜΑ	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΚΩΠΗΛΑΤΑ ΠΛΟΙΑ	23
ΜΟΝΟΕΥΛΟ	23
ΠΕΝΤΗΚΟΝΤΟΡΟΣ	23
ΔΙΗΡΗΣ	25
ΤΡΙΗΡΗΣ	26
ΝΑΥΠΗΓΗΣΗ ΚΩΠΗΛΑΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ.....	28
ΔΡΟΜΩΝ	29
ΕΠΙΡΡΟΗ ΚΩΠΗΛΑΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΗ ΚΟΙΝΩΝΙΑ.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΙΣΤΙΟΦΟΡΑ	32
ΕΙΔΗ ΙΣΤΙΩΝ.....	33
ΚΑΡΑΒΕΛΑ	34
ΓΑΛΙΟΝΙ	35
ΣΕΜΠΕΚΟ.....	36
ΗΜΙΟΛΙΑ.....	37
ΒΡΙΓΑΝΤΙΝΟ-ΒΡΙΚΙΟΝ	38
ΤΖΟΓΚΑ.....	40
ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΤΗΝ ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΙΣΤΙΟΥ	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	43
4.1 ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΕΣ.....	43
4.1.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗΣ	43
4.1.2 ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗ WATT	44
4.1.3 ΜΗΧΑΝΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ.....	44
4.1.4 ΑΤΜΟΠΛΟΙΑ.....	46
ΥΠΕΡΩΚΕΑΝΙΑ	48

4.2 ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ.....	50
ΘΩΡΗΚΤΑ.....	51
4.3 ΣΤΡΟΒΙΛΟ-ΗΛΕΚΤΡΟΠΡΩΣΗ.....	53
4.4 ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ	53
4.5 ΝΤΙΖΕΛ.....	54
4.5.1 ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ.....	54
4.5.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΗΣ ΜΕΚ.....	56
4.5.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΔΙΧΡΟΝΗΣ ΜΕΚ.....	57
4.5.4 ΝΑΥΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ DIESEL	58
4.6 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΠΡΩΣΗ.....	60
ΠΥΡΗΝΟΚΙΝΗΤΑ ΠΛΟΙΑ	61
4.7 ΤΥΠΟΙ ΚΑΥΣΙΜΩΝ.....	63
4.8 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΠΛΟΙΩΝ	65
4.8.1 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΝΑΥΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ.....	66
4.8.2 IMO ΚΑΙ ΜΕΡC	67
4.9 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ	68
ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ	68
ΠΛΟΙΑ LPG.....	69
ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ.....	70
PLAXX.....	71
ΥΔΡΟΓΟΝΟ	72
ΜΕΘΑΝΟΛΗ	73
4.10 ΑΜΦΙΒΙΑ	73
ΑΕΡΟΣΤΡΩΜΝΟ	73
ΕΚΡΑΝΟΠΛΑΝΟ	74
4.11 ΕΞΕΛΙΞΗ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΑΣ	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΤΥΠΟΙ ΠΡΩΘΗΣΗΣ.....	78
5.1 ΤΡΟΧΟΣ	78
ΜΕΣΑ ΕΛΑΤΤΩΣΗΣ ΔΙΑΤΟΙΧΙΣΜΟΥ	79
5.2 ΕΛΙΚΑΣ.....	81
ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΕΛΙΚΑ	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΠΡΩΣΗ ΜΕ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	87
6.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ.....	87
6.1.1 ΡΟΤΟΡΕΣ	87
6.1.2 ΙΣΤΙΑ	89
6.1.3 ΙΣΤΙΑ ΤΥΠΟΥ ΧΑΡΤΑΕΤΟΥ	90
6.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ.....	91

6.3 ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΠΛΟΙΑ.....	93
ΣΥΜΕΠΡΑΣΜΑΤΑ.....	95
Βιβλιογραφία	98

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Η σχεδία του Οδυσσέα	11
Εικόνα 2. Τοιχογραφία από προϊστορικό οικισμό του Ακρωτηρίου Θήρας.....	12
Εικόνα 3. Longboat	17
Εικόνα 4. Μια καμηλοπάρδαλη στο Πεκίνο (Smithsonian Magazine).....	18
Εικόνα 5. Το Βορειοδυτικό Πέρασμα.....	21
Εικόνα 6. Πεντηκόντορος.....	24
Εικόνα 7. Ναυάγιο στη Μαύρη Θάλασσα.....	24
Εικόνα 8. Απεικόνιση του Οδυσσέα και των Σειρήνων σε ερυθρόμορφο αγγείο, 480-470 π.Χ. Βρετανικό Μουσείο	25
Εικόνα 9. Ελληνική διήρης.....	26
Εικόνα 10. Τρισδιάστατη αναπαράσταση τριήρης (Sénèze)	28
Εικόνα 11. Βυζαντινός Δρόμωνας, Πολεμικό Μουσείο, Αθήνα.....	30
Εικόνα 12. Αναπαράσταση δυνάμεων σε τριγωνικά πανιά (Stick Science, 2021).....	34
Εικόνα 13. Σύγχρονο αντίγραφο του "Ματθαίου", της καραβέλας με την οποία ο Τζιοβάνι Καμπότο έφτασε στη Νέα Γη. Βρίσκεται στο λιμάνι του Μπρίστολ.	35
Εικόνα 14. Ισπανικό γαλιόνι (Spanish Galleon Wikipedia).....	36
Εικόνα 15. Σιαμπέκο	37
Εικόνα 16. Γολέτα "Τερψιχόρη" των αδερφών Τομπάζη (Γολέτα Τερψιχόρη, 2021)	38
Εικόνα 17. Το θρίκιον «Άρης», 1881 (Τύπο Καραβιών από τον 14ο μέχρι και τον 19ο αιώνα, 2021).....	39
Εικόνα 18. Η «Αελλώ», η σκούνα του Αντώνη Μπενάκη (Τσακίρη, 2008).....	39
Εικόνα 19. Τζόγκα (National Maritime Museum)	40
Εικόνα 20. Αιολόσφαιρα.....	43
Εικόνα 21. Κύκλος λειτουργίας ατμομηχανής (Παναγιωτόπουλος, 2018)	45
Εικόνα 22. Θαλάσσια εμβολοφόρος μηχανή τριπλής διαστολής.	46
Εικόνα 23. Το τροχήλατο «Κλερμόντ» του Ρόμπερτ Φούλτον, το πρώτο ατμόπλοιο του κόσμου (McCabe Jr, 2005)	46
Εικόνα 24. Ο «Μέγας Ανατολικός» (Wilson, 2022).....	47
Εικόνα 25. Θωρακοβάρις που έλαβε μέρος στον αμερικάνικο εμφύλιο (National Archives and Records Administration).....	47
Εικόνα 26. Το ατμόπλοιο «Όθων».	48
Εικόνα 27. Υπερωκεάνιο «Mauretania».....	49
Εικόνα 28. Υπερωκεάνιο «Μωραΐτης»	50
Εικόνα 29. Το πλοίο «Turbina» με ατμοστρόβιλο.....	51
Εικόνα 30. Το θωρηκτό «Dreadnought».....	51
Εικόνα 31. Το θωρηκτό «Αβέρωφ» (Wikipedia Γεώργιος Αβέρωφ (θωρακισμένο καταδρομικό)).....	52
Εικόνα 32. Το θωρηκτό «USS New Mexico»	53
Εικόνα 33. Κύρια μέρη ναυτικού αεριοστρόβιλου (Σερπετζόγλου).....	54
Εικόνα 34. Οκτακύλινδρη τετράχρονη εν σειρά πετρελαιομηχανή.....	55
Εικόνα 35. Σχηματική παράσταση λειτουργίας τετράχρονου κινητήρα (Hope, 2015)	57
Εικόνα 36. Δίχρονος πετρελαιοκινητήρας (Σουλτισιώτης, 2011)	58
Εικόνα 37. Οκτακύλινδρη μηχανή πλοίου	59
Εικόνα 38. Η ισχυρότερη μηχανή diesel.....	60
Εικόνα 39. Το «USS Nautilus»	61
Εικόνα 40. Το «USS Enterprise» (Wikipedia USS Enterprise).....	62
Εικόνα 41. Κλασματική απόσταση πετρελαίου (Διύλιση αργού πετρελαίου)	63
Εικόνα 42. Είσοδος και έξοδος μιας ναυτικής μηχανής (Μπερμπέρης, 2018)	66
Εικόνα 43. Αεριομηχανή πλοίου	69

Εικόνα 44. Μηχανή πλοίου LPG.....	70
Εικόνα 45. Βιοντίζελ από σογιέλαιο	71
Εικόνα 46. Το «Hydra».....	72
Εικόνα 47. Το επιβατικό hovercraft SR N4.....	74
Εικόνα 48. Το Τέρας της Κασπίας (Simple Flying).....	75
Εικόνα 49. Τροχός τροχήλατου πλοίου (Adobe Stock).....	78
Εικόνα 52. Βολβός πλοίου	80
Εικόνα 51. Δεξιό πτερύγιο ευστάθειας.....	80
Εικόνα 50. Παρατροπίδιο	80
Εικόνα 53. Σχηματική αναπαράσταση ερματισμού	80
Εικόνα 54. Προπέλα πλοίου.....	81
Εικόνα 55. Διάμετρος έλικα Εικόνα 56. Βήμα έλικα.....	82
Εικόνα 57. Γωνία φτερών έλικα.....	82
Εικόνα 58. Έλικες πλοίου	83
Εικόνα 59. Προπέλα Boss Cap Fins (PBCF) (MFAME, 2017).....	84
Εικόνα 60. Προπέλα τύπου Kappel.....	84
Εικόνα 61. Προπέλα Ducted.....	85
Εικόνα 62. Αντίθετα περιστρεφόμενες προπέλες (CRPs)	85
Εικόνα 63. Πρόωση πλοίου με το φαινόμενο Magnus (Dan-yell).....	88
Εικόνα 64. Πλοίο με σύστημα στροφείων Flettner.....	88
Εικόνα 65. Το φορτηγό «M/V Afros»	88
Εικόνα 66. Μαλακά ιστία Εικόνα 67. Σκληρά ιστία.....	89
Εικόνα 68. Πανί με πτερύγια για πρόωση εμπορικών πλοίων	89
Εικόνα 69. Αναδιπλούμενα ιστία.....	90
Εικόνα 70. Συνδυασμός ρότορα και ιστίων	90
Εικόνα 71. «MS Beluga Skysails» (Beluga Group, 2016).....	91
Εικόνα 72. Solar Eagle.....	92
Εικόνα 73. «MS Tûranor PlanetSolar» (Maritimes, 2014)	92
Εικόνα 74. Το «Solar Sailor»	93
Εικόνα 75. Το «Prinsesse Benedikte», ένα υβριδικό πλοίο (Αθηναίου, 2022).....	94
Εικόνα 76. Συνδυασμός πανιών και κυψελών καυσίμου	94

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Θαλάσσια πρόωση είναι ο μηχανισμός ή το σύστημα που χρησιμοποιείται για να δημιουργηθεί ώθηση με σκοπό να μετακινηθεί ένα πλοίο πάνω στο νερό. Οι τρόποι με τους οποίους επιτυγχάνεται η πρόωση ήταν πάντα σημαντικοί στον άνθρωπο, με σκοπό να τους κατανοήσει, να τους βελτιώσει και να τους εξελίξει. Η εξέλιξη αυτή έρχεται σταδιακά και πάντα συνδέεται με τη δόμηση και τις ανάγκες της κοινωνίας. Η κατανόηση της εξέλιξης της πρόωσης είναι εξίσου σημαντική στη σημερινή εποχή, που κυριαρχεί η παγκοσμιοποίηση, όπου σχεδόν το 80% των εμπορευμάτων μεταφέρονται με πλοία.

Καθ' όλη τη διάρκεια της ανθρώπινης ιστορίας, η σχέση μεταξύ κοινωνίας και πρόωσης ήταν αλληλένδετη. Από τα αρχαία χρόνια μέχρι τον 21^ο αιώνα, οι εξελίξεις στο τομέα της ναυπήγησης και της πρόωσης έπαιξαν σημαντικότατο ρόλο στη ροή της ιστορίας, φέρνοντας ριζικές αλλαγές στο εμπόριο, στις μετακινήσεις και στις εξερευνήσεις. Τα πλοία ένωσαν μακρινές ηπείρους και έφεραν τους ανθρώπους πιο κοντά, ανταλλάσσοντας ιδέες, κουλτούρες, ήθη, έθιμα και παραδόσεις. Επιπλέον, μεταμόρφωσαν κυριολεκτικά τις οικονομίες των χωρών με τη μεταφορά εξωτικών προϊόντων. Η κοινωνία και η πρόωση συμβάδισαν με την εξέλιξη της τεχνολογίας, ξεπερνώντας εμπόδια και δημιουργώντας νέες ευκαιρίες για ανακαλύψεις.

Σκοποί της εργασίας είναι αρχικά η εύρεση και καταγραφή των μηχανισμών πρόωσης κατά την ιστορία. Θα αναλυθούν οι μηχανισμοί από τα κουπιά που ο ίδιος ο άνθρωπος ασκεί την δύναμη και την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, μέχρι τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για τη κίνηση προπелών με πυρηνική σκάση. Παράλληλα, στην εργασία αυτή θα αναλυθούν τα αποτελέσματα της εξέλιξης της πρόωσης των πλοίων στο εμπόριο, τη μεταφορά, τη παγκοσμιοποίηση, την ασφάλεια και την εξερεύνηση. Σημαντική αναφορά θα γίνει επίσης στα περιβαλλοντικά ζητήματα που αφορούν τη ναυτιλία, καθώς και τα βήματα που πραγματοποιούνται για την εύρεση εναλλακτικών λύσεων, φιλικών προς το περιβάλλον. Αναλύοντας τα προαναφερόμενα ζητήματα, θα διαπιστωθεί πως η σχέση μεταξύ τεχνολογικής εξέλιξης της πρόωσης των πλοίων και της κοινωνίας σχημάτισε το παρελθόν μας και έδωσε μορφή στο παρόν μας.

Η πλειοψηφία των πηγών της εργασίας αντλήθηκαν από το διαδίκτυο. Η βιβλιογραφία περιλαμβάνει άρθρα από περιοδικά ναυτιλίας αλλά και από ενημερωτικές εφημερίδες, ενώ παράλληλα συλλέγει στοιχεία από άλλες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο της πρόωσης. Έχουν χρησιμοποιηθεί πληροφορίες από ντοκιμαντέρ, ιστορικούς ιστότοπους αλλά και βιβλία καθηγητών. Όπως είναι λογικό, η πρόσβαση και μελέτη πηγών περιορίζεται στα βιβλία που μπορώ να λάβω και να μελετήσω και τους ιστότοπους που μπορώ να αποκτήσω πρόσβαση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

ΝΕΟΛΙΘΙΚΗ ΕΠΟΧΗ

Κατά τους προϊστορικούς χρόνους τα πρώτα σκάφη που κατασκεύασαν οι άνθρωποι, τοποθετούνται γύρω στο 9000 π.Χ. και ήταν σχεδίες, που κινούνταν με τα ρεύματα ή με κουπιά. Αυτό σημαίνει πως πρώτα κατασκευάστηκαν οι σχεδίες και μετά ο τροχός.

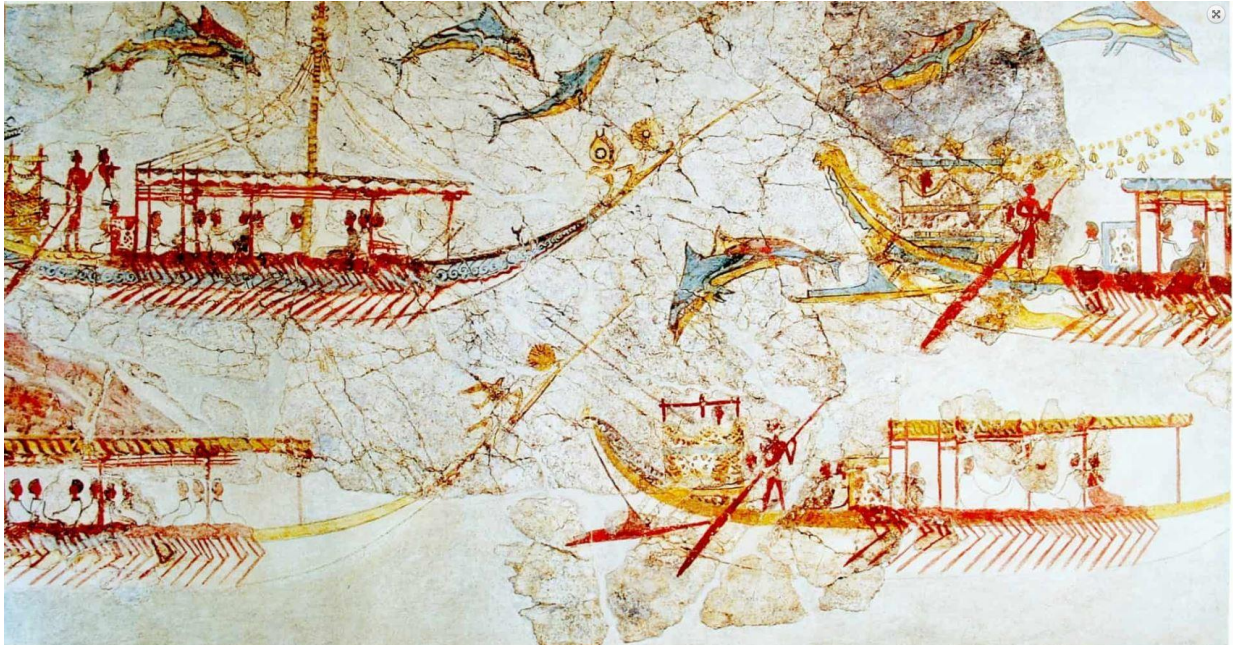


Εικόνα 1. Η σχεδία του Οδυσσέα

Παρ' όλα αυτά, νέα αρχαιολογικά στοιχεία αποκαλύπτουν πως προϊστορικοί άνθρωποι ταξίδευαν στο Αιγαίο ακόμα και 10.000 χρόνια πριν. Με καινοτόμες τεχνικές χρονολόγησης πετρωμάτων, συγκεκριμένα του οψιδιανού, επιστήμονες έρχονται στο συμπέρασμα πως το εμπόριο δια θαλάσσης λάμβανε χώρα στο Αιγαίο Πέλαγος με απλά σκάφη, όπως σχεδίες. Ο οψιδιανός είναι ένα ηφαιστειακό πέτρωμα που στο Αιγαίο βρίσκεται μόνο στη Μήλο και το χρησιμοποιούσαν οι άνθρωποι πριν από την Εποχή του Χαλκού για να κατασκευάσουν αιχμηρά εργαλεία και όπλα.

Από τη Μήλο, διαδόθηκε σε άλλα νησιά του Αιγαίου καθώς και στην ηπειρωτική χώρα, όπως στο σπήλαιο Φράγχθι του νομού Αργολίδας. Εκεί βρέθηκε μεταξύ των άλλων, και οψιδιανός της παλαιολιθικής εποχής που χρονολογείται περίπου στο 8500 π.Χ. Επομένως, οι προϊστορικοί άνθρωποι πραγματοποίησαν θαλάσσια ταξίδια στα νησιά από πολύ νωρίς με άγνωστους μέχρι σήμερα τύπους πλοίων, πιθανότατα με μεγάλες σχεδίες.

Το 1971, κατά τη διάρκεια των ανασκαφών στο ηφαιστειογενές νησί της Θήρας στη Σαντορίνη, βρέθηκε η σημαντικότερη αρχαιολογική μαρτυρία που σχετίζεται με τα πλοία της Εποχής του Χαλκού στο Αιγαίο. Στη τοιχογραφία «πομπή των πλοίων», απεικονίζονται τα μέσα προώθησης: το πανί και τα κουπιά. (Προϊστορία του Αιγαίου, 2020)



Εικόνα 2. Τοιχογραφία από προϊστορικό οικισμό του Ακρωτηρίου Θήρας. Φωτογραφικό αρχείο Εθνικού Αρχαιολογικού Μουσείου

ΦΟΙΝΙΚΕΣ

Κατά τους αιώνες μετά το 1.200 π.Χ., οι Φοίνικες, οι οποίοι ίδρυσαν τον πολιτισμό της Καρχηδόνας, αποτελούσαν την σημαντικότερη ναυτική και εμπορική δύναμη στη Μεσόγειο. Οι Φοίνικες παρήγαγαν το πορφυρό χρώμα από ένα θαλάσσιο όστρακο, καθώς και αγγεία και υφάσματα που έβαφαν πορφυρά. Ναυάγια που έχουν ανακαλυφθεί αποκαλύπτουν το εμπόριο κρασιού με την Αίγυπτο. Εισήγαγαν επίσης ασήμι και κασσίτερο από την Ιβηρική Χερσόνησο. Οι Φοίνικες έχτισαν εμπορικά φυλάκια σε όλη τη Μεσόγειο, με σημαντικότερο την Καρχηδόνα. Εκτός από εμπόριο, οι Φοίνικες χρησιμοποίησαν τα πλοία τους για να εξερευνήσουν την δυτικές ακτές της Αφρικής, διασχίζοντας τις Ηράκλειες Στήλες.

Οι Φοίνικες εξελίχθηκαν σε ικανούς ναύτες λόγω της γεωγραφίας της πατρίδας τους, στις ακτές του Λεβάντε, μια περιοχή νότια της οροσειράς του Ταύρου και δυτικά της Μεσοποταμίας. Το ταξίδι από οικισμό σε οικισμό ήταν δύσκολο από ξηρά, λόγω της βραχώδους τοπογραφίας, ειδικά αν πραγματοποιείται μεταφορά εμπορευμάτων. Ως εκ τούτου, οι Φοίνικες χρησιμοποιούσαν πλοία για την γοργή και ασφαλή μετακίνηση μεταξύ των πόλεων. Οι Φοίνικες επίσης,

προτιμούσαν την ασφάλεια που παρείχαν οι νησίδες, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την πόλη της Τύρου. Λόγω της εύκολης μετακίνησης και της ασφάλειας που παρέχει η θάλασσα, καθώς και η ανάγκη για εμπόριο οδήγησε τους Φοίνικες να επεκταθούν δυτικά, δημιουργώντας ένα εμπορικό δίκτυο σε όλη τη Μεσόγειο.

Οι Φοίνικες ήταν άριστοι ναυπηγοί και πλοηγοί. Χρησιμοποιούσαν τα άστρα για προσανατολισμό, με κυριότερο τον πολικό αστέρα. Μάλιστα οι Αρχαίοι Έλληνες ονόμασαν τον πολικό αστέρα Φοινίκη, προς τιμήν των θαλασσόλυκων γειτόνων τους. Οι Φοίνικες έχτισαν επίσης πρώτοι την τρόπιδα ή καρίνα, δηλαδή το κατώτερο μέρος του πλοίου και στεγανοποίησαν τις ξύλινες σανίδες των πλοίων τους με τη μέθοδο σύνδεσης μόρσου-εγκοπής, που μειώνει δραματικά την πιθανότητα διαρροής και στη συνέχεια τις θωράκιζαν με ίνες (καλαφάτισμα), επιτρέποντας έτσι στα πλοία τους να πραγματοποιούν μακρύτερα και ασφαλέστερα ταξίδια. (Cartwright, World History Encyclopedia, 2016)

Παρόλο που κανένα φοινικικό πλοίο δεν έχει διασωθεί ολόκληρο, οι ανάγλυφες απεικονίσεις στα ανάκτορα των βασιλιάδων των Ασσυρίων μας αποκαλύπτουν σημαντικές πληροφορίες για αυτά. Δύο ήταν τα κύρια πλοία που κατασκεύαζαν οι Φοίνικες. Πρώτα ήταν η διήρης, μακρύ πολεμικό πλοίο με τετράγωνο ιστίο. Έφερε δύο στοίχους κωπηλατών, εξού και το όνομά της. Συνήθως ήταν εξοπλισμένη με έμβολο χαμηλά στη πλώρη της, για να διεμβολίζει τα εχθρικά καράβια. Έπειτα, το δεύτερο είδος πλοίου κατασκευάζονταν για την μεταφορά εμπορευμάτων. Ήταν πιο βαριά και μεγάλα σκάφη, με κυρτή πλώρη και πρύμνη. Μπορούσαν να μεταφέρουν μέχρι και 450 τόνους εμπορευμάτων. Συχνά, ένας εμπορικός στόλος αποτελούνταν από περίπου 50 εμπορικά πλοία, συνοδευόμενα από μερικές διήρης. Πολλές φορές, διακοσμούσαν τα πλοία ζωγραφίζοντας μάτια στις πλευρές τους για να τρομάζουν τους εχθρούς τους και σκάλιζαν ένα κεφάλι αλόγου στη πλώρη για να τιμήσουν τον Γιαμ, τον θεό της θάλασσας. Ο Ηρόδοτος γράφει πως ο βασιλιάς Ξέρξης επιβιβάζονταν μονάχα σε φοινικικό πλοίο όταν ήθελε να ταξιδέψει δια θαλάσσης. (Joshua, 2018)

ΓΑΛΕΡΕΣ ΣΤΗ ΚΛΑΣΣΙΚΗ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

Ο όρος γαλέρα αναφέρεται σε όλα τα είδη κωπηλατικών πλοίων από την αρχαιότητα ως τα τέλη του Μεσαίωνα. Από τον 7^ο αιώνα π.Χ. και έπειτα, οι γαλέρες συνεχώς εξελίσσονταν. Πρώτη σημαντική καινοτομία στην κλασσική αρχαιότητα ήταν η κατασκευή της τριήρους από τους Αρχαίους Έλληνες. Η τριήρης ήταν ένα κωπήλατο πλοίο με τρεις, συνήθως, στήλες κουπιών και τρεις κωπηλάτες σε κάθε στήλη, άρα ήταν τρίκροτη. Ειδάλλως, η τριήρης μπορούσε να είναι δίκροτη, δηλαδή θα είχε δύο στήλες κουπιών με τον ίδιο αριθμό κωπηλατών σε κάθε στήλη. Ήταν ένα ταχύτατο πλοίο για τα δεδομένα της εποχής και έλαβε μέρος σε πολλές συγκρούσεις, όπως στους Περσικούς Πολέμους και στον Πελοποννησιακό Πόλεμο.

Με τον καιρό, ο αριθμός των κωπηλατών αυξάνονταν, για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ταχύτητα. Έτσι ναυπηγήθηκαν οι τετρήρεις με 4 κωπηλάτες ανά σειρά κουπιών, οι πενήρεις με 5, οι εξήρεις με 6, μέχρι και δεκήρεις. Αυτές οι γαλέρες μπορεί να ήταν δίκροτες ή τρίκροτες, δηλαδή είχαν 2 ή 3 στήλες κουπιών αντίστοιχα. Για παράδειγμα, η δίκροτη πενήρης είχε δύο στήλες κουπιών με τρεις κωπηλάτες στο ψηλότερο επίπεδο και δυο κωπηλάτες στο κατώτερο (3:2) ενώ η τρίκροτη πενήρης είχε διάταξη 2:2:1. (Δελιγιάννης, 2006)

Οι γαλέρες χρησιμοποιήθηκαν από τις πρώτες ναυτικές δυνάμεις της Μεσογείου, τους Φοίνικες, τους Έλληνες, τους Ιλλυριούς και αργότερα τους Ρωμαίους. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως οι γαλέρες παρέμειναν ως ο κυρίαρχος τύπος πολεμικών πλοίων στη Μεσόγειο για πολλούς αιώνες, μέχρι που τον 15^ο αιώνα αντικαταστάθηκαν σταδιακά από τα ιστιοφόρα πλοία.

ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ

Ο Αρχιμήδης ήταν Έλληνας μαθηματικός, φυσικός και εφευρέτης από τις Συρακούσες. Ίσως η πιο διάσημη ιστορία με τον Αρχιμήδη, είναι όταν ανακάλυψε την άνωση, δηλαδή τη δύναμη που δέχεται ένα σώμα από το ρευστό στο οποίο βρίσκεται εμβαπτισμένο. Καθώς ο Αρχιμήδης έκανε μπάνιο, παρατήρησε πως η στάθμη του υγρού ανέβηκε καθώς μπήκε στη μπανιέρα. Σύμφωνα με τον Βιτρούβιο, ήταν τόσο ενθουσιασμένος για την ανακάλυψη αυτή, που βγήκε έξω στους δρόμους γυμνός φωνάζοντας «Εύρηκα! Εύρηκα!». Πιο συγκεκριμένα, η αρχή του Αρχιμήδη όπως αποκαλείται ακόμα και σήμερα, καθορίζει πως κάθε βυθισμένο σώμα σε ρευστό δέχεται άνωση ίση με το βάρος του ρευστού που εκτοπίζει. (Morgan, 2006)

Περίπου το 240 π.Χ., ο Αρχιμήδης, χρησιμοποίησε τη γνώση αυτή όταν ο Ιέρων Β', τύραννος των Συρακουσών, του ανέθεσε τον σχεδιασμό ενός τεράστιου για την εποχή πλοίου. Η Συρακούσια, όπως θα ονομάζονταν το πλοίο, θα ήταν μεγαλύτερη από μια τριήρη, με μήκος 55 μέτρων και πλάτος 14 μέτρων. Εκατοντάδες εργάτες θα έπρεπε να δουλεύουν για χρόνια για τη δημιουργία αυτού του μεγαθήριου από δοκούς πεύκου και έλατου από το όρος Αίτνα, σκοινιά από την Ισπανία και πίσσα από τη Γαλλία. Το κατάστρωμά της είχε οκτώ πύργους και στη βάση του κάθε ενός υπήρχε μια ξύλινη αναπαράσταση του Άτλαντα. Στη πλώρη, κατασκευάστηκε ένα υπερυψωμένο κατάστρωμα εξοπλισμένο με έναν τεράστιο καταπέλτη ικανό να εκτοξεύσει βλήματα 80 κιλών. Για την άνεση και διασκέδαση των επιβατών, η Συρακούσια είχε έναν κήπο, λουτρά με ζεστό νερό, μια βιβλιοθήκη, μια αίθουσα ζωγραφικής, ένα γυμναστήριο και έναν ναό αφιερωμένο στη θεά Αφροδίτη. Σύμφωνα με τον Αθηναίο τον Ναυκρατίτη, η Συρακούσια ήταν διακοσμημένη με πανέμορφα έργα τέχνης από μάρμαρο και ελεφαντόδοντο, καθώς και ένα μωσαϊκό που έδειχνε ολόκληρη την ιστορία της Ιλιάδας. Τα αμπάρια του πλοίου μπορούσαν να μεταφέρουν εμπορεύματα βάρους ως 1.800 τόνους, συμπεριλαμβάνοντας 400 τόνους σιτηρών, 10.000 αγγεία με

παστά ψάρια, 74 τόνους πόσιμο νερό και 600 τόνους μαλλί. Η Συρακούσια ήταν ικανή να μεταφέρει 1000 επιβάτες, εκ των οποίων οι 600 ήταν στρατιώτες ενώ είχε και στάβλους για άλογα. Είναι λογικό λοιπόν, η Συρακούσια να αποκαλείται και ο Τιτανικός της αρχαίας εποχής.

Για την αντιμετώπιση του δύσκολου προβλήματος της σχεδίασης της Συρακούσιας, ο Αρχιμήδης χρησιμοποίησε τη γνώση της άνωσης. Αν το βάρος του νερού που εκτοπίζεται από το πλοίο κάτω από την ίσαλο γραμμή είναι ίσο με το βάρος του πλοίου, τότε οτιδήποτε βρίσκεται πάνω από τη ίσαλο γραμμή θα επιπλέει. Πιο συγκεκριμένα, αν η Συρακούσια είχε βάρος 2.000 τόνων και εκτόπιζε νερό βάρους 2.000 τόνων, τότε θα έπλεε οριακά. Αν εκτόπιζε νερό βάρους 4.000 τόνων, τότε θα έπλεε δίχως πρόβλημα, Αν όμως εκτόπιζε νερό βάρους 1.000 τόνων, τότε θα βυθίζονταν. Η μοίρα της Συρακούσιας παραμένει άγνωστη. Πιθανότατα, αφού ολοκλήρωσε το παρθενικό της ταξίδι από τις Συρακούσες στη Αλεξάνδρεια, δόθηκε ως δώρο στον βασιλιά της Αιγύπτου Πτολεμαίο Γ' και δεν σάλπαρε ξανά. (TED-Ed A. D., 2015)

ΡΩΜΑΙΟΙ

Όσο η νεαρή Δημοκρατία της Ρώμης μάχονταν στη στεριά για τη κυριαρχία της ιταλικής χερσονήσου, η εξέλιξη του στόλου ήταν παραμελημένη, κυρίως γιατί οι μοναδικοί εχθροί της θάλασσας ήταν οι πειρατές. Σύντομα αυτό άλλαξε, όταν το 264 π.Χ. η Ρώμη βρέθηκε αντιμέτωπη με τη Καρχηδόνα, μια ναυτική υπερδύναμη, για τον έλεγχο της Σικελίας. Αυτή η διαμάχη ονομάστηκε Πρώτος Καρχηδονιακός Πόλεμος, οι μάχες του οποίου έλαβαν χώρα κατά κύριο λόγο στη θάλασσα. Έτσι, οι Ρωμαίοι αναγκάστηκαν να ναυπηγήσουν στόλο. Παρόλα αυτά, οι ναύτες της Καρχηδόνας είχαν μεγαλύτερη εμπειρία στη ναυπήγηση και στη ναυσιπλοΐα. Για να τους αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά, οι Ρωμαίοι εισήγαγαν δύο νέες πρωτοπορίες στο στόλο τους. Πρώτον, αντέγραψαν το πλοίο των εχθρών τους, την πεντήρη και δεύτερον, κατασκεύασαν το *corvus*. Το τελευταίο, ήταν ένα είδους γέφυρας, το οποίο έπεφτε με δύναμη και γαντζώνονταν στο αντίπαλο πλοίο επιτρέποντας έτσι στις ρωμαϊκές λεγεώνες να κάνουν ρεσάλτο, μετατρέποντας τη ναυμαχία σε μάχη ξηράς. Με τη λήξη του πολέμου, οι Ρωμαίοι ανακηρύχθηκαν νικητές και ύψωσαν στη Ρώμη μια στήλη με τις πλώρες των ηττημένων πλοίων για να γιορτάσουν τη νίκη τους.

Με τον καιρό, η Ρώμη τελειοποίησε τη τακτική με την οποία μετέτρεπε τις ναυμαχίες σε μάχες ξηράς με την εισαγωγή καταπελτών στα πλοία για την πολιορκία παραθαλάσσιων φρουρίων. Μάλιστα, για να μειώσουν τη διαφορά ύψους μεταξύ του εχθρικού τείχους και των πλοίων, οι Ρωμαίοι έχτιζαν πύργους πάνω στα καράβια τους. Για να παραμείνει σταθερή η κατασκευή, ένωσαν τους πύργους των πλοίων μεταξύ τους, κατασκευάζοντας έτσι ένα πλεούμενο οχυρό. Αυτά τα αρχαία καταμαράν ήταν οπλισμένα με ειδικούς πολιορκητικούς κριούς και μηχανές. Ήταν επίσης πλωτά οχυρά, με μέσω πρόωσης τα κουπιά που

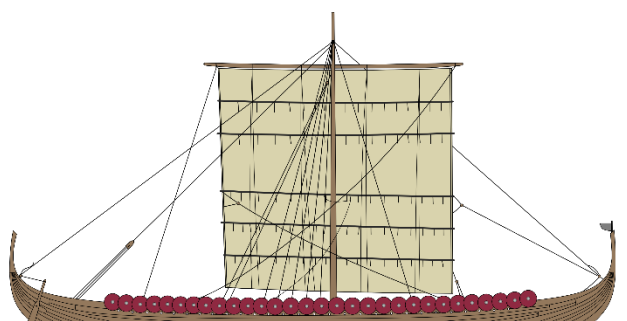
βρισκόταν στις άκρες κάθε πλοίου. Τέτοιες υπερκατασκευές υψώθηκαν στη πολιορκία των Συρακουσών το 213 π.Χ. (Ancient Roman's Naval Fleet, 2019)

ΒΙΚΙΝΓΚ

Η προέλευση της λέξης Βίκινγκ (Viking) δεν είναι γνωστή. Πιθανά προέρχεται από τη λέξη *vík* που σημαίνει ποταμάκι ή κόλπος. Μια άλλη υπόθεση είναι πως στην αρχαία σκανδιναβική γλώσσα η λέξη *vikingr* σημαίνει πειρατής. Τους τελευταίους αιώνες, η λέξη σχετίζεται άμεσα με τους Σκανδιναβούς του πρώιμου μεσαίωνα, οι οποίοι έχουν μείνει στην ιστορία ως τρανοί θαλασσοπόροι. Οι Βίκινγκ επεκτάθηκαν από τις Βορειοδυτικές ακτές της Ευρώπης και τη Μεσόγειο μέχρι τα νησιά του βόρειου Ατλαντικού και τις ακτές της Βόρειας Αμερικής. (Britannica, 1998), (Faarlund, 2004)

Για να επιτύχουν τέτοια ταξίδια στον ωκεανό, είναι πολύ πιθανό οι Βίκινγκ να χρησιμοποιούσαν ένα εργαλείο ναυσιπλοΐας, που λέγεται ηλιακή πυξίδα. Ανασκαφές σε ένα χωριό Βίκινγκ της Γροιλανδίας το 1948, έφεραν στο φως ένα κομμάτι αυτού του εργαλείου. Η πυξίδα έμοιαζε με έναν επίπεδο δίσκο. Κάθετα αυτού του δίσκου, βρίσκονταν τοποθετημένος ένας δείκτης. Η σκιά του δείκτη, που λέγεται γνώμονας, χαράζεται κατά τη διάρκεια της μέρας από το πλοηγό σε τακτά χρονικά διαστήματα. Έπειτα, η σκιά που δημιουργεί ο γνώμονας επιτρέπει τον εντοπισμό του βορά. Τι συμβαίνει όμως όταν τα σύννεφα κρύβουν τον ήλιο; Οι μόνες πληροφορίες που έχουμε για αυτή τη περίπτωση, προέρχονται από μια σάγκα, ένα σκανδιναβικό έπος. Σύμφωνα με αυτή την αφήγηση, οι Βίκινγκ είχαν στη κατοχή τους έναν μυθικό κρύσταλλο, την ηλιόπετρα, που είχε την ικανότητα να εντοπίσει τη θέση του ήλιου ακόμα και με συννεφιά. Πιθανώς η ηλιόπετρα ήταν ένας κρύσταλλος ασβεστίτη, μια μορφή κρυστάλλου που συναντάται σε μεγάλη αφθονία στην Ισλανδία. Οι φυσικές ιδιότητες αυτού του κρυστάλλου, όπως το χρώμα και η φωτεινότητα, επηρεάζονται από τη πόλωση του φωτός. Παρόλο που δεν έχουν βρεθεί αρχαιολογικές αποδείξεις για τη χρήση της ηλιόπετρας, έχουν βρεθεί αποδείξεις για τις μετακινήσεις των Βίκινγκ, ως τη Γροιλανδία και την Βόρεια Αμερική, γεγονός που οδηγεί την επιστημονική κοινότητα σε εικασίες και θεωρήσεις για την ύπαρξη τέτοιων οργάνων ναυσιπλοΐας. (Thomsen), (Turvill-Petre, 1947)

Τα πυκνά δάση και τα ψηλά βουνά της Σκανδιναβίας, καθιστούσαν την χερσαία μετακίνηση των Βίκινγκ δύσκολη. Αλλά οι μεγάλες ακτές και οι πολυάριθμοι ποταμοί, λίμνες και φιόρντ παρείχαν έναν εναλλακτικό τρόπο μετακίνησης. Αρχικά, λάξευαν κοιλότητες σε κορμούς, κατασκευάζοντας έτσι κανό με μέσω πρόωσης τα κουπιά. Με τον καιρό, πρόσθεταν ξύλινες σανίδες δεμένες με σκοινιά, την μια πάνω στην άλλη στη βάση και στις άκρες του κανό, μετατρέποντάς το έτσι σε πλοίο. Ιστορικοί πιστεύουν πως μερικοί Σκανδιναβοί κατατάχτηκαν στη ρωμαϊκή λεγεώνα και έφεραν πίσω στη πατρίδα τους μεσογειακή ναυτική τεχνολογία.



Εικόνα 3. Longboat

Οι Βίκινγκ αντικατέστησαν τα άδετα κουπιά τους με στερεωμένα, αυξάνοντας έτσι την αποτελεσματικότητά τους. Αυτό όμως απαιτούσε δυνατότερα πλοία, για αυτό οι ναυπηγοί ξεκίνησαν να χρησιμοποιούν μεταλλικά καρφιά για να ενώνουν τις ξύλινες σανίδες μεταξύ τους. Το αποτέλεσμα αυτής της σύνθεσης ήταν η δημιουργία αξιόλογων πλοίων, που ήταν εμπνευσμένα από τα μεσογειακά σκάφη, διατηρώντας το αρχικό σχέδιο των κανό, πράγμα που τα έκανε πιο ελαφριά και πιο ευκίνητα. Αυτό, τα καθιστούσε ικανά να περάσουν μέσα από τη σημερινή Δανία για να πλεύσουν εντός και εκτός της Βαλτικής θάλασσας, αντί να κάνουν τον κύκλο της Δανίας. Επιπλέον, ήταν ικανά για πλεύση σε ποταμούς της ανατολικής Ευρώπης. Η εισαγωγή των πανιών σε έναν ιστό στα πλοία τους πραγματοποιήθηκε τον 8^ο αιώνα, όπου υπήρχε η ανάγκη για μακρύτερη μετακίνηση. Αυτή η τελευταία προσθήκη, έκανε τα ήδη ευκίνητα πλοία σχεδόν ανίκητα. Έτσι, γεννήθηκαν τα πλοία των Βίκινγκ. Τα longboats όπως ονομάζονται, που σημαίνει μακριές βάρκες, μπορούσαν να μεταφέρουν ως και 100 άντρες, ενώ ήταν ικανά να φτάσουν σε παραλίες ή να διεισδύσουν σε ποταμούς. Μάλιστα, στην ανάγκη τα πλοία αυτά μπορούσαν να μετακινηθούν από ξηρά, λόγω του ελαφριού τους βάρους. (TED-Ed, 2020)

Η ΑΡΜΑΔΑ ΤΟΥ ΖΕΝΓΚ ΧΕ

Από τις αρχές του 7^{ου} αιώνα, οι Κινέζοι ολοκλήρωναν ποντοπόρα ταξίδια για εξερεύνηση και εμπόριο. Έχοντας ήδη ανακαλύψει τη μαγνητική πυξίδα και με τις αξιόπλοες τζόγκες τους, σάλπαραν με προορισμό την Ινδονησία, την Ινδία, μέχρι και τον Περσικό Κόλπο. Τον επόμενο αιώνα, οι Κινέζοι ναυτικοί διέσχισαν την Ερυθρά Θάλασσα, φτάνοντας στην Αφρική, όπου και έκαναν εμπόριο με την Αίγυπτο και την Αιθιοπία. Με τις αρχές του 9^{ου} αιώνα, είχαν ήδη ιδρυθεί τρεις θαλάσσιες εμπορικές οδοί που ένωναν την Αφρική με την Κίνα.

Δίχως αμφιβολία, το αποκορύφωμα της κινέζικης θαλάσσιας εξερεύνησης ήρθε στις αρχές του 15^{ου} αιώνα κατά την δυναστεία των Μινγκ, οι οποίοι συγκρότησαν τεράστιο ναυτικό. Σχεδόν 100 χρόνια πριν τις ανακαλύψεις του Κολόμβου, ο διάσημος θαλασσοπόρος Ζενγκ Χε σάλπαρε με έναν μεγάλο στόλο,

αποτελούμενος από 200 μεγάλες τζόγκες και 28.000 ναύτες, με προορισμό την Ινδία, την Αραβία και την ανατολική Αφρική, φτάνοντας ως τη σημερινή Κένυα. Παρά τον μεγάλο αριθμό πολεμικών πλοίων και αντρών, ο Ζενγκ Χε σάλπαρε ως διπλωμάτης και όχι ως κατακτητής. Στα ταξίδια του, μοίραζε δώρα από μετάξι και πορσελάνη και οι τοπικοί ηγέτες ανταποδίδαν την γενναιοδωρία του με δικά τους δώρα, όπως εξωτικά ζώα. Επίσης, έφερε πίσω στη Κίνα έναν μεγάλο αριθμό από πρεσβευτές.

Αυτή η θαλάσσια εξόρμηση κατέστησε τους Κινέζους κυρίαρχους του Ινδικού Ωκεανού για δύο αιώνες, εξαπλώνοντας το εμπόριο και συνάπτοντας σχέσεις με μακρινούς πολιτισμούς. Ο Ζενγκ Χε θα μπορούσε να είχε συνεχίσει το ταξίδι του νότια και να ανακαλύψει το Ακρωτήριο της Καλής Ελπίδος πριν τους Ευρωπαίους, ή ακόμα και την Αμερική, αλλά αυτό δε χρειαζόνταν καθώς η Κίνα δε είχε στόχο να ανακαλύψει νέες θαλάσσιες οδούς. Σε αντίθεση με τους Ευρωπαίους, η Κίνα ήταν μια χώρα που προσέλκυσε το εμπόριο και δε το αναζήτησε. (Baum, 2021), (Silverman), (Nakos, 2019)



Εικόνα 4. Μια καμηλοπάρδαλη στο Πεκίνο (Smithsonian Magazine)

ΕΠΟΧΗ ΤΩΝ ΑΝΑΚΑΛΥΨΕΩΝ

Οι Βίκινγκ ήταν οι πρώτοι Ευρωπαίοι που διέσχισαν τον Ατλαντικό Ωκεανό περίπου το 1.000 μ.Χ. Έπρεπε να περάσουν σχεδόν 500 χρόνια για να επαναληφθεί ένα τέτοιο ταξίδι, πρώτα από τον Χριστόφορο Κολόμβο το 1492. Το ταξίδι του χορηγήθηκε από το βασιλικό ζεύγος της Ισπανίας. Στόχος της αποστολής αυτής, ήταν η εύρεση μιας θαλάσσιας διόδου από την Ευρώπη στις Ανατολικές Ινδίες, τη σημερινή περιοχή νοτιοανατολικά της Ινδίας, με σκοπό την αποκόμιση μεγάλου κέρδους από το εμπόριο των πολύτιμων μπαχαρικών. Αντ' αυτού, ανακαλύφθηκε μια νέα γη, ανάμεσα στην Ευρώπη και την Ασία. Πιο συγκεκριμένα, ο Κολόμβος ανακάλυψε τις σημερινές Μπαχάμες και τη Κούβα. Επέστρεψε στην Ισπανία στις αρχές του 1493, φέρνοντας μαζί του αιχμάλωτους ιθαγενείς και πλούτη. Σύντομα, τα νέα της ανακάλυψης αυτής διαδόθηκαν σε όλη την Ευρώπη. Ο Κολόμβος έκανε άλλα τρία ταξίδια στην Αμερική, ανακαλύπτοντας πολλά νησιά της Καραϊβικής, τις βόρειες ακτές της Νότιας Αμερικής καθώς και τις ανατολικές ακτές της Κεντρικής Αμερικής. (Wikipedia, Christopher Colombus)

Η πρώτη θαλάσσια δίοδος μεταξύ Ευρώπης και Ασίας πραγματοποιήθηκε από τον Πορτογάλο Βάσκο ντα Γκάμα το 1497, διασχίζοντας το Ακρωτήριο της Καλής Ελπίδος, το νοτιότερο κομμάτι της Αφρικής. Η ανακάλυψη αυτή επέτρεψε στη Πορτογαλία να γίνει μια οικονομική υπερδύναμη, έχοντας μονοπώλιο στα μπαχαρικά, κυρίως το πιπέρι και τη κανέλα. Το ταξίδι του Βάσκο ντα Γκάμα θεωρείται από τους ιστορικούς ως η αρχή της συνάντησης και συνύπαρξης πολλών εθνικοτήτων και πολιτισμών. Παράλληλα όμως, η δίοδος αυτή άνοιξε ένα νέο κεφάλαιο στην ιστορία του ιμπεριαλισμού, καθώς η βία που άσκησε ο Βάσκο ντα Γκάμα στους ιθαγενείς πληθυσμούς ήταν μονάχα η αρχή της αποικιοκρατίας. (Wikipedia, Vasco da Gama)

Είκοσι δύο χρόνια μετά, το 1519, ο Φερδινάνδος Μαγγελάνος οργάνωσε τον πρώτο περίπλου της Γης. Ο στόλος του, αποτελούμενος από πέντε πλοία, ξεκίνησε από την Ισπανία τον Σεπτέμβρη του 1519 και διέσχισε τον Ατλαντικό φτάνοντας στη νότια Αμερική. Μετά από μια στάση στο Ρίο ντε Τζανέιρο τον Δεκέμβρη, σάλπαρε νότια, με σκοπό να βρει ένα πέρασμα για τον Ειρηνικό Ωκεανό. Μετά από τρεις μήνες αναζήτησης, λόγω κακών καιρικών συνθηκών, ο στόλος ξεκίνησε να ξεχειμωνιάζει σε ένα ασφαλές λιμάνι στην σημερινή Αργεντινή. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα ένα πλοίο βυθίστηκε σε μια καταιγίδα καθώς έπαιρνε μέρος σε μια αποστολή ανίχνευσης. Όταν ο Μαγγελάνος συνέχισε το ταξίδι του τον Οκτώβρη του 1520, βρήκε έναν πορθμό φτάνοντας έτσι στον Ειρηνικό Ωκεανό. Αυτός ο πορθμός βρίσκεται νότια της σημερινής Χιλής και ονομάζεται πορθμός του Μαγγελάνου.

Μετά από αυτήν την ανακάλυψη, ένα από τα πλοία εγκατέλειψε το στόλο και ξεκίνησε το ταξίδι του γυρισμού προς την Ισπανία, ενώ τα υπόλοιπα τρία συνέχισαν δυτικά. Ο Μαγγελάνος ήταν λανθασμένα πεπεισμένος, λόγω της κακής κατανόησης της γεωγραφίας της εποχής, πως η Ασία βρίσκονταν πολύ κοντά. Στην πραγματικότητα, ο εξουθενωμένος στόλος έπλεε στον Ειρηνικό για τρεις μήνες και

είκοσι ημέρες μέχρι που έφτασε στο ηφαιστιογενές νησί Γκουάμ. Από εκεί, ταξίδεψε στις Φιλιππίνες, στο νησί Μακτάν, όπου ο Μαγγελάνος πέθανε σε μια μάχη με τους ιθαγενείς. Φεύγοντας από τις Φιλιππίνες, ο στόλος πέρασε από τις Μολούκες όπου εφοδιάστηκε και γέμισε τα αμπάρια του με μπαχαρικά. Παρόλα αυτά, μονάχα ένα πλοίο ήταν αξιόπλοο. Έφτασε πίσω στην Ισπανία τον Σεπτέμβρη του 1522 περνώντας το Ακρωτήριο της Καλής Ελπίδος. Από τους 270 άντρες της αποστολής, γύρισαν πίσω οι 19. (Wikipedia, Magellan Expedition)

Δύο αιώνες μετά, ο Άγγλος εξερευνητής, χαρτογράφος και καπετάνιος Τζέιμς Κουκ πραγματοποίησε τρία ταξίδια μεταξύ του 1768 και 1779 στον Ειρηνικό Ωκεανό και πιο συγκεκριμένα στη Νέα Ζηλανδία και στη Αυστραλία. Έπλευσε σε ακαρτογράφητες περιοχές και άφησε πίσω του λεπτομερείς χάρτες της Χαβάης και της σημερινής Ωκεανίας. Πριν τις ανακαλύψεις του Τζέιμς Κουκ, η «Terra Australis» που στα λατινικά σημαίνει Νότια Γη, ήταν μια φανταστική ήπειρος που άρχισε να εμφανίζεται σε χάρτες του 15^{ου} μέχρι 18^{ου} αιώνα. Η υποθετική ύπαρξη μιας τέτοιας ηπείρου βασιζόνταν στη θεωρία πως η γη του Βόρειου Ημισφαίριου θα έπρεπε να μοιάζει με αυτή του Νότιου Ημισφαίριου. Τέτοιες θεωρίες είχαν κάνει την εμφάνισή τους από το 5^ο αιώνα από τον Ρωμαίο Μακρόβιο. Η αποστολή του καπετάνιου Κουκ ήταν να βρει αυτή τη διαβόητη και πλούσια ήπειρο. Στα πρώτα του δύο ταξίδια, η αποστολή του ήταν επιτυχής, φτάνοντας σχεδόν μέχρι την Ανταρκτική. Ο καπετάνιος Τζέιμς Κουκ είναι επίμαχη φιγούρα, καθώς πολλές από τις επαφές του με ιθαγενείς ήταν βίαιες. Παρόλα αυτά, άφησε πίσω του σημαντικές γεωγραφικές γνώσεις και επιστημονικές ανακαλύψεις και θεωρείται από κάποιους ως ο σπουδαιότερος θαλασσοπόρος. (Wilford) (Wikipedia, James Cook)

ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΟ ΠΕΡΑΣΜΑ

Το Βορειοδυτικό Πέρασμα είναι η θαλάσσια διαδρομή μεταξύ του Ατλαντικού και του Ειρηνικού, μέσω του Αρκτικού Ωκεανού. Αυτή η διαδρομή διασχίζει τις βόρειες ακτές της Βόρειου Αμερικής. Η ανακάλυψη αυτού του περάσματος θα ήταν υψίστης σημασίας, καθώς θα άνοιγε μια συντομότερη εμπορική δίοδο μεταξύ της Ευρώπης και της Ασίας. Η εύρεση αυτού του διαβόητου περάσματος αποδείχθηκε δύσκολη. Το πέρασμα αποτελείται από μια σειρά από κανάλια και πορθμούς βόρεια του Καναδά που επεκτείνεται για 1.450 χλμ. από ανατολή προς δύση. Στη διαδρομή υπάρχουν χιλιάδες γιγάντια παγόβουνα ύψους ως και 90 μέτρων τα οποία πλέουν νότια. Επιπλέον, πολλά από αυτά τα κανάλια παγώνουν τον χειμώνα. (Brittanica, Northwest Passage Trade route, 1998)

Η πρώτη απόπειρα εύρεσης αυτού του περάσματος έγινε αναγκαία μετά την επέκταση των Οθωμανών, οι οποίοι διέκοψαν το ευρωπαϊκό εμπόριο προς την Ανατολή. Εξερευνητές σάλπαραν για να ανακαλύψουν νέες διαδρομές προς την Ανατολή, όπως ο Μαγγελάνος, ο οποίος ανακάλυψε ένα νότιο πέρασμα προς την Ασία. Με τον καιρό το Βορειοδυτικό Πέρασμα, μετατράπηκε σε θρύλο, που γοητεύε τους εξερευνητές και θαλασσόλυκος. Η εύρεση του Πέρασματος ήρθε

σταδιακά, με συσσώρευση γνώσεων και παρατηρήσεων από πολυάριθμες αποστολές, πολλές από αυτές έληξαν δραματικά. Η μεγαλύτερη και γνωστότερη τραγωδία, ήταν η αποστολή του Σερ Τζον Φράνκλιν. (Brittanica, Northwest Passage Trade route, 1998)



Εικόνα 5. Το Βορειοδυτικό Πέρασμα

Το 1845, δύο πλοία σαλπάρουν από την Αγγλία με σκοπό να βρουν το Βορειοδυτικό Πέρασμα καθώς και να συλλέξουν μαγνητικά δεδομένα. Τα δύο πλοία ονομάζονταν HMS Erebus και HMS Terror και ήταν εξοπλισμένα με τη τελευταία λέξη της τεχνολογίας. Οι πλώρες των πλοίων ήταν ενισχυμένες με μέταλλο για να σπάνε μικρά κομμάτια πάγου. Είχαν επίσης ατμομηχανές, οι οποίες έδιναν δύναμη σε προπέλες ενώ παράλληλα παρείχαν ζέστη στο πλήρωμα μέσω ενός συστήματος εσωτερικής θέρμανσης. Υπεύθυνος της αποστολής ήταν ο Σερ Τζον Φράνκλιν, ένας βετεράνος καπετάνιος και εξερευνητής των πολικών περιοχών. Το 1846, τα δύο πλοία παγιδεύτηκαν στους πάγους, στον Αρκτικό Ωκεανό. Κρίνοντας πως ο πάγος θα λιώσει το καλοκαίρι, το πλήρωμα ξεχειμώνιασε εκεί. Το ηθικό ήταν ακμαίο καθώς η αποστολή ήταν εφοδιασμένη με πολυάριθμα βιβλία και άλλα μέσα ψυχαγωγίας, όπως στολές αποκριών για τη διεξαγωγή καρναβαλιών. Επιπροσθέτως, τα πλοία είχαν αρκετή κονσερβοποιημένη τροφή, μια καινοτομία για την εποχή. Ενώ ο καιρός περνούσε, οι πάγοι δεν έλιωναν. Ύστερα, επιστήμονες που ανέλυσαν κομμάτια πάγου της περιοχής, κατέγραψαν πως η Αρκτική βρίσκονταν στις χαμηλότερες θερμοκρασίες την περίοδο του 1840 ως και 1850. Το πλήρωμα της αποστολής ήταν εγκλωβισμένο σε έναν ατέρμονο χειμώνα. Για αυτό και αναγκάστηκαν να εγκαταλείψουν τα πλοία και να διασχίσουν τη παγωμένη θάλασσα με τα πόδια, οδεύοντας νότια, μέχρι να φτάσουν στο πιο κοντινό εμπορικό φυλάκιο που απείχε 400 χιλιόμετρα. Κανένας δεν ολοκλήρωσε το δύσκολο ταξίδι.

Χρειάστηκαν 170 χρόνια για να βρεθούν τα απομεινάρια της αποστολής του Σερ Τζον Φράνκλιν. Πλέον, έχουμε όλα τα στοιχεία για να καταλήξουμε στο συμπέρασμα πως η αποστολή ήταν καταδικασμένη να αποτύχει πριν καν ξεκινήσει καθώς οι απώλειες ήταν υψηλές για μια τόσο καλά εφοδιασμένη αποστολή. Εκτός από το πολικό κρύο, κάτι άλλο σκότωνε τους ναύτες. Οι επιστήμονες που ανέλυσαν τις σορούς, οι οποίες βρίσκονταν διατηρημένες μέσα στο πάγο, βρήκαν μόλυβδο σε υψηλή περιεκτικότητα. Ο μόλυβδος αυτός ταίριαζε με το υλικό με το οποίο οι κονσέρβες του πλοίου σφραγίζονταν και οι επιστήμονες κατέληξαν στο συμπέρασμα πως το φαγητό που κατανάλωναν οι ναύτες καθημερινά, τους δηλητηρίαζε.

Τα σωματικά συμπτώματα της μολυβδίασης είναι ο πονοκέφαλος, πόνος στους μύες και στη κοιλιά. Εκτός αυτών, η δηλητηρίαση αυτή επηρεάζει και το μυαλό, προκαλώντας απώλεια μνήμης, παραλήρημα, αυπνία, σύγχυση, παράνοια και παραισθήσεις. Επιπλέον, η μολυβδίαση εξασθενεί την άμυνα του οργανισμού και τον καθιστά ευάλωτο σε άλλες ασθένειες και μια είναι η ασθένεια που προκαλεί τρόμο σε όλους τους ναυτικούς, το σκορβούτο. Μια καταστροφική για τον οργανισμό ασθένεια που προκαλεί αιμορραγίες και πόνο στα ούλα, στους μύες και στα εσωτερικά όργανα. Η καταπολέμηση του σκορβούτου γίνονταν με χυμό λεμονιού. Δυστυχώς, ο χυμός πρέπει να είναι φρέσκος αλλιώς χάνει την αποτελεσματικότητά του. Φρέσκα φρούτα και λαχανικά θα παρείχαν τη απαραίτητη βιταμίνη C στο πλήρωμα αλλά δε μπορούσαν να έχουν πρόσβαση σε αυτά. Υπήρχε όμως άλλο ένα πρόβλημα με τις κονσέρβες της αποστολής. Μεγάλος αριθμός τους ήταν ελλατωματικός και δεν είχαν σφραγιστεί σωστά με αποτέλεσμα το φαγητό να σαπίσει. Η κατανάλωση χαλασμένου φαγητού, προκαλεί με τη σειρά της άλλες θανάσιμες ασθένειες.

Η μοναδική παρηγοριά για τους ναύτες της αποστολής του Σερ Τζον Φράνκλιν είναι πως πιθανότατα βρήκαν το βορειοδυτικό πέρασμα, στην απεγνωσμένη πορεία τους νότια. Το σίγουρο όμως είναι, πως το πέρασμα ανακαλύφθηκε το 1854 από την αποστολή διάσωσης που είχε σταλθεί για την αποστολή του Σερ Τζον Φράνκλιν. (Brittanica, Franklin Expedition, 2022), (Histoy_Buffs, 2019)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΚΩΠΗΛΑΤΑ ΠΛΟΙΑ

ΜΟΝΟΞΥΛΟ

Το πρωιμότερα γνωστά σκάφη, ήταν τα μονόξυλα, κατασκευασμένα από έναν κορμό δέντρου. Τα στενά τους κύπη απαιτούσαν να πλοηγηθούν από μια σταθερή θέση καθισμένου προς τα εμπρός χειριστή, μια λιγότερο αποτελεσματική μορφή προώθησης σε σύγκριση με την κωπηλασία που ο χειριστής κοιτάει προς τα πίσω. Τέτοια σκάφη χρησιμοποιούνταν από τους ανθρώπους της Νεολιθικής περιόδου σε όλο το πλανήτη, όπως στην σημερινή Ολλανδία και Αμερική για πλεύση σε ποτάμια και λίμνες.

Στον ελλαδικό χώρο, η ύπαρξη αξιόπλοων κωπήλατων σκαφών έχει τεκμηριωθεί με ευρήματα γλυπτών από τερακότα και μοντέλα μολύβδου στην περιοχή του Αιγαίου από την 3^η χιλιετία π.Χ. Ωστόσο, κάποιοι αρχαιολόγοι πιστεύουν πως ο αποικισμός των νησιών της Μεσογείου πριν την Νεολιθική Εποχή, γύρω στο 8.000 π.Χ., απαιτήσε μετρίως μεγάλα σκάφη, που ήταν κωπήλατα και πιθανώς να ήταν εξοπλισμένα με ιστία. (Wikipedia, Dugout canoe)

ΠΕΝΤΗΚΟΝΤΟΡΟΣ

Η πεντηκόντορος ήταν πρώτος τύπος αρχαίας ελληνικής γαλέρας. Πριν από την Αρχαϊκή εποχή, ο Όμηρος λέει στην Ιλιάδα πως κατά τη διάρκεια του Τρωικού Πολέμου υπήρχαν πλοία με διάφορους αριθμούς κουπιών. Ο μικρότερος αριθμός που αναφέρεται στα ομηρικά έπη είναι είκοσι, δηλαδή ήταν εικοσικόντοροι, όπως το πλοίο που μετέφερε τη Χρυσήίδα πίσω στον πατέρα της. Το πλοίο του Οδυσσέα, αναφέρεται ότι είχε πενήντα κουπιά ενώ η μυθική Αργώ μετέφερε περίπου πενήντα Αργοναύτες. (Όμηρος), (Collin)

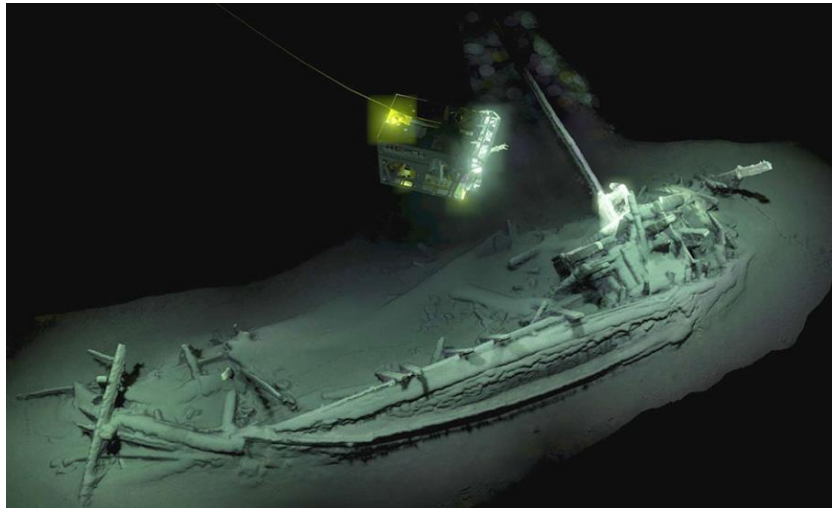
Οι πεντηκόντοροι πληρούσαν όλες τις προϋποθέσεις ενός αξιόπλου σκάφους. Ήταν ευέλικτα πλοία, με μεγάλη ακτίνα δράσης και για αυτό χρησιμοποιούνταν για εμπορικούς και στρατιωτικούς σκοπούς.

Η πεντηκόντορος είχε 25 κουπιά σε κάθε της πλευρά. Στο κατάρτι της έφερνε ένα τετράγωνο ιστίο για βοηθητική προώθηση του πλοίου, όταν υπήρχε ευνοϊκός άνεμος. Ήταν μακριά σκάφη με μικρό βύθισμα και συνήθως δεν είχαν κατάστρωμα. Η πεντηκόντορος ήταν επίσης από τα πρώτα πλοία που ήταν εξοπλισμένα με έμβολο στη πλώρη. Το μήκος της μπορούσε να φτάσει τα 40 μέτρα και το πλάτος της ως τα 5 μέτρα. Θεωρείται ακόμη ότι ήταν ικανές να αναπτύξουν υψηλές ταχύτητες και να επιτύχουν απότομους ελιγμούς. (Βικιπαίδεια Πεντηκόντορος)



Εικόνα 6. Πεντηκόντορος

Επιστήμονες εντόπισαν στη Μαύρη Θάλασσα το αρχαιότερο ακέραιο ναυάγιο πλοίου που έχει ανακαλυφθεί μέχρι σήμερα. Σύμφωνα με το άρθρο στην Βρετανική εφημερίδα *The Guardian*: «Πιστεύεται ότι το καράβι παρέμεινε στον βυθό για περισσότερα από 2.400 χρόνια. Είναι ένα καράβι 23 μέτρων, που οι ερευνητές θεωρούν σίγουρο ότι είναι αρχαιοελληνικό, και βρέθηκε σχεδόν άθικτο με το ιστίο, το πηδάλιο και τις θέσεις των κωπηλατών ακόμα στη θέση τους, σε βάθος περίπου 2 χιλιομέτρων κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Φαίνεται ότι έλλειψη οξυγόνου στο μεγάλο αυτό βάθος συνέβαλε στη διατήρησή του σε τόσο καλή κατάσταση». Πρόκειται για ελληνικό εμπορικό πλοίο, το οποίο βρέθηκε σε μια περιοχή που θεωρείται νεκροταφείο πλοίων καθώς εκεί έχουν αποκαλυφθεί περισσότερα από 60 ναυάγια, στα οποία συμπεριλαμβάνονται και γαλέρες της ρωμαϊκής και βυζαντινής εποχής.



Εικόνα 7. Ναυάγιο στη Μαύρη Θάλασσα

Η πεντηκόντορος, κάνει την εμφάνισή της στο «Βάζο των Σειρήνων», ένα αρχαιοελληνικό ερυθρόμορφο αγγείο που φυλάσσεται στο Βρετανικό Μουσείο. Στην συγκεκριμένη παράσταση εικονίζεται ο Οδυσσέας δεμένος πάνω στο κατάρτι ενός παρόμοιου πλοίου για να αντισταθεί στο τραγούδι των Σειρήνων.

(Rawlinson, 2018)



Εικόνα 8. Απεικόνιση του Οδυσσέα και των Σειρήνων σε ερυθρόμορφο αγγείο, 480-470 π.Χ. Βρετανικό Μουσείο

ΔΙΗΡΗΣ

Η διήρης ήταν τύπος αρχαίου κωπήλατου πολεμικού πλοίου, μια πρώιμη μορφή αρχαίας γαλέρας. Ήταν είτε δίκροτη, δηλαδή με δύο σειρές κουπιών και έναν κωπηλάτη ανά κουπί, είτε μονόκροτη, με μια σειρά κουπιών και δύο κωπηλάτες ανά κουπί.

Εφευρέθηκε πριν από τον 8^ο αιώνα π.Χ. και χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τους Φοίνικες και τους Έλληνες. Η φοινικική διήρης συναντάται για πρώτη φορά στην αρχαία ιστορία σε θραύσματα έργων τέχνης Ασσυριακής προέλευσης, του 8^{ου} αιώνα π.Χ. Αποτελούσε μακρύ σκάφος, κατασκευασμένο καθαρά για πολεμικούς σκοπούς και μπορούσε να επιτύχει σχετικά υψηλή ταχύτητα πλεύσης. Το μήκος της κυμαίνονταν από 18 ως 45 μέτρα ενώ το πλάτος της από 3 ως και 12 μέτρα. Ήταν επανδρωμένη με 120 κωπηλάτες και έφερε ένα μεγάλο τετράγωνο ιστίο. Στην πλώρη της είχε ένα έμβολο, το όπλο με το οποίο βύθιζε εχθρικά καράβια.

Η επόμενη ναυτική εξέλιξη ήρθε με την τριήρη που είχε αυξημένο μήκος, συνήθως και ύψος με μεγαλύτερο αριθμό κωπηλατών. (Μουσείο Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας Κώστας Κοντσανάς)



Εικόνα 9. Ελληνική διήρης

ΤΡΙΗΡΗΣ

Η τριήρης ήταν ένα κωπήλατο πολεμικό πλοίο. Συνήθως ήταν τρίκροτη, δηλαδή είχε τρεις σειρές κωπηλατών. Η τριήρης μπορούσε να πλεύσει σε πρωτοφανή για τα δεδομένα της εποχής ταχύτητα.

Η ταχύτητα αυτή, έφτανε τα 9 ναυτικά μίλια την ώρα, περίπου 16 χλμ./ώρα. Οι Αθηναϊκές τριήρεις κάλυπταν αποστάσεις πέραν του Αιγαίου, ως Κύπρο και Αίγυπτο. Έλκει τη προέλευσή της από την Κόρινθο, ενώ παραμένει η πιθανότητα η πρώτη τριήρης, τουλάχιστον στη δίκροτη έκδοση, να ναυπηγήθηκε από τους Φοίνικες. (Νελλόπουλος, 1999)

Ως ένα γρήγορο και ευέλικτο σκάφος, αποτελούσε τον κυρίαρχο τύπου πολεμικού πλοίου στη Μεσόγειο από τον 7^ο ως και τον 4^ο αιώνα π.Χ. Έπαιξαν ζωτικό ρόλο κατά την κλασσική αρχαιότητα, λαμβάνοντας μέρος σε συγκρούσεις όπως στους Περσικούς Πολέμους, με αποκορύφωμα τη Ναυμαχία της Σαλαμίνας. Επιπλέον χάρη στις τριήρεις δημιουργήθηκε η Αθηναϊκή Ηγεμονία, με κατάληξη στον Πελοποννησιακό Πόλεμο. Αντικαταστάθηκε στη συνέχεια από τις τετρήρεις και τις πενήρεις.

Το μήκος της κυμαίνονταν από 33 έως 43 μέτρα ενώ το πλάτος της από 3,5 ως 4,5 μέτρα. Το ύψος της ήταν περίπου 2,5 μέτρα πάνω από την ίσαλο γραμμή ενώ το βύθισμά της ήταν 1 μέτρο. Στην αθηναϊκή τριήρη, όλοι οι κωπηλάτες ήταν ελεύθεροι, μισθωτοί πολίτες των Αθηνών και όχι σκλάβοι. Για να είναι ευκίνητες οι τριήρεις, εκτός από κωπηλάτες φιλοξενούσε και πανιά. Όντας πολεμικό πλοίο, δεν είχε μεγάλους χώρους αποθήκευσης. Για αυτό το λόγο, οι τριήρεις συνοδεύονταν από εμπορικά πλοία ανεφοδιασμού. Η τριήρης είχε στη πλώρη της έμβολο κατασκευασμένο από ξύλο και επενδυμένο με ορείχαλκο, το οποίο χρησιμοποιούνταν για τον εμβολισμό εχθρικών πλοίων. (Η ναυπηγική στην αρχαία Ελλάδα και το Βυζάντιο, 2022)

Θραύσματα ανάγλυφων του 8^{ου} αιώνα π.Χ. που βρέθηκαν στη Νινευή, την πρωτεύουσα της Ασσυρίας, απεικονίζουν στόλους από την Τύρο και τη Σιδώνα, με

εμβολοφόρα πολεμικά πλοία που εμφανίζουν δυο σειρές κωπηλατών. Αντιπροσωπεύουν διήρεις, καθώς επίσης και δίκροτες τριήρεις. (Cartwright, World History Encyclopedia, 2016)

Κύριο μέσο πρόωσης ήταν τα κουπιά, ενώ τα ιστία που ήταν τετράγωνα ή τραπεζοειδή, παρείχαν βοηθητική δύναμη πρόωσης. Το κυριότερο ιστίο φερόταν στον μεγάλο ιστό που ήταν στο μέσον του σκάφους, ενώ το μικρότερο φερόταν σε κεκλιμένο ιστό που ονομαζόταν ακάτιος. Τα πανιά αυτά χρησιμοποιούνταν αποκλειστικά με ούριο άνεμο, δηλαδή με κατεύθυνση από την πρύμνη προς την πλώρη. Η τριήρης ήταν τελείως ακατάλληλη για πλεύση με τη βοήθεια των πανιών με αντίθετο άνεμο, κοινώς όρτσα ή σε πλαγιοδρομία. Επιπλέον είχε δύο είδη ιστίων, ανάλογα με το μέγεθός τους. Τα μεγάλα χρησιμοποιούνταν για μακρινές πλεύσεις ενώ τα μικρά ήταν για ισχυρούς ανέμους. Τα τελευταία, εξοπλίζονταν και στις ναυμαχίες ως βοηθητικό μέσο πρόωσης.

Ο Αριστοτέλης, τη χαρακτήρισε «κωπηλατική μηχανή». Είχε 170 κουπιά, ενώ αν ήταν μονόκροτη, θα είχε μόνο 54. Όλα τα κουπιά είχαν το ίδιο μήκος, περίπου 4 μέτρα. Η διάταξη των κουπιών γίνονταν σε τρία επίπεδα-σειρές, ως εξής:

1. Η πιο κάτω σειρά, με 54 θαλαμίτες, βρίσκονταν λίγο πάνω από την ίσαλο γραμμή.
2. Η δεύτερη σειρά, με 54 ζυγίτες.
3. Η πρώτη σειρά με 62 θρανίτες.

Η τριήρης ελλιμενίζονταν λίγες ώρες πριν την πλεύση της ούτως ώστε να βραχούν τα ξύλα της και να σφραγιστούν οι αρμοί μέσω της σύσφιξής τους. Όταν έπρεπε να αποβιβαστούν οπλίτες, το σκάφος προσάραζε σε κάποια αμμώδη ακτή.

Το ξύλο για τη κατασκευή της προέρχονταν από έλατο, πεύκο ή μίξη και των δύο. Από τη μία, το έλατο παρέχει ελαφρύ ξύλο ενώ το ξύλο πεύκου είναι ανθεκτικό και δε σαπίζει. Σε μέρη όπως τη Συρία και τη Φοινίκη, χρησιμοποιούσαν ξύλο κέδρου. Η καρίνα όμως των τριήρεων, κατασκευάζονταν από ξύλο βελανιδιάς για να αντέχει στη νεώλκηση.

Οι τριήρεις ήταν αναμφίβολα ένα πρωτοποριακό πλοίο για την εποχή του. Δίκαια θεωρείται το περιφημότερο πλοίο της αρχαιότητας. Η κατασκευή της όχι μόνο συνέβαλε στην εδραίωση της αθηναϊκής θαλασσοκρατίας αλλά τα μελλοντικά σχέδια γαλερών βασίστηκαν πάνω στη τριήρη. (Βικιπαίδεια Τριήρης)



Εικόνα 10. Τρισδιάστατη αναπαράσταση τριήρης (Sénère)

ΝΑΥΠΗΓΗΣΗ ΚΩΠΗΛΑΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Η ναυπήγηση ενός αρχαίου πλοίου, όπως η τριήρη, ξεκινούσε με το κτίσιμο των πλαϊνών σανίδων του πετωμάτος. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται «πρώτα το κέλυφος» (shell-first) και είναι αντίθετη της σύγχρονης μεθόδου ναυπήγησης «πρώτα ο σκελετός» (frame-first) που εφαρμόζεται από τον 7ο αιώνα μ.Χ. Αρχικά, τοποθετούνταν μια καρίνα που συνέδεε τα δύο ποδοστήματα. Στη συνέχεια, μαδέρια λαξευμένα με σκεπάρνι έμπαιναν διαδοχικά, το ένα πάνω στο άλλο, δεξιά και αριστερά. Ασφαλιζόντουσαν με τη μέθοδο μόρσου-εγκοπής. Αφού το πέτσωμα ήταν έτοιμο, τότε ενισχύονταν το εσωτερικό του πλοίου με τους νομείς. Οι νομείς δεν στηρίζονταν στη καρίνα αλλά καρφωνόντουσαν με σιδερένια καρφιά από έξω προς τα μέσα, δημιουργώντας έτσι αντίσταση στη πίεση που θα αντιμετώπιζε το πλοίο στη θάλασσα. (Τζάλας, 1997)

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η σύνδεση των μαδεριών γίνονταν και με τη μέθοδο των ραμμένων πλοίων, όπως μαρτυρούν ανακαλύψεις σε ανασκαφή στο αρχαίο λιμάνι της Μασσαλίας. Ελληνικά πλοία που βρέθηκαν εκεί, είχαν τα μαδέρια τους συραμμένα μεταξύ τους με λεπτές φυτικές ίνες περασμένες από οπές στο κάθε μαδέρι. Τέλος, η στεγανοποίηση των αρχαίων πλοίων ήταν ιδιαίτερα σημαντική υπόθεση και διαμορφώνονταν ανάλογα με τη σύνδεση του πλοίου. Από τη μια, στα ραμμένα πλοία τοποθετούνταν μέσα στους αρμούς που σχηματίζονταν μεταξύ των μαδεριών του πετωμάτος υφάσματα με ξύλινους πύρους. Στη περίπτωση πλοίων μόρσου-εγκοπής, η εφαρμογή των μαδεριών ήταν αποτελεσματική και συνήθως δεν απαιτούσε περαιτέρω εργασία για

στεγανοποίηση. Μια τριήρης απαιτούσε 6.000 εργατοημέρες. (Μουσείο Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας Κώστας Κοντσανάς)

ΔΡΟΜΩΝ

Δρόμων ή δρόμωνα ήταν ένα νέο και εξελιγμένο είδος πολεμικής γαλέρας που χρησιμοποιήθηκε από τη Βυζαντινή Αυτοκρατορία από τον 6^ο αιώνα μ.Χ. Πρόκειται για ένα μακρύ πλοίο με ιστία, αλλά η κύρια δύναμη πρόωσης προέρχονταν από τους κωπηλάτες. Ο δρόμων ήταν ικανός να πλεύσει με μεγάλη ταχύτητα, εξού και το όνομά του, που σημαίνει αυτός που τρέχει στα αρχαία ελληνικά.

Η πρώτη πρωτοπορία του δρόμωνα ήταν η αντικατάσταση των παλιών τετράγωνων πανιών με πρώιμα τριγωνικά ιστία. Το λατίνι, όπως ονομάζεται το τριγωνικό πανί, παρέχει μεγαλύτερη ταχύτητα και ευκινησία. Παρ' όλα αυτά, τα αποτελέσματα μιας έρευνας που μελετούσε την αποτελεσματικότητα των δύο ειδών πανιών σε πλοία του μεσαίωνα, δείχνουν πως στη πραγματικότητα δεν υπάρχει άμεση διαφορά στην απόδοση. Η εισαγωγή τριγωνικών πανιών, έγινε λόγω του μικρότερου κόστους παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα, τα σκάφη με λατίνι δε χρειάζονταν μεταλλικούς δακτυλίους από τους οποίους περνούσε το σκοινί που έλεγχε τα πανιά. Έτσι, το λατίνι προσφέρει φτηνή συντήρηση ενώ τα τετράγωνα πανιά χάνουν απόδοση με τον καιρό διότι οι μεταλλικοί δακτύλιοι χρειάζονται συντήρηση και αλλαγή. Η δεύτερη πρωτοπορία του δρόμωνα ήταν η αντικατάσταση του έμβολου με περόνια, ένα είδος καρφιών που δεν χρησιμοποιείται για να διεισδύσει στο αντίπαλο πλοίο αλλά για να καταστρέψει τα κουπιά του, καθιστώντας το ανίκανο. Αυτή η πρωτοπορία, έκανε την εμφάνισή της την εποχή που η μέθοδος ναυπήγησης «πρώτα το κέλυφος» (shell-first) έδινε σιγά σιγά τη θέση της στη πιο σύγχρονη μέθοδο «πρώτα ο σκελετός» (frame-first). Αυτό σήμαινε πως τα έμβολα δεν θα ήταν τόσο αποτελεσματικά όπλα αντιμετώπισης караβιών με δυνατό σκελετό. Τέλος, έγινε η εισαγωγή υπερυψωμένων καταστρωμάτων, στη πλώρη και στη πρύμνη. Εκεί, τοποθετούνταν καταπέλτες ή ειδικοί σωλήνες που εκτόξευαν υγρό πυρ. (Whitewright, 2011)

Ο Δρόμων συνήθως είχε δύο σειρές 50 κουπιών σε κάθε πλευρά του και σε κάθε κουπί υπήρχαν δύο κωπηλάτες. Το πλήρωμά του αποτελούταν συνήθως από 200 με 300 άντρες. Σε περίπτωση μάχης σώμα με σώμα, οι κωπηλάτες βοηθούσαν τους πολεμιστές. Μπορούσε να φτάσει τα 55 μέτρα σε μήκος και τα 6 μέτρα πλάτος. Το πλοίο μπορούσε να ξεπεράσει τη ταχύτητα των 7 κόμβων ή 13 χλμ./ώρα, ωστόσο απαιτούνταν οι απαραίτητες ευνοϊκές συνθήκες. Η πλώρη που συνήθως στέγαζε το όπλο του δρόμωνα, τον σωλήνα, τη βαλλίστρα ή τον καταπέλτη, ήταν οχυρωμένη με ένα μικρό ξυλόκαστρο, το ψευδοπάτιον. Στη πρύμνη υπήρχε μια σκηνή με ξύλινο πλαίσιο που στέγαζε το κρεβάτι του καπετάνιου ή του ναυάρχου. Εκεί υπήρχε επίσης το πηδάλιο. (Η ναυπηγική στην αρχαία Ελλάδα και το Βυζάντιο, 2022)



Εικόνα 11. Βυζαντινός Δρόμοντας,
Πολεμικό Μουσείο, Αθήνα

ΕΠΙΡΡΟΗ ΚΩΠΗΛΑΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΗ ΚΟΙΝΩΝΙΑ

Τα κωπήλατα πλοία, ειδικά τα διάφορα είδη γαλέρας, έπαιξαν πρωταγωνιστικό ρόλο στην δόμηση της κοινωνίας. Από τα προαναφερόμενα πλοία, τις χρήσεις και ιδιότητές τους, μπορεί κανείς να διαχωρίσει τους τομείς που επηρέασαν τη κοινωνία.

Αρχικά, η σημαντικότερη επιρροή ήταν αναμφίβολα στον τομέα του πολέμου. Οι γαλέρες ήταν τα πλοία που χρησιμοποιήθηκαν από την αρχαιότητα μέχρι τον μεσαίωνα στις ναυμαχίες αλλά και για μεταφορά στρατιωτών και πολεμικών εφοδίων. Οι συνεχείς εξελίξεις και βελτιώσεις στα σχέδια τους αύξησαν τη ταχύτητα, την ευκινησία και τον οπλισμό των πλοίων. Οι γαλέρες διέκριναν τον νικητή σε σημαντικούς πολέμους της αρχαιότητας, όπως στους Περσικούς Πολέμους, με τη ναυμαχία της Σαλαμίνας και τον Καρχηδονιακό Πόλεμο, που επέτρεψε στη Ρώμη να γίνει μια υπερδύναμη στη Μεσόγειο.

Επιπλέον, η άνθηση του εμπορίου, των επιστημών και των εξερευνήσεων έγινε χάρη στα κωπήλατα πλοία. Δημιουργήθηκαν οι πρώτες εμπορικές οδοί ενώνοντας μεγάλες αποστάσεις για την εποχή. Η ανταλλαγή αγαθών έφερε τους ανθρώπους πιο κοντά, επικοινωνώντας και συνάπτοντας εμπορικές σχέσεις. Όπως αναγράφει ο κύριος Πατέλης: «Η τέχνη του λόγου ευνοεί την ανάπτυξη της ρητορικής και της γραμματικής. Οι πρακτικές κατασκευαστικές ανάγκες, το εμπόριο και η ναυσιπλοΐα, τροφοδοτούν την αριθμητική, τη γεωμετρία ... και την αστρονομία.» (Πατέλης, 2019, σ. 314). Έπειτα, οι γαλέρες βοήθησαν στην εξερεύνηση και χαρτογράφηση, με τους Φοίνικες να είναι ο πρώτος Μεσογειακός λαός που πέρασε το Στενό του Γιβραλτάρ. Επιπλέον, οι γαλέρες βοήθησαν λαούς, όπως τους Φοινικές και τους αρχαίους Έλληνες να ιδρύσουν αποικίες αλλά και να τις συντηρήσουν, μεταφέροντάς τους εφόδια, αγαθά και πρώτες ύλες. Πολλές από αυτές τις αποικίες, αναπτύχθηκαν σε μεγάλες πόλεις με πολυάσχολα λιμάνια και

κέντρα πολιτισμού με βιβλιοθήκες. Τέτοιες αποικίες ήταν η Καρχηδόνα και οι Συρακούσες.

Συνεπώς, οι γαλέρες είχαν αντίκτυπο στην οικονομία των λαών. Το ασφαλές εμπόριο και η μεταφορά αγαθών είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία δυνατών οικονομιών και τη διαθεσιμότητα αγαθών στον κόσμο. Άλλοι λαοί, όπως οι Ιλλυριοί, εκμεταλλεύτηκαν την αύξηση του εμπορίου των γειτόνων τους προς δικό τους όφελος, χρησιμοποιώντας τις ναυτικές τους γνώσεις για τη διεξαγωγή πειρατείας. Παρ' όλα αυτά, οι γαλέρες χρειάζονταν πλήρωμα και πιο συγκεκριμένα κωπηλάτες. Πολλές φορές, οι κωπηλάτες αυτοί ήταν σκλάβοι και αιχμάλωτοι πολέμου. Οι σκλάβοι είχαν τεράστια επιρροή στη δόμηση της κοινωνικής ιεραρχίας και θα έπρεπε να περάσουν πολλά χρόνια για την εξάλειψη της σκλαβιάς.

Τέλος, όλη αυτή η εξέλιξη θα ήταν αδύνατον να συμβεί, αν παράλληλα δεν αναπτύσσονταν και η τεχνολογία ναυπήγησης. Γρηγορότερα πλοία, δυνατότερα έμβολα και ασφαλέστερα ταξίδια, με ενισχυμένες κατασκευές και νέες μεθόδους ναυπήγησης για στιβαρότερο πλοίο. Η εξέλιξη της ναυπήγησης οδήγησε στη σταδιακή είσοδο του ιστίου στα πλοία ως κύριο μέσο πρόωσης.

Μέγα το της θαλάσσης κράτος.

-Περικλής, αρχαίος Αθηναίος ηγέτης, 495-429 π.Χ.

Ένθα ούτε μίμνειν άνεμος ούτ' εκπλείν εά.

(Όπου δε φυσάει άνεμος, δεν επιτρέπει την απόπλου.)

-Αιοχύλος, τραγικός ποιητής, 525-456 π.Χ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΙΣΤΙΟΦΟΡΑ

Ως ιστιοφόρο χαρακτηρίζεται οποιοδήποτε σκάφος που χρησιμοποιεί ως αποκλειστικό μέσο πρόωσής του την αιολική ενέργεια επί των ιστίων του. Από την αρχαιότητα μέχρι το μεσαίωνα, η εξέλιξη των ιστιοφόρων ήταν βραδύτατη, καθώς το κουπί παρέμεινε ισχυρό μέσο πρόωσης. Τα πανιά, αποτελούσαν βοηθητικό μέσο πρόωσης, αφενός για τη μερική ανάπαυση των πληρωμάτων, αλλά ειδικότερα για την ουριοδρομία, δηλαδή όταν ο άνεμος φυσάει από τη πρύμνη προς τη πλώρη. Ο ιστός επίσης, βαραίνει το πλοίο ενώ η πλήρης εξάρτιση από πανιά καθιστά το σκάφος ανήμπορο να ταξιδέψει με αντίθετο άνεμο ή με άπνοια.

Από τα αρχαία χρόνια όμως, η τεχνική εκμετάλλευσης του ανέμου δεν ήταν άγνωστη. Σύμφωνα με τον Όμηρο, η ώρα απόπλου, δηλαδή η αναχώρηση του πλοίου, γίνονταν αμέσως μετά τη θερινή δύση του ήλιου, όπου αφού κόπαζε η θαλάσσια αύρα άρχιζε να πνέει η απόγεια αύρα. Αύρες είναι οι άνεμοι που δημιουργούνται στη διάρκεια του 24ώρου, εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας που παρατηρείται, τόσο κατά την ημέρα, όσο και κατά τη νύχτα, ανάμεσα στην ξηρά και στη θάλασσα. Ο καθηγητής Πέννας Πέτρος του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου εξηγεί πως η θαλάσσια αύρα δημιουργείται κατά τη διάρκεια της ημέρας, όταν ο ουρανός είναι συνήθως αίθριος και ο καιρός χωρίς ανέμους, οπότε η ξηρά θερμαίνεται γρηγορότερα και ισχυρότερα από τη θάλασσα, γιατί η θάλασσα έχει μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Γι' αυτό, πάνω από την ξηρά, 2-3 ώρες μετά από την ανατολή του ήλιου, η ατμοσφαιρική πίεση γίνεται μικρότερη απ' ό,τι πάνω από τη θάλασσα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ανέμου που πνέει από τη θάλασσα προς την ξηρά. Ο άνεμος αυτός λέγεται θαλάσσια αύρα ή μπάτης ή μπουκαδούρα.

Ο καθηγητής Πέννας Πέτρος συνεχίζει, εξηγώντας πως η ένταση της θαλάσσιας αύρας αυξάνεται μέχρι τις πρώτες απογευματινές ώρες και στη συνέχεια ελαττώνεται. Στις πρώτες νυκτερινές ώρες η θαλάσσια αύρα παύει να πνέει. «Στη διάρκεια της νύκτας ψύχεται τόσο η ξηρά όσο και η θάλασσα. Όμως, η ξηρά ψύχεται γρηγορότερα απ' ό,τι η θάλασσα, με αποτέλεσμα η πίεση πάνω από την ξηρά να γίνεται μεγαλύτερη απ' ό,τι πάνω από τη θάλασσα. Έτσι, δημιουργείται άνεμος με διεύθυνση από την ξηρά προς τη θάλασσα. Ο άνεμος αυτός λέγεται απόγειος αύρα και πνέει μέχρι περίπου την ανατολή του ήλιου». (Πέννας, 2005)

Αυτό τον άνεμο αξιοποιούσαν οι τριήρεις, για να σαλπάρουν. Από τον 15^ο αιώνα, τα ιστιοφόρα μπορούσαν να πλεύσουν και με αντίθετο άνεμο. Παράλληλα, νέες εφευρέσεις όπως το πηδάλιο, η άγκυρα και η πυξίδα έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην περαιτέρω εξέλιξη των ιστιοφόρων. Έτσι, τα πρώτα ιστιοφόρα έκαναν την εμφάνισή τους, όπως οι караβέλες. Περίπου τον 18^ο με 19^ο αιώνα, η «εποχή του ιστίου» (Age of Sail) έφτασε στο αποκορύφωμά της, με μεγάλα και βαριά οπλισμένα ιστιοφόρα πλοία.

Τα ιστιοφόρα πλοία μπορούν να διακριθούν σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με το μέγεθος, τον οπλισμό, το ρόλο του σκάφους κτλ. Η σπουδαιότερη

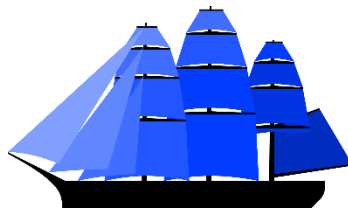
όμως διάκριση των ιστιοφόρων είναι ανάλογα με τον αριθμό των όρθιων ιστών που έφεραν. Έτσι αυτά διακρίνονταν σε:

1. Μονόστηλα: όσα έφεραν ένα κατάρτι
2. Δίοστηλα ή δικάταρτα: όσα έφεραν δύο κατάρτια
3. Τρίοστηλα ή τρικάταρτα: όσα έφεραν τρία κατάρτια και
4. Πολυίστια ή πολυκάταρτα: όσα έφεραν τέσσερεις και παραπάνω ιστούς, τα οποία συνήθως εκτελούσαν υπερπόντια ναυσιπλοΐα.

ΕΙΔΗ ΙΣΤΙΩΝ

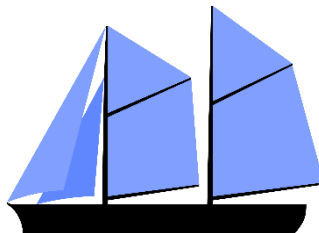
Τα ιστιοφόρα χρησιμοποιούν δύο χαρακτηριστικούς τύπους ιστίων:

Τετράγωνα Ιστία



Η κινητήριος δύναμη του πλοίου προέρχεται από τετράπλευρα πανιά που στερεώνονται κατά πλάτος του σκάφους, πάνω σε δοκούς στα κατάρτια. Οι δοκοί μπορούν να στρίψουν σε μια γωνία γύρω από το κατάρτι για την εκμετάλλευση του αέρα. Όταν η ροή του αέρα συναντήσει ένα τετράγωνο ιστίο, προκαλεί πίεση και η συνολική πίεση δημιουργεί τη δύναμη πρόωσης του πλοίου. Η πίεση είναι το μέτρο δύναμης σε μια επιφάνεια, ανά μονάδα εμβαδού της επιφάνειας αυτής. Για αυτό τα τετράγωνα ιστία έχουν μεγάλη επιφάνεια για μεγάλη δύναμη πρόωσης. Συνεπώς, ένα πλοίο με τετράγωνα ιστία είναι κατάλληλο για πλεύση με ούριο άνεμο.

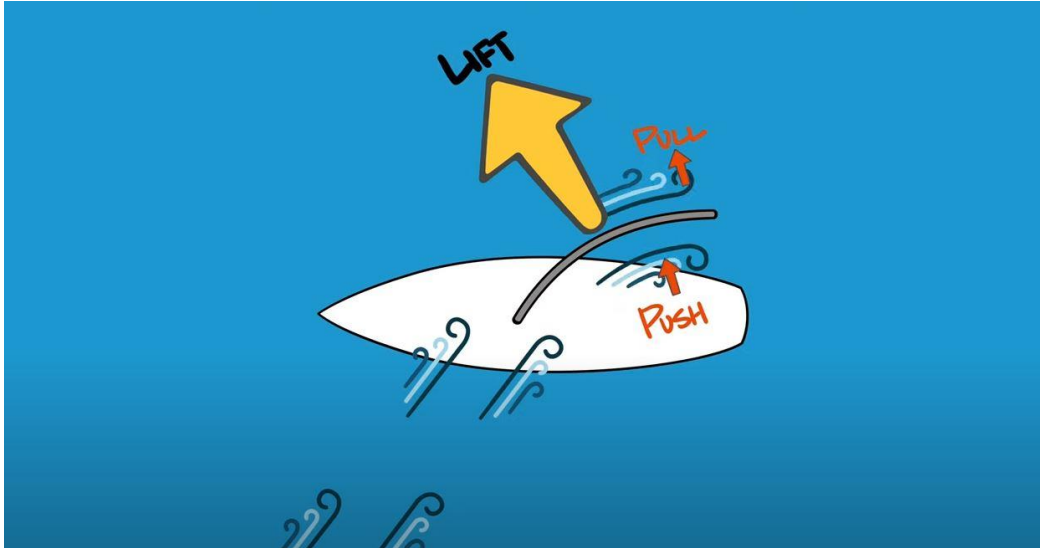
Λατίνια



Τα τριγωνικά πανιά είναι τοποθετημένα κατά μήκος του ιστιοφόρου πλοίου. Αυτή η διάταξη επιτρέπει στη μια άκρη του πανιού να είναι κεντραρισμένη στο πλοίο, ενώ η άλλη άκρη μπορεί να στρίψει όταν χρειαστεί. Τα τριγωνικά πανιά λειτουργούν σύμφωνα με τα θεώρημα του Bernoulli.

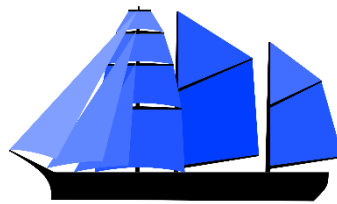
Όταν η ροή του ανέμου συναντήσει το πανί, θα αναπτυχθεί στη κυρτή του επιφάνεια υποπίεση ενώ στη κοίλη επιφάνεια πίεση. Οι δυνάμεις αυτές είναι ομόρροπες και η συνισταμένη τους δεν θα είναι ακριβώς κάθετη προς την επιφάνεια του πανιού στο σημείο που επενεργεί αλλά θα έχει κάποια μικρή κλίση ανάλογα με τη καμπυλότητα του πανιού. Τη στιγμή που το πανί δέχεται τη συνισταμένη δύναμη, η ειδικά σχεδιασμένη καρίνα του ιστιοφόρου, δέχεται

δύναμη από το νερό αντίθετη της φοράς της συνισταμένης του πανιού. Έτσι, το ιστιοφόρο μπορεί να ταξιδεύει κόντρα ή πλάγια στον άνεμο ρυθμίζοντας την ακριβή του πορεία με τη βοήθεια του πηδαλίου. (Βιντζηλαίος, 2020)



Εικόνα 12. Αναπαράσταση δυνάμεων σε τριγωνικά πανιά (Stick Science, 2021)

Μίξη των δύο παραπάνω



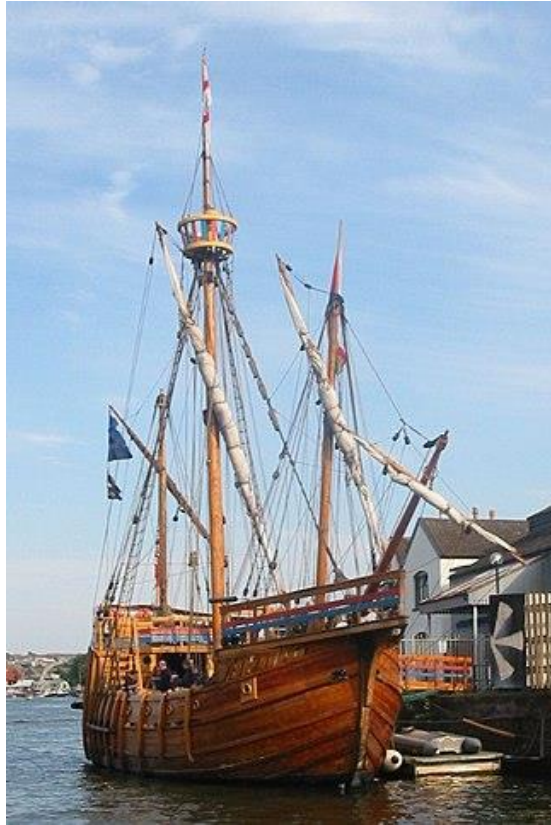
Πολλά ιστιοφόρα αξιοποιούσαν και τους δύο τύπους ιστίων, ενώ τα σύγχρονα ιστιοφόρα έχουν αποκλειστική τριγωνική ιστιοφορία.

ΚΑΡΑΒΕΛΑ

Η Καραβέλα ήταν πορτογαλικό ιστιοφόρο πλοίο, περισσότερο ακτοπλοϊκό και στη συνέχεια εξερευνητικό, του 14ου αιώνα. Τα τριγωνικά πανιά της, της επέτρεπαν να πλέει αντίθετα ή πλάγια του ανέμου, ενώ παράλληλα της χάριζαν ευκινησία. Είχε άπλετο αποθηκευτικό χώρο και δεν απαιτούσε μεγάλο πλήρωμα. Με τη μικρή καρίνα της μπορούσε να πλεύσει σε ποταμούς και κοντά στις ακτές. Για αυτό και η καραβέλα αξιοποιήθηκε πλήρως κατά την Εποχή των Ανακαλύψεων από εξερευνητές όπως τον Βάσκο ντα Γκάμα, τον Τζιοβάνι Καμπότο και τον Χριστόφορο Κολόμβο, που πραγματοποίησαν μακρινά ταξίδια από την Ευρώπη στην Ασία και στην Αμερική.

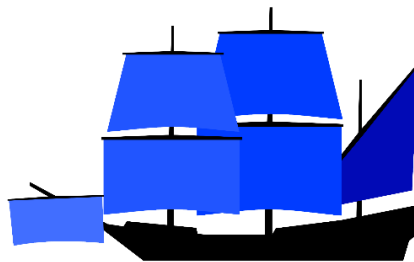
Η Καραβέλα έφερε συνήθως τρεις ιστούς, εκ των οποίων ο μεσαίος ήταν ψηλότερος. Είχε μήκος 12 με 18 μέτρα και εκτόπισμα 70 τόνων. Κατά τους

επόμενους δύο αιώνες, η караβέλα μεγάλωσε σε μήκος. Απέκτησε υπερυψωμένα καταστρώματα, ένα ακόμα ιστό και άρχισε να κάνει χρήση τριγωνικών και τετράγωνων πανιών. Με εκτόπισμα 200 τόνων και οπλισμένη με κανόνια, χρησιμοποιήθηκε για συνοδεία εμπορικών σκαφών και άμυνα των ακτών. Η караβέλα έδωσε τη θέση της στο ισπανικό γαλιόνι. (Τα πλοία των Ανακαλύψεων, 2021), (Wikipedia Caravel)



Εικόνα 13. Σύγχρονο αντίγραφο του "Ματθαίου", της караβέλας με την οποία ο Τζιοβάνι Καμπότο έφτασε στη Νέα Γη. Βρίσκεται στο λιμάνι του Μπρίστολ.

ΓΑΛΙΟΝΙ



Το γαλιόνι ήταν ένα μεγάλο ιστιοφόρο πλοίο με τρία καταστρώματα, που ναυπηγήθηκε και χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τους Ισπανούς και τους Πορτογάλους και τελευταία από τους Άγγλους, οι οποίοι και το τελειοποίησαν. Ο τύπος αυτός έδρασε από τα τέλη του 16ου μέχρι και όλο τον 17ο αιώνα. Ο ρόλος του ήταν κυρίως εμπορικός αλλά χρησιμοποιούνταν και ως πολεμικό πλοίο.

Τα γαλιόνια έφεραν 3-5 κατάρτια. Το πρυμναίο κατάρτι έφερε τριγωνικό πανί ενώ στη πλώρη του είχε ένα μακρύ δοκάρι, τον πρόβολο, με τραπέζιο πανί. Οι

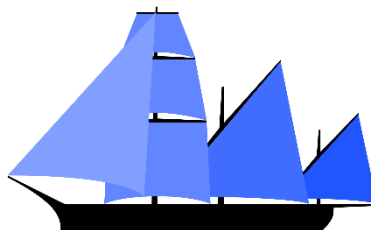
υπόλοιποι ιστοί του είχαν τετράγωνα πανιά. Η μίξη των δύο ειδών πανιών το έκανε κατάλληλο πλοίο για μακρινά ταξίδια, διασχίζοντας ωκεανούς. Είχε χαμηλότερη πλώρη από την πρύμνη, κατασκευή που επέτρεπε μεγαλύτερη ευστάθεια, ταχύτητα και ευελιξία. Παρ' όλα αυτά, τα γαλιόνια εξακολουθούσαν να είναι βραδυκίνητα και δύσχρηστα πλοία αλλά η ογκώδης εμφάνισή τους τα καθιστούσε επίφοβα.

Τα γαλιόνια χρησιμοποιήθηκαν από τους Ισπανούς κυρίως για να μεταφέρουν πολύτιμα εμπορεύματα από τις κτήσεις τους στην Αμερική πίσω στην Ευρώπη και για τη μεταφορά όπλων, στρατευμάτων και προμηθειών στις αποικίες τους. Για αυτό το λόγο, τα σκάφη αυτά ήταν κυρίαρχοι στόχοι πειρατών και κουρσάρων. (Δρανδάκης), (Academic Dictionary, 2013)



Εικόνα 14. Ισπανικό γαλιόνι (Spanish Galleon Wikipedia)

ΣΕΜΠΕΚΟ



Το σεμπέκο ή σιαμπέκο είναι πλοίο με τριγωνικά πανιά που χρησιμοποιήθηκε αρχικά ως εμπορικό πλοίο στις ακτές της Αραβίας, της Αφρικής και της νότιας Ασίας. Στη συνέχεια διαδόθηκε στη Μεσόγειο. Η ταχύτητά του, η αντοχή του και η ευελιξία του, το έκαναν αγαπημένο πλοίο πειρατών σε όλο τον

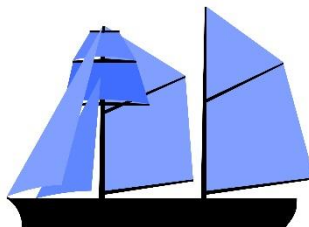
κόσμο. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία από τους Ψαριανούς στην ελληνική επανάσταση. (Βερν, 1884)

Το σιαμπέκο ήταν πλοίο μήκους περίπου 25 μέτρων με στενό σκαρί. Είχε ένα ως και τρία κατάρτια. Κατά κύριο λόγο, χρησιμοποιούσε λατίνια ή μίξη τετράγωνων και τριγωνικών ιστίων. Τα ιστία του ήταν έτσι κατανεμημένα, ώστε να μπορούν με ευκολία να στρίβουν όλα μαζί και εκεί οφείλεται η ταχύτητά του. (Wikipedia Dhow)



Εικόνα 15. Σιαμπέκο

ΗΜΙΟΛΙΑ



Η ημιολία ήταν εμπορικό και πολεμικό πλοίο του 17^{ου} αιώνα. Χρησιμοποιήθηκε από τις ναυτικές δυνάμεις της Ευρώπης, κυρίως από Ολλανδούς και Άγγλους. Ενώ οι Άγγλοι ονομάζουν αυτό τον τύπο ιστιοφόρου «σκούνερ» (schooner) εμείς το λέμε ημιολία, γολέτα ή σκούνα. (Wikipedia Schooner)

Ήταν δικάταρτο με τετράγωνα ιστία στο πρωραίο ιστό και τριγωνικά στο πρυμναίο. Άλλες φορές, είχε αποκλειστικά τετραγωνική ιστιοφορία και έφερε στη πρύμνη του έναν ακόμη μικρό ιστό, για να αναπτύσσει μεγαλύτερες ταχύτητες στην ουριοδρομία. Με μήκος περίπου στα 25 με 30 μέτρα, η ημιολία ήταν ένα καλλίγραμμο καράβι με στρογγυλή πρύμνη.

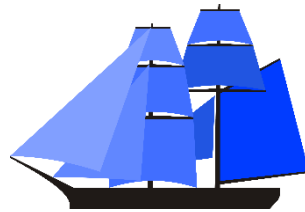
Γρήγορη και ευέλικτη, η ημιολία έλαβε μέρος σε πολλούς πολέμους και έδρασε στη Μεσόγειο κατά τη διάρκεια της ελληνικής επανάστασης. Πιο συγκεκριμένα, η γολέτα με το όνομα «Τερψιχόρη» μπορούσε να αναπτύξει τέτοια ταχύτητα που της έδινε το πλεονέκτημα σε κάθε εμπλοκή με τον αντίπαλο,

παίρνοντας έτσι το όνομα «Διαβολοκάραβο» από τους Τούρκους. (Μάρας, Γολέτα ή Ημιολία)



Εικόνα 16. Γολέτα "Τερψιχόρη" των αδερφών Τομπάζη (Γολέτα Τερψιχόρη, 2021)

ΒΡΙΓΑΝΤΙΝΟ-ΒΡΙΚΙΟΝ



Το βριγαντίνο ήταν δικάταρτο ιστιοφόρο πλοίο με τραπεζοειδή ιστία. Έφερε πρόβολο, με κλίση προς τα πάνω. Ο πρυμναίος ιστός, που ήταν ο μικρότερος, είχε συνήθως στο πίσω μέρος του ένα μεγάλο τριγωνικό πανί σε σχήμα λατινιού, για πλεύση με αντίθετο άνεμο. Το μήκος του κυμαίνονταν από 23 ως και 50 μέτρα. Αποτελούσε δημοφιλέστερο πλοίο από τη σκούνα στην Αγγλία και τις Αμερικάνικες αποικίες της, λόγω της ταχύτητάς του και της ευκινησίας του. Έλαβε μέρος σε πολυάριθμες αποστολές ανίχνευσης, συνοδείας και εφοδιασμού. Επίσης, ήταν ένα πλοίο που χρησιμοποιήθηκε από πολλούς πειρατές, λόγω του χώρου που παρείχε το αμπάρι του. Το βριγαντίνο αποτελούσε πρόδρομο του βρικίου. (Brigantine, Wikipedia)

Το μπρίκι ή βρίκιον έμοιαζε με τον πρόδρομό του. Ήταν δικάταρτο πλοίο με μίξη τετραγωνικής και τριγωνικής ιστιοφορίας. Ο πάρων, που ήταν μπρίκι πολεμικού τύπου, ήταν πιο δημοφιλές από άλλα τρικάταρτα πολεμικά πλοία καθώς απαλλάσσονταν από το βάρος του τρίτου ιστίου. Οι δύο ιστοί ήταν πολύ ψηλοί, σε σύγκριση με άλλα πλοία της εποχής. Αυτά τα χαρακτηριστικά έκαναν το μπρίκι ταχύτατο, ακόμα και με ελαφρύ άνεμο και ευέλικτο αλλά η πλεύση του απαιτούσε έμπειρο προσωπικό, καθώς σε δυνατούς ανέμους υπήρχε αυξημένος κίνδυνος να ανατραπεί το σκάφος. Με τον καιρό, το κέλυφός τους

κατασκευάζονταν από μέταλλα όπως χαλκό, για περεταίρω θωράκιση και φθηνότερη συντήρηση. (Μάρας, ΜΠΡΙΚΙ ή ΒΡΙΚΙ ή ΠΑΡΩΝ)



Εικόνα 17. Το βρίκιον «Άρης», 1881 (Τύπο Καραβιών από τον 14ο μέχρι και τον 19ο αιώνα, 2021)



Εικόνα 18. Η «Αελλώ», η σκούνα του Αντώνη Μπενάκη (Τσακίρη, 2008)

ΤΖΟΓΚΑ

Η τζόγκα, στα αγγλικά «junk», ήταν τύπος κινέζικου πλοίου. Υιοθέτησαν αυτό το είδος πλοίου από κουλτούρες της Ωκεανίας και με τον καιρό τον εξέλιξαν. Η τζόγκα πολεμικού τύπου, ήταν τρικάταρτο πλοίο με υπερυψωμένη πρύμνη. Η τζόγκα κατέχει μια ξεχωριστή ιστοριορία, σε σύγκριση με τα ευρωπαϊκά πλοία. Οι ιστοί της έφεραν ραβδώσεις, όπου και στερεώνονταν τα πανιά της, που ήταν συνήθως ψάθινα. Αναδιπλώνονταν σταδιακά, αυξομειώνοντας έτσι την επιφάνεια των πανιών σε οπουδήποτε σημείο, στο ύψος του ιστού. Η μεγαλύτερη τζόγκα κατασκευάστηκε τον 15^ο αιώνα. Με μήκος 70 μέτρων και πλάτος 8 μέτρων, είχε πάνω από πέντε ιστία και μετέφερε θησαυρούς και στρατιώτες. (Wikipedia Junk ship)

Οι τζόγκες έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην ιστορία της Ανατολής. Οι Μογγόλοι επιχείρησαν να εισβάλουν στην Ιαπωνία με τζόγκες ενώ ο στόλος της Κινέζας πειρατίνας Τσινγκ Σι αποτελούνταν από 400 τζόγκες. (Cartwright, Zheng Yi Sao, 2021)



Εικόνα 19. Τζόγκα (National Maritime Museum)

ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΤΗΝ ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΙΣΤΙΟΥ

Μέχρι τη λήξη της Εποχής του Ιστιού, η κοινωνία κυριολεκτικά μεταμορφώθηκε λόγω της επιρροής των ιστιοφόρων πλοίων. Από τον 15^ο αιώνα, ξεκίνησε ένα τεράστιο κύμα εξερεύνησης για την ανακάλυψη νέας γης, νέων θαλάσσιων οδών, την ίδρυση μακρινών αποικιών και την δημιουργία μεγάλων Αυτοκρατοριών.

Για πρώτη φορά, το θαλάσσιο εμπόριο διέσχιζε ωκεανούς και ξεκίνησε μια πρωτοφανής συσσώρευση κέρδους από χώρες όπως την Ισπανία, τη Πορτογαλία, τη Γαλλία, τη Βρετανία και την Ολλανδία. Εξωτικά αγαθά, όπως μπαχαρικά και κακάο έφτασαν στην Ευρώπη. Έτσι ξεκίνησε το μονοπώλιο στο εμπόριο, καθώς οργανισμοί και έμποροι, άρπαξαν την ευκαιρία να ιδρύσουν μεγάλες εμπορικές εταιρίες, όπως τη Βρετανική Εταιρία Ανατολικών Ινδιών, που αποτέλεσαν πρόδρομο των σύγχρονων πολυεθνικών εταιριών. Την εποχή αυτή, δημιουργήθηκε μια νέα οικονομική θεωρία, ο μερκαντισμός, όπου χώρες λάμβαναν πρώτες ύλες και άλλα αγαθά από τις αποικίες τους και προστάτευαν τα οικονομικά και εμπορικά τους συμφέροντα με πόλεμο, ο οποίος λάμβανε χώρα κυρίως στις θάλασσες. Επιπλέον, νέες θαλάσσιες διαδρομές ένωσαν την Ευρώπη με την Ασία ανταλλάσσοντας μετάξια και άλλα πολύτιμα αγαθά.

Οι νέες θαλάσσιες οδοί δεν μετέφεραν μόνο εμπορεύματα, αλλά και ιδέες και κουλτούρες. Η Εποχή του Ιστιού έφερε τους ανθρώπους πιο κοντά, ανακαλύπτοντας νέους λαούς, κουλτούρες και γλώσσες. Αυτή η συνύπαρξη, είχε τεράστια επιρροή στη κοινωνία, από τη μόδα και τη μουσική, μέχρι και τις διατροφικές συνήθειες. Πιο συγκεκριμένα, οι Ευρωπαίοι εξερευνητές ανακάλυψαν νέα τρόφιμα από την Αμερική, τα οποία πλέον αποτελούν κύριο μέρος της διαίτας πολλών σε όλο τον κόσμο, όπως η πατάτα, το καλαμπόκι και το τσίλι. Μουσικά όργανα ιθαγενών, όπως το ντιτζεριντού των Αβοριγίνων, τα τύμπανα των Αφρικανών και οι ψαλμοί των Ινδιάνων δίνουν επιρροή στη μουσική μέχρι και σήμερα. Παράλληλα, τα μετάξια της Ασίας και το βαμβάκι της Αμερικής έφερε την επανάσταση στη δημιουργία ρούχων και στην εξέλιξη της μόδας.

Τέλος, στην Εποχή του Ιστιού έλαβε χώρα μια ανταλλαγή γνώσεων και τεχνολογιών. Μεταδόθηκαν γνώσεις για τη γεωγραφία, τη χαρτογραφία, τη γεωπονία και την αστρονομία. Συγκεκριμένα στον τομέα της ναυπήγησης και της ναυσιπλοΐας, τα μεγάλα ιστιοφόρα έγιναν απαραίτητα, για τη μεταφορά εμπορευμάτων και στρατιωτών. Παράλληλα, μεγάλα πολεμικά πλοία που θύμιζαν πλεούμενα οχυρά έπρεπε να προστατεύουν τα εμπορικά πλοία από εχθρικά έθνη και πειρατές. Νέες πρώτες ύλες, όπως ένα είδος βελανιδιάς που βρίσκεται μόνο στις νοτιοανατολικές ακτές της Αμερικής, έκανε τα πλοία πιο γερά. Η μαγνητική πυξίδα έπαιξε καθοριστικό ρόλο στα μακρινά ταξίδια, ενώ νέα εργαλεία ναυσιπλοΐας έκαναν την εμφάνισή τους, όπως ο εξάντας. Ήταν ένα όργανο με το οποίο οι ναυτικοί μετρούσαν τις γωνίες που σχημάτιζαν ουράνια σώματα, όπως ο Ήλιος και προσδιόριζαν έτσι τη θέση του πλοίου.

Παρά την ανταλλαγή γνώσεων, εμπορευμάτων και ιδεών, λαοί της Αμερικής όπως οι Αζτέκοι αφανίστηκαν και οι φυλές των Ινδιάνων υπέφεραν λόγω της επεκτατικής πολιτικής των Ευρωπαϊκών χωρών. Η εισαγωγή σκλάβων από την Αφρική, για να δουλεύουν στις αχανείς φυτείες ταμπάκο, βαμβακιού και άλλων προϊόντων που έπρεπε να παράγονται συνεχώς, για τη μεγιστοποίηση του κέρδους των αποικιοκρατών, έχει αφήσει τεράστιο αντίκτυπο στη σημερινή κοινωνία.

*Δεν είναι τα μεγαλοπρεπή πανιά, αλλά ο αόρατος άνεμος που κινεί το πλοίο.
-Αγγλικό ρητό*

*Ένα μεγάλο πλοίο, προορίζεται για μεγάλο ταξίδι.
-Ρωσικό ρητό*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

4.1 ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΕΣ

Η ατμομηχανή χρησιμοποιεί την πίεση του ατμού για να παραγάγει έργο. Τα ατμοπλοία αντικατέστησαν τα ιστιοφόρα, με τη χρήση των ιστίων να ελαττώνεται σταδιακά. Τα πρώτα ατμόπλοια τροφοδοτούνταν με ξύλο, αργότερα με άνθρακα και έπειτα με βαρύ πετρέλαιο. Επιπλέον, τα πρώτα ατμόπλοια αξιοποιούσαν τον ατμό για τη κίνηση πρυμναίων ή πλευρικών τροχών, οι οποίοι έστρωσαν τον δρόμο για την πρόωση μέσω έλικα.

4.1.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗΣ

Ο άνθρωπος είχε γνώση της δύναμης του ατμού από την αρχαιότητα. Πρώτος ο Έλληνας μηχανικός Ήρωνας της Αλεξάνδρειας, ο οποίος έζησε στη ρωμαϊκή Αίγυπτο του 1^{ου} αιώνα, περιέγραψε την αρχή λειτουργίας μιας στοιχειώδους ατμομηχανής, που ονόμασε Αιολόσφαιρα. Είχε στη διάταξή της τον λέβητα όπου θερμαίνονταν το νερό και στη κορυφή είχε μια μεταλλική σφαίρα με δύο καμπυλωμένα άκρα, σε σχήμα L. Ο ατμός εισέρχονταν στη σφαίρα και στη συνέχεια εξέρχονταν με ταχύτητά από τα δύο ακροφύσια, αναγκάζοντας τη σφαίρα να περιστρέφεται. (Πατέλης, 2019, σ. 329), (Wikipedia Aeolipile)



Εικόνα 20. Αιολόσφαιρα

4.1.2 ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗ WATT

Το 1765 ένας Σκωτσέζος μηχανικός, ο James Watt, άρχισε να μελετά διάφορες εφευρέσεις της εποχής που προσπαθούσαν να χρησιμοποιήσουν τον ατμό σαν κινητήρια δύναμη και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι από την ενέργεια του ατμού χάνονταν το 80%. Ο Watt έκανε μια κρίσιμη βελτίωση, επαναχρησιμοποιώντας τον ατμό ο οποίος είχε ήδη χρησιμοποιηθεί για να αποδώσει έργο τοποθετώντας τον σε ένα δοχείο για συμπύκνωση, αυξάνοντας κατακόρυφα τον βαθμό απόδοσης της μηχανής, ενώ σε όλους τους προηγούμενους τύπους εφευρέσεων ο χρησιμοποιημένος ατμός απορρίπτονταν στο περιβάλλον.

Ο Watt εργάστηκε ακούραστα σε μια σειρά νέων βελτιώσεων στα σχέδιά του. Ο κινητήρας του Watt ήταν ο πρώτος που είχε περιστροφική κίνηση, ενώ στη συνέχεια ανέπτυξε έναν κινητήρα στον οποίο ο ατμός κινούσε το έμβολο και προς τις δύο κατευθύνσεις, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η απόδοση. Χάρη στα πετυχημένα σχέδια του James Watt, η ατμομηχανή κέρδισε έδαφος σε πολλούς τομείς.

Ένας από αυτούς ήταν ο τομέας των μεταφορών. Δίχως αμφιβολία, οι ατμομηχανές διαμόρφωσαν την ιστορία των μεταφορών ξηράς και θάλασσας. Στα τέλη του 18^{ου}, οι εφευρέτες συνειδητοποίησαν ότι μπορούσαν να κινήσουν πλωτά οχήματα, όπως τραίνα και πλοία. (Wikipedia Steam Engine)

4.1.3 ΜΗΧΑΝΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

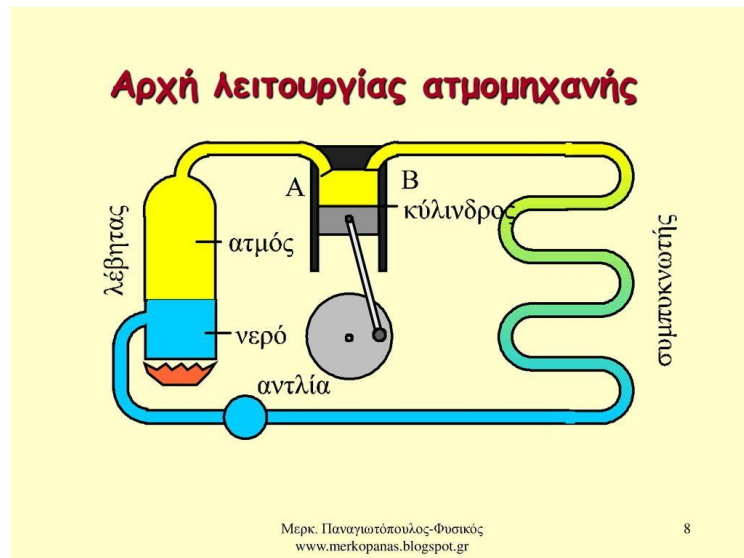
Καθώς τελειώνει ο 18^{ος} αιώνας, δημιουργήθηκε η ανάγκη για υψηλότερες πιέσεις, δηλαδή υψηλότερη απόδοση. Η πρώτη ατμομηχανή υψηλής πίεσης εφευρέθηκε το 1804 από τον Richard Trevithick. Στις μηχανές αυτές επιτυγχάνεται υψηλότερη θερμοκρασία. Ο κινητήρας υψηλής πίεσης έπαιξε σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη και ανάπτυξη της δύναμης του ατμού. Η υψηλή πίεση της εποχής όμως, δηλαδή τα 276-245 kPa, με τα σημερινά δεδομένα θεωρείτε χαμηλή πίεση. (Wikipedia Steam Engine)

Τα σημαντικά πλεονεκτήματα των κινητήρων υψηλής πίεσης ήταν πως οι ατμομηχανές μπορούσαν να γίνουν πιο μικρές και ισχυρές από ότι προηγουμένως, γεγονός που έκανε πρακτική την μεταφορά μέσω παλινδρομικής ατμομηχανής με τη μορφή πλοίων και χερσαίων οχημάτων. Επιπροσθέτως, λόγω του μικρότερου μεγέθους τους ήταν φτηνότερες και δεν απαιτούσαν μεγάλες ποσότητες νερού ψύξης του συμπυκνωτή. (Hunter, 1985)

Το μοναδικό μειονέκτημα ήταν πως στις μηχανές υψηλής πίεσης ο λέβητας είχε μεγαλύτερο κίνδυνο να εκραγεί.

Η πρόωση με τη δύναμη του ατμού εξελίχθηκε σημαντικά κατά το υπόλοιπο του 19^{ου} αιώνα. Η σημαντικότερη βελτίωση είχε να κάνει με τον τρόπο συμπύκνωσης του χρησιμοποιημένου ατμού, μέσω εναλλακτών θερμότητας.

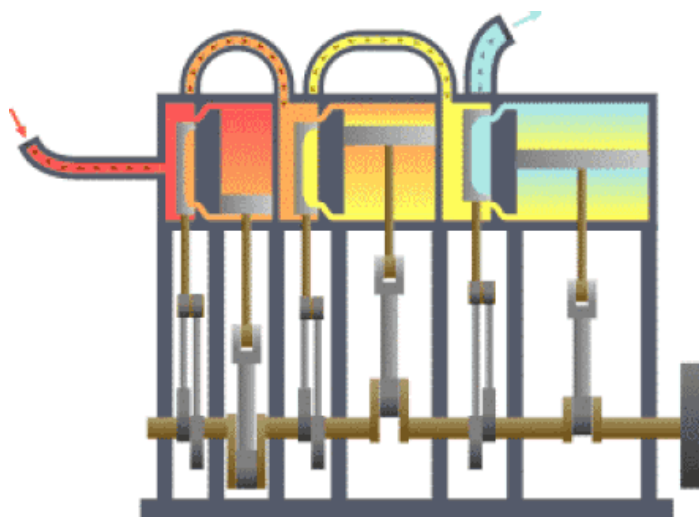
Σε μια ατμομηχανή ο ατμός υψηλής πίεσης εισέρχεται στον κύλινδρο υπό πίεση μέσω μιας βαλβίδας εισαγωγής. Η πίεση του ατμού, αναγκάζει το έμβολο να κινηθεί προς τα κάτω στον κύλινδρο, μέχρι να κλείσει η βαλβίδα. Μετά τη διακοπή της παροχής ατμού, ο παγιδευμένος ατμός συνεχίζει να διαστέλλεται, ωθώντας το έμβολο στο τέλος της διαδρομής του, όπου ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής και προωθεί τον μερικώς χρησιμοποιημένο ατμό σε έναν συμπυκνωτή ώστε ο κύκλος λειτουργίας να συνεχιστεί. (Wikipedia Steam Engine)



Εικόνα 21. Κύκλος λειτουργίας ατμομηχανής
(Παναγιωτόπουλος, 2018)

Το 1804 ο Βρετανός μηχανικός Arthur Woolf εφηύρε το σύνθετο κινητήρα υψηλής πίεσης. Στο σύνθετο κινητήρα, ο ατμός υψηλής πίεσης διέρχεται καταρχάς σε έναν κύλινδρο υψηλής πίεσης και εν συνεχεία σε άλλον έναν ή δύο κυλίνδρους χαμηλότερης πίεσης πριν οδηγηθεί στο συμπυκνωτή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τον μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης της ατμομηχανής.

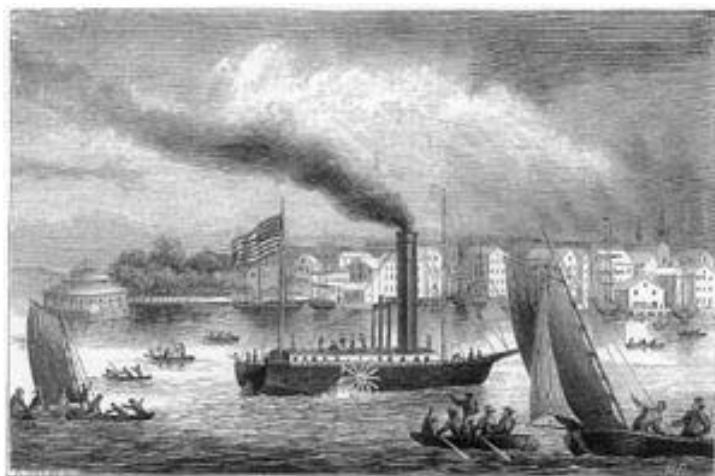
Στο παρακάτω σχήμα, ο ατμός υψηλής πίεσης (κόκκινο) διέρχεται από τρία στάδια, εξαντλώντας τον ατμό χαμηλής πίεσης (μπλε) στον συμπυκνωτή. Οι ατμομηχανές άρχισαν να χρησιμοποιούνται ευρέως στα πλοία στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. (Wikipedia Triple Expansion Engine, 2006)



Εικόνα 22. Θαλάσσια εμβολοφόρος μηχανή τριπλής διαστολής.

4.1.4 ΑΤΜΟΠΛΟΙΑ

Το πρώτο λειτουργικό πλοίο με ατμομηχανή, το «Κλερμόντ», κατασκευάστηκε το 1807 στη Νέα Υόρκη. Η πρόωσή του προέρχονται από τους δύο πλευρικούς τροχούς, 5 μέτρων σε διάμετρο, την κίνηση των οποίων τροφοδοτούσε ο ατμός. Η μέση του ταχύτητα ήταν 8 χλμ./ώρα. (Encyclopedia Britannica, 1998)



Εικόνα 23. Το τροχήλατο «Κλερμόντ» του Ρόμπερτ Φούλτον, το πρώτο ατμόπλοιο του κόσμου (McCabe Jr, 2005)

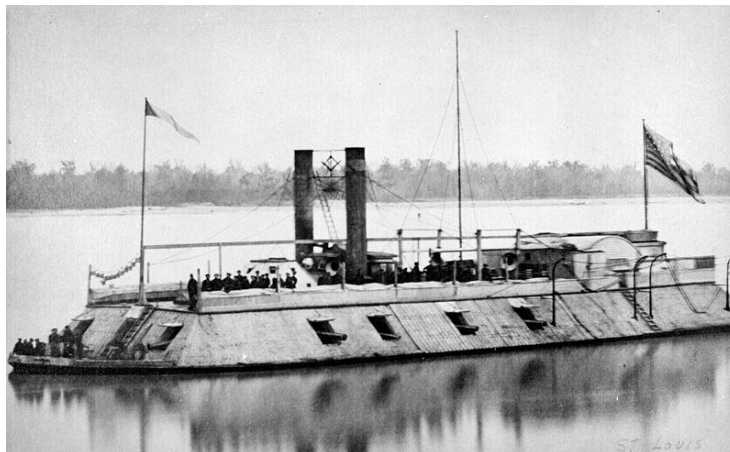
Το πρώτο τροχήλατο πλοίο που διέσχισε τον Ατλαντικό Ωκεανό ήταν το «Curaçao». Ήταν ατμόπλοιο που κατελκύστηκε το 1826, με δύο πλευρικούς τροχούς. Χρειάστηκε έναν μήνα για να ολοκληρώσει το ταξίδι του. Ακολούθησε το αγγλικό «Royal William» που κάλυψε την απόσταση Κεμπέκ-Λονδίνο σε 17 ημέρες. Η μεγαλύτερη ιστορική πρόοδος του τροχήλατου πλοίου, ήρθε το 1859 με τη ναυπήγηση του «Grate Eastern» («Μέγας Ανατολικός»). Θεωρείτε θυρλικό πλοίο της εποχής με μήκος 210 μέτρων. Έφερε έξι ιστούς, πέντε καπνοδόχους και

τους δύο μεγαλύτερους πλευρικούς τροχούς της ιστορίας. (Curacao History), (Wikipedia SS Great Eastern)



Εικόνα 24. Ο «Μέγας Ανατολικός» (Wilson, 2022)

Το 1850 άρχισε η ευρύτερη εφαρμογή ελικοφόρου άξονα, αντικαθιστώντας τους πλευρικούς τροχούς οι οποίοι δεν ήταν κατάλληλοι για πλεύση στους ωκεανούς, καθώς τα μεγάλα κύματα του άλλαζαν πορεία, ενώ υπήρχε αυξημένος κίνδυνος να αναποδογυρίσει το σκάφος. Το 1859, τα πλέον ευάλωτα ξύλινα πλοία αντικαταστάθηκαν από ένα νέο είδους πολεμικού πλοίου, την θωρακοβάρη. Ήταν ατμόπλοια, με ισχυρή μεταλλική θωράκιση και βαρύ οπλισμό που έλαβαν μέρος στον αμερικάνικο εμφύλιο. (Encyclopedia Britannica, 1998)



Εικόνα 25. Θωρακοβάρη που έλαβε μέρος στον αμερικάνικο εμφύλιο (National Archives and Records Administration)

Η εμφάνιση των ατμόπλοιων, οδήγησε στο διαχωρισμό ναυπήγησης φορτηγών και επιβατικών πλοίων, που αποτέλεσαν έκτοτε τους δύο βασικούς κλάδους στη ναυτιλία. (Βικιπαίδεια Ατμόπλοιο)

Στην Ελλάδα, η πρώτη ατμοπλοϊκή Εταιρία, με επωνυμία «Ελληνική Ατμοπλοΐα» ιδρύθηκε το 1857, με έδρα τη Σύρο. Τα ατμόπλοιά της εκτελούσαν κυρίως ταχυδρομικές υπηρεσίες και μεταφορά επιβατών. Η Σύρος έπαιξε σπουδαίο ρόλο στην εξέλιξη του εμπορικού ναυτικού λόγω της γεωγραφικής της θέσης και των ναυπηγικών της εγκαταστάσεων. Μέχρι το τέλος το 1911, το ελληνικό κράτος είχε 350 ατμόπλοια στη κατοχή του και πραγματοποιούσαν ταξίδια στον Ινδικό και Ειρηνικό Ωκεανό, διασχίζοντας την διώρυγα του Σουέζ. (ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ 1870-2000)



Εικόνα 26. Το ατμόπλοιο «Όθων».

ΥΠΕΡΩΚΕΑΝΙΑ

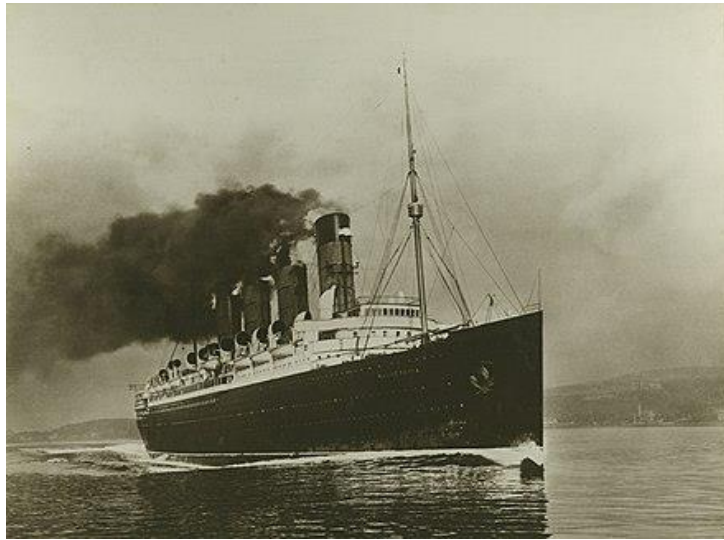
Το υπερωκεάνιο ή ποντοπόρο πλοίο είναι κατηγορία επιβατικού πλοίου, ικανού να διασχίσει ωκεανούς παρέχοντας ταχύτητα και ασφάλεια.

Η ιστορία τους είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη μεταφορά μεταναστών από τις ευρωπαϊκές ακτές στη Αμερική όπου και πραγματοποιούσαν ταξίδια από το 1840, διασχίζοντας τον Ατλαντικό Ωκεανό. Ως εκ τούτου, τα υπερωκεάνια συνέβαλαν στη διαμόρφωση του σύγχρονου κόσμου. Ήταν ο κύριος και μοναδικός τρόπος ταξιδιού για έναν αιώνα, μέχρι που στα μέσα του 20^{ου} αιώνα τα αεροπλάνα άρχισαν να αναλαμβάνουν τις μαζικές μεταφορές επιβατών.

Η περίοδος της μεγάλης ακμής αυτών των πλοίων, από τα τέλη του 19^{ου} μέχρι τα μέσα το 20^{ου} αιώνα, συνοδεύτηκε από τεράστιες ναυτικές κατασκευές και μεγάλες μηχανικές δυνατότητες σε έναν πρωτοφανούς κλίμακας ανταγωνισμού για περισσότερες θέσεις, ταχύτερες επιδόσεις και μεγαλύτερη πολυτέλεια. Το «Blue Riband», η γαλάζια σημαία που δίνονταν στο γρηγορότερο υπερωκεάνιο, ήταν ο στόχος κάθε ναυτιλιακής εταιρίας, καθώς η ταχύτητα ήταν η βασικότερη απαίτηση των επιβατών. Έτσι, μέσα σε έναν αιώνα, ο χρόνος πλεύσης του Ατλαντικού έφτασε από 25 μέρες το 1833, σε μόλις 4 μέρες μέχρι το 1937. (Wikipedia Ocean Liner)

Πρωταθλητής σε αυτή τη προσπάθεια συνεχούς ελάττωσης της διάρκειας του υπερατλαντικού ταξιδιού, υπήρξε το αγγλικό υπερωκεάνιο «Mauretania» που κράτησε τη γαλάζια σημαία για 23 χρόνια, από το 1910 ως το 1933. Το «Mauretania», μαζί με άλλα υπερωκεάνια, χρησιμοποιήθηκαν στη διάρκεια των

δύο Παγκοσμίων Πολέμων για τη μεταφορά στρατευμάτων. (Wikipedia RMS Mauretania (1906))



Εικόνα 27. Υπερωκεάνιο «Mauretania»

Ο Τιτανικός είναι ίσως το πιο γνωστό υπερωκεάνιο. Με μήκος 269 μέτρα, μέγιστο πλάτος 28 μέτρα, συνολικό ύψος από τη καρίνα ως τη γέφυρα 32 μέτρα και εκτόπισμα 52.310 τόνων, ο Τιτανικός ήταν από τα μεγαλύτερα πλοία της εποχής. Ναυπηγήθηκε το 1912 από τη White Star Line με σκοπό να ανταγωνιστεί το γρηγορότερο πλοίο «Mauretania». Είχε τρεις έλικες, δύο μεγάλους στο πλάι, διαμέτρου 7 μέτρων και έναν μικρότερο στη μέση διαμέτρου 5 μέτρων. Ο ατμός που τους τροφοδοτούσε απαιτούσε τη καύση 600 τόνων άνθρακα τη μέρα. Για αυτό, 176 εργάτες δούλευαν ασταμάτητα, ταΐζοντας τους 159 φούρνους του Τιτανικού. Το πηδάλιό του είχε μήκος 24 μέτρα και ζύγιζε 100 τόνους, με μια ξεχωριστή ατμομηχανή να είναι υπεύθυνη για τη κίνησή του. Ο Τιτανικός βυθίστηκε στο παρθενικό του ταξίδι, από την Αγγλία στην Αμερική. Το βύθισμά του οδήγησε στην αλλαγή διάφορων νόμων σε θέματα ασφάλειας στα πλοία. Πιο συγκεκριμένα, άλλαξαν οι απαιτήσεις στα μέσα διάσωσης όπως οι σωσίβιες λέμβοι, οι οποίες θα πρέπει να υπερκαλύπτουν τον συνολικό αριθμό των επιβατών και του πληρώματος. (Wikipedia Titanic)

Εκτός από τις μεγάλες εταιρίες της Βρετανίας, της Γαλλίας και της Γερμανίας, πολλές ακόμα χώρες εκμεταλλεύθηκαν τις υπερπόντιες γραμμές, ανάμεσά τους και η Ελλάδα, στέλνοντας πλοία στην Αμερική και στη Αυστραλία.

Το «Μωραΐτης», που αργότερα μετονομάστηκε σε «Θεμιστοκλής», ήταν το πρώτο ελληνικό υπερωκεάνιο που διέσχισε τον Ατλαντικό Ωκεανό. Κάλυπτε την απόσταση από τον Πειραιά στις ΗΠΑ σε 14 ημέρες. (Μίλεσης)



Εικόνα 28. Υπερωκεάνιο «Μωραΐτης»

Ο άνθρακας που έκαιγαν τα ατμόπλοια, αντικαταστάθηκε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα με ένα πετρελαϊκό καύσιμο χαμηλής ποιότητας, το μαζούτ. Τα μεγάλα πλεονεκτήματά του ήταν η μείωση του φόρτου εργασίας, η μείωση του ανθρώπινου δυναμικού, η μείωση του όγκου του απαιτούμενου εξοπλισμού για την καύση, και μειωμένες απαιτήσεις χώρου για αποθήκευση καυσίμου.

4.2 ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

Οι ατμοστροβίλοι είναι περιστροφικές και όχι παλινδρομικές μηχανές εξωτερικής καύσης που χρησιμοποιούν ατμό υψηλής πίεσης για τη παραγωγή κινητικής ενέργειας. Οι λέβητες παρήγαν ατμό καίγοντας αρχικά άνθρακα και αργότερα πετρέλαιο και αέρια καύσιμα.

Ο ναυτικός ατμοστροβίλος αναπτύχθηκε από τον Sir Charles Algernon Parsons. Το «Turbinia», μήκους 30 μέτρων, ήταν το πρώτο πλοίο με ατμοστροβίλο. Ναυπηγήθηκε το 1894 και έθεσε τις προδιαγραφές για την επόμενη γενιά ατμόπλοιων. Χρησιμοποιούσε τρεις ξεχωριστούς ατμοστροβίλους που έδιναν κίνηση σε τρεις ανεξάρτητες προπέλες. Ήταν το ταχύτερο πλοίο της εποχής του, με μέγιστη ταχύτητα 63 χλμ./ώρα. (Wikipedia Charles Algernon Parsons), (Wikipedia Turbinia)

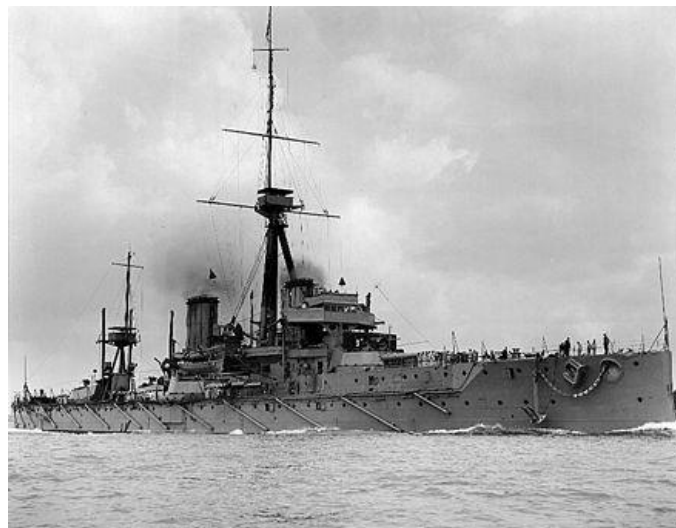


Εικόνα 29. Το πλοίο «Turbinia» με ατμοστρόβιλο

Αυτό ήταν το ξεκίνημα μιας νέας γενιάς πλοίων γραμμής υψηλής ταχύτητας κατά το πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα που κατέστησε την παλινδρομική μηχανή ατμού ξεπερασμένη.

ΘΩΡΗΚΤΑ

Το 1906 ναυπηγήθηκε το «HMS Dreadnought», το πρώτο σύγχρονο θωρηκτό. Εξοπλισμένο με τον ατμοστρόβιλο του Parsons, ήταν ένα ταχύτατο πολεμικό πλοίο με βαριά θωράκιση και οπλισμό. Έφερε 4 έλικες και η μέση ταχύτητά του ήταν 38 χλμ./ώρα.



Εικόνα 30. Το θωρηκτό «Dreadnought»

Η καθέλκυση του θωρηκτού «HMS Dreadnought» πυροδότησε μια παγκόσμια κούρσα πολεμικών ναυτικών εξοπλισμών. Ανάγκες για πιο βαριά και θανάσιμα όπλα μεγαλύτερου διαμετρήματος και εύρους, καλύτερη θωράκιση και

φυσικά, υψηλότερη ταχύτητα πρόωσης. Μέχρι το 1915, τα θωρηκτά ήταν αναπόσπαστο μέρος του στόλου κάθε ισχυρού κράτους. Κατά την διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, τα θωρηκτά λειτουργούσαν αποκλειστικά με ατμοστροβίλους, αλλά ήταν ευάλωτα σε νέα και φθηνά όπλα, όπως οι τορπίλες και οι θαλάσσιες νάρκες ενώ παράλληλα υπήρχε ανάγκη για εναέρια υπεροχή. Για αυτό το λόγο τα θωρηκτά αντικαταστάθηκαν από τα αεροπλανοφόρα, ως κυρίαρχος τύπος πολεμικού σκάφους. (Wikipedia Dreadnought)

Το θωρηκτό «Αβέρωφ» είναι ελληνικό πολεμικό πλοίο που έδρασε στους Βαλκανικούς Πολέμους όπου και κέρδισε καθοριστικές νίκες στο Αιγαίο, στον Πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο, στην Μικρασιατική εκστρατεία και στον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Ναυπηγήθηκε το 1907 από τους Ιταλούς και αγοράστηκε το 1910. Έχει δύο τετρακύλινδρες παλινδρομικές μηχανές και έφτανε ταχύτητα 44 χλμ./ώρα. Το μήκος του είναι 140 μέτρα, το πλάτος του 21 μέτρα και έχει εκτόπισμα 10.800 τόνων. Θεωρείται θρυλικό πλοίο για τους Έλληνες, λόγω του καθοριστικού ρόλου που έπαιξε στους πολέμους. (Giatrakos, 2021)



Εικόνα 31. Το θωρηκτό «Αβέρωφ» (Wikipedia Γεώργιος Αβέρωφ (θωρακισμένο καταδρομικό))

Το τέλος του ατμοστροβίλου ήρθε στο 1960, όπου η πλειοψηφία των νέων πλοίων κατασκευάζονται με κινητήρες ντίζελ. Ωστόσο, οι ατμοστροβίλοι έχουν κάνει την επανεμφάνισή τους τα τελευταία χρόνια. Οι πυρηνικοί σταθμοί χρησιμοποιούν ατμοστροβίλους για την παραγωγή ενέργειας. Το πυρηνικό καύσιμο σε ένα πυρηνικό εργοστάσιο χρησιμοποιείται ακριβώς όπως ο άνθρακας και το μαζούτ για να θερμαίνουν το νερό και να παράγουν ενέργεια μέσω του ατμού.

4.3 ΣΤΡΟΒΙΛΟ-ΗΛΕΚΤΡΟΠΡΩΣΗ

Η στροβιλο-ηλεκτροπρόωση χρησιμοποιεί τον ατμοστρόβιλο για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια μέσω ενός ηλεκτροκινητήρα.

Ένα πλεονέκτημα αυτού του τρόπου πρόωσης είναι ότι επιτρέπει την μετατροπή της υψηλής περιστροφικής ταχύτητας των ατμοστροβίλων, σε περιστροφή του έλικα με τις απαιτούμενες στροφές χωρίς την ανάγκη μειωτήρα. Επίσης, με το σύστημα αυτό παράγεται ηλεκτρική ενέργεια για τις υπόλοιπες ανάγκες του πλοίου χωρίς να χρειάζονται ειδικές ηλεκτρομηχανές. Τέλος οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι αθόρυβοι, χωρίς κραδασμούς, και ευέλικτοι στις αλλαγές ταχύτητας του έλικα. (Βικιπαίδεια Στροβιλο-ηλεκτροπρόωση)

Το θωρηκτό «USS New Mexico» ναυπηγήθηκε το 1917 και ήταν το πρώτο πολεμικό πλοίο με ηλεκτροπρόωση στον κόσμο. Η μέγιστη ταχύτητά του έφτανε τα 39 χλμ./ώρα. (Wikipedia USS New Mexico (BB-40))



Εικόνα 32. Το θωρηκτό «USS New Mexico»

Λόγω του ανταγωνισμού μεταξύ των ναυτιλιακών εταιριών για μείωση του χρόνου υπερατλαντικών ταξιδιών, τα συστήματα ηλεκτροπρόωσης έγιναν δημοφιλή σε επιβατικά πλοία περίπου το 1920.

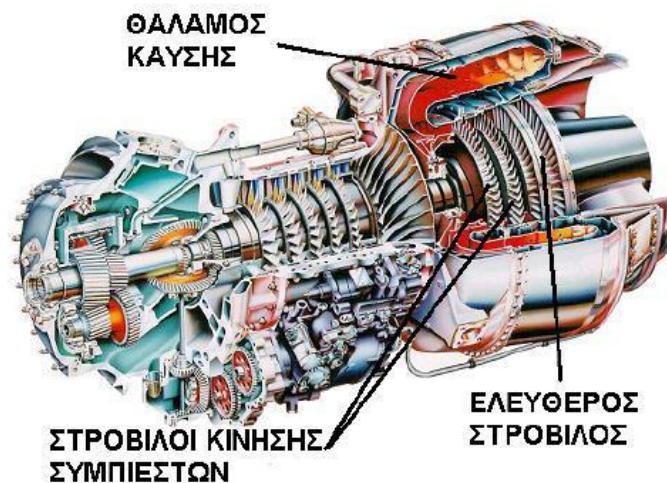
4.4 ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

Οι αεριοστρόβιλοι είναι κινητήρες που παράγουν κινητική ενέργεια. Η λειτουργία του αεριοστρόβιλου ξεκινάει ρουφώντας και συμπιέζοντας αέρα, ο οποίος αναμειγνύεται με το καύσιμο, συνήθως κηροζίνη και μετά την ανάφλεξη τα καυσαέρια ωθούν τα περύγια του αεριοστρόβιλου δημιουργώντας τη περιστροφική κίνηση.

Ένα καθοριστικό μειονέκτημα του αεριοστρόβιλου για ναυτική χρήση, είναι ο μικρός βαθμός απόδοσης, άρα η χρήση περισσότερου καυσίμου, για αυτό το λόγο δεν είναι πολύ δημοφιλής.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα του αεριοστρόβιλου είναι καταρχάς το μικρό τους μέγεθος, άρα απαιτούν και μικρές εγκαταστάσεις σε σύγκριση με κινητήρες ντίζελ. Έπειτα, είναι αρκετά αξιόπιστοι με γρήγορη εκκίνηση λειτουργίας και φτηνή συντήρηση. Η λειτουργία τους είναι σχετικά αθόρυβη και λόγω αυτών των ιδιοτήτων, οι αεριοστρόβιλοι βρίσκουν εφαρμογή κυρίως σε πολεμικά σκάφη αλλά και σε επιβατικά πλοία

Η κακή απόδοση του αεριοστρόβιλου, μπορεί να αντιμετωπιστεί με συνδυασμό αεριοστρόβιλων διαφορετικής ισχύος ή τον συνδυασμό αεριοστρόβιλων για υψηλές ταχύτητες με κινητήρες ντίζελ για οικονομικές ταχύτητες πλεύσης. (Ρισσάκη)



(β)

Εικόνα 33. Κύρια μέρη ναυτικού αεριοστρόβιλου (Σερπειτζόγλου)

4.5 ΝΤΙΖΕΛ

Ο πετρελαιοκινητήρας είναι μηχανή εσωτερικής καύσης. Εφευρέθηκε από τον Γερμανό μηχανικό Rudolf Diesel το 1897 ενώ αργότερα, κατασκευάστηκε η πρώτη τετράχρονη μηχανή ντίζελ που χρησιμοποιήθηκε για την πρόωση πλοίου. Λόγω της υψηλής τους απόδοσης, έγιναν πολύ δημοφιλείς. Εξελίξεις πάνω στον πετρελαιοκινητήρα δε σταμάτησαν μέχρι το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα. (Wikipedia Rudolf Diesel)

4.5.1 ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

Μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) είναι θερμικές μηχανές στις οποίες η καύση του καυσίμου γίνεται στο εσωτερικό σώμα της ίδιας της μηχανής, σε αντίθεση με τις ατμομηχανές όπου η καύση γίνεται στο λέβητα. Ως ΜΕΚ θεωρούνται οι βενζινομηχανές, οι πετρελαιομηχανές και οι αεριοστρόβιλοι.

Ο Γερμανός Nikolaus August Otto εφηύρε τη πρώτη ΜΕΚ το 1876. Ήταν ικανή να παράγει ικανοποιητική απόδοση, με το καύσιμο να καίγεται σε θάλαμο πάνω από το έμβολο της μηχανής. Η ιδέα της τετράχρονης μηχανής με συμπίεση αέρα-καυσίμου είχε ήδη σχεδιαστεί, αλλά ο Otto ήταν ο πρώτος που κατάφερε να τη κατασκευάσει. (Wikipedia Internal combustion engine)

Ο ναυτικός κινητήρας εσωτερικής καύσης είναι μια θερμική μηχανή, στην οποία καίγεται ένα καύσιμο, με τη παρουσία αέρα, μέσα σε ένα θάλαμο. Από την εξώθερμη αντίδραση του καυσίμου με τον οξειδωτή, που είναι το οξυγόνο του αέρα, δημιουργούνται θερμά αέρια. Στον κινητήρα εσωτερικής καύσης η εκτόνωση της πίεσης των αερίων που παράγονται ασκεί δύναμη στο έμβολο. Ο διωστήρας μεταφέρει τη κινητική ενέργεια του εμβόλου στον στροφαλοφόρο άξονα ο οποίος είναι τελικά συνδεδεμένος με τον άξονα που μεταφέρει τη περιστροφική δύναμη στον έλικα. Συνήθως, η περιστροφική ταχύτητα στον άξονα είναι υπερβολικά υψηλή, με αποτέλεσμα να μην αντέξει ο έλικας και να σπάσει. Σε αυτές τις περιπτώσεις, συνδέεται μειωτήρας στροφών στον άξονα, για να μειώσει τη περιστροφική κίνηση στα επιθυμητά επίπεδα.

Αντίθετα στις μηχανές εξωτερικής καύσης, όπως οι ατμομηχανές, η ενέργεια μεταφέρεται από ένα υγρό το οποίο θερμαίνεται σε ένα λέβητα, ο οποίος βρίσκεται εκτός του κινητήρα.

Οι ΜΕΚ διακρίνονται σε πολλές κατηγορίες, ανάλογα με τη διάταξη (κατακόρυφες, οριζόντιες, κ.α.) και αριθμό των εμβόλων (δικύλινδρες, τετρακύλινδρες κ.α.), το θερμικό κύκλο τους, τη φορά περιστροφής, τη ταχύτητα των στροφών, το είδος καυσίμου κ.α. Διακρίνονται επίσης ανάλογα με το χρόνο και τις φάσεις λειτουργίας τους σε δίχρονες, τετράχρονες ή συνεχούς λειτουργίας όπως οι αεριοστροβίλοι.



Εικόνα 34. Οκτακύλινδρη τετράχρονη εν σειρά πετρελαιομηχανή

Οι βενζινοκινητήρες ως ναυτικές μηχανές χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικρά σκάφη, όπως ταχύπλοα και jet-ski. Είναι συνήθως δίχρονοι και τετράχρονοι μικρού βάρους κινητήρες.

Από την άλλη, οι πετρελαιοκινητήρες συνατιούνται στη πλειοψηφία των πλοίων, από εμπορικά και μεταφορικά πλοία, μέχρι πολεμικά πλοία αλλά και υποβρύχια. (Κλιάνης, Νικολού, & Ιωάννη, 2017)

4.5.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΕΤΡΑΧΡΟΝΗΣ ΜΕΚ

Χρόνος λειτουργίας ορίζεται ως η διαδρομή του εμβόλου από το Άνω Νεκρό Σημείο (Α.Ν.Σ.) ως το Κάτω Νεκρό Σημείο (Κ.Ν.Σ). Για τη πραγματοποίηση ενός κύκλου λειτουργίας, το έμβολο πρέπει να εκτελέσει τέσσερις διαδρομές, που αντιστοιχούν σε δύο πλήρεις περιστροφές του στροφαλοφόρου άξονα.

1^η φάση Εισαγωγή:

Το έμβολο βρίσκεται στο Α.Ν.Σ. Η κίνηση του εμβόλου προς το Κ.Ν.Σ αυξάνει τον όγκο εντός του κυλίνδρου, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η πίεση. Ατμοσφαιρικός αέρας εισέρχεται από την ανοικτή βαλβίδα εισαγωγής στο εσωτερικό του κυλίνδρου και καταλαμβάνει τον όγκο που απελευθερώνεται από το κατερχόμενο έμβολο. Όταν το έμβολο φτάσει στο Κ.Ν.Σ, ολοκληρώνεται η φάση της εισαγωγής.

2^η φάση Συμπίεση:

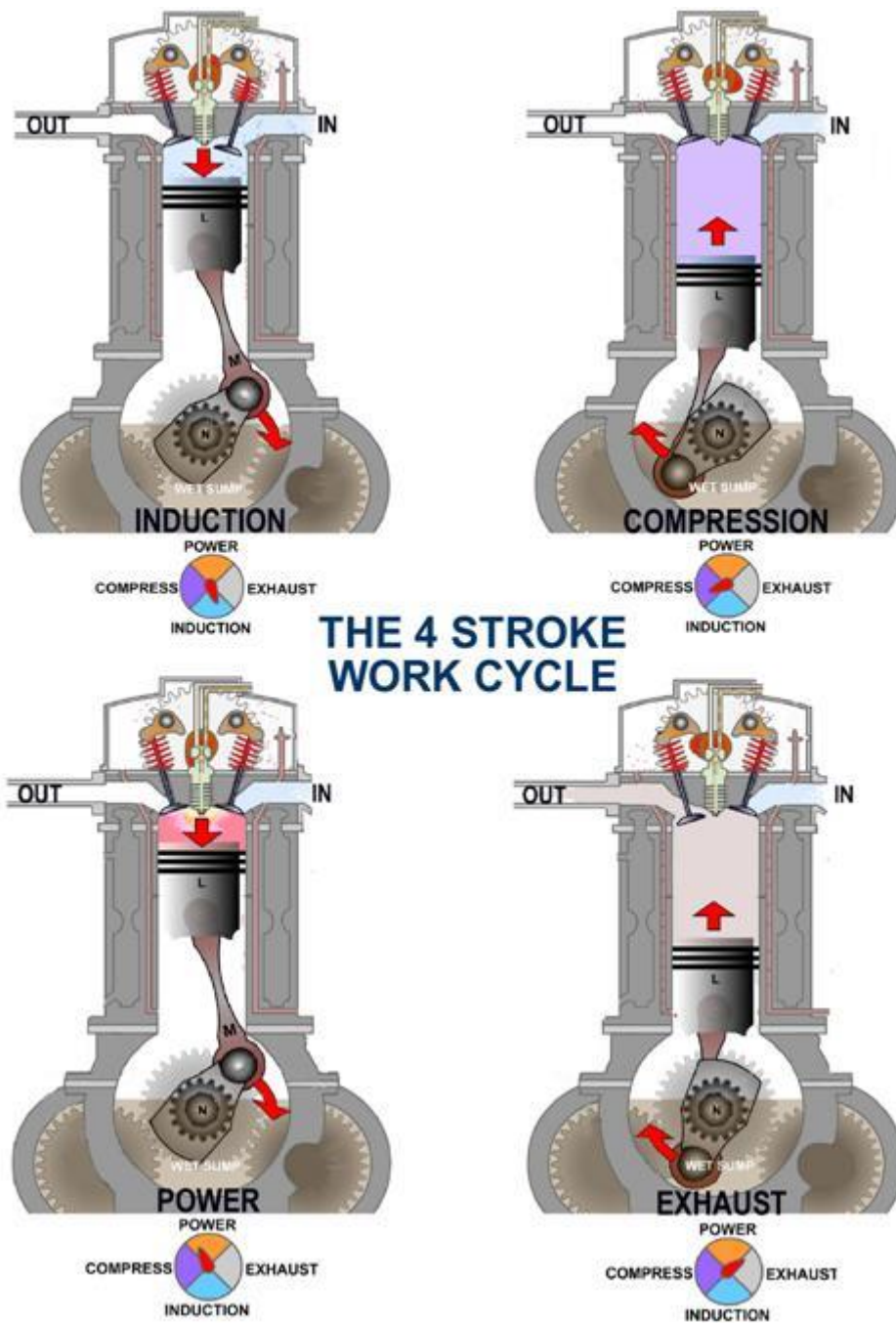
Η φάση της συμπίεσης αρχίζει με το έμβολο στο Κ.Ν.Σ. Καθώς το έμβολο κινείται προς το Α.Ν.Σ, μειώνεται ο όγκος του κυλίνδρου και αυξάνεται η πίεση και η θερμοκρασία του περιεχόμενου αέρα. Ο λόγος του αρχικού όγκου του κυλίνδρου προς τον τελικό όγκο, όταν το έμβολο φτάσει στο Α.Ν.Σ στη φάση της συμπίεσης, ονομάζεται βαθμός συμπίεσης της μηχανής.

3^η φάση Καύση-Εκτόνωση:

Η τρίτη φάση ξεκινά με το έμβολο στο Α.Ν.Σ. Ο εγκλωβισμένος αέρας βρίσκεται σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία και το καύσιμο, συνήθως πετρέλαιο, ψεκάζεται μέσα στον κύλινδρο. Το πετρέλαιο αναμειγνύεται με τον αέρα και λόγω της υψηλής θερμοκρασίας γίνεται ανάφλεξη. Η καύση του μείγματος αέρα-πετρελαίου απελευθερώνει θερμότητα, αυξάνοντας τη θερμοκρασία και την πίεση μέσα στον κύλινδρο. Η αυξημένη πίεση των καυσαερίων, ωθεί το έμβολο προς το Κ.Ν.Σ. Το έμβολο μεταδίδει την κίνηση σε ένα εξάρτημα, τον διωστήρα, ο οποίος με τη σειρά του κινεί τον στρόφαλο, μετατρέποντας έτσι την ευθύγραμμη κίνηση του εμβόλου σε περιστροφική. Με την άφιξη του εμβόλου στο Κ.Ν.Σ τελειώνει η τρίτη φάση λειτουργίας, η οποία είναι η μοναδική ενεργή φάση όπου παράγεται μηχανικό έργο.

4^η φάση Εξαγωγή καυσαερίων:

Η τελευταία φάση ξεκινά όταν το έμβολο είναι στο Κ.Ν.Σ. Όσο το έμβολο κινείται προς τα πάνω, η βαλβίδα εξαγωγής ανοίγει, ενώ η βαλβίδα εισαγωγής παραμένει κλειστή. Λόγω της υψηλότερης πίεσης μέσα στον κύλινδρο και της εξαναγκασμένης κίνησης του εμβόλου προς το Α.Ν.Σ, τα καυσαέρια ωθούνται προς την ατμόσφαιρα. Η φάση εξαγωγής ολοκληρώνεται όταν το έμβολο φτάσει στο Α.Ν.Σ, οπότε και κλείνει η βαλβίδα εξαγωγής. (Blair, 1999)



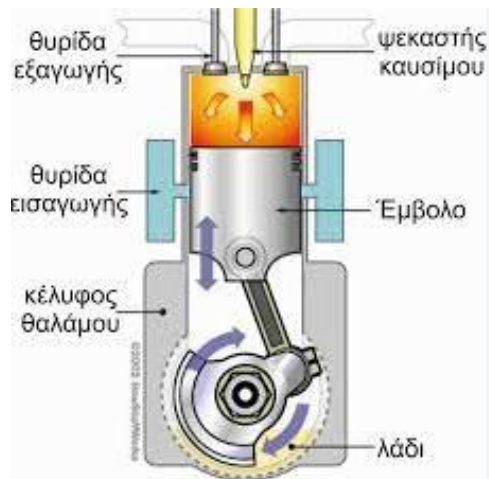
Εικόνα 35. Σχηματική παράσταση λειτουργίας τετράχρονου κινητήρα (Hope, 2015)

4.5.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΔΙΧΡΟΝΗΣ ΜΕΚ

Η δίχρονη πετρελαιομηχανή ολοκληρώνει τον κύκλο λειτουργίας της σε τέσσερις φάσεις (εισαγωγή, συμπίεση, καύση-εκτόνωση, εξαγωγή), αλλά σε δύο χρόνους. Η διαδικασία ολοκλήρωσης ενός κύκλου λειτουργίας της αντιστοιχεί σε μία πλήρη περιστροφή του στροφαλοφόρου άξονα.

1^{ος} χρόνος: Αρχικά, το έμβολο βρίσκεται στο Α.Ν.Σ. όπου γίνεται το ψέκασμα του καυσίμου. Το μείγμα αέρα-καυσίμου έχει συμπιεσθεί και βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία οπότε επιτυγχάνεται η ανάφλεξη και η καύση του. Ακολουθεί η εκτόνωση των καυσαερίων η οποία ωθεί το έμβολο προς το Κ.Ν.Σ. Μέχρι το έμβολο να ολοκληρώσει τη κίνησή του, οι θυρίδες εξαγωγής έχουν ανοίξει, με αποτέλεσμα την αποβολή μεγάλου μέρους των καυσαερίων από τον κύλινδρο. Σύγχρονος αποκαλύπτονται και οι θυρίδες εισαγωγής με αποτέλεσμα την εισροή καθαρού αέρα στο κύλινδρο και τη σάρωση των υπολοίπων καυσαερίων από αυτόν.

2^{ος} χρόνος: Το έμβολο κινείται από το Κ.Ν.Σ προς το Α.Ν.Σ. Στη διαδρομή του οι θυρίδες εισαγωγής κλείνουν, διακόπτοντας την εισροή του ατμοσφαιρικού αέρα. Στη συνέχεια, το έμβολο κλείνει και τις θυρίδες εξαγωγής οπότε και ξεκινά η συμπίεση του ατμοσφαιρικού αέρα μέσα στον κύλινδρο. Όταν το έμβολο φτάσει στο Α.Ν.Σ ξεκινά η έγχυση του καυσίμου. (Cromer & Proctor, 2007)



Εικόνα 36. Δίχρονος πετρελαιοκινητήρας (Σουλιτσιώτης, 2011)

4.5.4 ΝΑΥΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ DIESEL

Ο ναυτικός κινητήρας Diesel είναι ο δημοφιλέστερος τύπος μηχανής στη ναυτιλία. Τόσο για τη κίνηση, όσο και για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η πλειοψηφία των μεγάλων ποντοπόρων φορτηγών πλοίων, χρησιμοποιούν μηχανές Diesel.

Στη ναυτιλία, οι κινητήρες Diesel διακρίνονται ανάλογα με τον αριθμό των στροφών τους:

Οι κινητήρες Diesel χαμηλών στροφών, με ταχύτητες 70-140 rpm., είναι δίχρονοι, ογκώδεις και έχουν συνήθως από 4 ως 12 κυλίνδρους. Το μεγάλο μέγεθός τους, επιτρέπει στο έμβολο να εκτελεί μεγαλύτερη διαδρομή με αποτέλεσμα να παρέχει καλύτερη απόδοση. Οι πιο σύγχρονοι κινητήρες αυτού

του τύπου παράγουν ισχύ μεγαλύτερη από 4.000 kW/κύλινδρο. Οι χαμηλές στροφές προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα. Παρέχουν επαρκή χρόνο για την ανάμειξη του μίγματος αέρα-καυσίμου και καθιστούν δυνατή την άμεση σύνδεση του στροφάλου με τη προπέλα, χωρίς να απαιτείται μειωτήρας. Επιπλέον, η κατασκευή τους είναι απλούστερη, που σημαίνει μικρότερο κόστος κατασκευής και συντήρησης και μειωμένη πιθανότητα σφάλματος κατά τη λειτουργία τους. Τέλος, έχουν την δυνατότητα να λειτουργήσουν με οικονομικότερα καύσιμα. Για τους λόγους αυτούς, οι κινητήρες χαμηλών στροφών προτιμώνται από ναυτιλιακές εταιρίες

Οι κινητήρες Diesel μεσαίων στροφών είναι συνήθως τετράχρονοι με ταχύτητες 400-1000 rpm με ως και 12 κυλίνδρους σε σειρά ή ως 20 κυλίνδρους σε σχηματισμό "V". Οι σύγχρονοι κινητήρες τέτοιου τύπου, παράγουν ισχύ μεταξύ 100-2000 kW/κύλινδρο. Χρησιμοποιούνται τόσο για την κίνηση των πλοίων όσο και για την ηλεκτροπαραγωγή. (Κυρτάτος Ν. Π., 1993)

Από τη μία, οι δίχρονοι μηχανές είναι πιο απλές τόσο στη κατασκευή τους, όσο και στη λειτουργία τους. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν χαμηλότερης ποιότητας καύσιμα, με συνέπεια η λειτουργία τους να είναι πιο οικονομική. Επιπλέον, μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι πως είναι αργόστροφες, άρα δεν απαιτείται σύνδεση μειωτήρα. Για αυτό οι δίχρονοι μηχανές προτιμώνται από τα μεγάλα πλοία. Από την άλλη, οι τετράχρονοι πετυχαίνουν καλύτερη καύση με υψηλότερο βαθμό απόδοσης και χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον για τη πρόωση με ηλεκτρική ενέργεια, ή σε μικρότερα καράβια. Τέλος, η χρήση τετράχρονης μηχανής απαιτεί πάντα μειωτήρα.



Εικόνα 37. Οκτακύλινδρη μηχανή πλοίου



Εικόνα 38. Η ισχυρότερη μηχανή diesel

Η ισχυρότερη μηχανή Diesel κατασκευάστηκε στην Νότια Κορέα το 2012. Είναι μήκους 27 μέτρων, ύψους 13,5 μέτρων και ζυγίζει 2.300 τόνους. Έχει 14 κυλίνδρους σε σειρά και είναι δίχρονη υπερτροφοδοτούμενη μηχανή. Μπορεί να κινήσει ένα φορτηγό πλοίο με 16.000 κοντέινερ σε ταχύτητα 50 χλμ./ώρα.

Με την υπερτροφοδότηση, εισάγεται συμπιεσμένος αέρας μέσα στους κυλίνδρους της μηχανής, επιτυγχάνοντας αύξηση της ισχύος και της αποδοτικότητας λόγω της υψηλής πυκνότητας του αέρα. Εισάγοντας συμπιεσμένο αέρα στον κύλινδρο, επιτυγχάνεται η εισροή μεγαλύτερης μάζας αέρα για δεδομένο όγκο, με αποτέλεσμα να καθίσταται δυνατή η καύση μεγαλύτερης μάζας καυσίμου που οδηγεί σε αύξηση της αποδιδόμενης ισχύος του κινητήρα. (Extreme World, 2015)

4.6 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΠΡΩΩΣΗ

Η ηλεκτρική πρόωση αποτελείται από μια πετρελαιομηχανή η οποία στον άξονά της έχει συνδεδεμένη μια ηλεκτρογεννήτρια. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια κινεί μέσω ενός κινητήρα τον έλικα του πλοίου.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής πρόωσης είναι ο ακριβής έλεγχος όσον αφορά τις εντολές αυξομείωσης της ταχύτητας, σε αντίθεση με τις μηχανές ντίζελ, που απαιτούν περισσότερο χρόνο. Για αυτό το λόγο, η ηλεκτρική πρόωση αξιοποιείται κυρίως σε κρουαζιερόπλοια που χρειάζονται εύκολους και γρήγορους χειρισμούς στα λιμάνια. Επιπλέον υπάρχει μεγάλη ευελιξία στο μέγεθος, στη διάταξη και στο χώρο της μηχανής, καθώς ο ντίζελ κινητήρας με την συνδεδεμένη ηλεκτρογεννήτρια έχουν δυνατότητα να τοποθετηθούν σε οποιοδήποτε σημείο του μηχανοστασίου μιας και η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται στο επιθυμητό σημείο εύκολα και γρήγορα με καλώδια.

Σημαντικό μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός πως η ηλεκτρική πρόωση έχει μεγαλύτερη κατανάλωση, εξαιτίας των απωλειών της μετατροπής ενέργειας. Τέλος, το σύστημα ηλεκτρικής πρόωσης είναι βαρύτερο και ακριβότερο από τα αντίστοιχα συστήματα πρόωσης με πετρελαιομηχανή. (Κλιάνης, Νικολού, & Ιωάννη, 2017), (Βλάχου, 2020)

ΠΥΡΗΝΟΚΙΝΗΤΑ ΠΛΟΙΑ

Το 1952, ναυπηγήθηκε το «USS Nautilus», το πρώτο υποβρύχιο πυρηνικής ενέργειας παγκοσμίως, το οποίο διέθετε διώροφο πυρηνικό αντιδραστήρα που δημιουργούσε ατμό μέσω της θερμότητας που παρήγαγε η πυρηνική σχάση εμπλουτισμένου ουρανίου. Δύο ατμοστρόβιλοι αξιοποιούσαν τον ατμό για να κινήσουν τις προπέλες του υποβρυχίου το οποίο έφτανε πολύ ψηλές ταχύτητες, ως και 40 χλμ./ώρα. Τα μειονεκτήματα ήταν ο θόρυβος και οι κραδασμοί. Τα πυρηνοκίνητα πλοία αποτελούν τη τελευταία εξέλιξη με σημαντική βελτίωση στη πρόωση των μηχανοκίνητων πλοίων. (Wikipedia USS Nautilus)



Εικόνα 39. Το «USS Nautilus»

Με τη πάροδο του χρόνου, αποφεύγονταν η σύνδεση του ατμοστρόβιλου στους έλικες. Αντ' αυτού, στα σύγχρονα πυρηνοκίνητα πλοία, ο παραγόμενος ατμός τροφοδοτεί μέσω ενός ατμοστρόβιλου μια ηλεκτρογεννήτρια παρέχοντας έτσι όλα τα πλεονεκτήματα της ηλεκτρικής πρόωσης. Το πλεόνασμα της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται αποθηκεύεται σε μπαταρίες, για να χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης, ενώ παράλληλα καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες του πλοίου. Τα πυρηνοκίνητα πλοία έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής με φτηνή ενέργεια.

Όπως αναφέρθηκε, τα πυρηνοκίνητα πλοία έχουν μπροστά από το μηχανοστάσιο τον πυρηνικό αντιδραστήρα στον οποίον πραγματοποιείται πυρηνική σχάση. Οι αντιδραστήρες δεν χρειάζονται ανατροφοδότηση και συντήρηση για 15 με 20 χρόνια. Αντί για εμπλουτισμένο ουράνιο, χρησιμοποιούν ως καύσιμο απλό ουράνιο ή θόριο. Ενώ το κόστος κατασκευής τους είναι υψηλό, παράγει πολύ περισσότερη ενέργεια με χαμηλότερο κόστος από κάποια μηχανή

ντίζελ. Τέλος, έχει σχεδόν μηδενικές εκπομπές ρύπων. (Wikipedia Nuclear Marine Propulsion)

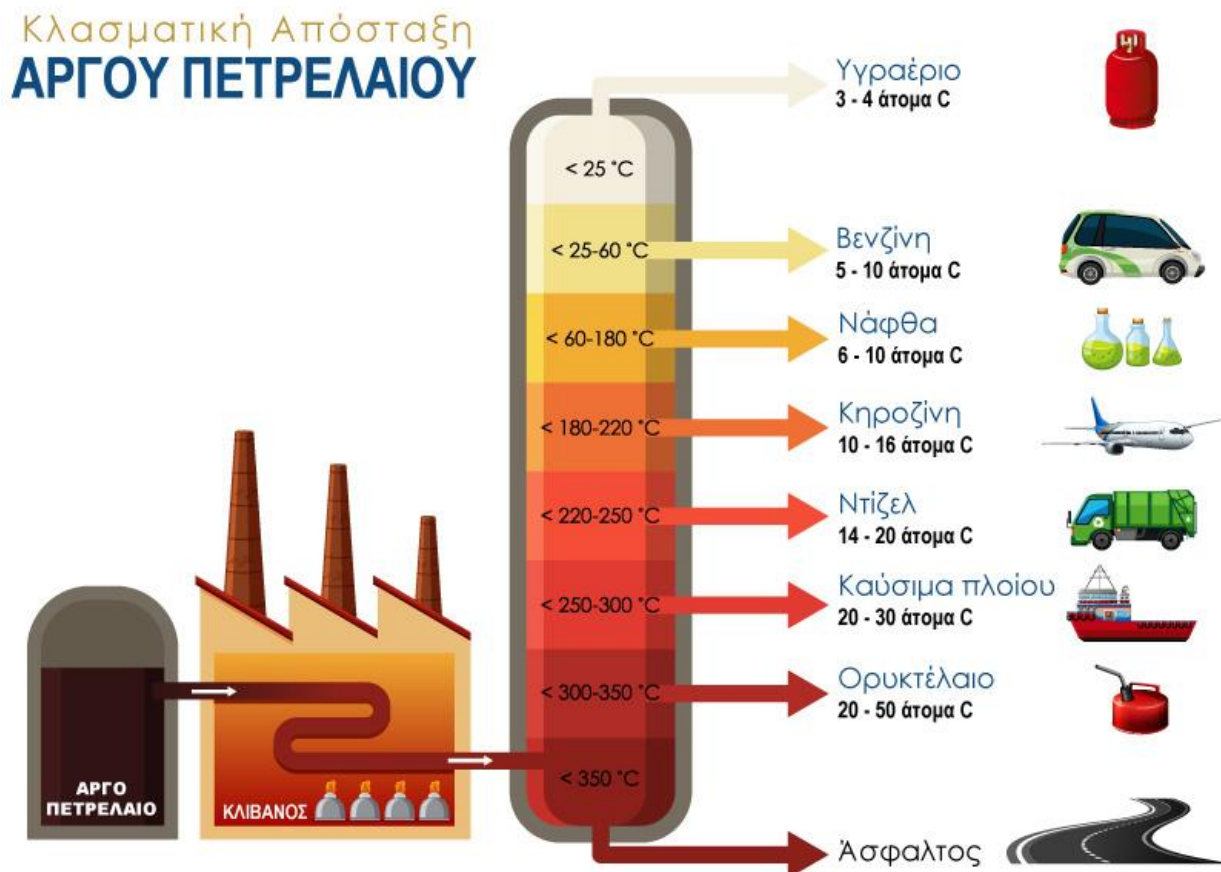
Πρόωση πυρηνικής ενέργειας χρησιμοποιούν κυρίως υποβρύχια και πολεμικά πλοία, όπως αεροπλανοφόρα που απαιτούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας για τις λειτουργίες τους. Η πρόωση με πυρηνική ενέργεια όμως, δε περιορίζεται σε σκάφη του πολεμικού ναυτικού. Εν έτη 2023, η Ρωσία είναι η μόνη χώρα που κατέχει πυρηνοκίνητα παγοθραυστικά. Αυτά τα σκάφη δραστηριοποιούνται στον Αρκτικό Ωκεανό και συνοδεύουν εμπορικά πλοία. Η αρχή έγινε το 1959 με τη ναυπήγηση του «Λένιν», του πρώτου σκάφους επιφάνειας για ειρηνικό σκοπό με μέσο πρόωσης την πυρηνική ενέργεια. Τέλος, η Ρωσία έχει στη κατοχή της και ένα πυρηνοκίνητο εμπορικό πλοίο, ενώ παγκοσμίως υπάρχουν άλλα 3 εμπορικά πλοία που προωθούνται με πυρηνική ενέργεια. (Καρράς, 2015)



Εικόνα 40. Το «USS Enterprise» (Wikipedia USS Enterprise)

4.7 ΤΥΠΟΙ ΚΑΥΣΙΜΩΝ

Αφού το ακατέργαστο αργό πετρέλαιο θερμανθεί σε υψηλές θερμοκρασίες, μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός τροφοδοτείται στο πύργο απόσταξης και καθώς αναδύεται, ψύχεται και μετατρέπεται ξανά σε υγρό. Χρησιμοποιώντας στήλες δίσκων (κλασματική απόσταξη) μέσα στο θάλαμο, τα διάφορα παράγωγα προϊόντα συλλέγονται, ανάλογα με το βάρος τους και το σημείο ζέσεως. (Production Technology, 2018)



Εικόνα 41. Κλασματική απόσταξη πετρελαίου (Διύλιση αργού πετρελαίου)

Από τη διύλιση του ακατέργαστου αργού πετρελαίου (crude oil) παράγονται περισσότερα από 2.000 προϊόντα τα οποία μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις ευρείες κατηγορίες.

- 1) Αέριο διυλιστηρίου (κυρίως μεθάνιο, αιθάνιο και υδρογόνο).
- 2) Υγραέρια (κυρίως προπάνιο και βουτάνιο) για οικιακή και βιομηχανική χρήση.
- 3) Καύσιμα αποστάγματα (distillate fuel), που είναι προϊόντα απόσταξης σε θερμοκρασίες 200 έως 360 °C. Αυτά χωρίζονται σε επιμέρους κατηγορίες, ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζονται, που είναι:
 - α) Η βενζίνη για τα αυτοκίνητα.
 - β) Η κηροζίνη για τα αεροπλάνα.

γ) Το ντίζελ που χρησιμοποιείται σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών, από οχήματα ως οικιακή θέρμανση.

δ) Τα βαρέα καύσιμα κίνησης, προϊόντα της απόσταξης τα οποία συνήθως αναμειγνύονται με τα κατάλοιπα της διύλισης (residual oil).

4) Τα καύσιμα κατάλοιπα (residual fuel) είναι τα προϊόντα που δεν μπόρεσαν να αποσταχθούν με την κλασματική απόσταξη. Συγκεντρώνονται στην βάση του θαλάμου απόσταξης. Ένα από αυτά είναι η άσφαλτος.

Στη ναυτιλία, καταναλώνονται διαφορετικά είδη καυσίμων ανάλογα με τις μηχανές, την παλαιότητα και τις ανάγκες κάθε πλοίου αλλά τα συνηθέστερα είναι τα βαριά παράγωγα. Οι τύποι των ναυτιλιακών καυσίμων είναι οι εξής:

- Diesel Oil (distillate oil). Το καύσιμο ντίζελ αποτελεί το παραδοσιακό καύσιμο των κινητήρων Diesel.

- Heavy Fuel Oils (HFO) όπως το βαρύ μαζούτ. Τα καύσιμα αυτά είναι τα κατάλοιπα της διύλισης του αργού πετρελαίου.

- Emulsified fuel. Προέρχονται είτε από φυσικές πηγές με την μορφή της πίσσας, είτε είναι προϊόντα διύλισης.

Τα ναυτιλιακά καύσιμα κατατάσσονται με βάση το πρότυπο ISO. Το γράμμα D στην αρχή της ονομασίας υποδηλώνει πως το καύσιμο αυτό είναι προϊόν απόσταξης (Distillate fuel). Το γράμμα R στην αρχή της ονομασίας υποδηλώνει πως το καύσιμο είναι υπόλειμμα (Residual fuel). Το γράμμα M δηλώνει πως πρόκειται για ναυτιλιακό καύσιμο (Marine fuel).

- Residual Oil (RO). Είναι βαρύ κλάσμα της απόσταξης του αργού πετρελαίου. Έχει υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων, μεταξύ αυτών και θείου.

- Intermediate Fuel Oil (IFO). Αποτελεί μείγμα 2% Diesel Oil και 98% HFO.

- Marine Diesel Oil (MDO). Αποτελούνται κυρίως από Diesel Oil και περιέχουν χαμηλό ποσοστό θείου.

- Marine Gas Oil (MGO). Ονομάζεται έτσι επειδή αρχικά ήταν το μόνο καύσιμο που χρησιμοποιούνταν στις μηχανές ντίζελ. Είναι απόσταγμα καθαρού πετρελαίου (distillate fuel) και αποτελεί ένα από τα καλύτερα και ακριβότερα καύσιμα μηχανών εσωτερικής καύσης. Το MGO έχει τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο από όλους τους τύπους καυσίμων.

- Liquefied Natural Gas (LNG). Το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο αποτελεί ένα εναλλακτικό καύσιμο με σημαντικά μειωμένες εκπομπές ρύπων. Όπως αποκαλύπτει το όνομά του, βρίσκεται σε υγρή μορφή για λόγους ευκολίας στην αποθήκευση και μεταφορά του. (Ραπτοτάσιος, Ναυτιλιακά καύσιμα, 2018)

4.8 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΑΥΣΑΕΡΙΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Ο καθαρός αέρας είναι απαραίτητος για την υγεία μας και το περιβάλλον. Ωστόσο, λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που προκαλούν ρυπογόνες εκπομπές, η ποιότητα του αέρα έχει επιδεινωθεί σημαντικά. Στις δραστηριότητες αυτές συγκαταλέγεται η βιομηχανία, η παραγωγή ενέργειας, η οικιακή θέρμανση, η γεωργία, οι μεταφορές, και οι εμπορικές δραστηριότητες.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι το υπ' αριθμόν ένα περιβαλλοντικό πρόβλημα υγείας στην Ε.Ε. Προκαλεί σοβαρές ασθένειες όπως άσθμα, καρδιαγγειακά προβλήματα και καρκίνο του πνεύμονα. Είναι επίσης δαπανηρή για την οικονομία, καθώς οδηγεί σε απώλεια εργάσιμων ημερών και υψηλό κόστος υγειονομικής περίθαλψης. Για την αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης η Ε.Ε. έθεσε στόχο την επίτευξη μηδενικής ρύπανσης έως το 2050. (European Commission)

Ειδικότερα, η ρύπανση με οξείδια του αζώτου και διοξείδιο του θείου από τις εκπομπές καυσαερίων, μπορεί να προκαλέσει στον άνθρωπο προβλήματα του αναπνευστικού συστήματος, βλάπτει το περιβάλλον και τα οικοσυστήματα και προκαλεί την όξινη βροχή.

Η όξινη βροχή είναι η αλλαγή του pH της βροχής προς το όξινο, που παρατηρείται τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της ανθρωπογενούς δραστηριότητας. Συγκεκριμένα, το διοξείδιο του θείου (SO_2) και το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) των ρύπων, αντιδρούν με τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας και τη βροχή και σχηματίζουν αντίστοιχα οξέα, το θειικό και το νιτρικό. Η όξινη βροχή έχει έντονες επιπτώσεις στα φυσικά οικοσυστήματα σκοτώνοντας άμεσα ή έμμεσα διάφορες μορφές ζωής, αλλά και στα οικιστικά οικοσυστήματα, διαβρώνοντας ιστορικά μνημεία και προκαλώντας ζημιές σε κτίρια και οχήματα.

Σοβαρές επιπτώσεις στην ακεραιότητα των οικοσυστημάτων, στους υδάτινους πόρους, στη βιομηχανία και τη γεωργία, επιφέρει επίσης το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μια φυσική διαδικασία. Χάρη σε αυτό, η μέση θερμοκρασία της Γης διατηρείται στο επίπεδο των $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Τα αέρια του θερμοκηπίου, που περιλαμβάνουν κυρίως το CO_2 και τους υδρατμούς, σχηματίζουν ένα στρώμα στην ατμόσφαιρα της Γης, ώστε αφού επιτρέψουν να εισέλθει η υπέρυθη ακτινοβολία του ήλιου, αυτή απορροφάται κατά ένα μέρος από την ατμόσφαιρα και θερμαίνει τη Γη. Έπειτα, η Γη επανεκπέμπει την υπόλοιπη ακτινοβολία, που ένα τμήμα της φεύγει προς το διάστημα και το υπόλοιπο εγκλωβίζεται από το στρώμα των αερίων του θερμοκηπίου.

Τα τελευταία χρόνια, λέγοντας φαινόμενο θερμοκηπίου αναφερόμαστε όχι στη φυσική διεργασία, αλλά στην έξαρση αυτής, λόγω της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η καύση ορυκτών καυσίμων έχει οδηγήσει στην αύξηση του ποσού του CO_2 αλλά και άλλων αερίων όπως το μεθάνιο και οξείδια του αζώτου, που εκλύονται στην ατμόσφαιρα. Τα αέρια αυτά εγκλωβίζουν την ακτινοβολία που θα εκπέμπονταν στο διάστημα. Οι αυξημένες

ποσότητες των εκπομπών των αερίων προκαλούν την παγκόσμια άνοδο της θερμοκρασίας, γεγονός που θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στο επίπεδο της θάλασσας. Η αναμενόμενη άνοδος του επιπέδου της θάλασσας, οφείλεται στη θερμική διαστολή των ωκεανών και στο λιώσιμο των πάγων.

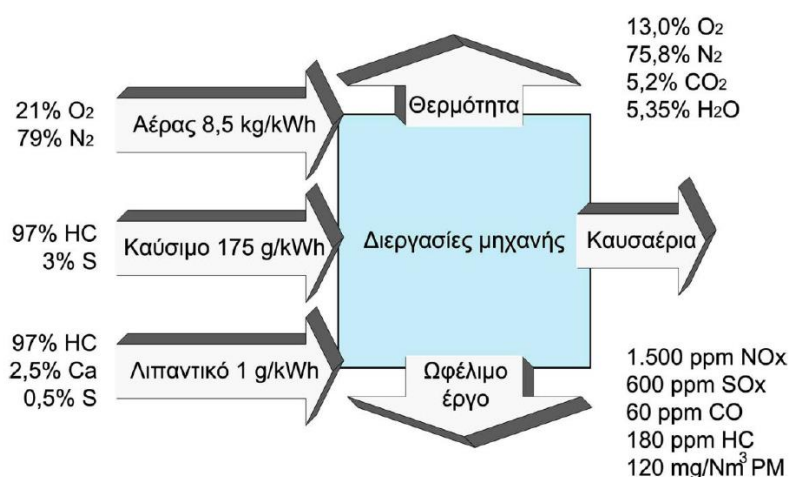
Η ναυτιλία είναι υπεύθυνη για το 2-3% των παγκοσμίων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ τα αέρια με τη μεγαλύτερη αύξηση συγκέντρωσης είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και το μεθάνιο (CH_4). (Μπερμπέρης, 2018)

4.8.1 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΝΑΥΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Τα καύσιμα των ναυτικών μηχανών καίγονται με το οξυγόνο και παράγουν την ενέργεια που απαιτείται για τη πρόωση του πλοίου. Παράλληλα, αποβάλλονται καυσαέρια.

Τα καυσαέρια μιας ναυτικής μηχανής περιέχουν κατά κύριο λόγο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), με άμεση και παγκόσμια επίδραση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, οξείδια του θείου και ειδικά διοξείδιο του θείου (SO_2), που συνιστούν ιδιαίτερο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και το τοπικό φυσικό περιβάλλον καθώς και μαύρο άνθρακα (BC) ή αιθάλη, επίσης με άμεσες αλλά πιο τοπικές και μικρότερης έντασης επιπτώσεις στην υπερθέρμανση. Επίσης τα καυσαέρια αποτελούνται από οξείδια του αζώτου (NO_x), τα οποία είναι επιβλαβή για τον άνθρωπο ενώ μεγάλες ποσότητες διαταράσσουν τα υδάτινα οικοσυστήματα με το φαινόμενο του ευτροφισμού. Τα καυσαέρια περιέχουν επίσης άζωτο (N_2), οξυγόνο (O_2) και υδρατμούς (H_2O).

(Κυρτάτος Ν.)



Εικόνα 42. Είσοδος και έξοδος μιας ναυτικής μηχανής (Μπερμπέρης, 2018)

Η Ναυτιλιακή Βιομηχανία θεωρείται μια από τις κύριες δραστηριότητες εκπομπής ρύπων στην ατμόσφαιρα, συντελώντας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

4.8.2 IMO ΚΑΙ MEPC

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός ΔΝΟ ή International Maritime Organization (IMO), ιδρύθηκε στις 17 Μαρτίου 1948 και συνεδρίασε για πρώτη φορά τον Ιανουάριο του 1959. Ο IMO αποτελεί εξειδικευμένο Οργανισμό των Ηνωμένων Εθνών, με κύρια αποστολή την ασφάλεια και προστασία της διεθνούς ναυτιλίας και την πρόληψη της ρύπανσης των πλοίων. Επίσης, ασχολείται με τη «διευκόλυνση της διεθνούς θαλάσσιας κυκλοφορίας καθώς και με νομικά ζητήματα που προκύπτουν από τη δραστηριοποίηση της διεθνούς ναυτιλίας».

Η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος ή Marine Environment Protection Committee (MEPC), είναι τομέας του IMO, με αρμοδιότητα να εξετάζει κάθε ζήτημα που σχετίζεται με την πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης από τα πλοία, την ανακύκλωση των πλοίων, την επίβλεψη των ερμάτων, την άμεση αντιμετώπιση οικολογικών καταστροφών καθώς και τη προφύλαξη υδάτινων οικοσυστημάτων. Τέλος, μεριμνά για την υιοθέτηση και τροποποίηση συμβάσεων και άλλων κανονισμών και μέτρων για τη διεκπεραίωση του σκοπού τους. (Marine Environment Protection Committee (MEPC)), (Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός)

Η MEPC ενέκρινε μια σειρά κανονισμών για τη μείωση της έντασης άνθρακα στα πλοία. Πιο συγκεκριμένα, εισήχθη δείκτης ενεργειακής απόδοσης του πλοίου, πράγμα που σημαίνει πως από το 2025, τα πλοία θα πρέπει να συμμορφώνονται με πιο αυστηρούς ελέγχους για τις εκπομπές οξειδίων του θείου. (Βαμβακά, 2022)

Σύμφωνα με μια είδηση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, η Ε.Ε πέρασε νέο σχέδιο κανόνων για την χρήση ανανεώσιμων καυσίμων και καυσίμων χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών στις θαλάσσιες μεταφορές. Στόχος είναι ο ναυτιλιακός τομέας να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία κατά 2% από το 2025, 20% από το 2035 και 80% από το 2050 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2020. (Μείωση εκπομπών από αεροπλάνα και πλοία: Τα μέτρα της ΕΕ, 2022)

Ένα άρθρο από την ναυτιλιακή ιστοσελίδα *Portnet* γράφει: «Οι ευρωβουλευτές έθεσαν ως στόχο το 2% στη χρήση ανανεώσιμων καυσίμων και υποχρέωσαν τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και τα επιβατηγά πλοία να χρησιμοποιούν ηλεκτρική τροφοδότηση από ξηράς ενώ είναι ελλιμενισμένα στα κύρια λιμάνια της ΕΕ από το 2030, μέτρο που θα μειώσει σημαντικά την ατμοσφαιρική ρύπανση». (ΕΕ: Να περιοριστούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την ναυτιλία, 2022)

4.9 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

Το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (ΥΦΑ) ή Liquefied Natural Gas (LNG), είναι αέριο μεθανίου το οποίο μπορεί να αποθηκεύει υπό πίεση ή υπό χαμηλή θερμοκρασία. Ένα άρθρο του Ιωάννη Κοκοράκη από το ενημερωτικό περιοδικό ναυτιλίας *Ναυτικά Χρόνια*, γράφει πως ο συνολικός απαιτούμενος όγκος αποθήκευσης υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι 3 φορές μεγαλύτερος του όγκου που απαιτείται για πετρέλαιο ίσης ενέργειας. Συνεπώς, απαιτούνται σημαντικές τροποποιήσεις σε πλοία για την ασφαλή αποθήκευσή του. Παρόλο το μεγάλο χώρο αποθήκευσης, το LNG είναι ένα εναλλακτικό καύσιμο με μηδενικές εκπομπές οξειδίων του θείου και σημαντικά μειωμένες εκπομπές οξειδίων του αζώτου και διοξειδίου του άνθρακα, ενώ παράλληλα έχει την ίδια ενεργειακή απόδοση με αυτή του πετρελαίου. Ένα μειονέκτημα του LNG, είναι ότι κατά τη χρήση του, υπάρχει πιθανότητα διαρροής μεθανίου (CH_4), το οποίο αποτελεί ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου. Άλλα προβλήματα περιλαμβάνουν την απουσία εκτεταμένου δικτύου παροχής LNG στα λιμάνια, καθώς και θέματα ασφάλειας. (Κοκαράκης, 2013) (CNG Δ.Ε.Π.Α)

Το φυσικό αέριο αποθηκεύεται στα πλοία σε υγρή κατάσταση σε ειδικά ψυχρά δοχεία και χρειάζεται συνεχώς να αφαιρείται μια μικρή ποσότητα αερίου για να διατηρείται η πίεση και η θερμοκρασία εντός των ορίων ασφαλείας. Επιπλέον, έχουν γίνει εξελίξεις κατά τη διαδικασία της επανυγροποίησης του αερίου που εξατμίζεται, επιτρέποντάς του να επιστραφεί στις δεξαμενές ως υγρό.

Υπάρχουν δύο τύποι αεριομηχανών για καύση LNG. Αυτές που λειτουργούν μόνο με αέριο και η ανάφλεξη γίνεται με αναφλεκτήρα και οι διπλού καυσίμου, που λειτουργούν με καύσιμο ντίζελ και φυσικού αερίου. (Κοκαράκης, 2013)

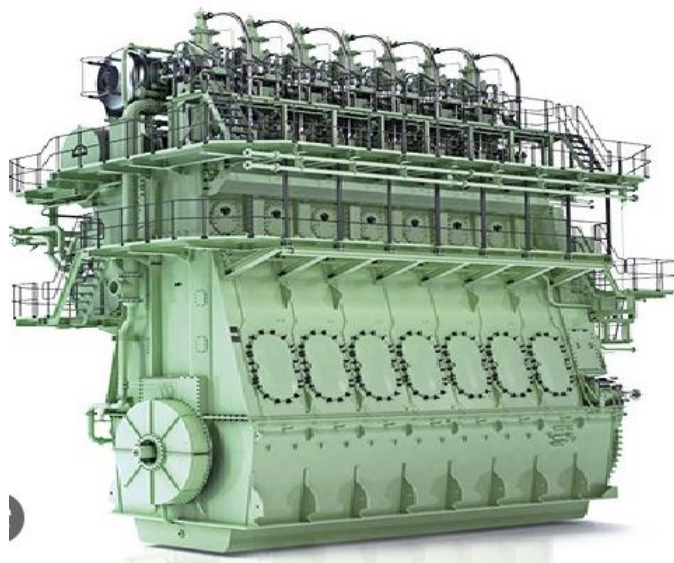


Εικόνα 43. Αεριομηχανή πλοίου

ΠΛΟΙΑ LPG

Τα πλοία LPG μεταφέρουν υγροποιημένο αέριο σε θερμοκρασίες μέχρι και -60°C . Οι δεξαμενές αποθήκευσης διαθέτουν πολλαπλά τοιχώματα για την διατήρηση της θερμοκρασίας του φορτίου στα επιθυμητά επίπεδα. Σε ειδικές δεξαμενές, το φορτίο συμπιέζεται για να υγροποιηθεί και διατηρείται υπό θετική πίεση. Τα μεταφορικά αυτά πλοία, είναι ειδικά κατασκευασμένα ώστε να κινούνται με αεριομηχανή, χρησιμοποιώντας το φορτίο τους για πρόωση.

«Τα μέτρα πρόληψης στα πλοία LPG είναι μεγάλα λόγω της επικινδυνότητας του φορτίου», γράφει μια ανάρτηση του SBE (Shipping and Business Education). Ταυτόχρονα η επάνδρωση τους πρέπει να γίνεται από ειδικά εκπαιδευμένο πλήρωμα με εμπειρία, που να μπορεί να ανταπεξέλθει στις ιδιαιτερότητες του φορτίου που μεταφέρεται. Υπάρχουν ήδη πάνω από εκατό πλοία που τροφοδοτούνται με LPG παγκοσμίως. (Κοκαράκης, 2013), (Shipping and Business Education, 2016)



Εικόνα 44. Μηχανή πλοίου LPG

ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΑ

Τα βιοκαύσιμα παράγονται από προϊόντα βιολογικής προέλευσης, όπως τη γεωργία και τη ξυλεία. Καλλιέργειες όπως το ζαχαροκάλαμο και το καλαμπόκι χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή βιοαιθανόλης. Καλλιέργειες που περιέχουν φυτικά έλαια, όπως ο ηλίανθος και η σόγια, χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή βιοντίζελ. Τα δύο παραπάνω προϊόντα έχουν συχνή εφαρμογή ως καύσιμα κίνησης, αφού πρώτα αναμειχθούν με βενζίνη. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο τους, αλλά δεν είναι κατάλληλα για χρήση σε πλοία.

Τα βιοκαύσιμα πρώτης γενιάς, δέχτηκαν κριτική διότι επέφεραν επιπτώσεις στις χρήσεις καλλιεργήσιμης γης, αυξάνοντας τις τιμές των τροφίμων, καθώς οι εκτάσεις που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή φαγητού χρησιμοποιούνται για την παραγωγή καυσίμων. Για αυτό το λόγο, τα πλέον δημοφιλέστερα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς παράγονται από υπολείμματα μη βρώσιμων καλλιεργειών, όπως παραπροϊόντα ξυλείας, γρασιδιού ή βιομηχανικά απόβλητα.

Τα βιοκαύσιμα έχουν σημαντικά μειωμένες εκπομπές CO₂ σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Αυτό συμβαίνει γιατί το CO₂ που εκπέμπεται κατά την καύση τους είναι οργανικής προέλευσης και έχει απομακρυνθεί από την ατμόσφαιρα με τη φωτοσύνθεση για τη δημιουργία της βιομάζας του φυτού. Έτσι, το ισοζύγιο εκπομπών του κύκλου ζωής του βιοκαυσίμου είναι θεωρητικά μηδέν.

Πρέπει να αναφερθεί το σημαντικό γεγονός πως, οι διαδικασίες παραγωγής και μεταφοράς βιοκαυσίμων παράγουν επιπλέον CO₂. Η καθαρή μείωση παραγωγής βλαβερών ρύπων, εξαρτάται από τους τρόπους παραγωγής και μεταφοράς των βιοκαυσίμων. Επίσης, συγκεκριμένα το βιοντίζελ που χρησιμοποιείται για τη κίνηση οχημάτων, μετατρέπεται σε μυκητολάσπη αν δε

καταναλωθεί εντός 6 μηνών. Η μυκητολάσπη προξενεί προβλήματα λειτουργίας στα κυκλώματα καυσίμων.

Συμπερασματικά, τα βιοκαύσιμα είναι μια ανανεώσιμη και εγχώρια πηγή ενέργειας με πρωτοφανές όφελος στην ενεργειακή κρίση με μικρότερη ρύπανση του περιβάλλοντος, αλλά απαιτείται προσοχή στη χρήση του, καθώς η επισκευή και συντήρηση μηχανών από τη λάσπη του βιοντίζελ μπορεί να αποτελέσει δαπανηρή διαδικασία. (Τα βιοκαύσιμα κερδίζουν τη ναυτιλία γραμμών, 2020), (Βιοκαύσιμα Βικιπαίδεια), (Υ.Π.Ε), (Τα βιοκαύσιμα εισέρχονται στη ναυτιλία, 2019)



Εικόνα 45. Βιοντίζελ από σογιέλαιο

PLAXX

Ένας νέος τύπος καυσίμου από πλαστικά απόβλητα έκανε την εμφάνισή του σε δοκιμές το 2016, για τη χρήση σε πετρελαιοκινητήρες δεξαμενόπλοιων και επιβατικών πλοίων.

Τα καύσιμα με την ονομασία Plaxx έχει αναπτυχθεί από μια ομάδα του Εργαστηρίου Ρομποτικής του Πανεπιστημίου του Μπρίστολ της Αγγλίας, σε συνεργασία με ιδιωτική εταιρεία. Οι δοκιμές έχουν στόχο να ελέγξουν αν το Plaxx μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φιλικό για το περιβάλλον υποκατάστατο των βαρέων παραγώγων του πετρελαίου που χρησιμοποιείται στη ναυτιλία χωρίς αύξηση της φθοράς του κινητήρα.

Το Plaxx παράγεται μέσω μιας ειδικής και καινοτόμου διαδικασίας ανακύκλωσης του πλαστικού. Πολλά διαδικτυακά άρθρα εξηγούν πως το Plaxx αποτελείται από ένα μείγμα μορίων υδρογονανθράκων, παρόμοιου με του αργού πετρελαίου. Σε αντίθεση με το αργό πετρέλαιο, το Plaxx έχει χαμηλή περιεκτικότητα θείου και άλλων οργανικών και ανόργανων ρυπαντών.

Η παραγωγή Plaxx θα βοηθήσει επίσης στην επίλυση του προβλήματος των πλαστικών αποβλήτων που δεν μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία με τις παραδοσιακές τεχνικές. (Laird, 2016), (Green Agenda, 2016)

ΥΔΡΟΓΟΝΟ

Η εφημερίδα *Ναυτεμπορική* γράφει για το νορβηγικό επιβατικό πλοίο «Hydra», το πρώτο στο κόσμο που οι μηχανές του λειτουργούν με καύσιμο το υγρό υδρογόνο, και η κατασκευή του ολοκληρώθηκε τον Ιούλιο του 2021. Το υδρογόνο παρέχει δύναμη πρόωσης με μηδενικό οικολογικό αποτύπωμα. Μπορεί να παραχθεί με διάφορους τρόπους, όπως με ηλεκτρόλυση. Κατά τη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης, το νερό χωρίζεται σε υδρογόνο και οξυγόνο. Επιπλέον, μπορεί να παραχθεί με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αλλά ο κύριος τρόπος παραγωγής υδρογόνου είναι με τη καύση πετρελαίου.

Το υδρογόνο μπορεί να αξιοποιηθεί με τις κυψέλες καυσίμου. Οι κυψέλες τροφοδοτούνται με υδρογόνο και ένας καταλύτης διαχωρίζει τα μόρια υδρογόνου σε πρωτόνια και ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια τροφοδοτούν ένα κύκλωμα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα πρωτόνια μετακινούνται με μία άλλη διαδικασία και αναμιγνύονται με οξυγόνο και ηλεκτρόνια παράγοντας νερό και θερμότητα. (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy)

Ένα πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί, είναι η ανατροφοδότηση του υδρογόνου στο πλοίο, αν το απόθεμα τελειώσει. Για αυτό το «Hydra» εκτελεί μικρές διαδρομές. Μια πιθανή λύση για το μέλλον της ναυτιλίας, είναι η χρήση ηλιακής ή αιολικής ενέργειας στα πλοία, για τη παραγωγή υδρογόνου από ηλεκτρική ενέργεια. Μια ιδέα που γεννήθηκε είναι η κατασκευή ειδικών σταθμών παραγωγής υδρογόνου σε διάφορα σημεία του ωκεανού, για να εφοδιάζουν πλοία όπως τα βενζινάδικα εφοδιάζουν τα αυτοκίνητα. (NAYTEMΠΟΡΙΚΗ, 2021), (Wikipedia Hydrogen powered ship)

Το υδρογόνο αποτελεί ένα ρεαλιστικό εναλλακτικό καύσιμο για τη ναυτιλία, αλλά υπάρχουν εμπόδια που πρέπει να ξεπεραστούν, όπως για παράδειγμα το υψηλό κόστος παραγωγής του υδρογόνου, οι κατάλληλοι χώροι αποθήκευσης καθώς και κίνδυνοι ατυχήματος, καθώς το υδρογόνο είναι εύφλεκτο με υψηλή πιθανότητα διαρροής. Απαιτείται περεταίρω τεχνολογική πρόοδος για την πλήρη και ασφαλή εκμετάλλευση του υδρογόνου.



Εικόνα 46. Το «Hydra».

ΜΕΘΑΝΟΛΗ

Η μεθανόλη θα μπορούσε να θεωρηθεί σαν ένα πιθανό ναυτιλιακό καύσιμο του μέλλοντος. Η παραγωγή καυσίμου μεθανόλης μπορεί να γίνει με ανθρακικά ουδέτερο τρόπο από βιολογικής προέλευσης προϊόντα. Επίσης, σε αντίθεση με το υδρογόνο, η μεθανόλη δεν χρειάζεται να αποθηκεύεται υπό πίεση ή σε εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες. (ΝΑΥΤΙΚΑ ΧΡΟΝΙΑ , 2022)

Ως καύσιμο αξιοποιείται προς το παρόν σε λίγα μόνο πλοία, ενώ η ζήτησή της αναμένεται να αυξηθεί στο μέλλον. Μέχρι σήμερα η χρήση της γινόταν μόνο στις κύριες μηχανές των πλοίων, αλλά πραγματοποιούνται δοκιμές από τις αρχές του 2021 για να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο στους ατμολέβητες των πλοίων. Τα αποτελέσματα δείχνουν πως η καύση μεθανόλης παράγει πολύ χαμηλές εκπομπές καυσαερίων, ενώ ο ατμός που παράγεται έχει την ίδια παραγόμενη ισχύ με τον ατμό από καύση πετρελαίου. (ΝΑΥΤΙΚΑ ΧΡΟΝΙΑ, 2022)

Στο άρθρο στην *Εφημερίδα των Συντακτών*, ο Φαναριώτης εξηγεί πως το πρόβλημα για τις ναυτιλιακές εταιρείες είναι ότι τα πιο φιλικά για το περιβάλλον καύσιμα, όπως η μεθανόλη, εξακολουθούν να παράγονται μόνο σε μικρές ποσότητες σε σύγκριση με το παραδοσιακό ναυτιλιακό ντίζελ. (Φαναριώτης, 2022)

4.10 ΑΜΦΙΒΙΑ

ΑΕΡΟΣΤΡΩΜΝΟ

Τα αερόστρωμνα, ή hovercraft, είναι ξεχωριστά αμφίβια σκάφη. Έχουν περισσότερα κοινά με αεροσκάφη παρά με πλοία, διότι στη πράξη τα hovercraft πετάνε. Η μηχανή κινεί τους αεροστροβίλους οι οποίοι δημιουργούν υψηλή πίεση αέρα στο κάτω μέρος του σκάφους όπου και η λεγόμενη φούστα του αερόστρωμνου φουσκώνει με αποτέλεσμα να σηκώνεται το hovercraft. Επιπλέον μηχανές παρέχουν την κατάλληλη ώθηση για να κινηθεί. Τα περισσότερα hovercraft χρησιμοποιούν μια μηχανή η οποία κατευθύνει αέρα στη φούστα για ανύψωση ενώ παράλληλα ο περισσευούμενος αέρας απελευθερώνεται από πίσω, ωθώντας το σκάφος. Η ανύψωση αυτή, έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση της τριβής και της αντίστασης του νερού, για αυτό τα hovercraft μπορούν να φτάσουν σε πολύ υψηλές ταχύτητες, ενώ μπορούν να διασχίσουν νερό, ξηρά και πάγο.

Το πρώτο αερόστρωμνο κατασκευάστηκε στην Αγγλία το 1959 και αμέσως κέρδισε την εμπιστοσύνη του κοινού. Έτσι, τα hovercraft από μικρά πρωτότυπα εξελίχθηκαν σε μεγάλα επιβατικά σκάφη, ικανά μεταφέρουν 250 επιβάτες και 30 οχήματα. Ήταν πιο γρήγορα από άλλα πλοία, διασχίζοντας την θάλασσα της Μάγχης σε πρωτοφανώς λιγότερο χρόνο από ένα συμβατικό σκάφος. Παρά την ασυναγώνιστη ταχύτητά του, το αερόστρωμνο ήταν λιγότερο άνετο για τους

επιβάτες και λιγότερο αξιόπιστο σε κακές καιρικές συνθήκες. Αλλά το σημαντικότερο μειονέκτημα που προκάλεσε τη εγκατάλειψη του αερόστρωμνου ως μεταφορικό σκάφος ήταν η υψηλή κατανάλωση καυσίμου. Πλέον τα hovercraft χρησιμοποιούνται κυρίως για στρατιωτικούς σκοπούς λόγω της ευελιξίας τους. (Mustard, 2022)



Εικόνα 47. Το επιβατικό hovercraft SR N4

Το μεγαλύτερο αερόστρωμνο για στρατιωτικούς σκοπούς είναι το ρωσικό Zubr. Χρησιμοποιείται ως αποβατικό σκάφος, ικανό να μεταφέρει στρατιώτες και άρματα μάχης. Κατέχει πέντε αεριοστροβίλους και τρεις έλικες με δυνατότητα περιστροφής της κατεύθυνσης για μεγαλύτερη ευκινησία. Ο ελληνικός στρατός έχει στη κατοχή του δύο αερόστρωμνα τύπου Zubr, γεγονός που σηματοδότησε τη πρώτη φορά που χώρα του ΝΑΤΟ χρησιμοποίησε ρωσικό σκάφος. (Παπασημάκης, 2019)

ΕΚΡΑΝΟΠΛΑΝΟ

Το 1966 η Σοβιετική Ένωση έκτισε το πρώτο εκρανοπλάνο. Η ιδέα ανήκει στον Σοβιετικό Μηχανικό Ροστισλάβ Αλεξέεβ. Ενώ με τη πρώτη ματιά το εκρανοπλάνο μοιάζει με αεροπλάνο, στη πραγματικότητα είναι όχημα επίδρασης εδάφους (Ground effect vehicle ή GEV) που λειτουργεί με την αρχή της επίδρασης του εδάφους (στα Ρωσικά эффе́кт экра́на ή *effekt ekrana*, εξού και το όνομα εκρανοπλάνο).

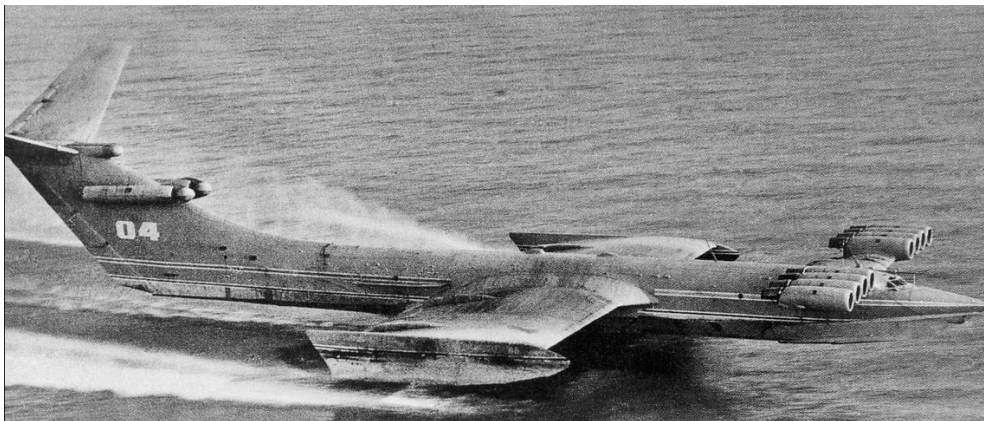
Η αρχή επίδρασης εδάφους αποτελεί ένα αεροδυναμικό φαινόμενο που λαμβάνει χώρα όταν ένα ιπτάμενο σώμα βρίσκεται κοντά στο έδαφος. Σε αυτό το φαινόμενο, η ροή του αέρα στα φτερά του σκάφους αυξάνεται με αποτέλεσμα να αυξηθεί η δύναμη πρόωσης, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η τριβή. Συνεπώς, το

σκάφος απαιτεί λιγότερη ενέργεια για να διατηρήσει τη ταχύτητά του. (Theory of Flight)

Τα εκρανοπλάνα έχουν πολεμική χρήση καθώς ταξιδεύουν με υψηλή ταχύτητα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, περνώντας απαρατήρητα από εχθρικά ραντάρ και αγνοώντας νάρκες και άλλα αμυντικά όπλα, όπως τορπίλες. Επίσης μπορεί να μεταφέρει ανθρώπινο δυναμικό, καθώς και άρματα μάχης.

Το πρώτο εκρανοπλάνο έλαβε το ψευδώνυμο από τους Αμερικάνους: Το Τέρας της Κασπίας (Kaspian Monster), γιατί όταν το εντόπισαν οι δορυφόροι παρακολούθησης είχε στην επιφάνεια του τα γράμματα KM, συντομογραφία για Корабль Макет ή πρωτότυπο πλοίο. Στη παρθενική του πτήση, το Τέρας της Κασπίας έφτασε την ταχύτητα των 400 χλμ./ώρα, έχοντας σύνολο δέκα στροβιλοκινητήρες.

Τα μειονεκτήματα των εκρανοπλάνων είναι η το υψηλό τους κόστος και το έμπειρο πλήρωμα που απαιτείται για να διατηρήσει το επιθυμητό ύψος πτήσης, 20 περίπου μέτρα πάνω από τη επιφάνεια της θάλασσας. (Droid, 2018)



Εικόνα 48. Το Τέρας της Κασπίας (Simple Flying)

4.11 ΕΞΕΛΙΞΗ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Τα μέσα του 18^{ου} αιώνα, σηματοδοτούν την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης. Μια σειρά από τεχνικές, οικονομικές και κοινωνικές αλλαγές οδήγησαν στην άνοδο της τεχνολογίας. Ο κύριος Πατέλης εξηγεί πως: «Με τη βιομηχανική επανάσταση εντάσσονται στη παραγωγή σε ευρεία κλίμακα οι μηχανές ως «αυτενεργά» μέσα εργασίας με μεγαλύτερη σχετική ανεξαρτησία από τον παραγωγό, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή λειτουργία και ανάπτυξη της παραγωγής.» (Πατέλης, 2019, σ. 324). Η συνεχής άνοδος της τεχνολογίας οδήγησε στην Δεύτερη βιομηχανική επανάσταση στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, με τις μαζικές παραγωγές και τη πλήρη εκβιομηχάνιση, καθώς και με την εισαγωγή νέων πηγών ενέργειας, όπως το πετρέλαιο. Η τεχνολογική άνοδος συνεχίζεται στα

σημερινά χρόνια, με την εισαγωγή των υπολογιστών στον επαγγελματικό και προσωπικό τομέα. Τα πλοία, έπαιξαν σημαντικό ρόλο σε αυτή την κοινωνική εξέλιξη μεταφέροντας αγαθά από τη μια ήπειρο στην άλλη και πρώτες ύλες με προορισμό τη παραγωγική αλυσίδα. Τα πλοία αναδιοργάνωσαν το παγκόσμιο εμπόριο το οποίο συνεχώς εξαπλώνονταν, πράγμα που συνέβαλλε αρκετά στην εκβιομηχάνιση των εθνών.

Ταυτόχρονα, τα πλοία συνέχιζαν να είναι πρωταγωνιστές στους τομείς της εξερεύνησης και της αποικιοκρατίας. Οι Αυτοκρατορίες της Ευρώπης εξαπλώνονται ακόμα πιο μακριά με τη βοήθεια των ταχύτερων και αξιόπιστων ατμόπλοιων με αποτέλεσμα την ίδρυση αποικιών στην Αφρική και την Ασία.

Παράλληλα, η προστασία των συμφερόντων των κρατών έγινε πιο σημαντική από ποτέ. Η μακρινή και γοργή εξάπλωση σε άλλες ηπείρους απαιτεί ένα ισχυρό ναυτικό για τη άμυνα των θαλάσσιων εμπορικών οδών και των κτήσεων. Νέες καινοτομίες στο τομέα της παραγωγής όπλων και πολεμικών πλοίων ήρθε ραγδαία, με αποκορύφωμα τη κούρσα πολεμικών ναυτικών εξοπλισμών που ξεκίνησε το 1897 με τη ναυπήγηση των θωρηκτών. Ύστερα από τα θωρηκτά ήρθαν τα υποβρύχια, μετά τα αεροπλανοφόρα και έπειτα τα πυρηνοκίνητα καταδρομικά.

Τα ατμόπλοια και ο έλικας έφεραν ριζική αλλαγή στη ταχύτητα των μετακινήσεων. Τα μακρινά ταξίδια έγιναν φτηνά και προσβάσιμα. Αυτό οδήγησε σε ένα μεγάλο μεταναστευτικό κύμα από ανθρώπους που ταξίδεψαν σε μακρινές χώρες για να αναζητήσουν καλύτερη ποιότητα ζωής ή για να ξεφύγουν από δυσμενείς συνθήκες. Για παράδειγμα, ο μεγάλος λιμός της Ιρλανδίας το 1845 οδήγησε τουλάχιστον ένα εκατομμύριο Ιρλανδούς να μεταναστεύουν σε άλλες χώρες, κυρίως στη Βόρεια Αμερική. Αυτό οδήγησε στην ανοικοδόμηση των δημογραφικών στοιχείων σε πολλές χώρες, την ενδυνάμωση της οικονομίας και την ένωση μακρινών χωρών, μέσω συγγενικών σχέσεων. Οι μετανάστες, εκτός από όνειρα, έφεραν στο νέο τους σπίτι τα έθιμά τους και τη κουλτούρα τους, εισάγοντας νέες ιδέες και τρόπους ζωής.

Με το πέρασμα των χρόνων, τα θαλάσσια ταξίδια συνεχώς γίνονται όλο και πιο άνετα, αξιόπιστα, και γρήγορα. Αυτό επέτρεψε στα ταξίδια να λάβουν νέο σκοπό, εκτός από εμπόριο και ανάγκη για μετανάστευση, το σκοπό της διασκέδασης. Ο τουρισμός αυξάνεται, ειδικά στο τομέα των κρουαζιερόπλοιων. Αυτό είναι δυνατό χάρη στις εξελίξεις που γίνονται στα πλοία και πιο συγκεκριμένα στα μεγάλα κρουαζιερόπλοια όπου η μεγάλη ζήτηση οδηγεί σε καινοτομίες, όχι μόνο για μεγαλύτερη ταχύτητα κα ευελιξία, αλλά και για μεγαλύτερη άνεση. Αυτό με τη σειρά του, οδηγεί στην ανάπτυξη τουριστικών θέρετρων, τουριστικών εγκαταστάσεων και υποδομών, καθώς και τουριστικών εταιριών σε παραθαλάσσιες περιοχές όλου του κόσμου.

*Ένα ισχυρό ναυτικό δεν είναι πρόκληση πολέμου, αλλά βεβαίωση ειρήνης.
-Θεόδωρος Ρούζβελτ, πρόεδρος των Η.Π.Α., 1858-1919*

*Η μέρα που θα σταματήσουμε να εξερευνούμε, είναι η μέρα που
εξαναγκάζουμε τους εαυτούς μας να ζήσουν σε ένα στάσιμο κόσμο, χωρίς περιέργεια,
δίχως όνειρα.*

-Νιλ Ντε-Γκρας Τάισον, Αμερικάνος αστροφυσικός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΤΥΠΟΙ ΠΡΩΩΣΗΣ

5.1 ΤΡΟΧΟΣ

Τα ατμόπλοια χρησιμοποιούσαν τη δύναμη του ατμού για να κουνήσουν έναν ή περισσότερους τροχούς, οι οποίοι δημιουργούσαν τη δύναμη πρόωσης.



Εικόνα 49. Τροχός τροχήλατου πλοίου (Adobe Stock)

Ο σκελετός των τροχών τέτοιων πλοίων κατασκευάζεται από μέταλλο και αποτελείται από κάθετες σανίδες, που λειτουργούν σαν κουπιά. Η ατμομηχανή τροφοδοτούσε τη περιστροφική δύναμη του τροχού και οι σανίδες δημιουργούσαν έτσι την απαραίτητη ώθηση για να κινηθεί το πλοίο. Συνήθως οι τροχοί ήταν εκτεθειμένοι, ενώ μερικές φορές ήταν εσώκλειστοι για να μην πιτσιλάει νερό αλλά και για να μειωθεί η πιθανότητα φθοράς.

Το πλοίο μπορεί να έφερε δύο πλευρικούς τροχούς. Σε αυτή τη περίπτωση, μεγάλωνε ο όγκος του ενώ παράλληλα αυξάνονταν η ευελιξία του καθώς υπήρχε η δυνατότητα ξεχωριστής ρύθμισης της ταχύτητας αλλά και της φοράς περιστροφής κάθε τροχού. Πλοία με πλευρικούς τροχούς χρησιμοποιούνται και σήμερα σε στενούς ποταμούς, αλλά τροφοδοτούνται με μηχανή ντίζελ. Διαφορετικά, ένας τροχός τοποθετούνταν στη πρύμνη του πλοίου, που παρείχε υψηλότερη ταχύτητα αλλά μικρότερη ευελιξία. (Barris, 2019), (How does paddle wheel boats work)

Αυτός ο τύπος πλοίων υπέφεραν από το φαινόμενο του διατοιχισμού στα κύματα, όταν αυτά χτυπούσαν το πλοίο από το πλάι. Διατοιχισμός είναι η ταλάντωση του πλοίου κατά τον διαμήκη άξονά του, με κλίσεις δεξιά και αριστερά. Τότε ο τροχός της πλευράς που βυθίζονταν περισσότερο, λόγω του διατοιχισμού, ενεργούσε σαν τεράστιο πηδάλιο με ισχυρή ροπή στρέψης προς την αντίθετη πλευρά, προκαλώντας απότομη αλλαγή πορείας του σκάφους, καθώς ο άλλος τροχός γύριζε σχεδόν στον αέρα. Έτσι, αυτά τα πλοία ήταν υποχρεωμένα να διορθώνουν συνεχώς τη πορεία τους, όπως και να ρυθμίζουν τη κατάλληλη

ταχύτητα. Δίχως μέσα ελάττωσης του διατοιχισμού, τα τροχήλατα πλοία έπρεπε να πλέουν κόντρα στο κύμα. (Βικιπαίδεια Τροχήλατο πλοίο)

ΜΕΣΑ ΕΛΑΤΤΩΣΗΣ ΔΙΑΤΟΙΧΙΣΜΟΥ

Με τον καιρό αναπτύσσονται νέα μέσα για τη μείωση του διατοιχισμού, ενώ παράλληλα βελτιώνονται τα ήδη υπάρχοντα μέσα με καινοτομίες.

Τα παρατροπίδια αποτελούν λωρίδες κάθετα του πλοίου, τοποθετημένες συμμετρικά ως προς τη καρίνα του σε σχήμα περυγίου. Μειώνουν δραματικά τον διατοιχισμό δημιουργώντας αντίσταση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ταχύτητας του πλοίου και κατά συνέπεια την αύξηση κατανάλωσης καυσίμου. Για αυτό τα παρατροπίδια εμφανίζονται σε μεγάλα ταχύπλοα σκάφη. (Βικιπαίδεια Παρατροπίδιο)

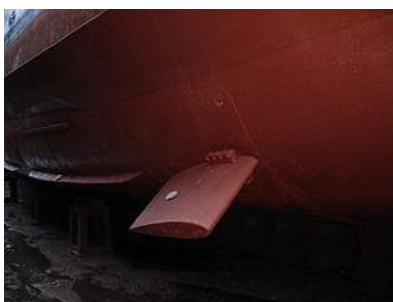
Οι σταθερωτές ή περύγια ευστάθειας, είναι οριζόντια περύγια τοποθετημένα σε ζεύγη κάτω από την ίσαλο γραμμή του πλοίου. Όταν το πλοίο παίρνει κλίση, τα περύγια στρέφονται κατάλληλα για να μηδενίσουν τον φαινόμενο του διατοιχισμού ενώ ταυτόχρονα διατηρούν την ισορροπία και την ευστάθεια του σκάφους. Τα σύγχρονα κρουαζιερόπλοια είναι εφοδιασμένα με περύγια ευστάθειας. (Βικιπαίδεια Σταθερωτήρες πλοίου)

Οι δεξαμενές έρματος βρίσκονται χαμηλά στο πλοίο και γεμίζουν με θαλασσινό νερό με σκοπό να κατεβάσουν το κέντρο βάρους του σκάφους. Έτσι μεγαλώνει η ευστάθεια και αντιμετωπίζεται ο κυματισμός. Δεξαμενές έρματος συναντιούνται κυρίως σε μεγάλα πετρελαιοφόρα και κοντέινερ. Όταν ξεφορτώνουν το φορτίο τους, οι δεξαμενές ανοίγουν και διοχετεύουν συγκεκριμένη ποσότητα έρματος για να αντισταθμίσουν το χαμένο βάρος. Αντίθετα, όταν φορτώνουν διώχνουν το έρμα για να διατηρήσουν το κέντρο βάρους στο επιθυμητό επίπεδο. (Γεωργούλης, 2020)

Ο βολβός είναι μια προέκταση με υδροδυναμική σχεδίαση που τοποθετείται στη πλώρη του πλοίου. Κατά τη πλεύση, ο βολβός δημιουργεί δικό του κυματισμό. Ο κυματισμός του βολβού συναντάει τον κυματισμό του βυθίσματος της πλώρης και τα δύο κύματα αλληλοεξουδετερώνονται. Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται ο διατοιχισμός και αυξάνεται η ταχύτητα του πλοίου. (Τριανταφύλλου, 2019)



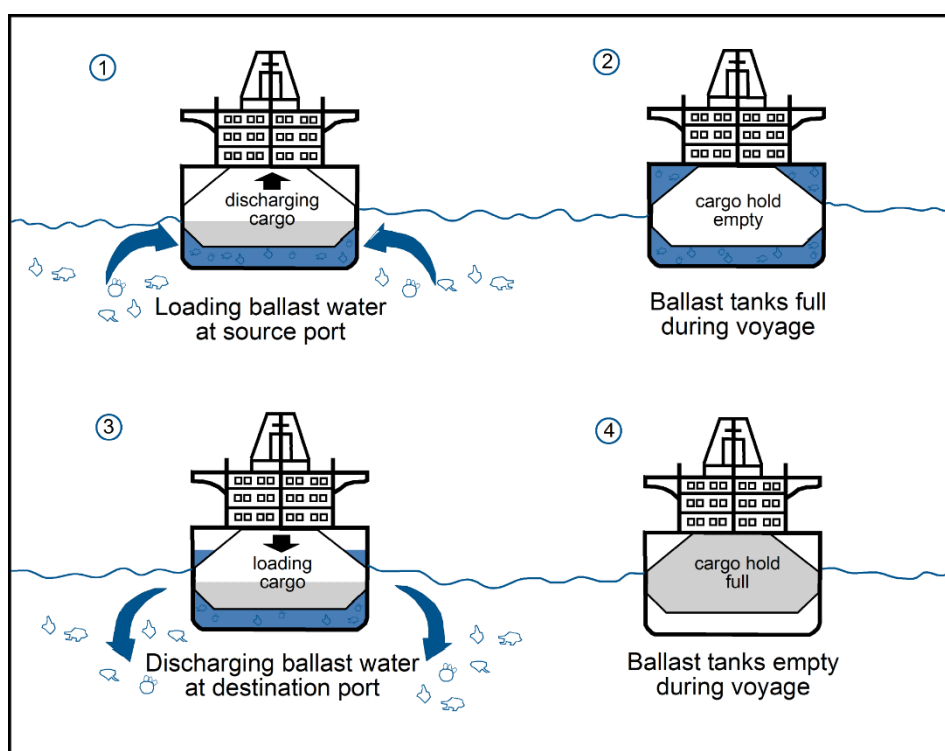
Εικόνα 52. Παρατροπίδιο



Εικόνα 51. Δεξιό περύγιο
ευστάθειας



Εικόνα 50. Βολβός πλοίου



Εικόνα 53. Σχηματική αναπαράσταση ερματισμού

5.2 ΕΛΙΚΑΣ

Ο έλικας ή προπέλα είναι ένα πολύ σημαντικό εξάρτημα του σκάφους που καθορίζει την ταχύτητά του. Ο έλικας είναι σχετικά σύγχρονη εφεύρεση που αντικατέστησε τους τροχούς για τη μηχανική κίνηση των σκαφών και παρέχει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα από κάθε άλλο μέσο πρόωσης που έχει εφευρεθεί μέχρι σήμερα. Αποτελείται από πτερύγια-λεπίδες που τοποθετούνται ομόκεντρα και ενιαία σε έναν άξονα. Το σχήμα των λεπίδων είναι καμπυλωτό. Με αυτόν τον τρόπο προκαλούν διαφορά ταχυτήτων μπροστά και πίσω από τον έλικα. Σύμφωνα με τον νόμο του Bernoulli, η διαφορά ταχυτήτων συνεπάγεται σε διαφορά πίεσης. Έτσι, εμφανίζεται μια κάθετη δύναμη στον άξονα περιστροφής των λεπίδων προς τη περιοχή με τη λιγότερη πίεση. Αυτή είναι η προωθητική δύναμη του πλοίου. Μεταξύ του άξονα μηχανής και του άξονα του έλικα, οπωσδήποτε παρεμβάλλεται αξονικό ωστικό έδρανο το οποίο παραλαμβάνει και διοχετεύει όλη την αξονική δύναμη του έλικα στο πλοίο. (Ιωαννίδης, 2016)



Εικόνα 54. Προπέλα πλοίου

Οι έλικες των πλοίων είναι κατασκευασμένοι από ανθεκτικά στη διάβρωση υλικά, καθώς λειτουργούν απευθείας στο θαλασσινό νερό, το οποίο είναι επιταχυντής διάβρωσης. Τέτοια υλικά είναι κράματα αλουμινίου και ανοξείδωτος χάλυβας. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται άλλα δημοφιλή υλικά όπως κράματα νικελίου, αλουμινίου και μπρούτζου που είναι ελαφρύτερα και ανθεκτικότερα.

Κάθε πλοίο επιλέγει ταυτότητα έλικα ανάλογα με τις απαιτήσεις του, την ισχύ της μηχανής, το είδος του σκάφους κτλ. Η ταυτότητα κάθε έλικα αναφέρει τα χαρακτηριστικά του, τα οποία είναι η διάμετρος (diameter), το βήμα (pitch), ο αριθμός των πτερυγίων του (blades), τη φορά περιστροφής (rotation) και την ανεπτυγμένη επιφάνεια των πτερυγίων (blade surface area).

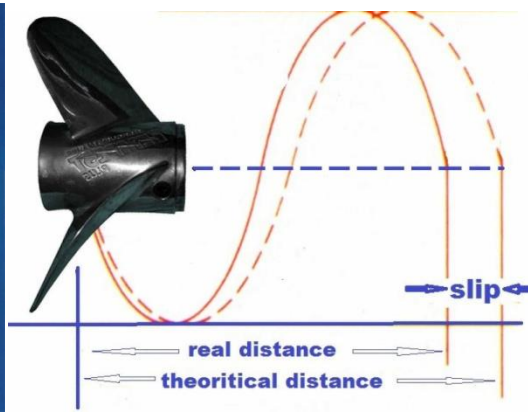
Διάμετρος είναι το ευθύγραμμο τμήμα που ενώνει δύο σημεία του κύκλου και περνάει από το κέντρο του κύκλου που διαγράφουν τα άκρα των πτερυγίων του έλικα καθώς περιστρέφεται. Όσο μεγαλώνει η διάμετρος αυξάνεται η ώθηση και συνήθως και η απόδοση του έλικα. Συνεπώς, η διάμετρος είναι το βασικότερο χαρακτηριστικό του έλικα.

Βήμα είναι η θεωρητική απόσταση που θα διανύσει ο έλικας όταν ολοκληρώσει μια πλήρη περιστροφή. Στη πραγματικότητα, ο έλικας θα παρουσιάζει απώλεια στη θεωρητική του απόδοση. Συνήθως η ταχύτητα του σκάφους θα είναι το 60%-75% του βήματος του έλικα. Αυτή η διαφορά επίδοσης ονομάζεται σφάλμα (slip).

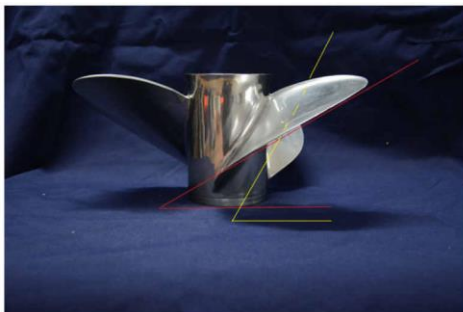
Η ταχύτητα περιστροφής του έλικα περιορίζεται από τη μηχανική αντοχή του και όχι από την ισχύ της μηχανής. Λόγω του περιορισμού αυτού, αν η κινητήρια μηχανή περιστρέφεται με περισσότερες στροφές από αυτές που μπορεί να αντέξει ο έλικας, είναι αναγκαία η παρεμβολή μειωτήρα στροφών. Πιο συγκεκριμένα, στο άκρο του άξονα της μηχανής ενσωματώνεται ένας οδοντωτός τροχός ο οποίος περιστρέφεται με τις στροφές της μηχανής. Ο τροχός αυτός δίνει κίνηση μέσω ενός άλλου οδοντωτού τροχού μεγαλύτερης διαμέτρου στον έλικα. Αυτή η διαφορά στη διάμετρο, που ονομάζεται σχέση μεταδόσεως, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των περιστροφών. Επειδή ο μειωτήρας είναι ένα ακόμα κομμάτι του πλοίου που απαιτεί συντήρηση, τα μεγάλα πλοία προτιμούν μια αργόστροφη δίχρονη μηχανή που δεν απαιτεί μειωτήρα. (Ματιάνος, 2021), (Τριανταφύλλου, 2019)



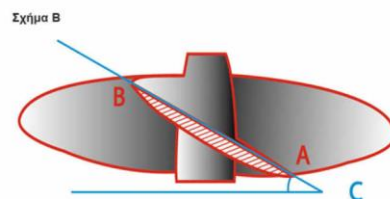
Εικόνα 55. Διάμετρος έλικα



Εικόνα 56. Βήμα έλικα



Εικόνα 57. Γωνία φτερών έλικα





Εικόνα 58. Έλικες πλοίου

ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΕΛΙΚΑ

Ο έλικας του πλοίου μπορεί να βελτιστοποιηθεί, ώστε να επιτευχθεί υδροδυναμικός σχεδιασμός. Αναφέρθηκε το γεγονός πως η απόδοση του έλικα βελτιώνεται όταν αυξάνεται η διάμετρός του καθώς και τρόπος αποφυγής εγκατάστασης μειωτήρα. Ιδανικά, ο αριθμός των πτερυγίων θα πρέπει επίσης να ελαχιστοποιείται, ώστε να μειώνεται η επιφάνεια και η αντίσταση της τριβής. Με την πάροδο του χρόνου, κατασκευάζονται νέα σχέδια και βελτιώνονται τα υπάρχοντα, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η απόδοση αλλά και το κόστος. Η έρευνα για αποδοτικότερα σχέδια έχει οδηγήσει στον δημιουργία σύνθετων τύπων έλικα που επηρεάζουν την ταχύτητα του πλοίου αλλά και τη κατανάλωση.

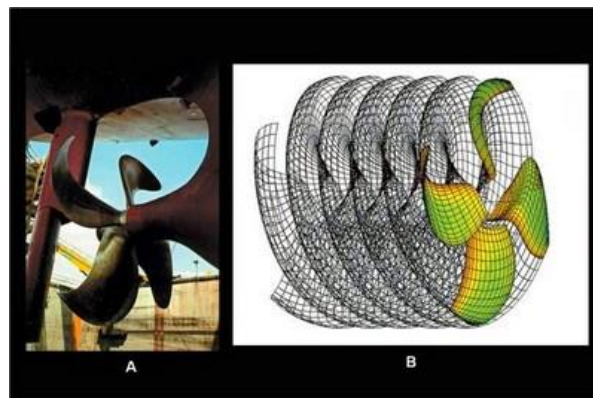
Οι έλικες σταθερού βήματος, Fixed Pitch Propellers ή FPP, αντιπροσωπεύουν τους συμβατικούς έλικες και χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορα μεγέθη, χωρίς να παρουσιάζουν ιδιαίτερες δυσκολίες στην κατασκευή τους, καλύπτοντας τις ανάγκες πρόωσης μικρών σκαφών μέχρι μεγάλων δεξαμενόπλοιων. (Wankhede, 2020), (Δάγκινης & Νικητάκος, 2014)

Ένας βελτιωμένος τύπος έλικα είναι ο Propeller Boss Cap Fins ή PBCF. Πρόκειται για μια μικρότερη προπέλα με μικρά πτερύγια που εφαρμόζεται στο πίσω μέρος του έλικα. Ο σκοπός της μικρής προπέλας είναι να μειώνει τη τριβή και να αυξάνει την προωθητική δύναμη που δέχεται το πλοίο. Έχει υπολογιστεί ότι το όφελος στην εξοικονόμηση καυσίμων φτάνει το 5%, η αύξηση στην ταχύτητα είναι της τάξης του 2%, ενώ παράλληλά η εξοικονόμηση καυσίμου μειώνει τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα κατά 9.000 τόνους το χρόνο. Στα οφέλη πρέπει να συμπεριληφθούν η μείωση των δονήσεων στην πρύμνη και η μείωση του θορύβου του έλικα. Σήμερα πάνω από 3.600 πλοία είναι εξοπλισμένα με PBCF και γίνονται συνεχώς βελτιώσεις στο μοντέλο για περισσότερη εξοικονόμηση και υψηλότερη απόδοση. (MOL Techno-Trade, Ltd., 2022)



Εικόνα 59. Προπέλα Boss Cap Fins (PBCF) (MFAME, 2017)

Οι έλικες τύπου Kappel έχουν υψηλότερη αποδοτικότητα. Αυτό επιτυγχάνεται με την ανάπτυξη των πτερυγίων του, που έχουν υδροδυναμικό σχήμα. Προσφέρει εξοικονόμηση στα καύσιμα, αλλά το έχει μεγαλύτερο κόστος κατασκευής. (Takınacı), (Δάγκινης & Νικητάκος, 2014)



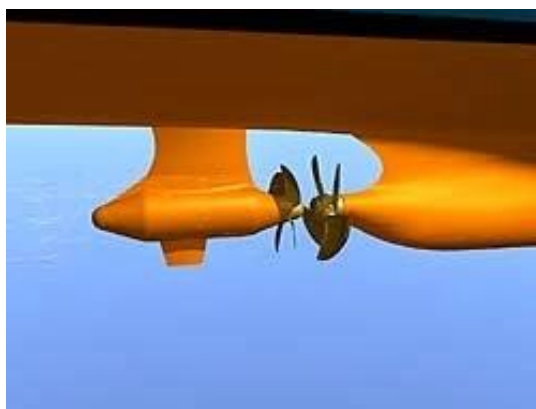
Εικόνα 60. Προπέλα τύπου Kappel

Οι Ducted έλικες αποτελούνται από δύο στοιχεία. Το πρώτο είναι ένας αγωγός σε σχήμα δακτυλίου. Το δεύτερο είναι η προπέλα, που τοποθετείται στο εσωτερικό του αγωγού. Ο αγωγός μειώνει τις δυνάμεις τριβής και προστατεύει τη προπέλα από ζημιές. Η απόδοση του Ducted αυξάνεται ανάλογα με τη φορτίο του και η βελτίωση κυμαίνεται μεταξύ 1% και 5% σε σύγκριση με έναν συμβατικό έλικα. (Δάγκινης & Νικητάκος, 2014)



Εικόνα 61. Προπέλα Ducted

Το σύστημα ομοαξωνικών αντίρροπα κινούμενων ελίκων (Contra Rotating Propellers ή CRPs), αποτελείται από δύο έλικες σταθερού βήματος με αντίθετη διεύθυνση περιστροφής. Ο πρυμναίος έλικας ανακτά μέρος της περιστροφικής ενέργειας των ρευμάτων από τον μπροστινό έλικα. Η διάταξη είναι ιδιαίτερα επωφελής για έλικες με βαρύ μηχανικό φορτίο και τα καλύτερα αποτελέσματα έχουν βρεθεί σε περιπτώσεις γρήγορων φορτηγών πλοίων και πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Οι CRPs προσφέρουν μείωση στην κατανάλωση καυσίμων από 6 ως και 20%. (Δάγκινης & Νικητάκος, 2014)



Εικόνα 62. Αντίθετα περιστρεφόμενες προπέλες (CRPs)

«Στο σύστημα πρόωσης Azimuth thruster, ο έλικας τοποθετείται σε ένα λοβό ο οποίος μπορεί να περιστρέφεται σε πλήρη κύκλο». Έτσι, ένα πλοίο με τέτοιο σύστημα πρόωσης δεν χρειάζεται πηδάλιο, καθώς ο έλικας μπορεί να στρίψει και να ωθήσει το πλοίο σε οποιαδήποτε κατεύθυνση. Το Azimuth thruster προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία από άλλα είδη έλικα. (Δάγκινης & Νικητάκος, 2014)

Η πρόωση μέσω Azipod αποτελείται από έναν ηλεκτρικό κινητήρα μεταβλητής ταχύτητας και τον έλικα σταθερού βήματος που είναι εγκατεστημένος απευθείας στον άξονα του κινητήρα. Υπάρχει η δυνατότητα περιστροφής του έλικα σε οποιαδήποτε κατεύθυνση προσφέροντας ευελιξία. Η πρόωση Azipod παρέχει ομαλή και συνεχή ικανότητα μεταβολής ταχύτητας χωρίς να υπάρχουν αξονικά συστήματα. Πλοία εξοπλισμένα με Azipod μπορούν να σπάσουν πάγο, πλέοντας ανάποδα, προς τη πρύμνη. Τέλος, η ηλεκτρική ενέργεια μειώνει την κατανάλωση

καυσίμων και κατά συνέπεια τις εκπομπές ρύπων στο περιβάλλον. (Δάγκινης & Νικητάκος, 2014), (ABB, 2021)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΠΡΩΣΗ ΜΕ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

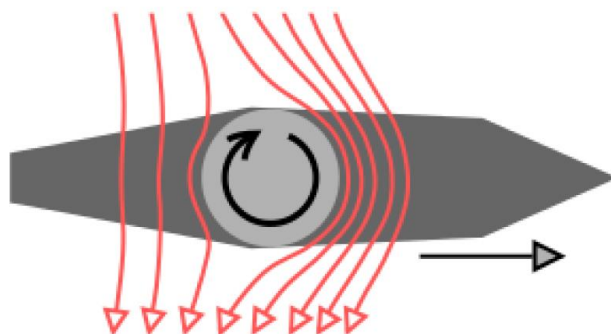
6.1 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η χρήση των ιστίων δοκιμάστηκε προκειμένου να αξιοποιηθεί η αιολική ενέργεια για τη βοηθητική πρόωση, η οποία αποδίδεται μέσω καινοτόμων τεχνολογιών μηχανικών ιστίων και όχι μέσω συμβατικών πανιών των ιστιοφόρων. Τα μηχανικά ιστία διαθέτουν μεγαλύτερη αεροδυναμική απόδοση, ενώ πολλαπλασιάζουν την αποδιδόμενη προωστική δύναμη ανά μονάδα τετραγωνικής επιφάνειας. Επίσης, μπορούν να τοποθετηθούν σε καταστρώματα υπαρχόντων πλοίων με πολύ μικρές τροποποιήσεις, για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τη ναυτιλία. Εκτός των μηχανικών ιστίων, η αιολική ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί με πιο μοντέρνους τρόπους. (Φακιολάς, 2021)

6.1.1 ΡΟΤΟΡΕΣ

Οι ρότορες (στροφέα) ή κινητήρες τύπου Flettner, είναι κατακόρυφοι και περιστρεφόμενοι κύλινδροι, εγκαταστημένοι πάνω στο πλοίο, που μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε δύναμη πρόωσης. Παίρνουν το όνομά τους από τον Γερμανό μηχανικό Anton Flettner, που κατασκεύασε τους κυλινδρωτούς περιστρεφόμενους ιστούς το 1923. Εκμεταλλεύονται το φαινόμενο Magnus, που δημιουργείται όταν ο αέρας περνά από έναν περιστρεφόμενο κύλινδρο. Καθώς ο κύλινδρος περιστρέφεται, τα μόρια του αέρα παρασύρονται με ταχεία κίνηση στη πλευρά της φοράς περιστροφής, ενώ στην άλλη πλευρά, τα μόρια του αέρα επιβραδύνονται. Αυτή η διαφορά των ταχυτήτων προκαλεί διαφορά πίεσης η οποία δημιουργεί δυνάμεις κάθετες στη ροή του ανέμου, που ωθούν το πλοίο. Αυτές οι κάθετες δυνάμεις παρατηρήθηκαν πρώτα από τον Γερμανό φυσικό Heinrich Gustav Magnus.

Έτσι το πλοίο, επωφελούμενο από την πρόσθετη δύναμη πρόωσης, μειώνει τη κατανάλωση καυσίμου. Αυτό σημαίνει πως μειώνονται οι ρύποι και το κόστος λειτουργίας. Το ποσοστό εξοικονόμησης καυσίμου μειώνεται, όσο το μέγεθος του πλοίου μεγαλώνει. Σε μικρά πλοία έχει επιτευχθεί εξοικονόμηση μέχρι και 60%, ενώ σε μεγάλα πλοία, η εξοικονόμηση πλησιάζει το 19%. (Marineinsight, 2021)



Εικόνα 63. Πρόωση πλοίου με το φαινόμενο Magnus (Dan-yell)



Εικόνα 64. Πλοίο με σύστημα στροφείων Flettner

Ένα φορτηγό πλοίο το οποίο ταξιδεύει χρησιμοποιώντας στροφεία Flettner είναι το ελληνικό «M/V Afros», συνολικής χωρητικότητας 64.000 τόνων, της Blue Planet Shipping. Τα στροφεία μετακινούνται κατά τη φόρτιση του πλοίου για να επιτρέψουν στους γερανούς να φορτώσουν και να ξεφορτώσουν. (Blue Planet Shipping, Our Fleet)



Εικόνα 65. Το φορτηγό «M/V Afros»

6.1.2 ΙΣΤΙΑ

Παρά το γεγονός ότι τα πανιά ήταν κάποτε η μόνη πηγή πρόωσης, θεωρείται και σήμερα ότι είναι μια ενδιαφέρουσα μέθοδος για την παροχή βοηθητικής πρόωσης με τη παρουσία ενός ή περισσοτέρων ιστών.

Τα ιστία μπορεί να είναι μαλακά ή σκληρά. Τα μαλακά ιστία είναι τα παραδοσιακά, συνήθως τριγωνικά πανιά, που συναντάει κανείς σε μικρά ιστιοφόρα. Ελέγχονται κατευθείαν από τη γέφυρα του πλοίου, μειώνοντας την ανάγκη για μεγάλο πλήρωμα. Τα σκληρά πανιά σε σχήμα περυγίων (wing sails) είναι άκαμπτα πανιά τοποθετημένα σε περιστρεφόμενο κατάρτι και παρέχουν μεγαλύτερη ώθηση από τα μαλακά πανιά.

Πολλές εταιρείες μελετούν σχέδια και δυνατότητες εφαρμογής των ιστίων αυτών σε πλοία, με σκοπό την μείωση κατανάλωσης καυσίμου. Σύμφωνα με έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε δεξαμενόπλοια και μεταφορικά πλοία, με ιδανικές συνθήκες καιρού, τα ιστία μπορούν να εξοικονομήσουν μεγάλα ποσοστά καυσίμων, ανάλογα με το είδος του σκάφους.



Εικόνα 66. Μαλακά ιστία



Εικόνα 67. Σκληρά ιστία

Ένα τύπος μοντέρνου πλοίου με ιστία (modern windship) για εμπορικά σκάφη αναπτύσσεται εδώ και χρόνια από ναυτιλιακές εταιρίες, χρηματοδοτούμενες από τη κυβέρνηση της Δανίας. Το πλοίο αυτό θα κατέχει πανιά σε σχήμα περυγίων τα οποία θα παρέχουν εξαιρετική απόδοση.



Εικόνα 68. Πανί με περυγία για πρόωση εμπορικών πλοίων

Το modern windship θα έχει δύο ή περισσότερα ογκώδη πανιά τα οποία θα ξεδιπλώνονται αυτόματα με ειδικό μηχανισμό. Όταν δεν χρησιμοποιείται η αιολική ενέργεια, τα πανιά θα διπλώνουν σαν ακορντεόν.



Εικόνα 69. Αναδιπλούμενα ιστία

Άλλες προτεινόμενες ιδέες είναι ο συνδυασμός ρότορα με σκληρά πανιά.



Εικόνα 70. Συνδυασμός ρότορα και ιστίων

Αυτές οι έρευνες πραγματοποιούνται εδώ και δύο δεκαετίες αλλά ελάχιστα σχέδια έχουν υλοποιηθεί μέχρι σήμερα. (Ραπποτάσιος, Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας μηδενικών τύπων, 2018), (Energy Press, 2012)

6.1.3 ΙΣΤΙΑ ΤΥΠΟΥ ΧΑΡΤΑΕΤΟΥ

Μια νέα τεχνολογία για τη χρήση της αιολικής ενέργειας είναι ο χαρταετός ρυμούλκησης (kite sail). Ο χαρταετός συνδέεται με την πλώρη του πλοίου με ένα καλώδιο και μπορεί να ρυθμιστεί σε κατάλληλο υψόμετρο ώστε να βελτιστοποιήσει τη χρήση των ισχυρών ανέμων στη θάλασσα.

Το kite sail σχεδιάστηκε επειδή οι ιστοί καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο στο κατάστρωμα ενός κοντέινερ, ενώ δυσκολεύουν την φόρτωση και την εκφόρτωση εμπορευμάτων. Στόχος του χαρταετού ρυμούλκησης είναι η εκμετάλλευση των δυνατών ανέμων στα μεγάλα ύψη χωρίς να επηρεάζει τη λειτουργία του πλοίου αλλά και χωρίς να απαιτεί ριζική αλλαγή, όπως η εγκατάσταση ιστών. Τα kite sails

δεν καταλαμβάνουν χώρο στο κατάστρωμα, απαιτούν ελάχιστη μετατροπή και μαζεύονται εύκολα όταν δεν χρησιμοποιούνται. Επίσης, μπορούν να εγκατασταθούν εύκολα σε υπάρχων πλοία. Η αφαίρεσή τους για συντήρηση είναι εύκολη και μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε λιμάνι με επαρκή εξοπλισμό. Ο χαρταετός ρυμούλκησης παρέχει σημαντικά υψηλότερη ταχύτητα πρόωσης καθώς η πίεση που προκαλεί ο αέρας σε ύψη 300 μέτρων είναι μεγαλύτερη. Τέλος, ελαχιστοποιεί τη κλίση του πλοίου που προκαλείται από ισχυρούς ανέμους, σε σύγκριση με τα συμβατικά πανιά. Παρόλα αυτά, το σύστημα kite sail παρέχει αποκλειστικά βοηθητική δύναμη πρόωσης και δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο του για τη κίνηση ενός πλοίου.

Η χρήση χαρταετών στα πλοία μπορεί να προσφέρει μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση κατά 10% με 35%, με την επιφάνεια του χαρταετού να καθορίζει την ισχύ που μπορεί να προσφέρει. Οι περισσότεροι χαρταετοί ρυμούλκησης είναι 160 m², όπως αυτός που χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά από το εμπορικό πλοίο «MS Beluga Skysails» το 2008. (Ραπτοτάσιος, Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας μηδενικών τύπων, 2018), (Beluga Group, 2016)



Εικόνα 71. «MS Beluga Skysails» (Beluga Group, 2016)

6.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

Φωτοβολταϊκά αποτελούν κατάλληλες διατάξεις με την ιδιότητα να μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Ο κύριος περιορισμός των συστημάτων αυτών είναι η έλλειψη επαρκούς επιφάνειας για τη τοποθέτησή τους.

Οι ηλιακοί συλλέκτες που βρίσκονται εγκατεστημένοι στο κατάστρωμα του πλοίου μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια για χρήση στον ηλεκτρικό κινητήρα πρόωσης ή στα βοηθητικά εξαρτήματα του πλοίου. Ανάλογα με το διαθέσιμο χώρο του καταστρώματος, οι ηλιακοί συλλέκτες μπορούν να μειώσουν τη συνολική κατανάλωση καυσίμων μέχρι 3,5% για δεξαμενόπλοια και μέχρι 2,5% για πλοία μεταφοράς. Η ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται ως βοηθητική σε ένα πλοίο, επειδή είναι διακοπτόμενη και απαιτείται η αποθήκευσή της. Επίσης

οι τιμές των φωτοβολταϊκών και η σχετικά χαμηλή απόδοσή τους κάνουν μια τέτοια επένδυση όχι ιδιαίτερα αποδοτική, προς το παρόν, για τα πλοία.

Μια δοκιμή αυτής της τεχνολογίας, αποτελεί το «Solar Eagle» το οποίο είναι το πρώτο με υβριδικό κινητήρα. Η ηλεκτρική ενέργεια που συγκεντρώνεται με τα φωτοβολταϊκά πάνελ, αποθηκεύεται και αξιοποιείται όταν το σκάφος εισέρχεται ή εξέρχεται από το λιμάνι, ενώ στον ανοικτό ωκεανό που απαιτούνται μεγαλύτερες ταχύτητες, το σκάφος κινείται με μηχανή ντίζελ. (Ραπποτάσιος, Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας μηδενικών τύπων, 2018)



Εικόνα 72. Solar Eagle

Το «MS Tûranor PlanetSolar» αποτελεί το μεγαλύτερο ηλιακό σκάφος και το πρώτο πλοίο που έκανε το γύρο του κόσμου αποκλειστικά με ηλιακή ενέργεια. Το ταξίδι του διήρκεσε 584 μέρες από το 2010 ως το 2012. Έχει μήκος 31 μέτρα και διαθέτει πλευρικά πτερύγια τα οποία ενισχύουν την ευστάθειά του. Τα φωτοβολταϊκά είναι τοποθετημένα σε όλη την επιφάνεια του καταστρώματος, 537 τετραγωνικά μέτρα. (Ραπποτάσιος, Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας μηδενικών τύπων, 2018), (Wikipedia Tûranor PlanetSolar)



Εικόνα 73. «MS Tûranor PlanetSolar» (Maritimes, 2014)

Ένα ακόμα πλοίο που αξιοποιεί την ηλιακή ενέργεια είναι το «Solar Sailor», ένα μικρό σκάφος 20 μέτρων που έχει εγκαταστημένα 8 ηλιακά πάνελ σε σχήμα πανιών. Τα πανιά αυτά αποθηκεύουν την ηλιακή ενέργεια και τη χρησιμοποιούν για βοηθητική πρόωση και για τη λειτουργία ηλεκτρικών συστημάτων. Τα ειδικά αυτά φωτοβολταϊκά πανιά ελέγχονται από υπολογιστή και προσανατολίζονται ανάλογα με τη θέση του ήλιου. (Ραπτοτάσιος, Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας μηδενικών τύπων, 2018)



Εικόνα 74. Το «Solar Sailor»

6.3 ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΠΛΟΙΑ

Ένα υβριδικό σύστημα πρόωσης πλοίου συνδυάζει ηλεκτρικούς κινητήρες και μπαταρίες μαζί με κινητήρες ντίζελ και ως εκ τούτου θεωρείται πιο πολύπλοκο σε σχέση με τα συστήματα των πετρελαιοκίνητων ή των πλήρως ηλεκτρικών πλοίων. Η ενέργεια που αποθηκεύεται στις μπαταρίες επιτρέπει την εγκατάσταση κινητήρων χαμηλότερης ισχύος και άρα χαμηλότερης κατανάλωσης καυσίμου αλλά και λειτουργικού κόστους, λόγω της υψηλής τιμής των καυσίμων.

Τα υβριδικά συστήματα μειώνουν τις εκπομπές των πλοίων επιτρέποντας στους πλοιοκτήτες να συμμορφώνονται με τους κανόνες μείωσης των ρύπων της ναυτιλίας ενώ παράλληλα η διαθεσιμότητα πολλών πηγών ενέργειας προσφέρει μεγαλύτερη επιχειρησιακή ευελιξία. (Ναυτικά Χρονικά, 2022)



Εικόνα 75. Το «Prinsesse Benedikte», ένα υβριδικό πλοίο (Αθηναίου, 2022)

Ένα ακόμα υβριδικό σύστημα παρέχουν οι κυψέλες καυσίμου (fuel cells), που βασίζονται σε ηλεκτροχημικές αντιδράσεις μέσω των οποίων ένα καύσιμο μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Τέτοια καύσιμα μπορεί να είναι το LNG ή το υδρογόνο. Με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιούνται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και μηδενίζονται οι εκπομπές οξειδίων του θείου και του αζώτου.

Στα πλοία μπορεί να εγκατασταθεί ένα υβριδικό σύστημα πρόωσης που περιλαμβάνει μια μηχανή εσωτερικής καύσης και μια κυψέλη καυσίμου. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται μπορεί επίσης να καλύπτει τις ανάγκες ηλεκτρισμού στο πλοίο.

Το κόστος επένδυσης και το λειτουργικό κόστος των κυψελών είναι ακόμη υψηλό. Αναφέρεται ότι το κόστος επένδυσης για κυψέλη καυσίμου είναι δύο με τρεις φορές υψηλότερο από το κόστος μιας συμβατικής μηχανής. Σήμερα, υπάρχουν προγράμματα που δοκιμάζουν τη χρήση κυψελών καυσίμου σε πλοία, κυρίως σε κοντέινερ. Ένα τέτοιο πρόγραμμα δοκιμάζει σχέδια πλοίων που θα διαθέτουν πανιά καθώς και κυψέλες καυσίμου υδρογόνου. (Οικονομικός Ταχυδρόμος, 2022), (Ναυτικά Χρόνια, 2020), (Ραπτοτάσιος, Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας μηδενικών τύπων, 2018)



Εικόνα 76. Συνδυασμός πανιών και κυψελών καυσίμου

ΣΥΜΕΠΡΑΣΜΑΤΑ

Αρχικά, η κατασκευή μικρών λέμβων χρειάστηκε για τη διευκόλυνση της ζωής. Η μετακίνηση σε ποταμούς και λίμνες βοήθησε τον άνθρωπο να φτάσει σε περιοχές που δε θα μπορούσε με άλλον τρόπο καθώς η χερσαία μετακίνηση θα ήταν χρονοβόρα και επικίνδυνη. Για τον ίδιο λόγο, η κατασκευή ικανών κοπήλατων πλοίων επέτρεψε στον άνθρωπο να ανοίξει νέες θαλάσσιους οδούς, επιτρέποντας έτσι την επικοινωνία με γειτονικούς λαούς. Οι λαοί έκαναν εμπόριο, οι άνθρωποι λάμβαναν αγαθά από μακρινές χώρες και δημιουργούσαν φιλικές σχέσεις με γείτονες, εξελίσσοντας τις επιστήμες με ανταλλαγή ιδεών. Παράλληλα, λαοί όπως οι Φοίνικες και οι αρχαίοι Έλληνες, ίδρυσαν αποικίες, μεταφέροντας την κουλτούρα τους και τον τρόπο σκέψης σε μακρινές, για την εποχή, περιοχές. Η επικοινωνία με ξένους λαούς όμως, αναπόφευκτα προκαλεί συγκρούσεις και διαμάχες. Οι συγκρούσεις και ο ανταγωνισμός, προκάλεσε την συνεχή εξέλιξη των πλοίων, από όργανα μεταφοράς αγαθών σε όργανα διεξαγωγής πολέμου. Λαοί που δεν μπορούσαν να επεκταθούν χερσαία, ή η γεωγραφία του τόπου τους δε ήταν ευνοϊκή για γεωργία, έσπευσαν να οργώσουν τις θάλασσες, όπως οι Βίκινγκ, επιτάσσοντας ξένα πλοία και λεηλατώντας μακρινές ακτές. Η πειρατεία ήταν συνεχώς ενεργή στην ιστορία, και η ελάττωσή της ήρθε μόνο τα τελευταία χρόνια.

Η εισαγωγή των πανιών, άνοιξε στη κυριολεξία νέους ορίζοντες στην ιστορία της πρόωσης, καθώς τα πλοία είχαν την ικανότητα να ολοκληρώνουν μακρινά ταξίδια σε νέες ηπείρους. Η ανάγκη για εξερεύνηση του κόσμου μας, καθώς και η ανάγκη για γρηγορότερα ταξίδια και για πιο επικερδές εμπόριο, οδήγησε σε μακρινές αποστολές. Τα ταξίδια αυτά, έφεραν τους ανθρώπους πιο κοντά, ένα μεγάλο βήμα προς την συνάντηση και τον αμοιβαίο εμπλουτισμό εθνών, λαών και πολιτισμών, ακόμα και αν η αποικιοκρατία και η ιμπεριαλιστική επιβολή καθεστώτος υπερίσχυσε. Κατά την Εποχή του Ιστίου, η Ευρώπη ήρθε πιο κοντά με όλες τις ηπείρους του κόσμου, ανταλλάσσοντας ιδέες και εξωτικά αγαθά. Σε αυτή τη περίοδο, ανήκει και η λεγόμενη Χρυσή Εποχή της Πειρατείας. Από τις θάλασσες της Καραϊβικής μέχρι τον Ινδικό Ωκεανό, οι πειρατές λεηλατούσαν πόλεις και έκλεβαν το πολύτιμο εμπόρευμα των πλοίων.

Στη συνέχεια, νέες τεχνολογικές εξελίξεις οδήγησαν στη κατασκευή των γρήγορων ατμόπλοιων, που έπαιζαν ζωτικό ρόλο στις μαζικές μετακινήσεις πληθυσμού σε νέες χώρες για μια καλύτερη ζωή. Πιο συγκεκριμένα, Ευρωπαίοι διέσχισαν τον Ατλαντικό Ωκεανό για να βρουν τη τύχη τους στις Ηνωμένες Πολιτείες, φέρνοντας μαζί τους τις ιδέες, τα ήθη και τα έθιμά τους. Τέτοια μαζική μετανάστευση μέσω θάλασσας δεν είχε ξαναγίνει, καθώς ήταν δυνατή μόνο με τα ταχύτατα ατμόπλοια που, λόγω του συνεχούς ανταγωνισμού αύξησης της ταχύτητας, οι αποστάσεις μεταξύ των χωρών μειώθηκαν δραματικά.

Η εισαγωγή ορυκτών καυσίμων, άνοιξε ένα νέο κεφάλαιο στην ιστορία της πρόωσης, με ασυναγώνιστες ταχύτητες μειώνοντας ακόμα περισσότερο τις αποστάσεις. Το μαζικό θαλάσσιο εμπόριο ακμάζει, σε σημείο που η προσωρινή

διακοπή του, θα κοστίσει πολλά δισεκατομμύρια σε εταιρίες, όπως έγινε με το μπλοκάρισμα της διώρυγας του Σουέζ το 2021.

Τα τελευταία χρόνια όμως, σημαντικοί περιορισμοί τείνουν να αλλάξουν τα δεδομένα στο χώρο της ναυτιλίας. Η αύξηση των τιμών των καυσίμων αλλά και οι αυστηροί κανονισμοί που επιβάλλονται από διεθνούς οργανισμούς για τη μείωση των ρύπων, που έχουν σοβαρές συνέπειες για το περιβάλλον, αναγκάζουν τις ναυτιλιακές εταιρίες να βρουν νέες λύσεις, φιλικές για το περιβάλλον. Η πρόοδος είναι αργή και η ισορροπία μεταξύ απόδοσης και μείωσης ρύπων είναι δύσκολο να βρεθεί. Καινοτομίες στο τομέα συμβαίνουν καθημερινά, αλλά θα χρειαστεί ριζική αλλαγή στο τομέα της ναυτιλίας, η οποία σταδιακά συμβαίνει.

Συμπερασματικά, η εξέλιξη της κοινωνίας και της πρόωσης συμβαδίζουν στην ιστορία, επηρεάζοντας τους εξής τομείς:

- 1) Εμπόριο και παγκοσμιοποίηση: Η πρόοδος της τεχνολογίας πρόωσης έπαιξε ζωτικό ρόλο στην άνθηση του παγκόσμιου εμπορίου. Οι εξελίξεις στη ναυπήγηση, στη πλοήγηση και στη ναυσιπλοΐα, καθώς και η βελτίωση των υποδομών των λιμανιών ήταν σημαντικοί παράγοντες που επέτρεψαν τη μετακίνηση επιβατών και εμπορευμάτων σε μακρινές αποστάσεις. Αυτό οδήγησε όχι μόνο στην εξάπλωση των εμπορικών θαλάσσιων οδών και την αλληλεξάρτηση των χωρών μέσω του εμπορίου, αλλά και στην εξάπλωση των ιδεών καθώς η σύνδεση ανθρώπων διαφορετικής κουλτούρας ήταν πλέον δυνατή.
- 2) Μετακίνηση: Η εξέλιξη της πρόωσης έφερε την επανάσταση στις μαζικές μεταφορές. Αυτές, ξεκινάνε από τον 16^ο αιώνα, όπου υπήρχε η ανάγκη ανάπτυξης των συγκοινωνιών δια θαλάσσης, για τη μεταφορά εμπορευμάτων και στρατιωτών μεταξύ των ευρωπαϊκών χωρών και των κτήσεων τους στον «Νέο Κόσμο». Στη συνέχεια, η ναυπήγηση των μεγάλων και γρήγορων ατμόπλοιων στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, έκανε την εμφάνισή της την περίοδο όπου υπήρχε μεγάλη ζήτηση εργασιακής δύναμης. Με αυτή την αναβάθμιση, η μετακίνηση μεταξύ ηπείρων έγινε προσβάσιμη και άνετη. Έπειτα, η ύπαρξη αξιόπιστων μέσων μεταφοράς έθεσε τα θεμέλια για να ακμάσει η εξερεύνηση και ο τουρισμός.
- 3) Ασφάλεια: Όσο εξελίσσεται η πρόωση, τόσο εξελίσσεται και η ασφάλεια που παρέχουν στα θαλάσσια ταξίδια. Το καλαφάτισμα των αρχαίων χρόνων για τη μείωση της πιθανότητας διαρροής έδωσε τη θέση του στη εξέλιξη της ναυπήγησης, με δυνατότερο σκελετό πλοίου. Με τον καιρό, ο σκελετός γίνονταν δυνατότερος και μεγαλύτερος. Η εξέλιξη της επιστήμης της ναυσιπλοΐας, παράλληλα με την εξέλιξη της ναυπήγησης, οδήγησε σε ασφαλέστερα θαλάσσια ταξίδια. Ύστερα, η εισαγωγή ειδικών κανονισμών, όπως ο υποχρεωτικός αριθμός σωτικών λέμβων σε περίπτωση ατυχήματος

και η τακτική συντήρηση του πλοίου μείωσαν δραματικά τα δυστυχήματα στη θάλασσα.

- 4) Περιβαλλοντική συνείδηση: Οι άνθρωποι, έχοντας αντιληφθεί τους περιβαλλοντικούς κινδύνους που προκαλούνται από τη ναυτιλία, στρέφουν την εξέλιξη της πρόωσης σε νέα κατεύθυνση. Επιβάλλεται ο αυστηρός έλεγχος της ρύπανσης των πλοίων, θέτονται νέοι διεθνείς κανονισμοί που αποσκοπούν στην μείωση των ρύπων και εισάγονται νέες πηγές ενέργειας, φιλικές προς το περιβάλλον. Ενώ οι εναλλακτικές μορφές ενέργειας στη πρόωση βρίσκονται ακόμα σε αρχικό στάδιο, οι έρευνες συνεχίζουν ασταμάτητα και γίνονται μεγάλα βήματα για μετάβαση σε ένα κεφάλαιο της ιστορίας, με μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Βιβλιογραφία

Ανάκτηση από Wikipedia Γεώργιος Αβέρωφ (θωρακισμένο καταδρομικό):

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Averof_Today2.jpg

Ανάκτηση από Adobe Stock:

https://stock.adobe.com/search/images?k=paddle+steam+boat&asset_id=212824153

National Archives and Records Administration. Ανάκτηση από

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:USS_Baron_DeKalb.jpg

(2017, October 16). Ανάκτηση από MFAME: <https://mfame.guru/pbcf-receives-2017-nikkei-global-environmental-technology-award/>

ABB. (2021, April 6). *Three decades of ABB's revolutionary Azipod propulsion system [video]*. Ανάκτηση από Youtube:

<https://www.youtube.com/watch?v=gSnFle0ITWo>

Academic Dictionary. (2013). *Γαλιόνι*. Ανάκτηση από https://greek_greek.en-academic.com/30679/%CE%B3%CE%B1%CE%BB%CE%B9%CF%8C%CE%BD%CE%B9

Ancient Roman's Naval Fleet. (2019). Ανάκτηση από Imperium Romanum:

<https://imperiumromanum.pl/en/roman-army/units-of-roman-army/ancient-romans-naval-fleet/>

Barris, T. (2019, April August). *Steamboats and paddle wheelers*. Ανάκτηση από Canadian Encyclopedia:

<https://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/steamboats-and-paddle-wheelers>

Baum, R. (2021, February 16). *International Exploration in the Chinese Empire: Zheng He's Voyages*. Ανάκτηση από Wondrium Daily:

<https://www.wondriumdaily.com/international-exploration-in-the-chinese-empire-zheng-hes-voyages/>

Beluga Group. (2016, August 21). *Beluga Project SkySails [video]*. Ανάκτηση από Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=835RRH_qHgo

Blair, G. P. (1999). *Design and Simulation of Four-Stroke Engines*.

Blue Planet Shipping, Our Fleet. Ανάκτηση από Blue Planet Shipping LTD:
<https://www.blueplanetshipping.gr/carriers/>

Brigantine, Wikipedia. *Brigantine*. Ανάκτηση από Wikipedia:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Brigantine>

Britannica, E. (1998, July 20). *Viking- The Caroligian Empire and France*.
Ανάκτηση από Encyclopedia Britannica:
<https://www.britannica.com/topic/Viking-people>

Brittanica, E. (1998, July 20). *Northwest Passage Trade route*. Ανάκτηση από
Encyclopedia Brittanica:
<https://www.britannica.com/place/Northwest-Passage-trade-route>

Brittanica, E. (2022, November 2). *Franklin Expedition*. Ανάκτηση από
Encyclopedia Brittanica: <https://www.britannica.com/event/Franklin-expedition>

Cartwright, M. (2016, April 28). *World History Encyclopedia*. Ανάκτηση από
<https://www.worldhistory.org/article/897/the-phoenicians---master-mariners/>

Cartwright, M. (2021, November 15). *Zheng Yi Sao*. Ανάκτηση από World
History Encyclopedia: https://www.worldhistory.org/Zheng_Yi_Sao/

CNG Δ.Ε.Π.Α. Ανάκτηση από Δ.Ε.Π.Α ΕΜΠΟΡΙΑΣ Α.Ε: <https://depa.gr/fysiko-aerio/cng/>

Collin, W. *Penteconter*. Ανάκτηση από Collins Dictionary:
<https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/penteconter>

Cromer, O. C., & Proctor, C. L. (2007, March 16). *Two-stroke cycle*. Ανάκτηση
από Encyclopedia Britannica:
<https://www.britannica.com/technology/gasoline-engine/Two-stroke-cycle>

Curacao History. Ανάκτηση από 1795-1863:
<https://www.curacahistory.com/1824-first-apostolic-vicar-of-curacao>

Dan-yell. Ανάκτηση από
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Magnus_Effect_at_Flettner_Rotor_Boat.svg

- Droid, C. (2018, April 12). *What happened to the Ekranoplan? - The Caspian Sea Monster*. Ανάκτηση από Youtube:
<https://www.youtube.com/watch?v=x22nVFTd8nI>
- Encyclopedia Britannica. (1998, July 20). *Clermont steamboat*. Ανάκτηση από
[Encyclopedia Britannica: https://www.britannica.com/topic/Clermont-steamboat](https://www.britannica.com/topic/Clermont-steamboat)
- Encyclopedia Britannica. (1998, July 20). *Ironclad*. Ανάκτηση από
 Encyclopedia Britannica:
<https://www.britannica.com/technology/ironclad>
- Encyclopedia Britannica. *Four Stroke Cycle*. Ανάκτηση από
<https://www.britannica.com/technology/four-stroke-cycle>
- Energy Press. (2012, January 9). Ανάκτηση από
<https://energypress.gr/news/ora-gia-prasini-naytilia>
- European Commission. *Environment*. Ανάκτηση από European Commission:
https://environment.ec.europa.eu/topics/air_en
- Extreme World. (2015, September 17). *The Most Powerful Engine in The World [video]*. Ανάκτηση από Youtube:
<https://www.youtube.com/watch?v=1QWT2bXKo24>
- Faarlund, J. T. (2004). *The Syntax of Old Norse*. Oxford University Press.
- Giatrakos, C. (2021, May 28). *Θ/Κ ΘΩΡΗΚΤΟ ΑΒΕΡΩΦ, η ιστορία και τα μυστικά ενός Ζωντανού Θρύλου [video]*. Ανάκτηση από Youtube:
https://www.youtube.com/watch?v=OqabpBy_DqA&t=3350s
- Green Agenda. (2016, August 2). *Ντιζελ για πλοία από πλαστικά απόβλητα*. Ανάκτηση από GREEN AGENDA: <https://greenagenda.gr/24411/>
- Η ναυπηγική στην αρχαία Ελλάδα και το Βυζάντιο*. (2022, August 17). Ανάκτηση από EUREKA: <https://www.ancientgreektechnology.gr/el/ta-nea/item/111-ancient-greek-and-byzantine-shipbuilding>
- Histoy_Buffs. (2019, May 19). *History Buffs: The Terror [video]*. Ανάκτηση από Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=jTgmCf82s3U&t=1542s>
- Hope, R. (2015). *Marine Engines & Propulsion*.

How does paddle wheel boats work. Ανάκτηση από SIF:

<https://someinterestingfacts.net/how-does-paddle-wheel-boats-work/>

Hunter, L. C. (1985). *A History of Industrial Power in the United States, 1730-1930 Vol 2: Steam Power.*

Joshua, M. J. (2018, March 19). *Phoenecia.* Ανάκτηση από World History Encyclopedia: <https://www.worldhistory.org/phoenicia/>

Laird, K. (2016, July 28). *Plaxx, a clean substitute.* Ανάκτηση από PLASTICS TODAY: <https://www.plasticstoday.com/recycling/plaxx-clean-substitute-fossil-based-heavy-fuel-oil>

Marine Environment Protection Committee (MEPC). Ανάκτηση από IMO: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC-default.aspx>

Marineinsight. (2021, February 16). *Rotor Sail Explained [video].* Ανάκτηση από Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=FJt8l80kGTg&t=15s>

Maritimes. (2014, June 15). *Turanor Planet Solar.* Ανάκτηση από Maritimes: <https://www.maritimes.gr/el/oikonomia/diethnh/23680-stin-eretria-to-megalytero-iliako-ploio-tou-kosmou-turanor-planet-solar>

McCabe Jr, J. D. (2005, February 25). Ανάκτηση από Great Fortunes, and How They Were Made: <https://www.gutenberg.org/files/15161/15161-h/15161-h.htm>

MOL Techno-Trade, Ltd. (2022, April 1). *PBCF (Propeller Boss Cap Fins) [video].* Ανάκτηση από Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=7H07U7SLWJQ>

Morgan, M. H. (2006). *Vitruvius De Architectura, Book IX.* Cambridge: Harvard University Press.

Mustard. (2022, June 12). *What happened to Giant Hovercraft? [video].* Ανάκτηση από Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=HnJLT8wFyhY&list=WL&index=271&t=16s>

Nakos, A. (2019, April 21). *ZENΓK XE.* Ανάκτηση από ΜΕΓΑΛΟΙ ΘΑΛΑΣΣΟΠΟΡΟΙ:

<https://greatnavigatorscom.wordpress.com/2019/04/21/%CE%B6%CE%B5%CE%BD%CE%B3%CE%BA-%CF%87%CE%B5/>

National Maritime Museum, G. L. Ανάκτηση από Royal Museums Greenwich:
<https://www.rmg.co.uk/collections/objects/rmgc-object-102565>

Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. *Fuel Cells*. Ανάκτηση από Office of Energy Efficiency & Renewable Energy:
<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/fuel-cells>

Production Technology. (2018, September 3). *Petroleum refining processes simply*. Ανάκτηση από Youtube:
<https://www.youtube.com/watch?v=vD0kbdIS6kE>

Rawlinson, K. (2018). World's oldest intact shipwreck discovered in Black Sea. *The Guardian*.

Sévère, M. *Greek Trireme*. Ανάκτηση από Sketchfab:
<https://sketchfab.com/3d-models/greek-trireme-5088e0e545824e30818fa4793ee80835>

Shipping and Business Education. (2016, July 27). *Η ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΕΙΝΑΙ: ΤΑ ΠΛΟΙΑ LPG, LEG & LNG*. Ανάκτηση από SBE :
<https://sbe.gr/2016/07/27/η-καινοτομία-για-τη-ναυτιλία-είναι-τα/>

Silverman, S. *Compass, China, 220 BCE*. Ανάκτηση από Museum of Ancient Inventions:
https://www.smith.edu/hsc/museum/ancient_inventions/compass2.html

Simple Flying. *The Caspian Sea Monster - Soviet Union's Odd Half Boat Half Plane*. Ανάκτηση από Simple Flying: <https://simpleflying.com/caspian-sea-monster/>

Smithsonian Magazine. *The Peculiar Story of Giraffes in 1400s China*. Ανάκτηση από Smithsonian Magazine:
<https://www.smithsonianmag.com/smart-news/peculiar-story-giraffes-medieval-china-180963737/>

Spanish Galleon Wikipedia. Ανάκτηση από Wikipedia:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spanish_Galleon.jpg

Stick Science. (2021, September 7). *How Sails Work or How Sailboats Sail into the Wind* [video]. Ανάκτηση από Youtube:
<https://www.youtube.com/watch?v=FCcKeOmYHFY&t=83s>

Takinaci, A. C. *Advanced Propulsion System*. Istanbul.
TED-Ed. (2020, January 21). *What's so special about viking ships? - Jan Bill* [video]. Ανάκτηση από Youtube:
<https://www.youtube.com/watch?v=kge0c2mNmRQ&t=213s>

TED-Ed, A. D. (2015, March 13). *The real story behind Archimedes' Eureka! - Armand D'Angour* [Video]. Ανάκτηση από Youtube:
<https://www.youtube.com/watch?v=0v86Yk14rf8&t=164s>

Theory of Flight. *Ground Effect*. Ανάκτηση από SKY brary:
<https://www.skybrary.aero/articles/ground-effect>

Thomsen, M. H. *Navigation in the Viking Age*. Ανάκτηση από Viking Ship Museum in Roskilde:
<https://www.vikingskibsmuseet.dk/en/professions/education/knowledge-of-sailing/instrument-navigation-in-the-viking-age>

Turvill-Petre, M. α. (1947). *THE STORY OF RAUD AND HIS SONS*. Titus Wilson & son Limited.

Wankhede, A. (2020, November 4). *Propeller, Types of Propellers and Construction of Propellers*. Ανάκτηση από Marine Insight:
<https://www.marineinsight.com/naval-architecture/propeller-types-of-propellers-and-construction-of-propellers/>

Whitewright, J. (2011). The Potential Performance of Ancient Mediterranean Sailing Rigs. *International Journal of Nautical Archaeology*.

Wikipedia Aeolipile. *Aeolipile*. Ανάκτηση από Wikipedia:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Aeolipile>

Wikipedia Caravel. *Caravel*. Ανάκτηση από Wikipedia:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Caravel>

Wikipedia Charles Algernon Parsons. *Charles Algernon Parsons*. Ανάκτηση από Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Algernon_Parsons

Wikipedia Dhow. *Dhow*. Ανάκτηση από Wikipedia:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Dhow>

Wikipedia Dreadnought. *Dreadnought*. Ανάκτηση από Wikipedia:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Dreadnought>

Wikipedia. *Dugout canoe*. Ανάκτηση από Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/Dugout_canoe

Wikipedia Hydrogen powered ship. *Hydrogen powered ship*. Ανάκτηση από

Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen-powered_ship

Wikipedia Internal combustion engine. (n.d.). *Internal combustion engine*.

Ανάκτηση από Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/Internal_combustion_engine

Wikipedia. *James Cook*. Ανάκτηση από Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/James_Cook

Wikipedia Junk ship. *Junk (ship)*. Ανάκτηση από Wikipedia:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Junk_\(ship\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Junk_(ship))

Wikipedia. *Magellan Expedition*. Ανάκτηση από Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/Magellan_expedition

Wikipedia Nuclear Marine Propulsion. *Nuclear Marine Propulsion*. Ανάκτηση από Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_marine_propulsion

Wikipedia Ocean Liner. *Ocean Liner*. Ανάκτηση από Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/Ocean_liner

Wikipedia RMS Mauretania (1906). *RMS Mauretania (1906)*. Ανάκτηση από

Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/RMS_Mauretania_\(1906\)](https://en.wikipedia.org/wiki/RMS_Mauretania_(1906))

Wikipedia Rudolf Diesel. *Rudolf Diesel*. Ανάκτηση από Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/Rudolf_Diesel

Wikipedia Schooner. *Schooner*. Ανάκτηση από Wikipedia:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Schooner>

Wikipedia SS Great Eastern. *SS Great Eastern*. Ανάκτηση από Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/SS_Great_Eastern

Wikipedia Steam Engine. *Steam Engine*. Ανάκτηση από Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/Steam_engine

Wikipedia Titanic. *Titanic*. Ανάκτηση από Wikipedia:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Titanic>

Wikipedia Triple Expansion Engine. (2006, December 26). *Triple Expansion Engine*. Ανάκτηση από Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/Compound_steam_engine

Wikipedia Tûranor PlanetSolar. *Tûranor PlanetSolar*. Ανάκτηση από Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/T%C3%BBranor_PlanetSolar

Wikipedia Turbinia. *Turbinia*. Ανάκτηση από Wikipedia:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Turbinia>

Wikipedia USS Enterprise. *USS Enterprise (CVN-65)*. Ανάκτηση από Wikipedia:

[https://en.wikipedia.org/wiki/USS_Enterprise_\(CVN-65\)](https://en.wikipedia.org/wiki/USS_Enterprise_(CVN-65))

Wikipedia USS Nautilus. *USS Nautilus (SSN-571)*. Ανάκτηση από Wikipedia:

[https://en.wikipedia.org/wiki/USS_Nautilus_\(SSN-571\)](https://en.wikipedia.org/wiki/USS_Nautilus_(SSN-571))

Wikipedia USS New Mexico (BB-40). (*USS New Mexico (BB-40)*). Ανάκτηση από Wikipedia: [https://en.wikipedia.org/wiki/USS_New_Mexico_\(BB-40\)](https://en.wikipedia.org/wiki/USS_New_Mexico_(BB-40))

Wikipedia Vasco da Gama. Ανάκτηση από Wikipedia:

https://en.wikipedia.org/wiki/Vasco_da_Gama

Wikipedia, Christopher Colombus. *Christopher Colombus*. Ανάκτηση από Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Christopher_Columbus

Wilford, J. N. *The Mapmakers: The Story of the Great Pioneers in Cartography from Antiquity to the Space Age*. Στο J. N. Wilford. Vintage Books.

Wilson, J. (2022). Isambard Kingdom Brunel and the building of SS Great Eastern. *Daily Echo*.

Αθηναίου, Μ. (2022, April 26). Ανάκτηση από Cars Electric:

<https://carselectric.gr/prinsesse-benedikte-to-megalytero-yvridiko-ploio-ston-kosmo/>

Βαμβακά, Α. (2022). IMO: Τι αποφάσισε για την απανθρακοποίηση στην ναυτιλία. *Capital.gr*.

Βερν, Ι. (1884). Στο *Το Αιγαίο στις φλόγες* (σσ. 12-13). Ερευνητές, έκδοση του 2006.

Βικιπαίδεια Ατμόπλοιο. *Ατμόπλοιο*. Ανάκτηση από Βικιπαίδεια:

<https://el.wikipedia.org/wiki/Ατμόπλοιο>

Βικιπαίδεια Παρατροπίδιο. *Παρατροπίδιο*. Ανάκτηση από Βικιπαίδεια:

<https://el.wikipedia.org/wiki/Παρατροπίδιο>

Βικιπαίδεια Πεντηκόντορος. *Πεντηκόντορος*. Ανάκτηση από Βικιπαίδεια:

<https://el.wikipedia.org/wiki/Πεντηκόντορος>

Βικιπαίδεια Σταθερωτήρες πλοίου. *Σταθερωτήρες πλοίου*. Ανάκτηση από

Βικιπαίδεια: https://el.wikipedia.org/wiki/Σταθερωτήρες_πλοίου

Βικιπαίδεια Στροβίλο-ηλεκτροπρόωση. *Πρόωση Πλοίου*. Ανάκτηση από

Βικιπαίδεια: https://el.wikipedia.org/wiki/Πρόωση_Πλοίου

Βικιπαίδεια Τριήρης. *Τριήρης*. Ανάκτηση από Βικιπαίδεια:

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%81%CE%B9%CE%AE%CF%81%CE%B7%CF%82>

Βικιπαίδεια Τροχήλατο πλοίο. *Τροχήλατο πλοίο*. Ανάκτηση από Βικιπαίδεια:

https://el.wikipedia.org/wiki/Τροχήλατο_πλοίο

Βιντζηλαίος, Φ. (2020). *Θεωρία στην Ιστιοπλοία*. Ανάκτηση από Sail Book:

<https://www.istioploos.com/kefalaio-3-theoria-stin-istioploia>

Βιοκαύσιμα Βικιπαίδεια. *Βιοκαύσιμα*. Ανάκτηση από Βικιπαίδεια :

<https://el.wikipedia.org/wiki/Βιοκαύσιμα>

Βλάχου, Α. (2020). *ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΤΟΜΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΣ*. Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.

Γεωργούλης, Γ. (2020). Πλοία μεταφοράς βαρέων φορτίων: Η περίπτωση των πλοίων-δεξαμενών. *ΝΑΥΤΙΚΑ ΧΡΟΝΙΑ*.

Γολέτα Τερψιχόρη. (2021, January 9). Ανάκτηση από Naftoporos:

<https://naftotopos.gr/index.php/el/ship-modeling/useful-articles/438-goleta-terpsichori>

Δάγκινης, Ι., & Νικητάκος, Ν. (2014, February 17). *Κατασκευαστική εξέλιξη συστημάτων πλοίων*. Ανάκτηση από Ελεύθερη Ζώνη:

<http://elzoni.gr/html/ent/459/ent.42459.asp>

Δελιγιάννης, Π. (2006). *Πεντήρης και άλλες πολυήρεις της Ελληνιστικής περιόδου: Τεχνική ανάλυση, ναυπηγική εξέλιξη και ιστορικά στοιχεία*.

Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός. (n.d.). Ανάκτηση από Υπουργείο Εξωτερικών: <https://www.mfa.gr/exoteriki-politiki/i-ellada-stous-diethneis-organismous/imo.html>

Διύλιση αργού πετρελαίου. Ανάκτηση από Chem Noesis: <https://chem.noesis.edu.gr/node/149>

Δρανδάκης, Π. Η Μεγάλη Ελληνική Εγκυκλοπαίδεια τ.Η'.

ΕΕ: Να περιοριστούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την ναυτιλία. (2022, October 20). Ανάκτηση από Portnet: <https://portnet.gr/eidiseis-naytilias/45596-ee-na-perioristoun-oi-ekpompes-aerion-tou-thermokhpiou-apo-th-naftilia.html>

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ 1870-2000. Ανάκτηση από Greek Shipping Miracle: <https://greekshippingmiracle.org/ελληνική-ναυτιλία-1870-2000/>

Ιωαννίδης, Ν. (2016). *Ευθυγράμμιση Αξονικού Συστήματος Πρόωσης Πλοίου*. ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ.

Καρράς, Χ. (2015). *Πυρηνικοί Αντιδραστήρες για τη Κίνηση Πλωτών Μέσων-Οφέλη και προβλήματα από τη χρήση τους*. Athens: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Κλιάνης, Λ., Νικολού, Ι., & Ιωάννη, Σ. (2017). *ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΤΟΜΟΣ ΠΡΩΤΟΣ Β' ΕΚΔΟΣΗ*. ΑΘΗΝΑ: Ίδρυμα Ευγενίδου.

Κοκαράκης, Ι. (2013, June). *Αεριομηχανές, οι μηχανές του 21ου αιώνα*. Ανάκτηση από Isalos: <https://www.isalos.net/knowledge/technologia-ploion/4991-2/>

Κυρτάτος, Ν. (1993). *Ναυτικοί κινητήρες Diesel*. Συμμετρία.

Κυρτάτος, Ν. Π. (1993). *ΝΑΥΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ DIESEL*. ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ.

Μάρας, Δ. *Γολέτα ή Ημιολία*. Ανάκτηση από Greek Ship Models: <https://greekshipmodels.com/ships/goleta-i-imiolia/>

Μάρας, Δ. *ΜΠΡΙΚΙ ή ΒΡΙΚΙ ή ΠΑΡΩΝ*. Ανάκτηση από Greek Ship Models: <https://greekshipmodels.com/ships/briki-i-vriki-i-paron/>

Ματιάνος, Μ. (2021, July 16). *οι προπέλες*. Ανάκτηση από eNautilia: <https://e-nautilia.gr/oi-propeles-kai-ta-mustika-tous/>

Μείωση εκπομπών από αεροπλάνα και πλοία: Τα μέτρα της ΕΕ. (2022, June 27).

Ανάκτηση από Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο:

<https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/society/20220610STO32720/meiosi-ekpompon-apo-aeroplana-kai-ploia-ta-metra-tis-ee>

Μίλεσης, Σ. Ανάκτηση από Μηχανή του Χρόνου:

<https://www.mixanitouxronou.gr/>

Μουσείο Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας Κώστας Κοντσανάς. *Kotsanas Museum of Ancient Greek Technology*. Ανάκτηση από The nautical Technology of the ancient Greeks- The bireme:

<http://kotsanas.com/gb/exh.php?exhibit=1901004>

Μουσείο Αρχαίας Ελληνικής Τεχνολογίας Κώστας Κοντσανάς. *Kotsanas Museum of Ancient Greek Technology*. Ανάκτηση από Η ναυτική τεχνολογία των αρχαίων Ελλήνων- Τρόποι ναυπήγησης πλοίου:

<http://kotsanas.com/exh.php?exhibit=1901007>

Μπερμπέρης, Ε. (2018). Επιπτώσεις της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης στο Περιβάλλον. Στο *Ναυτιλιακά Καύσιμα* (σσ. 15-18). Χίος: Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ. (2021, September 11). *To Hydra*. Ανάκτηση από ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ: <https://www.naftemporiki.gr/maritime/1067602/to-hydra-ploio-tis-chronias-to-pto-sto-kosmo-me-kafsimoygro-ydrogono/>

ΝΑΥΤΙΚΑ ΧΡΟΝΙΑ . (2022, February 8). *Μεθανόλη*. Ανάκτηση από Isalos: <https://www.isalos.net/2022/02/methanoli-naftiliako-kafsimoytou-mellontos/>

Ναυτικά Χρόνια. (2020, April 20). Ανάκτηση από

<https://www.naftikachronika.gr/2020/04/20/abb-pio-konta-stin-efarmogi-tis-technologias-kypselon-kafsimoyse-megala-ploia/>

ΝΑΥΤΙΚΑ ΧΡΟΝΙΑ. (2022, January 11). *νέα εφαρμογή μεθανόλης στα πλοία*.

Ανάκτηση από Isalos: <https://www.isalos.net/2022/01/sta-skaria-neafarmogi-tis-methanolis-sta-ploia/>

- Ναυτικά Χρονικά. (2022, May 25). Ανάκτηση από <https://www.naftikachronika.gr/2022/05/25/yvridika-ploia-kai-energeiaki-metavasi-h-evropaiki-technognosia-se-proto-plano/>
- Νελλόπουλος, Ε. (1999). *Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΡΙΗΡΗΣ*. ΦΛΩΡΟΣ.
- Οικονομικός Ταχυδρόμος. (2022, October 10). *Αιολική πρόωση*. Ανάκτηση από <https://www.ot.gr/2022/10/10/naytilia/aioliki-proosi-prasino-fos-tou-abs-se-kainotoma-containerships/>
- Όμηρος. *Ιλιάδα*.
- Παναγιωτόπουλος. (2018). *Θερμικές Μηχανές*. Ανάκτηση από Slide Player: <https://slideplayer.gr/slide/12885227/>
- Παπασημάκης, Γ. (2019, December 17). *Youtube*. Ανάκτηση από Τα αποβατικά zubr hovercraft [youtube video]: <https://www.youtube.com/watch?v=5NCVm0oSonA>
- Πατέλης, Δ. (2019). *Έρευνα, Τεχνολογία και Προοπτική Ενοποίησης της Αυθωρότητας*. Εκδόσεις ΚΨΜ.
- Πέννας, Π. (2005, June 7). *Ημερήσιοι Άνεμοι*. Ανάκτηση από Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Σχολή Θετικών Επιστημών Τμήμα Γεωλογίας: <http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/1000/aura.html>
- Προϊστορία του Αιγαίου*. (2020, June 29). Ανάκτηση από Isalos: <https://www.isalos.net/2020/06/ena-synarpastiko-taxidi-stin-naftiliaki-proistoria-tou-aigaiou/>
- Ραπτοτάσιος, Σ. (2018). Ανανεώσιμες μορφές ενέργειας μηδενικών τύπων. Στο *Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη Ναυτιλία με Σκοπό τη Συμμόρφωση με τους Διεθνείς Κανονισμούς Ρύπων* (σσ. 109-124). Athens: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Ραπτοτάσιος, Σ. (2018). Ναυτιλιακά καύσιμα. Στο *Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στη Ναυτιλία με Σκοπό τη Συμμόρφωση με τους Διεθνείς Κανονισμούς Ρύπων* (σσ. 8-11). Athens: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Ρισσάκη, Σ. *Η ΧΡΗΣΗ ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΩΝ ΩΣ ΜΕΣΟ ΠΡΟΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ*. Πανεπιστήμιο Πειραιά Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών.

- Σερπειζόγλου, Θ. *Τεχνολογία Αεριοστροβίλων*. Ανάκτηση από <https://docplayer.gr/105209936-Tehnologia-aeriestrovilon-eisagogi.html>
- Σουλιτωίτης, Ν. (2011). *Πτυχιική Εργασία: Μηχανές Εσωτερικής Καύσης*. Θεσσαλονίκη: Σχολή Θετικών Επιστημών .
- Τα βιοκαύσιμα εισέρχονται στη ναυτιλία*. (2019, December 8). Ανάκτηση από NAYTIKA XPONIA: <https://www.naftikachronika.gr/2019/12/08/ta-viokafsima-eiserchontai-dynamika-sti-naftilia/>
- Τα βιοκαύσιμα κερδίζουν τη ναυτιλία γραμμών*. (2020, February 7). Ανάκτηση από NAYTIKA XPONIA: <https://www.naftikachronika.gr/2020/02/07/ta-viokafsima-kerdizoun-ti-naftilia-grammon/>
- Τα πλοία των Ανακαλύψεων*. (2021, January 4). Ανάκτηση από e-Nautilia: <https://e-nautilia.gr/afieroma-ta-ploia-ton-anakalypseon/>
- Τζάλας, Χ. (1997). Στο *Οι τρόποι ναυπήγησης των αρχαίων Ελλήνων κατά τα προκλασσικά, κλασσικά και ελληνιστικά χρόνια* (σσ. 507-515). Θεσσαλονίκη.
- Τριανταφύλλου, Μ. (2019, Octomber 14). Ανάκτηση από <https://www.cycladesvoice.gr/index.php?aid=89163>
- Τσακίρη, Τ. (2008). Το Αελλώ πλέει ξανά με ελληνικά πανιά. *ΤΟ ΒΗΜΑ*.
- Τύπο Καραβιών από τον 14ο μέχρι και τον 19ο αιώνα*. (2021, July 16). Ανάκτηση από Ελληνικό Ινστιτούτο Ναυτικής Ιστορίας: <https://elinis.gr/τύπου-καραβιών-από-τον-14ο-μέχρι-και-τον-19/>
- Υ.Π.Ε. *Βιοκαύσιμα*. Ανάκτηση από Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας: <https://ypen.gov.gr/energeia/prasines-metafores/viokafsima/>
- Φακιολάς, Κ. (2021, May 27). *Αιολική ενέργεια: Το επόμενο βήμα για πλοία μηδενικών εκπομπών*; Ανάκτηση από Isalos: <https://www.isalos.net/2021/05/aioliki-energeia-epomeno-vima-gia-ploia-midenikon-ekpompon/>
- Φαναριώτης, Δ. (2022, March 26). *Μεθανόλη αντί νιζέλ*. Ανάκτηση από https://www.efsyn.gr/nisides/337326_methanoli-anti-ntizel

