



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΝΑΥΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Εκτίμηση παραμέτρων σχεδιασμού και λειτουργίας μηχανοστασίων
σύγχρονων πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carrier) και
δεξαμενοπλοίων (Tanker)**

Παναγιώτης Γεωργάκης

Επιβλέπων: Χρ. Παπαδόπουλος, Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Μέλη εξεταστικής επιτροπής: Γ. Ζαραφονίτης, Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Ι. Προυσαλίδης, Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2012

Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας τις σπουδές μου με την παρούσα Διπλωματική Εργασία στη Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π., θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους που στάθηκαν δίπλα μου σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους προϊσταμένους και διευθυντές μου στη μέχρι τώρα επαγγελματική μου πορεία, για την αμέριστη συμπαράστασή τους κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς και τον συνάδελφο Ιωάννη Γιοτζή για την πολύτιμη βοήθειά του στη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων.

Θα ήθελα τέλος να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Χρήστο Παπαδόπουλο για την άριστη συνεργασία μας και την ουσιαστική βοήθεια όλα αυτά τα χρόνια, καθώς επίσης και τους κ.κ. Ιωάννη Προυσαλίδη, και Γιώργο Ζαραφονίτη, Αναπληρωτές Καθηγητές της Σχολής, για τις πολύτιμες υποδείξεις τους και τη συμμετοχή τους στην υλοποίηση της Διπλωματικής Εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	4
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	8
Σύνοψη.....	11
Οροι και σύμβολα.....	12
1 Εισαγωγή.....	14
1.1 Πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carriers) και Δεξαμενόπλοια (Tankers) στη σύγχρονη ναυτιλία.....	14
1.2 Επισκόπηση της βιβλιογραφίας.....	16
1.3 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας.....	17
1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας.....	17
2 Μεθοδολογία προμελέτης - εκτίμηση παραμέτρων σχεδίασης μηχανοστασίου.....	19
2.1 Εισαγωγή.....	19
2.2 Εκτίμηση ισχύος Κύριας Μηχανής.....	19
2.3 Εκτίμηση απαίτησης ηλεκτρικής ισχύος.....	20
2.4 Εκτίμηση αριθμού και μεγέθους ηλεκτρογεννητριών.....	21
2.5 Εκτίμηση βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης – όγκου μηχανοστασίου.....	22
2.6 Εκτίμηση βάρους καυσίμων, λιπαντικών και χωρητικότητας σχετικών δεξαμενών.....	24
2.7 Εκτίμηση κόστους λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.....	25
3 ΠΛΟΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΧΥΔΗΝ (BULK CARRIERS).....	28
3.1 Εισαγωγή.....	28
3.2 Εφαρμογή μεθοδολογίας προμελέτης σε Bulk Carrier-Panamax χωρητικότητας 75000 τόνων DWT.....	29
Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	29
Εκτίμηση ισχύος Κύριας Μηχανής.....	29
Εκτίμηση απαίτησης ηλεκτρικής ισχύος.....	30
Εκτίμηση βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης. Εκτίμηση όγκου μηχανοστασίου.....	30
Εκτίμηση βάρους καυσίμων και λιπαντικών / Χωρητικότητας δεξαμενών.....	31
3.3 Λεπτομερής ανάλυση πραγματικού Bulk Carrier / Panamax χωρητικότητας 75000 τόνων DWT.....	33
3.3.1. Καταγραφή είδους και αριθμού κύριων και βοηθητικών καταναλωτών ηλεκτρικής ισχύος (χαρακτηριστικός κατάλογος μηχανημάτων μηχανοστασίου).....	34

3.3.2	Καταγραφή βασικών σχεδιαστικών παραμέτρων (Κύρια Μηχανή, εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς, αριθμός και μέγεθος ηλεκτρογεννητριών, χωρητικότητες δεξαμενών καυσίμων και λιπαντικών, διάταξη λοιπών μηχανημάτων στο χώρο του μηχανοστασίου, διάταξη αξονικού συστήματος)	35
3.3.3.	Κατάστροφηση Ηλεκτρικού ισολογισμού (Βασικός Ισολογισμός, Υπολογισμός αέργου ισχύος, Υπολογισμός καλωδίων, ζυγών και υποζυγών).	43
	Υπολογισμός Ενεργού και Αέργου Ισχύος.....	51
	Υπολογισμός καλωδίων, ζυγών και υποζυγών	61
	Υπολογισμός διατομής καλωδίων	64
3.3.4.	Εκτίμηση κόστους λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.	65
3.3.5.	Σχεδιασμός και λειτουργία κύριων δικτύων μηχανοστασίου.....	67
3.3.6.	Νέοι κανονισμοί για τους αέριους ρύπους και επίδραση τους στον εξοπλισμό και τη λειτουργία βασικών δικτύων του μηχανοστασίου.	72
3.4.	Συγκριτικός πίνακας υπολογισμών Bulk Carrier –Panamax χωρητικότητας 75000 τόνων DWT και συστηματική ανάλυση σειράς Bulk Carrier	81
	Εκτίμηση απαίτησης ηλεκτρικής ισχύος.....	84
	Εκτίμηση βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης. Εκτίμηση όγκου μηχανοστασίου.....	84
	Εκτίμηση βάρους καυσίμων / λιπαντικών και χωρητικότητας σχετικών δεξαμενών.....	85
	Εκτίμηση κόστους λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.....	85
3.5	Συγκριτική ανάλυση αποτελεσμάτων.....	104
3.6	Συμπεράσματα.....	115
4.	ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΑ (TANKERS).....	116
4.1	Εισαγωγή.....	116
4.1.1	Συνοπτική παρουσίαση δεξαμενόπλοιου τύπου Suezmax 156000 DWT	116
4.1.2	Χαρακτηριστικός κατάλογος μηχανημάτων μηχανοστασίου.....	117
4.1.3	Διάταξη μηχανών και μηχανημάτων	118
4.2	Εκτίμηση ισχύος Κύριας Μηχανής	126
4.3	Είδος και αριθμός κύριων και βοηθητικών καταναλωτών ηλεκτρικής ισχύος. Ηλεκτρικός ισολογισμός.	126
4.4	Βασικός σχεδιασμός και τυπική λειτουργία κύριων και βοηθητικών δικτύων πλοίου.....	133
4.5.	Συγκριτικός πίνακας υπολογισμών Tanker –Suezmax χωρητικότητας 156000 τόνων DWT και συστηματική ανάλυση σειράς Tanker.	144
4.6.	Συγκριτική ανάλυση αποτελεσμάτων	164
4.7	Συμπεράσματα	175

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	176
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	177

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίν. 1.	Κατηγοριοποίηση σύγχρονων πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carriers) με βάση τις κύριες διαστάσεις και τη μεταφορική ικανότητα [10].....	14
Πίν. 2.	Ειδικές κατηγορίες σύγχρονων πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην [10].....	15
Πίν. 3.	Κατηγοριοποίηση σύγχρονων δεξαμενοπλοίων (Tankers) με βάση τις κύριες διαστάσεις και την μεταφορική ικανότητα [9].....	15
Πίν. 4.	Συντελεστές βαρών για τον υπολογισμό του συνολικού βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης του πλοίου, W_M [7].....	23
Πίν. 5.	Πίνακας καταγραφής κατανάλωσης καυσίμων και λιπαντικών σε διάφορες καταστάσεις λειτουργίας ενός πλοίου.....	27
Πίν. 6.	Μέσες ημερήσιες καταναλώσεις καυσίμων και λιπαντικών σε διάφορες καταστάσεις λειτουργίας ενός πλοίου, με βάση τα στοιχεία του Πίν. 5.....	27
Πίν. 7.	Συγκεντρωτικά στοιχεία του ετήσιου κόστους του πλοίου ανά κατηγορία δαπάνης.....	27
Πίν. 8.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου	29
Πίν. 9.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Κατάλογος μηχανημάτων μηχανοστασίου.....	34
Πίν. 10.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Χωρητικότητα δεξαμενών βαρέος καυσίμου.....	35
Πίν. 11.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Χωρητικότητα δεξαμενών Diesel.....	36
Πίν. 12.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Χωρητικότητα δεξαμενών λιπαντικών.....	36
Πίν. 13.	Βαθμός απόδοσης καταναλωτών συναρτήσει του ονομαστικού φορτίου.....	45
Πίν. 14.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Λεπτομερής ηλεκτρικός ισολογισμός για τις καταστάσεις κανονικής πορείας, χειρισμών, εν όρμω, ερματισμού και χειρισμού φορτίου.....	46
Πίν. 15.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Ηλεκτρικός ισολογισμός γεννήτριας ασφαλείας.....	50
Πίν. 16.	Συντελεστής Ισχύος Κινητήρων Επαγωγής σε μερικό φορτίο [4].....	52
Πίν. 17.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Λεπτομερής ηλεκτρικός ισολογισμός με ταυτόχρονο υπολογισμό Σ.Ι. και ενεργού και αέργου ισχύος ανά κατάσταση λειτουργίας.....	54
Πίν. 18.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Υπολογισμός καλωδίων.....	62
Πίν. 19.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Υπολογισμός υποζυγών.....	64
Πίν. 20.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Επιλογή καλωδίων.....	65
Πίν. 21.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Καταναλώσεις καυσίμων και λιπαντικών σε διάφορες καταστάσεις φόρτωσης.....	65
Πίν. 22.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Μέση κατανάλωση καυσίμων και λιπαντικών σε διάφορες καταστάσεις φόρτωσης.....	66
Πίν. 23.	Τρέχουσες τιμές καυσίμων και λιπαντικών (έτους 2011).....	66

Πίν. 24. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.....	67
Πίν. 25. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά.....	81
Πίν.26. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Συγκεντρωτικός πίνακας υπολογισμών προμελέτης και σύγκριση με πραγματικά στοιχεία του πλοίου.....	82
Πίν. 27. Bulk Carrier 74500 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά.....	83
Πίν.28. Bulk Carrier 74500 tons DWT: Καταναλώσεις καυσίμων και λιπαντικών σε διάφορες καταστάσεις φόρτωσης.....	85
Πίν.29. Bulk Carrier 74500 tons DWT: Μέση κατανάλωση καυσίμων και λιπαντικών σε διάφορες καταστάσεις φόρτωσης.....	86
Πίν.30. Bulk Carrier 74500 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.....	86
Πίν. 31. Bulk Carrier 74500 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	87
Πίν. 32. Bulk Carrier 55000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	88
Πίν.33. Bulk Carrier 55000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.....	88
Πίν. 34. Bulk Carrier 55000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	89
Πίν. 35. Bulk Carrier 52000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	90
Πίν.36. Bulk Carrier 52000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.....	90
Πίν. 37. Bulk Carrier 52000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	91
Πίν. 38. Bulk Carrier 76000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	92
Πίν.39. Bulk Carrier 76000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.....	92
Πίν. 40. Bulk Carrier 76000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	93
Πίν. 41. Bulk Carrier 87000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	94
Πίν.42. Bulk Carrier 87000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.....	94
Πίν. 43. Bulk Carrier 87000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	95
Πίν. 44. Bulk Carrier 178000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	96
Πίν.45. Bulk Carrier 178000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.....	96
Πίν. 46. Bulk Carrier 178000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	97
Πίν. 47. Bulk Carrier 176000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	98

Πίν.48. Bulk Carrier 176000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.....	98
Πίν. 49. Bulk Carrier 176000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	99
Πίν. 50. Bulk Carrier 82000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	100
Πίν.51. Bulk Carrier 82000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.....	100
Πίν. 52. Bulk Carrier 82000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	101
Πίν. 53. Bulk Carrier 80000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	102
Πίν.54. Bulk Carrier 80000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.....	102
Πίν. 55. Bulk Carrier 80000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	103
Πίν. 56. Tanker 156000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	116
Πίν. 57. Tanker 156000 tons DWT: Κατάλογος μηχανημάτων μηχανοστασίου.....	118
Πίν. 58. Tanker 156000 tons DWT: Λεπτομερής ηλεκτρικός ισολογισμός για τις καταστάσεις κανονικής πορείας, χειρισμών, εν όρμω, εκφόρτωσης και φόρτωσης.....	128
Πίν. 59. Λεπτομερής ηλεκτρικός ισολογισμός γεννήτριας ασφαλείας.....	133
Πίν. 60. Tanker 156000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά.....	144
Πίν. 61. Tanker 156000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης, ασφάλισης.....	145
Πίν. 62. Tanker 156000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	145
Πίν. 63. Tanker 106000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	146
Πίν. 64. Tanker 106000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης..	146
Πίν. 65. Tanker 106000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	147
Πίν. 66. Tanker 105000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	148
Πίν. 67. Tanker 105000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης & ασφάλισης..	148
Πίν. 68. Tanker 105000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	149
Πίν. 69. Tanker 297000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	150
Πίν. 70. Tanker 297000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης & ασφάλισης...	150
Πίν. 71. Tanker 297000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	151
Πίν. 72. Tanker 115000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	152
Πίν. 73. Tanker 115000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης & ασφάλισης...	152
Πίν. 74. Tanker 115000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	153
Πίν. 75. Tanker 301000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	154
Πίν. 76. Tanker 301000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης & ασφάλισης....	154

Πίν. 77. Tanker 301000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	155
Πίν. 78. Tanker 158000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	156
Πίν. 79. Tanker 158000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης & ασφάλισης...	156
Πίν. 80. Tanker 158000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	157
Πίν. 81. Tanker 106000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	158
Πίν. 82. Tanker 106000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης & ασφάλισης....	158
Πίν. 83. Tanker 106000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	159
Πίν. 84. Tanker 105000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	160
Πίν. 85. Tanker 105000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης & ασφάλισης...	160
Πίν. 86. Tanker 105000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	161
Πίν. 87. Tanker 301000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.....	162
Πίν. 88. Tanker 301000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης & ασφάλισης....	162
Πίν. 89. Tanker 301000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.....	163

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχ. 1.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Πλάγια όψη μηχανοστασίου.....	37
Σχ. 2.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Κάτοψη μηχανοστασίου στο κατώτερο επίπεδο (lower platform).....	38
Σχ. 3.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Κάτοψη μηχανοστασίου στο 3 ^ο επίπεδο (3 rd deck).....	39
Σχ. 4.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Κάτοψη μηχανοστασίου στο 2ο επίπεδο (2nd deck).....	40
Σχ. 5.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Εγκάρσια τομή του μηχανοστασίου.....	41
Σχ. 6.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Όψη πρύμνηθεν του μηχανοστασίου.....	41
Σχ. 7.	Bulk Carrier 75000 tons DWT: Διάταξη αξονικού συστήματος.....	42
Σχ. 8.	Διάγραμμα Συντελεστή Ισχύος Κινητήρων Επαγωγής σε μερικό φορτίο.....	52
Σχ. 9.	Δίκτυο τροφοδοσίας καυσίμου Κύριας Μηχανής και Η/Γ.....	69
Σχ. 10.	Δίκτυο μεταγίσεως και καθαρισμού πετρελαίου.....	71
Σχ. 11.	Περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών οξειδίων του θείου (SOx Emission Control Areas (SECAs)) [27].....	73
Σχ. 12.	Περιοχή ελεγχόμενων εκπομπών αερίων ρύπων στην Καλιφόρνια [26].....	74
Σχ. 13.	Περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών αερίων ρύπων στη Βόρεια Αμερική [26].....	74
Σχ. 14.	Αντλία γρανάζωτου τύπου (gear pump) [29].....	76
Σχ. 15.	Αντλία τύπου κοχλία (screw pump) [29].....	76
Σχ. 16.	Χαρακτηριστικές όψεις εγκατάστασης ψύξεως καυσίμου (Chilling unit) [22].....	76
Σχ. 17.	Σχηματικό διάγραμμα τροποποιημένου δικτύου μεταφοράς καυσίμου στην Κ.Μ. (M/E) στις Ηλεκτρογεννήτριες (G/E) και στον Λέβητα (Boiler).....	77
Σχ. 17α.	Το σύστημα εγκατάστασης ψύξεως καυσίμου (Chilling unit) πριν την εγκατάσταση του στο πλοίο.....	77
Σχ. 17β.	Μέρος του συστήματος εγκατάστασης ψύξεως καυσίμου (Chilling unit) εγκατεστημένο στο πλοίο.....	78
Σχ. 18.	Σχέδιο πραγματικού δικτύου μεταφοράς καυσίμου με ειδικό σύστημα ψύξης καυσίμου MGO.....	79
Σχ. 19.	Συνοπτικός χάρτης περιοχών ελεγχόμενων εκπομπών αερίων ρύπων (World ECA Areas) [32].....	80
Σχ. 20.	Ισχύς κύριας μηχανής συναρτήσει του πρόσθετου βάρους (DWT) του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.....	105
Σχ. 21.	Ισχύς κύριας μηχανής συναρτήσει του πρόσθετου βάρους (DWT) του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω τροποποιημένων Εξ. 3 και 4.....	106

Σχ. 22.	Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών (Η/Γ) συναρτήσει του πρόσθετου βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.....	107
Σχ. 23.	Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών (Η/Γ) συναρτήσει του πρόσθετου βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω τροποποιημένων Εξ. 5 & 7.....	108
Σχ. 24.	Χωρητικότητα δεξαμενών βαρέος καυσίμου συναρτήσει του πρόσθετου βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.....	109
Σχ. 25.	Χωρητικότητα δεξαμενών καυσίμου Diesel συναρτήσει του πρόσθετου βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.....	110
Σχ. 26.	Χωρητικότητα δεξαμενών λιπαντελαίου συναρτήσει του πρόσθετου βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier: Πραγματικές τιμές & υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.....	111
Σχ. 27.	Υπηρεσιακή ταχύτητα συναρτήσει του πρόσθετου βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier.....	112
Σχ. 28.	Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας και κόστος καυσίμου συναρτήσει του πρόσθετου βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier.....	113
Σχ. 29.	Ετήσια συνολικά λοιπά κόστη συναρτήσει του πρόσθετου βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier.....	114
Σχ. 30.	Tanker 156000 tons DWT: Πλάγια όψη μηχανοστασίου.....	119
Σχ. 31.	Tanker 156000 tons DWT: Κάτοψη μηχανοστασίου στο 4ο επίπεδο.....	120
Σχ. 32.	Tanker 156000 tons DWT: Κάτοψη μηχανοστασίου στο 3ο επίπεδο.....	121
Σχ. 33.	Tanker 156000 tons DWT: Κάτοψη μηχανοστασίου στο 2ο επίπεδο.....	122
Σχ. 34.	Tanker 156000 tons DWT: Πρυμναία τομή μηχανοστασίου.....	123
Σχ. 35.	Tanker 156000 tons DWT: Ενδιάμεση τομή μηχανοστασίου.....	124
Σχ. 36.	Tanker 156000 tons DWT: Πρωραία τομή μηχανοστασίου.....	125
Σχ. 37.	Απλοποιημένη διάταξη συστήματος αδρανούς αερίου (Inert Gas System).....	136
Σχ. 38.	Tanker 156000 tons DWT: Σύστημα αδρανούς αερίου (Inert Gas System).....	137
Σχ. 39.	Tanker 156000 tons DWT: Σύστημα καθαρισμού δεξαμενών (C.O.W.).....	142
Σχ. 40.	Ισχύς κύριας μηχανής συναρτήσει του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.....	165
Σχ. 41.	Ισχύς κύριας μηχανής συναρτήσει του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω της τροποποιημένης Εξ.3.....	166
Σχ. 42.	Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών (Η/Γ) συναρτήσει του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.....	167

Σχ. 43.	Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών (Η/Γ) συναρτήσει του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω των τροποποιημένων Εξ. 5 και 7.....	168
Σχ. 44.	Χωρητικότητες δεξαμενών βαρέος καυσίμου συναρτήσει του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.....	169
Σχ. 45.	Χωρητικότητες δεξαμενών καυσίμου Diesel συναρτήσει του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.....	170
Σχ. 46.	Χωρητικότητες δεξαμενών λιπαντελαίου συναρτήσει του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.....	171
Σχ. 47.	Υπηρεσιακή ταχύτητα συναρτήσει του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker.....	172
Σχ. 48.	Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας και κόστος καυσίμου συναρτήσει του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker.....	173
Σχ. 49.	Ετήσια συνολικά λοιπά κόστη συναρτήσει του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker.....	174

ΣΥΝΟΨΗ

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας μελετώνται τα κύρια χαρακτηριστικά σύγχρονων πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carriers) και δεξαμενοπλοίων (Tankers), τόσο σε επίπεδο σχεδιασμού (μεταφορική ικανότητα, επιλογή κύριων και βοηθητικών μηχανών και μηχανημάτων, κ.λπ.), όσο και σε επίπεδο λειτουργίας (υπηρεσιακή ταχύτητα, κόστη λειτουργίας, συντήρησης, κ.λπ.). Η παρούσα εργασία εστιάζεται κυρίως στον εξοπλισμό, τη διάταξη και τη λειτουργία του μηχανοστασίου, χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα εν ενεργεία πλοίων, κατασκευασμένων κατά την τελευταία δεκαετία, καθώς και πλοίων που κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας ήταν υπό ανέγερση (new buildings). Αρχικά παρατίθεται η υπάρχουσα μεθοδολογία προμελέτης, η οποία εφαρμόζεται για την προεκτίμηση βασικών παραμέτρων σχεδιασμού, όπως οι απαιτήσεις ισχύος της κύριας μηχανής, οι απαιτήσεις ηλεκτρικής ισχύος, το είδος και ο αριθμός των ηλεκτρογεννητριών, οι ανάγκες σε καύσιμα και λιπαντικά, οι ανάγκες χωρητικότητας των δεξαμενών του μηχανοστασίου, ο όγκος του μηχανοστασίου, τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης του πλοίου, κ.α. Στη συνέχεια, η μεθοδολογία προμελέτης εφαρμόζεται σε σειρά πλοίων φορτίου χύδην (Bulk Carriers) και δεξαμενοπλοίων (Tankers) διαφόρων μεγεθών, για τα οποία έχουν συλλεχθεί πραγματικά δεδομένα σχεδιασμού και λειτουργίας. Συγκρίνοντας τα υπολογισθέντα με τα πραγματικά δεδομένα, εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα χρήσης των υπαρχουσών μεθοδολογιών, και προτείνονται βελτιώσεις στους σχετικούς προσεγγιστικούς τύπους. Επιπλέον, για επιλεγμένα πλοία, παρουσιάζονται κατάλογοι μηχανημάτων, λεπτομερείς ηλεκτρικοί ισολογισμοί, καθώς και αναλυτικά σχέδια διάταξης μηχανών και μηχανημάτων. Περιγράφεται η διάταξη και λειτουργία των βασικών δικτύων του μηχανοστασίου, ενώ γίνεται αναφορά στους νέους κανονισμούς για χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, και ανάλυση των επιπτώσεων στον εξοπλισμό, τη διάταξη και τη λειτουργία του μηχανοστασίου. Τέλος, με βάση πραγματικά στοιχεία καταναλώσεων καυσίμων και λιπαντικών, κόστους ασφάλισης, Νηογνωμόνων, επισκευών και υλικών συντήρησης (μη συμπεριλαμβανομένου του κόστους δεξαμενισμών), παρουσιάζονται οικονομικά δεδομένα σχετικά με το μέσο ετήσιο κόστος λειτουργίας πλοίων σύγχρονης σχεδίασης.

ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΑ

b:	Ειδική κατανάλωση Κύριας Μηχανής
b _G :	Ειδική κατανάλωση Ηλεκτρογεννητριών
B:	Μέγιστο πλάτος πλοίου
C _b :	Συντελεστής γάστρας πλοίου
C.O.:	Κυλινδρέλαιο Κύριας Μηχανής
DWT:	Deadweight / Μεταφορική ικανότητα, πρόσθετο βάρος
Gas Tanker, LNG Carrier, LPG Carrier:	Πλοίο μεταφοράς υγροποιημένου αερίου (LNG - Liquefied Natural Gas, LPG - Liquefied Petroleum Gas)
H.F.O.:	Βαρύ καύσιμο (Heavy Fuel Oil)
L _{OA} :	Ολικό μήκος πλοίου
L _{BP} :	Μήκος πλοίου μεταξύ καθέτων
L.O.:	Λιπαντέλαιο (Lub Oil)
LSFO:	Βαρύ καύσιμο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (Low Sulphur Fuel Oil)
M.D.O.:	Καύσιμο Diesel (Marine Diesel Oil)
MGO:	Καύσιμο Diesel με περιεκτικότητα σε θείο $\leq 0.1\%$ κατά μάζα (Marine Gas Oil)
P:	Μέγιστη Συνεχής Ισχύς (ΜΣΙ) της Κύριας Μηχανής (Maximum Continuous Rating, MCR)
P _{DM} :	Μέγιστη Συνεχής Ισχύς Κύριας Μηχανής στον άξονα ($P_{DM} \approx 0.98 P$)
P _{NG} :	Ονομαστική ισχύς ηλεκτρογεννητριών
P _G :	Απαιτούμενο ηλεκτρικό φορτίο πλοίου
N _e :	Περιστροφική ταχύτητα της Κ.Μ.
N _p :	Περιστροφική ταχύτητα της έλικας
SECA:	Περιοχές ελέγχου εκπομπής SO _x (Sulphur Emissions Control Areas)
T _D :	Βύθισμα σχεδίασης
T _S :	Βύθισμα υπολογισμών
ULCC:	Ultra Large Crude Carrier / Δεξαμενόπλοιο μεταφοράς αργού πετρελαίου εξαιρετικά μεγάλου μεγέθους
V:	Υπηρεσιακή ταχύτητα πλοίου
VLBC:	Very Large Bulk Carrier / Πλοίο μεταφοράς φορτίου χύδην πολύ μεγάλου μεγέθους
VLCC:	Very Large Crude Carrier / Δεξαμενόπλοιο μεταφοράς αργού πετρελαίου πολύ μεγάλου μεγέθους
W _{MM} :	Βάρος κύριας μηχανής και μειωτήρα

W_{MS} :	Βάρος ελικοφόρου άξονα, ενδιάμεσων αξόνων, και εδράνων γραμμής και χοάνης
W_{MR} :	Βάρος υπόλοιπου μηχανολογικού εξοπλισμού
Δ :	Εκτόπισμα πλοίου σε τόνους
H/Γ:	Ηλεκτρογεννήτρια
K.M.:	Κύρια Μηχανή

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carriers) και Δεξαμενόπλοια (Tankers) στη σύγχρονη ναυτιλία

Τα πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carriers) και τα δεξαμενόπλοια (Tankers) αποτελούν σήμερα τα 2/3 του παγκόσμιου εμπορικού στόλου. Η θαλάσσια μεταφορά πρώτων υλών (άνθρακα, σιδηρομεταλλεύματος, πετρελαίου και παραγώγων του) βρίσκεται στο επίκεντρο των εξελίξεων, κυρίως την τελευταία δεκαετία. Η ραγδαία οικονομική ανάπτυξη κρατών της Ασίας, όπως η Κίνα και η Ινδία, οδήγησε σε ραγδαία αύξηση των αναγκών σε πρώτες ύλες για την παραγωγή ενέργειας και χάλυβα. Η ζήτηση έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την ταχύτατη ανάπτυξη της ναυπηγικής βιομηχανίας, συμπαρασύροντας ταυτόχρονα τις τιμές της παγκόσμιας ναυλαγοράς. Επακόλουθο της παραπάνω ζήτησης αποτελεί η είσοδος στην παγκόσμια ναυτιλιακή αγορά εκατοντάδων νέων πλοίων, με χωρητικότητες που ποικίλουν ώστε να καλύπτονται οι εκάστοτε ανάγκες μεταφοράς.

Με βάση τη μεταφορική ικανότητα (DWT) και τις κύριες διαστάσεις τους, τα σύγχρονα πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carriers) διακρίνονται σε επιμέρους κατηγορίες, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίν. 1.

Τύπος πλοίου	Διαστάσεις	Τόνοι DWT
Small	Ολικό μήκος έως 115 m	Έως 10000
Handysize	Μέγιστο έμφορτο βύθισμα έως 10 m	10000 - 35000
Handymax	Ολικό μήκος έως 190 m	35000 - 55000
Panamax	Ολικό μήκος έως 225 m Μέγιστο πλάτος 32.2-32.3 m	60000 - 80000
Post Panamax	Πλοία Panamax με: Ολικό μήκος 229 m Μέγιστο πλάτος 32.8 m	82000 - 87000
Capesize	Μέγιστο πλάτος 43-45 m	90000 - 200000
VLBC (Very Large Bulk Carrier)	Ολικό μήκος μεγαλύτερο των 300 m	> 200000

Πίν. 1. Κατηγοριοποίηση σύγχρονων πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carriers) με βάση τις κύριες διαστάσεις και τη μεταφορική ικανότητα [10].

Εκτός από τις κύριες κατηγορίες του Πίν. 1, υπάρχουν και ορισμένες ειδικές κατηγορίες που δημιουργήθηκαν κυρίως λόγω των γεωγραφικών απαιτήσεων συγκεκριμένων λιμένων φόρτωσης (ενδεικτικές κατηγορίες παρουσιάζονται στον Πίν. 2).

Τύπος πλοίου	Διαστάσεις	DWT	Κύρια χρήση
Kamsarmax	Πλοία Panamax με αυξημένο ολικό μήκος στα 229 m	80000 - 82000	Πλοία ειδικά σχεδιασμένα για τον λιμένα Kamsar της Γουϊνέας
Newcastlemax	Πλοία Capesize με ολικό μήκος 289m και μέγιστο πλάτος B=47 m	Έως 185000	Πλοία ειδικά σχεδιασμένα για τον λιμένα Newcastle της Αυστραλίας

Πίν. 2. Ειδικές κατηγορίες σύγχρονων πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην [10].

Η δεύτερη μεγάλη κατηγορία εμπορικών πλοίων είναι αυτή των δεξαμενοπλοίων. Λόγω των αναγκών μεταφοράς προϊόντων διαφορετικής σύστασης και ιδιοτήτων, τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια διακρίνονται στις ακόλουθες κύριες κατηγορίες:

- Πλοία μεταφοράς χημικών (Chemical Tankers)
- Πλοία μεταφοράς παραγώγων πετρελαίου (Product Tankers)
- Πλοία μεταφοράς αργού πετρελαίου (Crude oil Tankers)
- Πλοία μεταφοράς υγροποιημένου αερίου (Gas Tankers – LNG, LPG)

Εκτός από τη μεταφορική ικανότητα (σε τόνους DWT), η οποία χαρακτηρίζει κατ' αρχάς το μέγεθος ενός πλοίου, στα δεξαμενόπλοια χρησιμοποιείται συχνά και η μονάδα μέτρησης του βαρελιού (1 world barrel = 0.1590 m³). Τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια είναι κατά κανόνα διπλού τοιχώματος, σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς ασφάλειας και προστασίας του περιβάλλοντος MARPOL 73/78, Annex I, Regulation 13F [9].

Οι βασικές κατηγορίες δεξαμενοπλοίων, σε σχέση με τη μεταφορική τους ικανότητα και τις κύριες διαστάσεις τους, συνοψίζονται στον Πίν. 3:

Τύπος πλοίου	Διαστάσεις	Τόννοι DWT
Small	-	Έως 10000
Handysize	Μέγιστο έμφορτο βύθισμα της έως 10 m	10000 - 30000
Handymax	Ολικό μήκος έως 180 m	30000 - 55000
Panamax	Ολικό μήκος έως 228.5 m Μέγιστο πλάτος 32.2-32.3 m	60000 - 75000
Aframax	Μέγιστο πλάτος 41-44 m	80000 - 120000
Suezmax	Έμφορτο βύθισμα έως 21.3 m Μέγιστο πλάτος 43-45 m Ολικό μήκος έως 500 m	125000 - 170000
VLCC (Very Large Crude Carrier)	Ολικό μήκος > 300 m	250000 - 320000
ULCC (Ultra Large Crude Carrier)	-	> 350000

Πίν. 3. Κατηγοριοποίηση σύγχρονων δεξαμενοπλοίων (Tankers) με βάση τις κύριες διαστάσεις και την μεταφορική ικανότητα [9].

1.2 Επισκόπηση της βιβλιογραφίας

Η Προμελέτη Πλοίου είναι η δεύτερη από τις τέσσερις βασικές φάσεις της Μελέτης Πλοίου (Μελέτη εφικτότητας ή αρχικού σχεδιασμού, Προμελέτη, Συμβατική ή μελέτη προδιαγραφών συμβολαίου, Μελέτη λεπτομερούς σχεδιασμού), κατά την οποία με βάση τις προδιαγραφές του πλοιοκτήτη, τις πρόσφατες εξελίξεις της τεχνολογίας, τους διάφορους φυσικούς και τεχνικούς περιορισμούς, καθώς και τους Διεθνείς Κανονισμούς και Συμβάσεις περί κατασκευής, ασφάλειας και λειτουργίας των πλοίων, επιχειρείται η εξεύρεση της βέλτιστης τεχνο-οικονομικής λύσης, για την αποδοτική εκμετάλλευση του διατιθέμενου από τον πλοιοκτήτη κεφαλαίου.

Στην παρούσα εργασία αναλύεται η διαδικασία προμελέτης πλοίου, κυρίως σε σχέση με τον εξοπλισμό και τη λειτουργία του μηχανοστασίου. Συγκεκριμένα εφαρμόζεται και ελέγχεται η ακρίβεια υπολογισμών συγκεκριμένων τύπων και μεθοδολογιών για:

- α) Την προκαταρκτική εκτίμηση της ισχύος της Κύριας Μηχανής, είτε με βάση τον συντελεστή Ναυαρχείου, είτε με χρήση προσεγγιστικών τύπων που εκτιμούν την ισχύ της Κ.Μ. ως συνάρτηση της ταχύτητας υπηρεσίας και του πρόσθετου βάρους του πλοίου [7].
- β) Την εκτίμηση της απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύος με βάση την Μ.Σ.Ι. της Κ.Μ., τον αριθμό των μελών του πληρώματος και την ύπαρξη πρόσθετων ηλεκτρικών φορτίων του πλοίου, καθώς και του απαιτούμενου αριθμού των ηλεκτρογεννητριών που πρέπει να εγκατασταθούν ώστε να καλύπτονται πλήρως τα φορτία του πλοίου σε όλες τις αναμενόμενες καταστάσεις υπηρεσίας [1,3,4,7]. Επιπλέον, η εκτίμηση της ισχύος των Η/Γ πραγματοποιείται με βάση λεπτομερείς μελέτες ηλεκτρικού ισολογισμού, ενώ ταυτόχρονα γίνεται και εκτενής αναφορά στο θέμα της αέργου ισχύος, και στη σημασία της κατά την επιλογή των Η/Γ [5].
- γ) Την εκτίμηση του βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης και του όγκου του μηχανοστασίου με βάση τη Μ.Σ.Ι. και την ονομαστική περιστροφική ταχύτητα της Κ.Μ. [7].
- δ) Την εκτίμηση του βάρους καυσίμων και λιπαντικών, και τη χωρητικότητα των αντίστοιχων δεξαμενών, με βάση τη Μ.Σ.Ι. της Κ.Μ., την ονομαστική ισχύ των ηλεκτρογεννητριών, και τις ειδικές καταναλώσεις καυσίμου και λιπαντικών [1,7,8].
- ε) Την εκτίμηση του ετήσιου κόστους λειτουργίας, ασφάλισης και συντήρησης του πλοίου [8].

Σημαντικό μέρος της εργασίας αναφέρεται στην περιγραφή και λειτουργία των κυρίων δικτύων πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carrier) όπως: α) δίκτυο τροφοδοσίας καυσίμου Κ.Μ. και Η/Γ (F.O. transfer system) και β) δίκτυο μεταγίσεως και καθαρισμού καυσίμου (F.O transfer and purifier system) [1,8]. Αντίστοιχα στο κεφάλαιο των δεξαμενοπλοίων (Tanker) γίνεται αναφορά στα δίκτυα: α) θέρμανσης φορτίου, β) άντλησης φορτίου, γ) αδρανούς αερίου (inert gas system), και δ) καθαρισμού δεξαμενών φορτίου (crude oil washing) [1,2,6,8,12-16]. Τέλος, γίνεται λεπτομερής αναφορά στους σύγχρονους κανονισμούς για την χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, οι οποίοι τέθηκαν σε ισχύ την τελευταία δεκαετία, και επηρεάζουν περαιτέρω τον σχεδιασμό, τον εξοπλισμό και τη λειτουργία των μηχανοστασίων [11,13,17-24, 26-29, 32].

1.3 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Οι ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις πρώτων υλών από ταχύτατα αναδυόμενες χώρες της Ασίας (π.χ. Ινδία και Κίνα), με επακόλουθο την εντυπωσιακή αύξηση δρομολογίων από χώρες και περιοχές όπως η Αυστραλία, η Ινδονησία και η Λατινική Αμερική προς την Κίνα και την Ινδία (κυρίως), οδήγησαν την τελευταία δεκαετία τα Ναυπηγεία σε μια σημαντική αύξηση του ρυθμού ανέγερσης νέων πλοίων προγενέστερης αλλά και νέας σχεδίασης (π.χ. πλοία τύπου Kamsarmax, Post Panamax, Newcastle max, κ.λπ.), ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις συγκεκριμένων λιμένων και πλοίων. Ταυτόχρονα, οι νέοι κανονισμοί που τέθηκαν σε εφαρμογή την τελευταία δεκαετία (π.χ. MARPOL Annex VI, Regulation 13,14, κ.λπ.), καθώς και οι τεχνολογικές εξελίξεις στη σχεδίαση κυρίων μηχανών και βοηθητικών μηχανημάτων, με κύριο γνώμονα την οικονομικότερη διαχείριση και λειτουργία ενός πλοίου, επηρέασαν σε σημαντικό βαθμό τη σύνθεση και τη χωροδιάταξη των σύγχρονων μηχανοστασίων.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η καταγραφή και η ανάλυση των βασικών παραμέτρων σχεδιασμού και λειτουργίας των μηχανοστασίων σύγχρονων πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carriers) και δεξαμενοπλοίων (Tankers) διαφόρων μεγεθών, κατασκευασμένων την τελευταία δεκαετία. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, πραγματοποιείται αρχικά παράθεση της υπάρχουσας μεθοδολογίας προμελέτης, η οποία έχει ως σκοπό την προεκτίμηση βασικών παραμέτρων σχεδιασμού, όπως οι απαιτήσεις ισχύος της κύριας μηχανής, οι απαιτήσεις ηλεκτρικής ισχύος, το είδος και ο αριθμός των ηλεκτρογεννητριών, οι ανάγκες σε καύσιμα και λιπαντικά, οι ανάγκες χωρητικότητας των δεξαμενών του μηχανοστασίου, ο όγκος του μηχανοστασίου, τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης, κ.α. Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόζεται σε σειρά πλοίων διαφόρων μεγεθών, για τα οποία έχουν συλλεχθεί πραγματικά δεδομένα σχεδιασμού. Συγκρίνοντας τα υπολογισθέντα με τα πραγματικά δεδομένα, εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα χρήσης των υπάρχουσών μεθοδολογιών, και προτείνονται βελτιώσεις στους σχετικούς προσεγγιστικούς τύπους.

Συμπληρωματικά γίνεται καταγραφή του βασικού μηχανολογικού εξοπλισμού (κυρίων μηχανών και βοηθητικών μηχανημάτων), της διάταξής τους, καθώς και των κύριων δικτύων του πλοίου. Ειδική αναφορά γίνεται σε σχεδιαστικές διαφοροποιήσεις των βασικών δικτύων, ώστε να είναι δυνατή η χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο σε περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών SO_x (Emission Control Areas, ECA). Τέλος, με βάση πραγματικά στοιχεία νέων πλοίων (κατασκευής 2000÷2011), παρουσιάζονται συγκεντρωτικοί πίνακες κόστους λειτουργίας και συντήρησης, και προτείνονται απλές σχέσεις υπολογισμού, ώστε οι διάφορες κατηγορίες κόστους να μπορούν να εκτιμηθούν κατά την προμελέτη του πλοίου.

1.4 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Η δομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ακόλουθη:

Στο 2^ο Κεφάλαιο πραγματοποιείται συστηματική βιβλιογραφική επισκόπηση, παρουσιάζεται η μεθοδολογία προμελέτης των πλοίων, και γίνεται εκτενής ανάλυση των μεθόδων και διαδικασιών υπολογισμού για την εκτίμηση ισχύος της Κ.Μ., της απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύος των Η/Γ, του βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης, του βάρους των καυσίμων και λιπαντικών, και της εκτίμησης του μέσου ετήσιου κόστους λειτουργίας ενός πλοίου.

Επίσης, παρουσιάζεται η δομή των συγκεντρωτικών πινάκων που θα χρησιμοποιηθούν στα επόμενα κεφάλαια για την εφαρμογή της μεθοδολογίας σε πραγματικά πλοία και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Στο 3^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται αρχικά τα κύρια χαρακτηριστικά ενός αντιπροσωπευτικού πλοίου μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carrier), και πραγματοποιούνται λεπτομερείς υπολογισμοί με βάση την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο 2^ο Κεφάλαιο. Συγκεκριμένα, πραγματοποιούνται αναλυτικοί υπολογισμοί εκτίμησης ισχύος της Κ.Μ. και των Η/Γ, υπολογισμοί βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης, καθώς και υπολογισμοί βάρους καυσίμων και λιπαντικών. Παρουσιάζεται συνολικός κατάλογος των μηχανημάτων που εξοπλίζουν το μηχανοστάσιο του πλοίου, και σχέδια που απεικονίζουν τη διάταξή τους στον χώρο του μηχανοστασίου. Ακολουθεί κατάστρωση λεπτομερούς ηλεκτρικού ισολογισμού, αναλυτικός υπολογισμός της αέργου ισχύος, καθώς και υπολογισμός των καλωδίων, ζυγών και υποζυγών. Στη συνέχεια, γίνεται εκτίμηση του κόστους λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης, και ακολουθεί περιγραφή και επεξήγηση της λειτουργίας των κυρίων δικτύων του μηχανοστασίου. Γίνεται, επίσης, εκτενής αναφορά στις επιπτώσεις που έχει η εφαρμογή των νέων κανονισμών στον εξοπλισμό και τη λειτουργία των δικτύων του μηχανοστασίου. Κατόπιν, με βάση τα πραγματικά στοιχεία πλοίων διαφόρων κατηγοριών και χωρητικότητων, καθώς και τα στοιχεία που προκύπτουν από την εφαρμογή της μεθοδολογίας του 2^{ου} Κεφαλαίου, γίνεται σύνταξη συγκριτικών πινάκων και απεικόνιση των αποτελεσμάτων σε σχετικά διαγράμματα. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT): α) η εκτίμηση της ισχύος της Κ.Μ., β) η εκτίμηση της ισχύος των Η/Γ, γ) η χωρητικότητα των δεξαμενών βαρέος καυσίμου και καυσίμου Diesel, δ) η χωρητικότητα των δεξαμών λιπαντελαίου, ε) η υπηρεσιακή ταχύτητα, και στ) τα συνολικά και επιμέρους ετήσια κόστη λειτουργίας. Τέλος εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα των μεθοδολογιών που παρουσιάστηκαν.

Στο 4^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται αρχικά τα κύρια χαρακτηριστικά ενός αντιπροσωπευτικού δεξαμενοπλοίου (Tanker), παρουσιάζεται συνολικός κατάλογος των μηχανημάτων που εξοπλίζουν το μηχανοστάσιο, καθώς και αναλυτικά σχέδια διάταξης του μηχανοστασίου. Ακολουθούν λεπτομερείς υπολογισμοί με βάση την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο 2^ο Κεφάλαιο (αντίστοιχοι με αυτούς που έγιναν για τα πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην στο 3^ο Κεφάλαιο), και στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση και περιγραφή των κυρίων δικτύων λειτουργίας του πλοίου. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα υπολογισμών για μια σειρά πλοίων διαφόρων κατηγοριών και χωρητικότητων, και τα αντίστοιχα διαγράμματα σύγκρισης (όπως και στο 3^ο Κεφάλαιο).

Τέλος, στο 5^ο Κεφάλαιο, συνοψίζονται τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, και αναφέρονται πιθανές κατευθύνσεις για μελλοντική εργασία, σε συνέχεια της παρούσας.

2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΜΕΛΕΤΗΣ - ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ

2.1 Εισαγωγή

Η προμελέτη αποτελεί το πρώτο στάδιο σχεδίασης ενός πλοίου, κατά το οποίο, με βάση τις απαιτήσεις του ενδιαφερόμενου πλοιοκτήτη (μεταφορική ικανότητα, ταχύτητα υπηρεσίας, ακτίνα δράσης, κ.λπ.), καθορίζονται κατ' αρχάς οι κύριες διαστάσεις και οι σημαντικές παράμετροι σχεδίασης του πλοίου, και προεκτιμώνται τα οικονομικά χαρακτηριστικά του κατά τη λειτουργία. Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθεται η σχετική μεθοδολογία προμελέτης, με βάση την τρέχουσα επικρατούσα πρακτική και την υπάρχουσα βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα παρατίθενται και αναλύονται οι βασικοί υπολογισμοί που αφορούν: α) την εκτίμηση της ισχύος της Κύριας Μηχανής του πλοίου, β) την εκτίμηση της απαίτησης ηλεκτρικής ισχύος, καθώς και του απαιτούμενου αριθμού και μεγέθους των ηλεκτρογεννητριών του πλοίου, γ) την εκτίμηση του βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης, δ) την εκτίμηση του βάρους καυσίμων και λιπαντικών, και τη χωρητικότητα των αντίστοιχων δεξαμενών, και ε) την εκτίμηση του ετήσιου κόστους λειτουργίας, ασφάλισης και συντήρησης του πλοίου.

Η μεθοδολογία, η οποία παρουσιάζεται στο κεφάλαιο αυτό, θα χρησιμοποιηθεί σε επόμενα κεφάλαια για την εκτίμηση των βασικών σχεδιαστικών παραμέτρων υπαρχόντων πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην και δεξαμενοπλοίων, ώστε να ελεγχθεί η εφαρμοσιμότητά της σε κατασκευές σύγχρονων πλοίων.

2.2 Εκτίμηση ισχύος Κύριας Μηχανής

Κατά την προμελέτη, για την τελική εκτίμηση του βάρους και του εκτοπίσματος του υπό σχεδίαση πλοίου είναι απαραίτητη η εκτίμηση του συνολικού βάρους της προωστήριας εγκατάστασης. Το βάρος της προωστήριας εγκατάστασης είναι συνάρτηση της απαιτούμενης ισχύος πρόωσης του πλοίου (κατ' επέκταση, της ισχύος που αποδίδει η κύρια προωστήρια μηχανή). Κατά την προκαταρκτική φάση της μελέτης ενός πλοίου δεν είναι δυνατή η επακριβής γνώση της απαιτούμενης ισχύος πρόωσης για την ανάπτυξη της ταχύτητας υπηρεσίας, δεδομένου ότι δεν είναι ακόμα γνωστά στοιχεία της υδροδυναμικής συμπεριφοράς του πλοίου, και δεν έχει πραγματοποιηθεί ακόμη η επιλογή έλικας και πηδαλίου. Προσέγγιση της απαιτούμενης ισχύος πρόωσης μπορεί να γίνει με βάση εμπειρικούς τύπους ή διαγράμματα από στατιστικά στοιχεία διαφόρων τύπων πλοίων. Για τη χρήση των μεθοδολογιών αυτών είναι απαραίτητη η γνώση βασικών χαρακτηριστικών του πλοίου, συγκεκριμένα του εκτοπίσματος Δ , της ταχύτητα υπηρεσίας V και του μήκους μεταξύ καθέτων L_{BP} . Στην πράξη, τα (κατ' αρχάς) άγνωστα αυτά μεγέθη μπορούν να εκτιμηθούν με στατιστική ανάλυση πλοίων όμοιων με το υπό μελέτη. Στην παρούσα εργασία, δεδομένου ότι η μεθοδολογία προμελέτης εφαρμόζεται σε υπάρχοντα πλοία, τα συγκεκριμένα μεγέθη λαμβάνονται από το πραγματικό πλοίο. Στη συνέχεια με χρήση της μεθοδολογίας προμελέτης εκτιμάται η απαιτούμενη ισχύς πρόωσης, η οποία συγκρίνεται με την πραγματική εγκατεστημένη ισχύ.

Για τον προκαταρκτικό υπολογισμό της ισχύος πρόωσης P (εγκατεστημένη Μέγιστη Συνεχής Ισχύς της κύριας μηχανής πρόωσης) μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθοι τύποι [7]:

i. Τύπος Αγγλικού Ναυαρχείου

$$C_N = \frac{\Delta^{\frac{2}{3}} \times V^3}{P} \quad \text{Εξ. (1)}$$

όπου Δ το εκτόπισμα του πλοίου σε tons, V η ταχύτητα υπηρεσίας του πλοίου σε kn και P η εγκατεστημένη ισχύς σε HP.

Η σταθερά του Ναυαρχείου C_N μπορεί να υπολογισθεί από όμοια πλοία με την προϋπόθεση ότι αυτά έχουν όμοια μορφή γάστρας και όχι σημαντικά διαφορετικούς αριθμούς Reynolds και Froude. Αν δεν υπάρχουν στοιχεία από όμοια πλοία, η σταθερά C_N μπορεί να προσεγγισθεί:

$$C_N = 3.7 \times (\sqrt{L_{BP}} + 75 / V) \quad \text{Εξ. (2)}$$

όπου L_{BP} το μήκος μεταξύ καθέτων του πλοίου σε m, και V η ταχύτητα του πλοίου σε m/s. Όταν η σταθερά Ναυαρχείου εκτιμάται με χρήση της Εξ. (2), τότε η ισχύς P που υπολογίζεται με την Εξ. (1) είναι σε kW.

ii. Τύποι της μορφής $P=f(DWT, V)$, για φορτηγά [7]:

$$P = 0.0114 \times V^3 \times DWT^{0.55} \quad \text{Εξ. (3)}$$

$$\text{ή } P = 0.0175 \times V^3 \times DWT^{0.5} \quad \text{Εξ. (4)}$$

όπου V η ταχύτητα σε kn, DWT η μεταφορική ικανότητα (πρόσθετο βάρος) σε tons και P η εγκατεστημένη ισχύς σε PS.

2.3 Εκτίμηση απαίτησης ηλεκτρικής ισχύος

Στην αρχική φάση του σχεδιασμού, όταν δεν είναι δυνατή η λεπτομερής ανάλυση του ηλεκτρικού φορτίου του πλοίου, είναι αναγκαία η προκαταρκτική εκτίμησή του. Επειδή στο στάδιο αυτό δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία για λεπτομερή προσδιορισμό, το φορτίο υπολογίζεται προσεγγιστικά με τη βοήθεια εμπειρικών σχέσεων, οι οποίες περιγράφονται παρακάτω:

i. Για πλοία με πρόωση Diesel, όταν οι αντλίες νερού και λαδιού είναι ηλεκτροκίνητες, το απαιτούμενο ηλεκτρικό φορτίο μπορεί να υπολογιστεί από την ακόλουθη σχέση [4]:

$$P_G = 0.015 \times P_{Dm} + 1.6 \times Z + 9 \times \sqrt{Z} + 80 + P_C \quad \text{Εξ. (5)}$$

όπου

P_G : το απαιτούμενο ηλεκτρικό φορτίο, σε HP,

P_{Dm} : η Μέγιστη Συνεχής Ισχύς στον άξονα, σε HP (συνήθως λαμβάνεται ως $0.985P$, όπου P η Μ.Σ.Ι. της Κ.Μ.)

Z : ο αριθμός μελών πληρώματος,

P_C : τα πρόσθετα ηλεκτρικά φορτία για ψύξη και αφύγρανση φορτίου, ή άλλα ειδικά συστήματα.

Η Εξ. (5) ισχύει όταν υπάρχει εγκατάσταση κλιματισμού. Με βάση το αποτέλεσμα της Εξ. (5), η απαιτούμενη ονομαστική ισχύς των γεννητριών μπορεί να προσδιοριστεί από την ακόλουθη σχέση [4]:

$$P_{NG} = \frac{P_G}{\beta} \quad \text{Εξ. (6)}$$

όπου ο βαθμός απόδοσης β λαμβάνεται μεταξύ $0.75 \div 0.9$ (συνήθως 0.82).

ii. Μια ικανοποιητική εκτίμηση του απαιτούμενου ηλεκτρικού φορτίου δίνει και η ακόλουθη (απλούστερη) σχέση [1]:

$$P_G = 100 + 0.55P^{0.7} \quad \text{Εξ. (7)}$$

όπου:

P_G : το μέσο απαιτούμενο ηλεκτρικό φορτίο, σε kW,

P : η ΜΣΙ του κινητήρα, σε kW.

Η Εξ. (7) ισχύει όταν όλες οι αντλίες είναι ανεξάρτητες, δηλαδή κινούνται από ηλεκτροκινητήρες. Συμπεριλαμβάνονται τα συνήθη φορτία που αφορούν την πρόωση, ναυσιπλοΐα, ψύξη, θέρμανση-κλιματισμό, καθώς και λοιπές καταναλώσεις. Ηλεκτρικά φορτία που σχετίζονται με το εμπόρευμα (γερανοί, ψύξη εμπορεύματος, εξαερισμός χώρων εμπορεύματος, κ.λπ.), καθώς επίσης και άλλα ειδικά φορτία (π.χ. έλικες πλευρικής ώσης) δεν συμπεριλαμβάνονται. Η απαιτούμενη ονομαστική ισχύς των γεννητριών προσδιορίζεται από το υπολογισθέν μέσο απαιτούμενο φορτίο P_G , (Εξ. (7)), με προσαύξηση κατά $20 \div 25\%$, ώστε να προβλεφθούν διακυμάνσεις του φορτίου, καθώς και κάποιο περιθώριο για περιορισμένη μελλοντική αύξησή του [1].

2.4 Εκτίμηση αριθμού και μεγέθους ηλεκτρογεννητριών

Οι ρυθμιστικές αρχές (νηογνώμονες) απαιτούν γενικά την εγκατάσταση τουλάχιστον δύο ηλεκτρογεννητριών, κάθε μία από τις οποίες πρέπει να είναι ικανή να καλύψει τα ουσιαστικά εν πλω φορτία του πλοίου. Μια πιο συντηρητική προσέγγιση, με σκοπό την αύξηση του συντελεστή ασφαλείας και τη διευκόλυνση των διαδικασιών συντήρησης, οδηγεί συνήθως σε αύξηση του αριθμού των εγκατεστημένων ηλεκτρογεννητριών σε τουλάχιστον τρεις (που στην απλούστερη περίπτωση έχουν την ίδια ονομαστική ισχύ, ώστε να απλοποιούνται οι διαδικασίες συντήρησης και να υπάρχει ελαστικότητα στη λειτουργία). Οι εγκατεστημένες ηλεκτρογεννήτριες, ανάλογα με τα απαιτούμενα κάθε φορά φορτία, μπορεί να εργάζονται χωριστά ή κατά ζεύγη. Συνήθως, η χρήση τους γίνεται εναλλάξ, προκειμένου να έχουν κατά προσέγγιση τις ίδιες ώρες λειτουργίας και παραπλήσια κατάσταση φθοράς. Στις κύριες γεννήτριες προστίθεται και η ηλεκτρική πηγή ασφαλείας (συνήθως μια ακόμη ηλεκτρογεννήτρια), η οποία πρέπει να είναι αυτόνομη και εγκατεστημένη σε διαφορετικό χώρο. Η γεννήτρια ασφαλείας πρέπει να καλύπτει τα βασικά ηλεκτρικά φορτία του πλοίου σε κατάσταση ανάγκης. Στα φορτία αυτά περιλαμβάνονται οι αντλίες μετάγγισης πετρελαίου γεννήτριας, τα συστήματα ψύξης της γεννήτριας, η αντλία πυρκαγιάς, η μονάδα παραγωγής γλυκού νερού, τα

συστήματα πηδαλιουχίας, τα συστήματα πρόσδεσης και αγκύρωσης, οι σκάλες επιβίβασης του πλοίου, τα βίντσια των σωσίβιων λέμβων, ο εξωτερικός φωτισμός ανάγκης, ο φωτισμός μηχανοστασίου και ενδιαίτησης, τα όργανα ναυσιπλοΐας κ.α.

Με βάση τα αποτελέσματα της Ενότητας 2.3, μπορεί να γίνει προκαταρκτική επιλογή της ονομαστικής ισχύος των γεννητριών, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας του υπό μελέτη πλοίου. Επιπλέον, κατά την επιλογή των γεννητριών, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ο όγκος και το βάρος της εγκατάστασης, το αρχικό κόστος, το κόστος λειτουργίας, η ύπαρξη τυποποιημένων μεγεθών (που είναι πιο οικονομικά από τα μη τυποποιημένα), κ.λπ. Γενικά ο αριθμός και η ισχύς των εγκατεστημένων γεννητριών πρέπει να ικανοποιούν την ακόλουθη απαίτηση [4] :

Με μία γεννήτρια εκτός λειτουργίας, πρέπει να είναι δυνατή η τροφοδότηση όλων των μηχανημάτων που είναι απαραίτητα για την ασφάλεια και πρόωση του πλοίου, και τη διατήρηση του φορτίου σε καλή κατάσταση.

2.5 Εκτίμηση βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης – όγκου μηχανοστασίου

Η κατά το δυνατόν ακριβής προσέγγιση του βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης και του όγκου του μηχανοστασίου είναι ιδιαίτερα σημαντική τόσο κατά την προκαταρκτική όσο και κατά την τελική φάση της μελέτης ενός πλοίου.

Το συνολικό βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης του πλοίου, W_M , είναι το άθροισμα των βαρών των μηχανών και μηχανημάτων του μηχανοστασίου, στο οποίο προστίθεται το βάρος των αξόνων, των εδράνων και της έλικας (ή των ελίκων). Επομένως, για τον προκαταρκτικό υπολογισμό του W_M μπορεί να χρησιμοποιηθεί η Εξ. (8) [7]:

$$W_M = W_{MM} + W_{MS} + W_{MR} \quad \text{Εξ. (8)}$$

όπου:

W_{MM} : Το βάρος της κύριας μηχανής και του μειωτήρα (για στροβιλοφόρα πλοία το βάρος των στροβίλων, του μειωτήρα και των λεβήτων, αντίστοιχα).

W_{MS} : Το βάρος του ελικοφόρου άξονα, των ενδιάμεσων αξόνων, και των εδράνων γραμμής και χοάνης.

W_{MR} : Το βάρος του υπόλοιπου μηχανολογικού εξοπλισμού (ηλεκτρογεννήτριες καλωδιώσεις προς και από τους πίνακες, αντλίες, συμπιεστές, διαχωριστές, σωληνώσεις μηχανοστασίου, εγκατάσταση παραγωγής πόσιμου νερού, εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, λέβητες, και λοιπός εξοπλισμός μηχανοστασίου όπως κλίμακες, σχάρες δαπέδων, θερμο-ηχομονώσεις, κ.λπ.).

Τα βάρη W_{MM} , W_{MS} και W_{MR} μπορούν να υπολογιστούν με χρήση των εξισώσεων (9)-(11). Οι συντελεστές w_2 , w_3 και w_4 , μπορούν να ληφθούν από τον Πίν. 4. Τονίζεται ότι οι συντελεστές w_1 και w_5 δεν χρησιμοποιούνται στους παρακάτω υπολογισμούς, αλλά αναφέρονται στην βιβλιογραφία η οποία έχει χρησιμοποιηθεί, και παρατίθενται εδώ για λόγους πληρότητας.

$$W_{MM} = w_4 \times P_{DM} \quad \text{Εξ. (9)}$$

$$W_{MS} = w_3 \times P_{DM} \quad \text{Εξ. (10)}$$

$$W_{MR} = w_2 \times P_{DM}$$

Εξ. (11)

Συντελεστής	Τύπος Πλοίου	
	Φορηγό	Δεξαμενόπλοιο
w_1 [kp/ m ³]	10-15	3-5
w_2 [kp/ HP]	35-50	25-35
w_3 [kp/ HP]	5-10	4
w_4 [kp/ HP]	Αργόστροφος κινητήρας Diesel 30-40	Αργόστροφος κινητήρας Diesel 30-40
w_5 [kp/ HP]	85-90	55-60

Πίν. 4. Συντελεστές βαρών για τον υπολογισμό του συνολικού βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης του πλοίου, W_M [7].

Η προσέγγιση του συνολικού βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης μπορεί επίσης να γίνει μέσω της απλούστερης σχέσης των Watson-Gilfillan [7]:

$$W_M = C_{MD} \times P^{0.89} \quad \text{Εξ. (12)}$$

όπου P η μέγιστη συνεχής ισχύς της κύριας μηχανής σε kW, και C_{MD} συντελεστής, ο οποίος λαμβάνει την τιμή 0.21 για μεσόστροφους κινητήρες Diesel, και τιμές μεταξύ 0.3 και 0.5 για αργόστροφους κινητήρες Diesel.

Το συνολικό βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης μπορεί επίσης να προσεγγιστεί αν είναι γνωστό το βάρος της Κύριας Μηχανής. Συγκεκριμένα για αργόστροφους κινητήρες Diesel απευθείας συνδεδεμένους στην έλικα, το συνολικό βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης W_M μπορεί να υπολογισθεί με χρήση της Εξ. (13), [7]:

$$W_M = C_{MI} \times W_{MM} \quad \text{Εξ. (13)}$$

όπου W_{MM} το βάρος της Κύριας Μηχανής σε tons, και C_{MI} συντελεστής ο οποίος λαμβάνει τιμές μεταξύ 2.2-3.6

Ο όγκος του μηχανοστασίου, μπορεί να εκτιμηθεί μέσω της Εξ. (14) [1]:

$$V_E = 21.6 \times f_6 \times f_7 \times f_8 \times \left[9.55 \frac{P}{N_p} \right]^{0.83} \quad \text{Εξ. (14)}$$

όπου:

V_E : ο όγκος μηχανοστασίου σε κυβικά μέτρα,

P : η Μέγιστη Συνεχής Ισχύς της κύριας μηχανής σε kW,

- f_6 : συντελεστής ο οποίος παίρνει την τιμή 1.0 εάν το μηχανοστάσιο βρίσκεται στην πρύμνη ή στα 3/4 του πλοίου προς την πρύμνη. Αν το μηχανοστάσιο βρίσκεται στη μέση του πλοίου ή αλλού, σε θέση η οποία δεν επηρεάζεται από το σχήμα της γάστρας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μικρότερη τιμή, μέχρι 0.9.
- f_7 : συντελεστής ο οποίος παίρνει την τιμή 1.0 για μονέλικά πλοία,
- f_8 : συντελεστής ο οποίος παίρνει την τιμή 1.0 για μηχανοστάσια των οποίων οι διαστάσεις περιορίζονται μόνο από τις διατάξεις της γάστρας.
- N_p : μέγιστος αριθμός περιστροφικής ταχύτητας της έλικας (σε στροφές ανά λεπτό)

Η Εξ. (14) μπορεί να εφαρμοστεί σε πλοία στα οποία το μηχανοστάσιο εκτείνεται σε όλο το πλάτος της γάστρας του πλοίου, και από το άνω μέρος των διπυθμένων έως το κύριο κατάστρωμα, ή έως το άνω άκρο της διόδου διέλευσης ή διαφυγής (emergency escape trunk). Ο υπολογιζόμενος από τη Εξ. (14) όγκος περιλαμβάνει κάθε τέτοια δίοδο, αλλά δεν περιλαμβάνει τον χώρο διέλευσης των αγωγών καυσαερίων (engine casing), ούτε τις σήραγγες αξόνων (stern tube).

2.6 Εκτίμηση βάρους καυσίμων, λιπαντικών και χωρητικότητας σχετικών δεξαμενών

Η ποσότητα καυσίμων και λιπαντικών με την οποία πρέπει να είναι εφοδιασμένο το πλοίο, εξαρτάται από την ακτίνα δράσης του πλοίου, η οποία ορίζεται από τις απαιτήσεις του πλοιοκτήτη. Συγκεκριμένα, το συνολικό βάρος καυσίμων και λιπαντικών υπολογίζεται για ταξίδι συνολικής απόστασης ίσης με την ακτίνα ενεργείας του πλοίου, με επιστροφή. Το βάρος αυτό αποτελεί σημαντικό στοιχείο κατά το στάδιο της προμελέτης του πλοίου, καθώς αποτελεί μέρος του πρόσθετου βάρους DWT, δηλαδή μειώνει τη σχετική μεταφορική ικανότητα του πλοίου. Το συνολικό βάρος καυσίμων και λιπαντικών μπορεί να προκύψει με χρήση των Εξ. (15)÷(17) [7]. Η χωρητικότητα των σχετικών δεξαμενών προκύπτει με βάση την πυκνότητα κάθε υγρού, λαμβάνοντας υπόψη περιθώριο ασφαλείας της τάξης του 20%.

Υπολογισμός βάρους βαρέος καυσίμου (H.F.O.)

Οι ανάγκες του πλοίου σε βαρύ καύσιμο για ταξίδι απόστασης ίσης με την ακτίνα ενεργείας του πλοίου με επιστροφή, μπορούν να εκτιμηθούν με χρήση της Εξ. (15) [7].

$$W_{H.F.O.} = (P \times b \times t_1) \times C \times 10^{-6} [\text{tn}] \quad \text{Εξ. (15)}$$

όπου:

- P : η Μέγιστη Συνεχή Ισχύς της Κ.Μ σε kW.
- t_1 : ο χρόνος αυτόνομου ταξιδιού του πλοίου ο οποίος υπολογίζεται από τον λόγο της ακτίνας ενεργείας με την υπηρεσιακή ταχύτητα του πλοίου (λαμβάνεται συνήθως από όμοια πλοία). Στην παρούσα εργασία λαμβάνεται από το υπό μελέτη πλοίο.
- b : η ειδική κατανάλωση της Κ.Μ. σε gr/kWh του υπό μελέτη πλοίου.
- $C=1.2-1.4$: σταθερά εφεδρείας για υπερκατανάλωση λόγω αλλαγής πορείας, απρόβλεπτης αναμονής, αρωγής σε περίπτωση ανάγκης, και κατάλοιπων στις δεξαμενές.

Υπολογισμός βάρους καυσίμου Diesel (M.D.O.)

Οι ανάγκες του πλοίου σε καύσιμο Diesel για ταξίδι απόστασης ίσης με την ακτίνα ενεργείας του πλοίου με επιστροφή, εξαρτώνται από την ισχύ των ηλεκτρογεννητριών (H/Γ), την ειδική κατανάλωση και τον συνολικό χρόνο λειτουργίας τους, και μπορούν να υπολογιστούν με τη χρήση της Εξ.(16) [7]:

$$W_{M.D.O.} = (P_{NG} \times b_G \times t_2 / \eta_E) \times C \times 10^{-6} [\text{tn}] \quad \text{Εξ. (16)}$$

όπου:

- P_{NG} : η ονομαστική ισχύς των ηλεκτρογεννητριών σε kW.
 b_G : η ειδική κατανάλωση της ηλεκτρογεννήτριας σε gr/kWh
 C : όπως ορίστηκε για την Εξ. (15).
 η_E : βαθμός απόδοσης ηλεκτρογεννήτριας (λαμβάνεται περίπου ίσος με 0.8)
 t_2 : ο χρόνος λειτουργίας των ηλεκτρογεννητριών

Υπολογισμός βάρους λιπαντελαίου (L.O.)

Το συνολικό βάρος λιπαντελαίου περιλαμβάνει και το βάρος του καταναλισκόμενου λιπαντικού. Για κινητήρες Diesel το βάρος των λιπαντικών μπορεί να ληφθεί ως 3÷5% του βάρους των καυσίμων [7].

$$W_{L.O.} = 3\div 5\% (W_{H.F.O.} + W_{M.D.O.}) \quad \text{Εξ. (17)}$$

Σημειώνεται ότι στο βάρος αυτό συμπεριλαμβάνονται όλα τα λιπαντικά ανεξαρτήτως ιδιότητας και χρήσης (κυλινδρέλαιο K/M, λιπαντέλαιο K/M, λιπαντέλαιο H/M, λιπαντέλαια αντλιών, λιπαντέλαια εδράνων, λιπαντέλαια αεροσυμπιεστών, λιπαντέλαια μηχανημάτων καταστρώματος, κ.α.).

2.7 Εκτίμηση κόστους λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Το ετήσιο συνολικό κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης ενός πλοίου, K , μπορεί να υπολογιστεί με χρήση της Εξ. (18), η οποία αποτελεί παραλλαγή της αντίστοιχης σχέσης υπολογισμού του [8]. Στην παρούσα εργασία, τα κόστη αναφέρονται σε USD, διότι αυτό είναι το κύριο νόμισμα συναλλαγής στο παγκόσμιο ναυτιλιακό σύστημα.

$$K = \sum_{i=1}^{n_1} K_{bi} + \sum_{j=1}^{n_2} K_{lj} + K_l + K_m \quad \text{Εξ. (18)}$$

όπου:

- K_{bi} : ετήσιο κόστος καταναλωθέντος καυσίμου i , USD
 n_1 : συνολικός αριθμός διαφορετικών καυσίμων (π.χ. H.F.O., M.D.O.).
 K_{lj} : ετήσιο κόστος καταναλωθέντος λιπαντικού j , USD.
 n_2 : συνολικός αριθμός διαφορετικών λιπαντικών (π.χ. λιπαντέλαιο K/M, κυλινδρέλαιο K/M, κ.λπ.).
 K_l : ετήσιο κόστος ασφάλισης και Νηογνώμονα, USD.

K_m : ετήσιο κόστος συντήρησης, USD.

Τα επιμέρους ετήσια κόστη καυσίμου και λιπαντικών μπορούν να υπολογιστούν ως εξής:

$$\text{Κόστος καυσίμου } i: \quad K_{bi} = m_{bi} \times k_{bi} \times H \quad \text{Εξ. (19)}$$

$$\text{Κόστος λιπαντικού } j: \quad K_{lj} = m_{lj} \times k_{lj} \times H \quad \text{Εξ. (20)}$$

όπου :

H : ώρες λειτουργίας του πλοίου ανά έτος, h/έτος

\dot{m}_{bi} : μέση ετήσια κατανάλωση του καυσίμου i , kg/h

k_{bi} : μέσο κόστος καυσίμου i , USD/kg

\dot{m}_{lj} : μέση ετήσια κατανάλωση λιπαντικού j , kg/h

k_{lj} : μέσο κόστος λιπαντικού j , USD/kg

Με τη χρήση των Εξ. (19) και (20), η Εξ. (18) μπορεί να γραφεί ως εξής:

$$K = \left(\sum_{i=1}^{n_1} m_{bi} \times k_{bi} + \sum_{j=1}^{n_2} m_{lj} \times k_{lj} \right) \times H + K_1 + K_m$$

Τα έξοδα συντήρησης είναι το κονδύλι για το οποίο υπάρχουν τα λιγότερα στοιχεία, κυρίως από πλευράς των κατασκευαστών των μηχανών οι οποίοι συνήθως δεν δίνουν στη δημοσιότητα στοιχεία που επιτρέπουν τον ακριβή υπολογισμό του κόστους μεταφοράς. Επιπρόσθετα, το κόστος λειτουργίας εξαρτάται από την κατάσταση φόρτωσης του πλοίου και την ταχύτητά του, τις καιρικές συνθήκες, και την κατάσταση ρύπανσης της γάστρας. Επομένως για τον υπολογισμό του ετήσιου κόστους λειτουργίας απαιτείται εκτίμηση της μέσης ετήσιας κατανάλωσης καυσίμων και λιπαντικών. Τα παραπάνω στοιχεία είναι συνήθως δύσκολο να εκτιμηθούν στην φάση της προμελέτης.

Στην παρούσα εργασία θα καταγραφούν στατιστικά δεδομένα σχετικά με καταναλώσεις καυσίμων και λιπαντικών σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας πραγματικών πλοίων, σε διαφορετικές καταστάσεις φόρτωσης. Συγκεκριμένα, για κάθε πλοίο το οποίο θα εξεταστεί, θα συμπληρωθεί ο Πίν. 5, με πραγματικά στοιχεία καταναλώσεων. Με επεξεργασία των δεδομένων του Πίν. 5, θα συμπληρωθεί ο Πίν. 6, ο οποίος περιλαμβάνει μέσες ημερήσιες καταναλώσεις καυσίμων και λιπαντικών. Επίσης, για να είναι δυνατός ο υπολογισμός του συνολικού κόστους, K , θα συμπληρωθεί ο Πίν. 7, ο οποίος περιλαμβάνει συγκεντρωτικά στοιχεία του ετήσιου κόστους του πλοίου ανά κατηγορία δαπάνης.

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)
Κατάσταση Φόρτωσης-Εκτόπισμα	Μέσο Βύθισμα (m)	Διάρκεια (days)	Κατανάλωση H.F.O. (K.M & H/Γ) (ton)	Κατανάλωση C.O. K.M. (lt)	Κατανάλωση L.O. K.M. (lt)	Κατανάλωση M.D.O. (K.M & H/Γ) (ton)	Κατανάλωση L.O. H/Γ (lt)
Ερματισμού							
Πλήρους φορτίου-							
Εν όρμω							
Σύνολα							

Πίν. 5. Πίνακας καταγραφής κατανάλωσης καυσίμων και λιπαντικών σε διάφορες καταστάσεις λειτουργίας ενός πλοίου.

	(d) / (c)*	(g) / (c)	(e) / (c)	(f) / (c)	(h) / (c)
Κατάσταση Φόρτωσης	Μέση ημερήσια κατανάλωση βαρέος καυσίμου (H.F.O.) K.M. & H/Γ (ton/day)	Μέση ημερήσια κατανάλωση καυσίμου Diesel (M.D.O) K.M. & H/Γ (ton/day)	Μέση ημερήσια κατανάλωση κυλινδρελαίου (C.O.) K.M. (lt/day)	Μέση ημερήσια κατανάλωση ελαίου λίπανσης (L.O.) K.M. (lt/day)	Μέση ημερήσια κατανάλωση ελαίου λίπανσης (L.O.) H/Γ (lt/day)
Ερματισμού					
Πλήρους φορτίου					
Εν όρμω					
Μέση κατανάλωση					

* Τρόπος υπολογισμού με χρήση των στηλών του Πίν. 5.

Πίν. 6. Μέσες ημερήσιες καταναλώσεις καυσίμων και λιπαντικών σε διάφορες καταστάσεις λειτουργίας ενός πλοίου, με βάση τα στοιχεία του Πίν. 5.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΚΟΣΤΟΣ (USD/έτος)
Καύσιμα	
Λιπαντικά	
Κόστος συντήρησης	
Υπηρεσίες Νηογνώμονα	
Ασφάλιση	
Σύνολο με καύσιμα	
Σύνολο χωρίς καύσιμα	

Πίν. 7. Συγκεντρωτικά στοιχεία του ετήσιου κόστους του πλοίου ανά κατηγορία δαπάνης.

3 ΠΛΟΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΧΥΔΗΝ (BULK CARRIERS)

3.1 Εισαγωγή

Από το σύνολο των εν ενεργεία πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην, καθώς και των πλοίων που βρίσκονται υπό παραγγελία, τρεις είναι οι κύριες κατηγορίες που φαίνεται να κερδίζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από πλευράς πλοιοκτητών: τα πλοία μεγέθους Capesize, Panamax και Handymax. Υπολογίζεται ότι η απαίτηση για πλοία μεγέθους Capesize θα αυξηθεί σε ένα ποσό της τάξης των 56 εκατομμυρίων τόνων DWT τα επόμενα 10 χρόνια. Το μέγεθος αυτών των πλοίων εκτιμάται ότι θα αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό της τάξης του 41% του παγκόσμιου στόλου Bulk Carriers έως το 2015. Αναλογικά, και η κατηγορία των πλοίων Panamax αναμένεται να αναπτυχθεί σε ένα ποσό της τάξης των 52 εκατομμυρίων τόνων DWT για την ίδια περίοδο [12]. Η ραγδαία αυτή ανάπτυξη στα πλοία Bulk Carriers οδήγησε τα Ναυπηγεία σε αναθεωρήσεις του σχεδιασμού και κατά συνέπεια της κατασκευής των νέων πλοίων, σε μια προσπάθεια να καλυφθούν οι ολοένα αυξανόμενες ανάγκες της αγοράς. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η εφαρμογή της μεθοδολογίας προμελέτης βασικών σχεδιαστικών παραμέτρων, η οποία παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 2, σε πλοία Bulk Carriers. Συγκεκριμένα, θα πραγματοποιηθούν οι ακόλουθοι βασικοί υπολογισμοί:

- (α) Εκτίμηση ισχύος της Κύριας Μηχανής: Υπολογισμοί με βάση τη μεθοδολογία της Ενότητας 2.2.
- (β) Εκτίμηση απαίτησης ηλεκτρικής ισχύος και αριθμού και μεγέθους ηλεκτρογεννητριών: Υπολογισμοί με βάση τη μεθοδολογία των Ενότητων 2.3, 2.4.
- (γ) Εκτίμηση βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης και όγκου μηχανοστασίου: Υπολογισμοί με βάση τη μεθοδολογία της Ενότητας 2.5.
- (δ) Εκτίμηση βάρους καυσίμων και λιπαντικών, καθώς και της απαιτούμενης χωρητικότητας των σχετικών δεξαμενών: Υπολογισμοί με βάση τη μεθοδολογία της Ενότητας 2.6.
- (ε) Εκτίμηση λειτουργικού κόστους πλοίου (καταναλώσεις καυσίμου, λιπαντικών, κ.λπ.), σε ετήσια βάση, ανάλογα με την κατάσταση φόρτωσης και τον χρόνο λειτουργίας: Υπολογισμοί με βάση πραγματικά στοιχεία των πλοίων, και τη μεθοδολογία της Ενότητας 2.7.
- (στ) Εκτίμηση κόστους διαχείρισης και λειτουργίας.

Οι υπολογισμοί θα πραγματοποιηθούν κατ' αρχήν αναλυτικά για ένα Bulk Carrier, κατηγορίας Panamax, χωρητικότητας 75000 τόνων DWT, κατασκευής 2007. Για το πλοίο αυτό, αρκετά από τα δεδομένα κατασκευής του είναι γνωστά. Το πλοίο θα χρησιμοποιηθεί ώστε να παρουσιαστεί και να ελεγχθεί η μεθοδολογία υπολογισμών των βασικών παραμέτρων σχεδιασμού κατά την προμελέτη. Επιπροσθέτως, θα πραγματοποιηθούν για το εν λόγω πλοίο και οι αναλυτικοί υπολογισμοί (β) και (γ) καθώς και η αναλυτική περιγραφή των κύριων και βοηθητικών δικτύων του πλοίου, για την εξαγωγή βασικών συμπερασμάτων. Στη συνέχεια, η διαδικασία υπολογισμών θα εφαρμοστεί σε σειρά πραγματικών πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην, διαφόρων μεγεθών και χωρητικότητων. Στα πλοία αυτά θα παρουσιαστούν μόνο τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την χρήση των μεθοδολογιών του Κεφαλαίου 2, χωρίς να παρατεθούν οι αναλυτικοί υπολογισμοί.

3.2 Εφαρμογή μεθοδολογίας προμελέτης σε Bulk Carrier-Panamax χωρητικότητας 75000 τόνων DWT

Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

Το πλοίο για το οποίο θα αναπτυχθεί η μεθοδολογία υπολογισμών προμελέτης είναι ένα Bulk Carrier, κατηγορίας Panamax, χωρητικότητας 75000 τόνων DWT, κατασκευής 2007. Οι κύριες διαστάσεις και τα γενικά χαρακτηριστικά του παρουσιάζονται στον Πίν. 8 παρακάτω.

Ολικό Μήκος (Length overall), L_{OA}	225 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L_{BP}	217 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	32.26 m
Κοίλο (Depth), D	19.6 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T_D	12.5 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T_S	14.20 m
Υπηρεσιακή ταχύτητα (Service Speed), V_s	14.5 knots / 7.46 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C_b	0.86
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	75134 ton
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	87003 ton
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/ Δ , L/ $\Delta^{1/3}$	6.73-2.27-1.38-0.86-4.90
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	8990 kW (12051 HP) / 101 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN B&W / 5S60MC-C
Βάρος κύριας μηχανής	314 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	570 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3 x 11.35 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	6.750 m / 19.22 tons
Ενδιάμεσος άξονας	6891 mm / 440 mm / 9.21 tons
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	6195 mm / 525 mm / 11.36 tons

Πίν. 8. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

Εκτίμηση ισχύος Κύριας Μηχανής

Με βάση τα δεδομένα του Πίν. 8, και με εφαρμογή των Εξ. (1)- (4) προκύπτουν τα εξής:

Εξ. (1)÷(2):

$$C_N = 3.7 \times (\sqrt{217} + 75 / 7.46) = 91.70$$

$$P = \frac{87003^{\frac{2}{3}} \times 7.46^3}{91.7} = \frac{1963.46 \times 415.16}{91.7} = 8889.31 \text{ kW}$$

Εξ. (3):

$$P = 0.0114 \times 14.5^3 \times 75149^{0.55} = 34.75 \times 480.57 = 16699.81 \text{ PS} = 12282 \text{ kW}$$

Εξ. (4):

$$P = 0.0175 \times 14.5^3 \times 75149^{0.5} = 53.35 \times 274.13 = 14624.8 \text{ PS} = 10756 \text{ kW}$$

Διαπιστώνεται ότι με χρήση των Εξ. (3) και (4) υπερεκτιμάται η ισχύς της Κύριας Μηχανής. Με χρήση των Εξ. (1) και (2), η εκτίμηση της ισχύος της Κύριας Μηχανής είναι ικανοποιητική, επομένως αυτή η τιμή της ισχύος θα χρησιμοποιηθεί στους υπολογισμούς της επόμενης παραγράφου.

Εκτίμηση απαίτησης ηλεκτρικής ισχύος

Όπως αναφέρθηκε στην Ενότητα 2.2, στην αρχική φάση του σχεδιασμού, όταν δεν είναι δυνατή η λεπτομερής ανάλυση του ηλεκτρικού φορτίου του πλοίου, είναι αναγκαία μια προκαταρκτική εκτίμησή του. Εφαρμόζοντας τις Εξ. (5) έως (7) θα πραγματοποιηθούν υπολογισμοί για την εκτίμηση του ηλεκτρικού φορτίου, τα αποτελέσματα των οποίων θα συγκριθούν με τα αντίστοιχα του λεπτομερούς ηλεκτρικού ισολογισμού.

Στην περίπτωση του εν λόγω πλοίου, για Μ.Σ.Ι. $P=8889.31$ kW, και θεωρώντας βαθμό απόδοσης του αξονικού συστήματος 0.98-0.99, προκύπτει $P_{DM}=8889.31 \times 1.34 \times 0.985 = 11733$ kW.

Ο αριθμός των μελών του πληρώματος είναι $Z=25$ (είναι ο μέγιστος αριθμός πληρώματος και λαμβάνεται από το στοιχείο του πλοίου), επομένως με εφαρμογή της Εξ. (5) προκύπτει:

$$P_G = 0.015 \times 11733 + 1.6 \times 25 + 9\sqrt{25} + 80 + 0 = 176 + 40 + 45 + 80 = 341 \text{ kW}$$

Η ονομαστική ισχύς για την επιλογή των ηλεκτρογεννητριών προσδιορίζεται από την Εξ. (6) όπου το β λαμβάνεται μεταξύ 0.75-0.9. Επομένως, για $\beta=0.8$:

$$P_{NG} = \frac{P_G}{0.8} = \frac{341}{0.8} = 426.25 \text{ kW}$$

Εναλλακτικά με εφαρμογή αντίστοιχα της Εξ.(7) προκύπτει:

$$P_e = 100 + 0.55(8889.31)^{0.7} = 100 + 0.55 \times 585.64 = 419.6 \text{ kW}$$

Ως ονομαστική ισχύς της ηλεκτρογεννήτριας για την κάλυψη του φορτίου αυτού λαμβάνεται ο πλησιέστερος στρογγυλεμένος αριθμός, ο οποίος είναι κατά 20-25% μεγαλύτερος του μέσου προβλεπόμενου φορτίου, επιτρέποντας διακυμάνσεις φορτίου και περιθώριο για περιορισμένη μελλοντική αύξηση του.

$$\text{Επομένως προκύπτει: } P_{NG} = P_e \times 1.25 = 419.6 \times 1.25 = 524.5 \text{ kW}$$

Με βάση τα παραπάνω, παρατηρείται ότι η Εξ. (7), προσεγγίζει καλύτερα την πραγματική ισχύ των εγκατεστημένων ηλεκτρογεννητριών, σε σχέση με την Εξ. (6), με την οποία υποεκτιμάται το μέγεθος της ονομαστικής ισχύος. Σε κάθε περίπτωση, η συνήθης πρακτική επιβάλλει την επιλογή τριών (3) γεννητριών ίδιας ονομαστικής ισχύος.

Εκτίμηση βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης. Εκτίμηση όγκου μηχανοστασίου

Με βάση τις Εξ. (9), (10) και (11) προκύπτουν τα παρακάτω:

$$W_{MM} = 0.035 \times 11733 = 410.66 \text{ tons}$$

όπου $W_4 = 35$ kp/HP σύμφωνα με τον Πιν. 4.

$$W_{MS} = 0.0075 \times 11733 = 87.99 \text{ tons}$$

όπου $W_3 = 7.5$ kp/HP σύμφωνα με τον Πιν. 4.

$$W_{MR} = 0.040 \times 11733 = 469.32 \text{ tons}$$

όπου $W_2 = 40$ kp/HP σύμφωνα με τον Πίν. 4.

Επομένως το συνολικό βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης είναι:

$$W_M = W_{MM} + W_{MS} + W_{MR} = 410.66 + 87.99 + 469.32 = 967.97 \text{ tons}$$

Εναλλακτικά, το συνολικό βάρος της μηχανολογικής εγκατάστασης μπορεί να εκτιμηθεί με εφαρμογή της Εξ. (12):

$$W_M = 0.4 \times 11733^{0.89} = 1307.8 \text{ tons}$$

Τέλος, εκτίμηση του συνολικού βάρους της μηχανολογικής εγκατάστασης μπορεί να γίνει και μέσω της Εξ.(13), αν είναι γνωστό το βάρος της Κύριας Μηχανής W_{MM} . Στην περίπτωση του εξεταζόμενου πλοίου, $W_{MM} = 314 \text{ tons}$, επομένως :

$$W_M = C_{MI} \times W_{MM} = 690.8 \text{ tons για } C_{MI} = 2.2 \text{ και}$$
$$W_M = C_{MI} \times W_{MM} = 1130,4 \text{ tons για } C_{MI} = 3.6$$

όπου W_{MM} το βάρος της Κύριας Μηχανής σε tons και $C_{MI} = 2.2 \div 3.6$

Επομένως, στην περίπτωση που εξετάζουμε, για την οποία $W_{MM} = 314 \text{ tons}$, προκύπτει $W_M = 690.8 \div 1130.4 \text{ tons}$.

Ο όγκος του μηχανοστασίου μπορεί να υπολογιστεί με εφαρμογή της Εξ. (14):

$$V_E = 21.6 \times f_6 \times f_7 \times f_8 \times \left[9.55 \frac{P}{\eta} \right]^{0.83} = 5833 \text{ m}^3$$

όπου εδώ $f_6=f_7=f_8=1$.

Εκτίμηση βάρους καυσίμων και λιπαντικών / Χωρητικότητας δεξαμεμών

Με δεδομένη την κύρια μηχανή καθώς και τις ηλεκτρογεννήτριες του πλοίου, θα πραγματοποιηθούν οι απαραίτητοι υπολογισμοί για την εκτίμηση της απαιτούμενης χωρητικότητας των δεξαμεμών καυσίμων και λιπαντικών.

Για τους υπολογισμούς, πρέπει να είναι γνωστές οι καταναλώσεις καυσίμων και λιπαντικών της κύριας μηχανής και των γεννητριών. Οι τιμές για τις καταναλώσεις αυτές λαμβάνονται από τα εγχειρίδια των κατασκευαστών τους. Για το υπό μελέτη πλοίο αυτές είναι:

- Ειδική κατανάλωση βαρέος καυσίμου Κ.Μ. στην Μ.Σ.Ι. :
164 + 5% περιθώριο = 172.72 g/kWh
- Κατανάλωση λιπαντικού ελαίου Κ.Μ. : 6.5 kg/cyl.day
- Ειδική κατανάλωση κυλινδρελαίου Κ.Μ. (στην Μ.Σ.Ι.) : 1.5 g/kWh
- Ειδική κατανάλωση βαρέος καυσίμου Diesel Η/Γ: 187 g/kWh
- Ειδική κατανάλωση λιπαντικού ελαίου Η/Γ: 1.1 g/kWh
- Πυκνότητα βαρέος καυσίμου Κ.Μ. και Η/Γ: 991 kg/m³
- Πυκνότητα λιπαντικού ελαίου Κ.Μ. και Η/Γ: 900 kg/m³

Επίσης για το υπό μελέτη πλοίο είναι γνωστά τα ακόλουθα:

- Ακτίνα ενεργείας: 22000 miles
- Ταχύτητα: 14.5 knots

Στις επόμενες παραγράφους θα πραγματοποιηθούν υπολογισμοί της χωρητικότητας των δεξαμενών καυσίμων και λιπαντικών του υπό μελέτη πλοίου, με χρήση των Εξ. (7), (15), (16) και (17). Αναλυτικότερα προκύπτουν τα εξής:

Υπολογισμός βάρους βαρέος καυσίμου (H.F.O.) και χωρητικότητας δεξαμενών

Τα στοιχεία που απαιτούνται για τον υπολογισμό του βάρους του βαρέος καυσίμου και της χωρητικότητας των σχετικών δεξαμενών είναι:

P: η Μ.Σ.Ι. της Κ.Μ σε kW. Εδώ, $P = 8889.31$ kW (εκτίμηση με βάση τις Εξ. (1) και (2)).

t₁: ο χρόνος αυτόνομου ταξιδιού του πλοίου, ο οποίος υπολογίζεται ως ο λόγος της ακτίνας ενεργείας προς την υπηρεσιακή ταχύτητα του πλοίου. Εδώ, $t_1 = 22000 \text{ miles}/14 \text{ knots} = 1571.43$ hours

b₁: η ειδική κατανάλωση της Κ.Μ. σε gr/kWh. Εδώ $b_1 = 171.75$ gr/kWh

C: σταθερά εφεδρείας για υπερκατανάλωση λόγω αλλαγής πορείας, απρόβλεπτης αναμονής κ.λπ. (από σελ. 142 Μελέτη Πλοίου I, η τιμή της λαμβάνεται ίση με 1.2).

Έτσι, με τη χρήση της Εξ. (15) προκύπτει:

$$W_{H.F.O.} = 8889.31 \times 171.75 \times 1571.43 \times 1.2 \times 10^{-6} = 2879 \text{ tons}$$

Η χωρητικότητα των δεξαμενών H.F.O. υπολογίζεται:

$$V_{H.F.O.} = 2879 / 0.98 = 2937 \text{ m}^3 \text{ (υποτέθηκε μέση πυκνότητα H.F.O. ίση με } 980 \text{ kg/m}^3\text{)}$$

Υπολογισμός βάρους καυσίμου Diesel (M.D.O.) και χωρητικότητας δεξαμενών

Σε αναλογία με την κατανάλωση του βαρέος καυσίμου, η κατανάλωση καυσίμου Diesel εξαρτάται από την ισχύ και τον χρόνο λειτουργίας των ηλεκτρογεννητριών, καθώς και από τον συνολικό χρόνο ταξιδιού. Για τον υπολογισμό της χρησιμοποιείται η Εξ. (7), καθώς και η τιμή της ονομαστικής ισχύος των Η/Γ, η οποία υπολογίστηκε στην παράγραφο 3.2.3, $P_{NG} = 524.5$ kW. Οι παράμετροι t_2 και C λαμβάνονται όπως παραπάνω, και ο βαθμός απόδοσης των ηλεκτρογεννητριών, η_E , λαμβάνεται ίσος με 0.85.

Επομένως, προκύπτει:

$$W_{M.D.O.} = (524.5 \times 187 \times 1571.43 / 0.85) \times 1.2 \times 10^{-6} = 217.6 \text{ tons}$$

Η χωρητικότητα των δεξαμενών M.D.O. υπολογίζεται:

$$V_{M.D.O.} = 217.6 / 0.88 = 247.2 \text{ m}^3 \text{ (υποτέθηκε μέση πυκνότητα M.D.O. ίση με } 880 \text{ kg/m}^3\text{)}$$

Πρέπει να τονιστεί ότι οι σύγχρονες ηλεκτρογεννήτριες χρησιμοποιούν ως επί το πλείστον βαρύ καύσιμο, και η κατανάλωση καυσίμου Diesel γίνεται μόνο σε συγκεκριμένες περιπτώσεις (π.χ. κατά την παραμονή σε λιμάνια της Ευρωπαϊκής Ένωσης όπου απαιτείται η κατανάλωση Marine Gas Oil στις

ηλεκτρογεννήτριες, για τη μείωση των εκπομπών των οξειδίων του θείου, SO_x). Επομένως, με χρήση της παραπάνω εξίσωσης υπερεκτιμάται η πραγματική χωρητικότητα των δεξαμενών καυσίμου Diesel (βλ. και Σχ. 23, Ενότητας 3.5).

Υπολογισμός βάρους Lub oil (L.O.) και χωρητικότητας δεξαμενών

Το W_{L.O.} εκτιμάται ίσο με το 4% του W_{H.F.O.} + W_{D.O.}. Άρα:

$$W_{L.O.} = 0.04 \times W_{H.F.O.} = 0.04 \times (2879 + 217.6) = 123.86 \text{ tons}$$

Η χωρητικότητα των δεξαμενών L.O. υπολογίζεται:

$$V_{L.O.} = 123.86 / 0.93 = 133.18 \text{ m}^3 \text{ (υποτέθηκε μέση πυκνότητα λιπαντικών ίση με 930 kg/m}^3\text{)}$$

3.3 Λεπτομερής ανάλυση πραγματικού Bulk Carrier / Panamax χωρητικότητας 75000 τόνων DWT.

Μετά την ολοκλήρωση των προκαταρκτικών υπολογισμών προμελέτης, πραγματοποιείται λεπτομερής ανάλυση του υπό μελέτη πλοίου, ώστε οι υπολογισμοί να συγκριθούν με τα πραγματικά στοιχεία σχεδίασης. Ξεκινώντας από την καταγραφή των κύριων μηχανημάτων του μηχανοστασίου, ώστε να δοθεί μια συνοπτική εικόνα του εξοπλισμού των σύγχρονων Bulk Carriers αυτού του τύπου (Panamax), η μελέτη συνεχίζεται με την κατάσταση λεπτομερούς ηλεκτρικού ισολογισμού, η οποία οδηγεί στην επιλογή ηλεκτρογεννητριών κατάλληλης ισχύος. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα βασικά δίκτυα του πλοίου και αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας τους. Γίνεται επίσης αναφορά στην επίδραση που έχει η εφαρμογή των νέων κανονισμών για χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο στα δίκτυα του μηχανοστασίου. Ακολούθως, πραγματοποιείται με βάση πραγματικά δεδομένα μια προσέγγιση του ετήσιου λειτουργικού κόστους του πλοίου, κυρίως στον τομέα των καταναλώσεων καυσίμων και λιπαντικών. Τέλος, παρουσιάζεται συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων, στον οποίο συνοψίζονται οι προκαταρκτικοί υπολογισμοί και συγκρίνονται με τα πραγματικά στοιχεία του πλοίου. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για σειρά πλοίων Bulk Carrier διαφόρων μεγεθών, και εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα χρήσης των χρησιμοποιούμενων μεθοδολογιών προμελέτης.

3.3.1. Καταγραφή είδους και αριθμού κύριων και βοηθητικών καταναλωτών ηλεκτρικής ισχύος (χαρακτηριστικός κατάλογος μηχανημάτων μηχανοστασίου)

Τα κύρια μηχανήματα, τα οποία συνθέτουν το μηχανοστάσιο του υπό εξέταση πλοίου, συνοψίζονται στον Πίν. 9 που ακολουθεί.

a/a	Μηχανήματα	Κατασκευαστής-Τύπος	Κύρια χαρακτηριστικά	Αριθμός	Βάρος σε kg
1	Κύρια μηχανή	MAN 5S60MC-C	MCR 8990kW/CSR 8090kW	1	314000
2	Αντλία θαλασσινού νερού ψύξης	Naniwa /FEWV-300 D	660m ³ /h x 25m/70kW x 175 RPM	2	555
3	Αντλίες ερματισμού	Naniwa /FEWV-400 D	1200m ³ /h x 25m/110kW x 1150 RPM	2	960
4	Αντλία μετάγγισης γλυκού νερού	Alfa Laval/CNL 80-80/200	70m ³ /h x 42m/21kW x 3500 RPM	1	170
5	Αντλία καταλοίπων	Naniwa /AE1E50-ID	3m ³ /h x 0.38Mpa/21.4kW x 3500 RPM	1	65
6	Αντλία σεντινών & γενικής χρήσης	Naniwa /FE2V-200E	100/250m ³ /h x 75/30m/55kW x 1750 RPM	1	400
7	Αντλία πυρκαγιάς & γενικής χρήσης	Naniwa /FE2V-200E	100/250m ³ /h x 75/30m/55kW x 1750 RPM	1	400
8	Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού	Blohm & Voss TCS HD	5m ³ /h x 15ppm	1	1000
9	Αντλία σεντινών	Naniwa /HP-2	2m ³ /h x 0.38 Mpa/1,2kW x 1150 RPM	1	65
10	Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης	Naniwa /TOM-200-2	258m ³ /h x 0.5Mpa/75kW x 1750 RPM	2	650
11	Αντλία λίπανσης χοάνης ελικοφ. Άξονα	JMT/NHG-0,5M		2	
12	Ψυγείο λίπανσης χοάνης ελικοφ. Άξονα	LCH2F-1.5B5T10		1	
13	Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστ. Λαδιού	Alfa Laval		2	20
14	Αντλία μετάγγισης ελαίου λίπανσης	Naniwa/ALG-40N	5m ³ /h x 0.3Mpa/2.2kW x 1150RPM	1	38
15	Αντλία χημικού καθαρισμού	Naniwa/SHR-40	2m ³ /h x 0.30 Mpa/1.5kW x 3500 RPM	1	20
16	Αντλία μετάγγισης Diesel	Naniwa/ALG-40Q	5m ³ /h x 0.3Mpa/2.2kW x 1150RPM	1	50
17	Αντλία μετάγγισης πετρελαίου (μαζούτ)	Naniwa/ALGV-65BQ	20m ³ /h x 0.3Mpa/7.2kW x 1150RPM	1	170
18	Κύριος αεροσυμπιεστής εκκίνησης	Sperre/HV2/210	195m ³ /h x 3.0Mpa/36.6kW x 1150RPM	2	918
19	Βοηθ. Αεροσυμπιεστής εκκίνησης	Sperre/HV2/200	136m ³ /h x 3.0Mpa/25kW x 900RPM	1	918
20	Μονάδα παραγωγής γλυκού νερού	Alfa Laval	JWSP26-C100/25M3/24H x 2.0ppm	1	1095
21	Ξηραντήρας αέρα	Ultratroc	SD 0125 AP/50m ³ /h x 0.7Mpa	1	50
22	Ψυγείο υψηλής θερμοκρασίας	Alfa Laval	M10-MFM	1	319
23	Κύριο ψυγείο λαδιού λίπανσης	Alfa Laval	MX25-MFMS	1	3820
24	Φίλτρο λαδιού λίπανσης	Nantong –China	6.33II+SK451	1	640
25	Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων		4m ²	1	200
26	Κύριες αντλίες νερού χιτωνίων	Naniwa/FEV-125E	99m ³ /h x 0.5Mpa/15kW x 1750RPM	2	115
27	Αεροσυμπιεστής εκκίνησης ανάγκης	Sperre/HL2/77	20m ³ /h x 3.0Mpa/4.8kW x 1175RPM	1	138
28	Ηλεκτρογεννήτριες	Yanmar	6N18AL-SV/570kW x900RPM/450v/60Hz	3	11350
29	Κεντρικό ψυγείο χαμηλής θερμοκρασίας	Alfa Laval	M15-BFG	2	1530
30	Αντλία ψύξης νερού χαμηλής θερμοκρασίας	Naniwa/FEWV-300D	620m ³ /h x 0.7Mpa/90kW x 1750RPM	2	555
31	Αντλία πετρελαίου χαμηλής πίεσης	Naniwa/ALG-32Q		2	
32	Αντλία πετρελαίου	Naniwa/ALGT-50CQ		2	140
33	Θερμαντήρες καυσίμου κύριας μηχανής	Nantong –China	7.66m ²	2	
34	Διαχωριστήρας Πετρελαίου	Alfa Laval/SA 831	2950L/h (380cst /50C)	2	500
35	Διαχωριστήρας λαδιού λίπανσης	Alfa Laval/SA 821	2550L/h (SAE 30)	2	500
36	Χοντρά φίλτρα πετρελαίου	Nantong –China	6.50 L	1	270
37	Αποστειρωτής νερού	Jowa UV 4	5m ³ /h	1	32
38	Φίλτρο αποσκλήρυνσης νερού	Jowa F-150		1	50
39	Θερμαντήρας	Nantong –China	0.5m ³	1	560
40	Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού	Naniwa/BHR -32	2m ³ /h x 20m/0.75kW x 3500RPM	1	28
41	Μονάδα επεξεργασίας λυμάτων	Hamworthy		1	
42	Αντλία γλυκού νερού	Naniwa/BHR -40	5m ³ /h x 50m/3.7kW x 3500RPM	2	39
43	Εξαερισμός χώρου διαχωριστήρων	Hengyuan-China/JCZ-700	320m ³ /min x 4kW x 1750RPM	1	
44	Αποτερωτής απο/μάτων-πετρελ/δων απορριπτόμενο πετρέλ	Luzhou-China/OG 400 C	500,000Kcal/h	1	3020
45	Μονάδα εξαερισμού μηχανοστασίου	Hengyuan-China/JCZ-120	1200m ³ /min x 18.5kW x 1183RPM	4	45
46	Λέβητας πετρελαίου	Aalborg	40200kJ/kg	1	17900
47	Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα	Aalborg Motor driven H.C.	120m ³ /h x 3.5m	2	
48	Αντλία τροφοδοσίας πετρελαίου λέβητα	Aalborg Motor driven H.C. screw	0.4m ³ /h x 0.5Mpa	2	20
49	Σύστημα προστασίας ρύπανσης γάστρας	Cathelco		1	650
50	Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων ηλεκτρογεννητριών	Yanmar		1	

Πίν. 9. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Κατάλογος μηχανημάτων μηχανοστασίου.

3.3.2 Καταγραφή βασικών σχεδιαστικών παραμέτρων (Κύρια Μηχανή, εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς, αριθμός και μέγεθος ηλεκτρογεννητριών, χωρητικότητες δεξαμενών καυσίμων και λιπαντικών, διάταξη λοιπών μηχανημάτων στο χώρο του μηχανοστασίου, διάταξη αξονικού συστήματος)

Τα κύρια χαρακτηριστικά της Κύριας Μηχανής, των Ηλεκτρογεννητριών και του αξονικού συστήματος συνοψίζονται στους ακόλουθους Πίνακες

α. Κύρια Μηχανή (Main Engine):

Κύριες Διαστάσεις	Βάρος	Ισχύς
Ολικό μήκος : 7597mm	314 tons	8990 kW

β. Ηλεκτρογεννήτριες (Diesel Generators):

Κύριες Διαστάσεις Μήκος /Πλάτος/Υψος	Βάρος	Ισχύς	Αριθμός
4250mm/1315mm/1935mm	11.35x3 tons	570x3 kW	3

γ. Αξονικό σύστημα : Ενδιάμεσος και τελικός (ελικοφόρος) άξονας / Intermediate & Tail shaft

Είδος αξονικού	Διαστάσεις (Μήκος-Διάμετρος)	Βάρος
Ενδιάμεσος άξονας	6891 mm – Φ 440	9.21 tons
Τελικός άξονας	6195 mm- Φ 520	11.359 tons

δ. Έλικα (Propeller)

Διάμετρος	Βήμα	Βάρος
6750 mm	4606.88 mm	19.22 tons

Δεξαμενές καυσίμων και λιπαντικών

Στο υπό μελέτη πλοίο, η πραγματική χωρητικότητα των βαρέος δεξαμενών καυσίμου είναι 2799.5 m³ ή 2743 tons και κατανέμεται στις παρακάτω δεξαμενές:

Δεξαμενή	Χωρητικότητα σε [m ³]
No 1 F.O. Tank	582.4
No 2 F.O. Tank	1225
No 3 F.O. Tank	200.5
No 4 F.O. Tank port side	319.5
No 4 F.O. Tank stbd side	340
F.O. Overflow tank	13.4
Σύνολο	2799.5 m³ ή 2743 tons

Πίν. 10. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Χωρητικότητα δεξαμενών βαρέος καυσίμου.

Η δεξαμενή ημερήσιας χρήσης H.F.O. έχει χωρητικότητα:

$$\text{Heavy F.O. Service Tank: } V_{1a} = 19.8 \text{ m}^3$$

Αντιστοίχως, για ναυσιπλοΐα σε χώρες/περιοχές ελέγχου εκπομπής SO_x (Sulphur Emissions Control Areas / SECA) υπάρχει μια επιπλέον δεξαμενή βαρέος καυσίμου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, αντίστοιχης χωρητικότητας:

$$\text{Low Sulphur H.F.O. Service Tank: } V_{1b} = 19.8 \text{ m}^3$$

Η δεξαμενή κατακαθίσεως H.F.O. έχει χωρητικότητα:

$$\text{H.F.O. Settling Tank: } V_{2a} = 37.6 \text{ m}^3$$

Αντιστοίχως, για ναυσιπλοΐα σε χώρες/περιοχές ελέγχου εκπομπής SO_x (Sulphur Emissions Control Areas / SECA) υπάρχει μια επιπλέον δεξαμενή κατακαθίσεως, λίγο μεγαλύτερης χωρητικότητας:

$$\text{Low Sulphur F.O. Settling Tank: } V_{2b} = 41.5 \text{ m}^3$$

Στο εν λόγω πλοίο, η συνολική χωρητικότητα των δεξαμενών Diesel είναι:

$145.9 \text{ m}^3 = 0.88 \times 145.9 = 129.39 \text{ tons}$ και η κατανομή της σε δεξαμενές παρουσιάζεται στον Πιν. 11 :

Δεξαμενή	Χωρητικότητα σε [m ³]
Diesel Oil Tank port side	78.7
Diesel Oil Tank stbd side	43.2
Diesel Oil Service Tank	12
Diesel Oil Settling Tank	12
Σύνολο	145.9 m³ ή 129.39 tons

Πίν. 11. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Χωρητικότητα δεξαμενών Diesel.

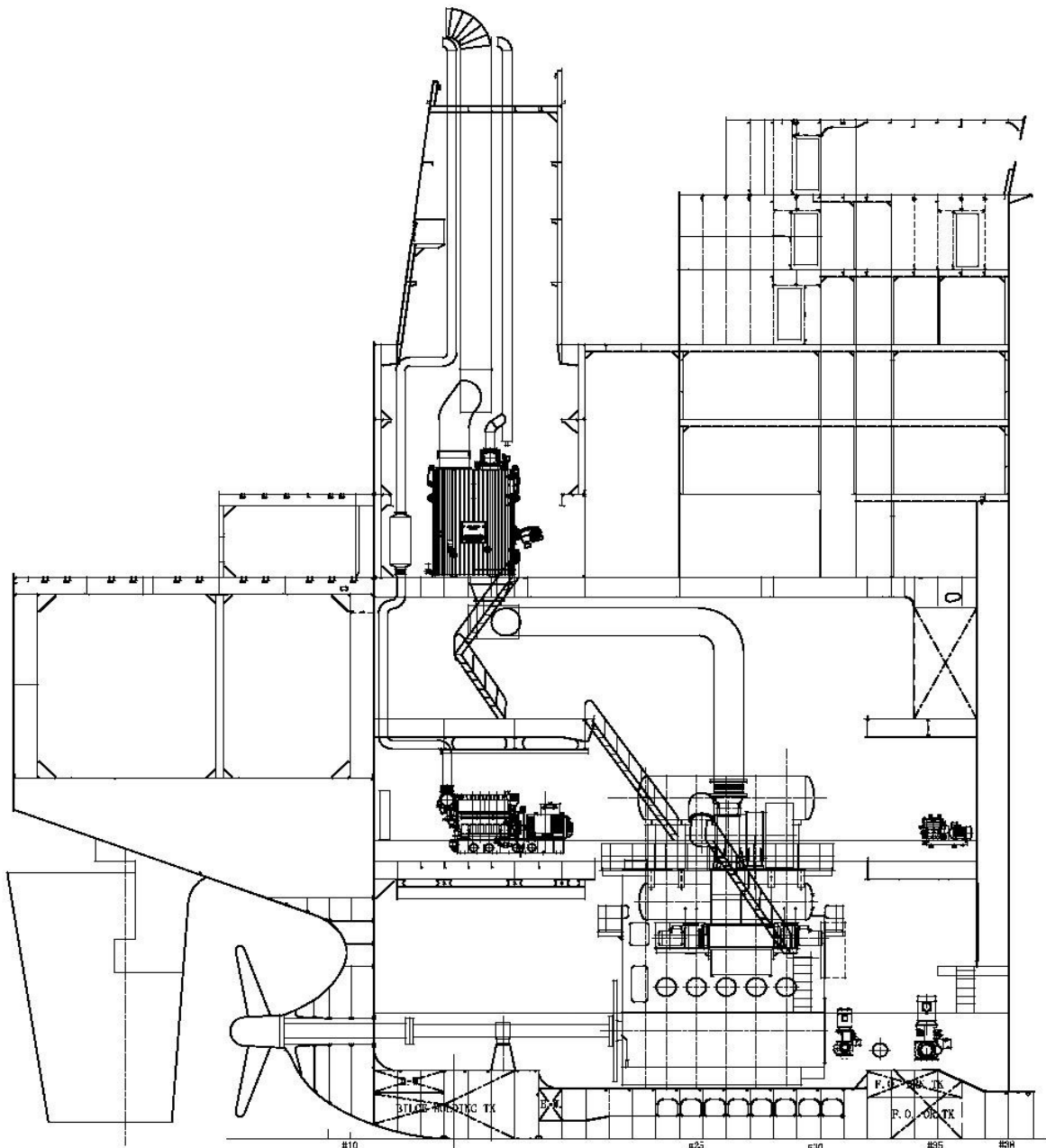
Αντιστοίχως η κατανομή των δεξαμενών λιπαντικών παρουσιάζεται στον Πιν. 12:

Δεξαμενή	Χωρητικότητα σε [m ³]
Lub Oil Settling Tank	20.6
Lub Oil Sump Tank	25.7
Lub Oil Storage Tank	19.8
No 1 Cylinder Oil Tank	15.1
No 2 Cylinder Oil Tank	15.2
Generator Engine Lub Oil Storage Tank	5.6
Generator Engine Lub Oil Settling Tank	5.6
Σύνολο	107.6 m³ ή 100.07 tons

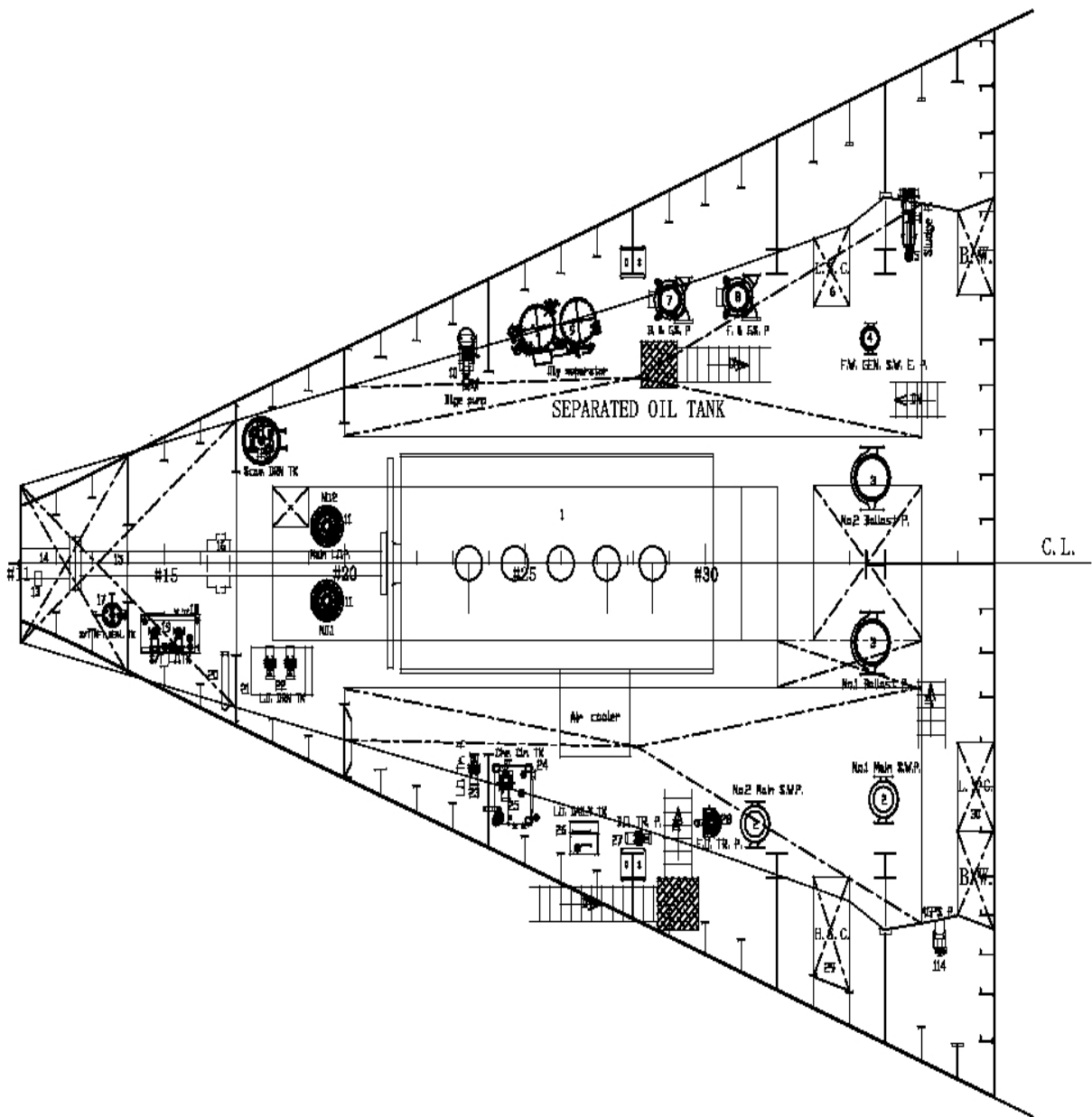
Πίν. 12. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Χωρητικότητα δεξαμενών λιπαντικών.

Διάταξη μηχανημάτων και δεξαμενών στο χώρο του Μηχανοστασίου. Διάταξη αξονικού συστήματος.

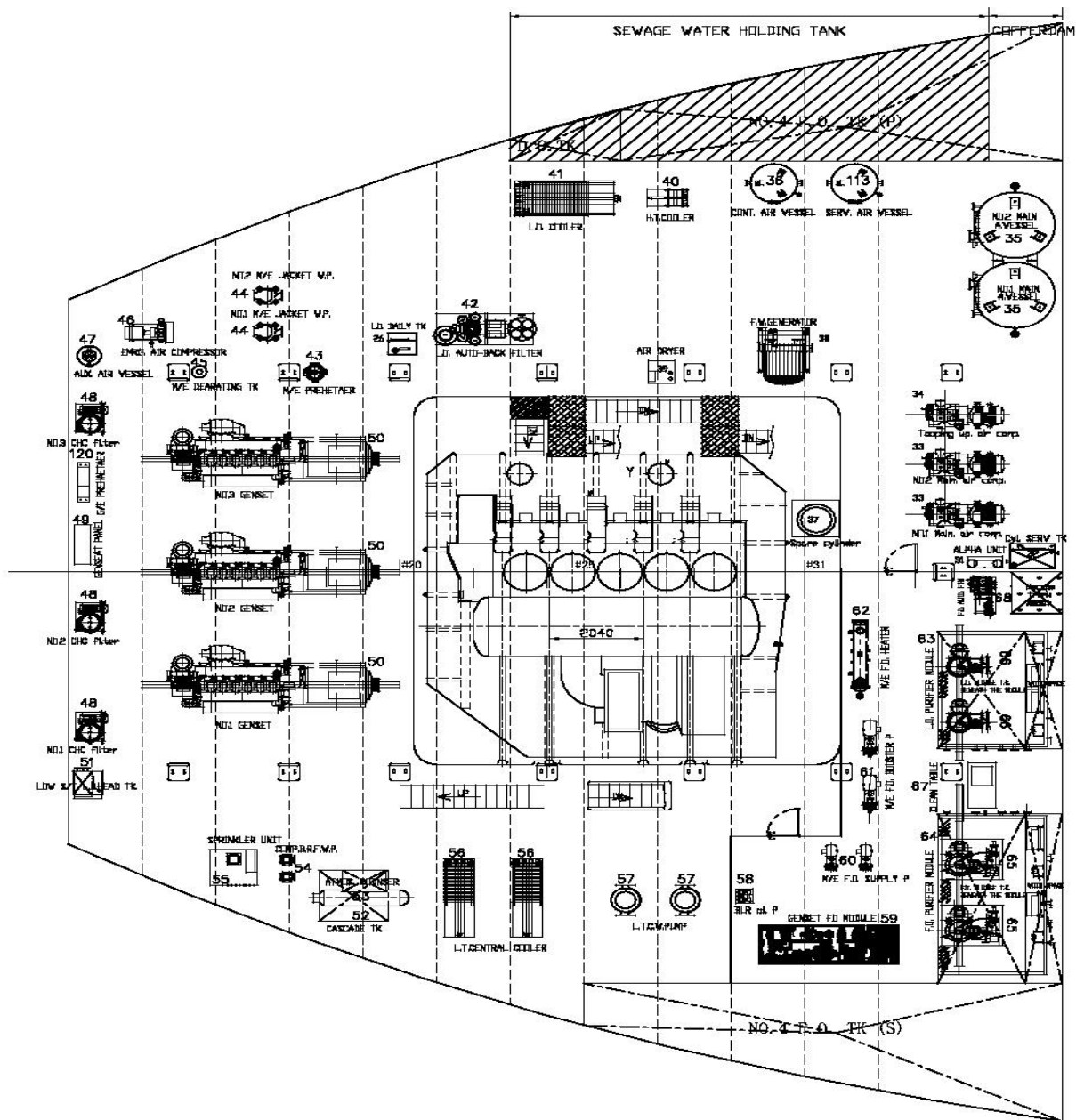
Στα Σχ. 1-7 παρουσιάζονται σχεδιαστικές λεπτομέρειες του μηχανοστασίου ενός σύγχρονου πλοίου μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carrier). Συγκεκριμένα, απεικονίζεται η διάταξη των μηχανών και μηχανημάτων του Πιν. 9, η διάταξη των δεξαμενών καυσίμων και λιπαντικών των Πιν. 8-10, καθώς και η διάταξη του αξονικού συστήματος του πλοίου.



Σχ. 1. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Πλάγια όψη μηχανοστασίου.



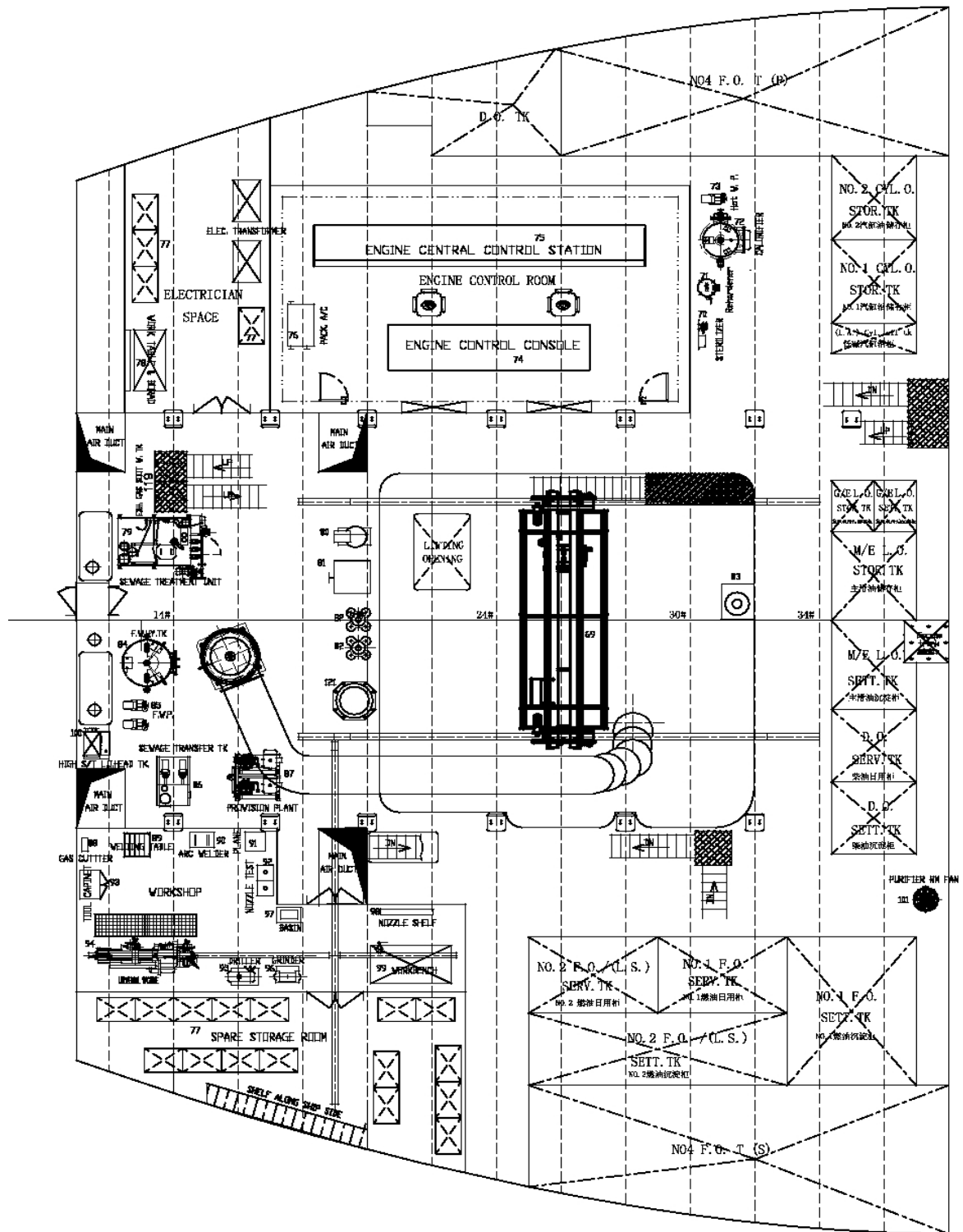
Σχ. 2. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Κάτοψη μηχανοστασίου στο κατώτερο επίπεδο (lower platform).



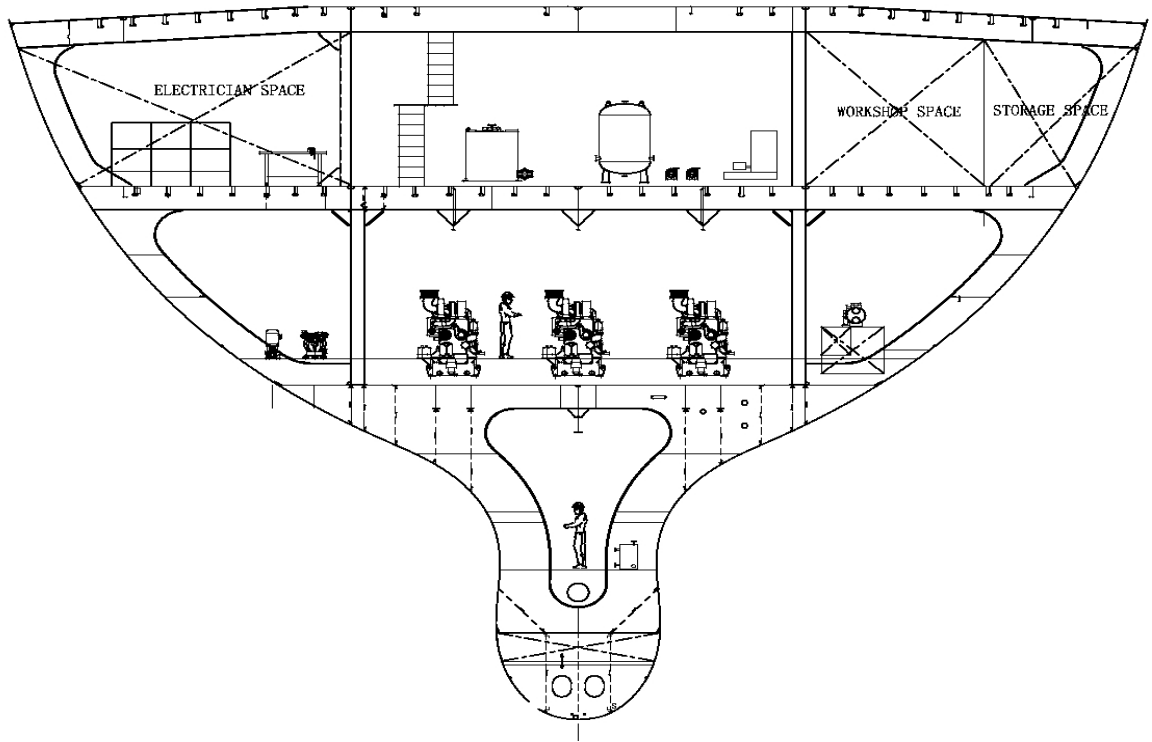
Σχ. 3. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Κάτοψη μηχανοστασίου στο 3^ο επίπεδο (3rd deck).

2ND DECK

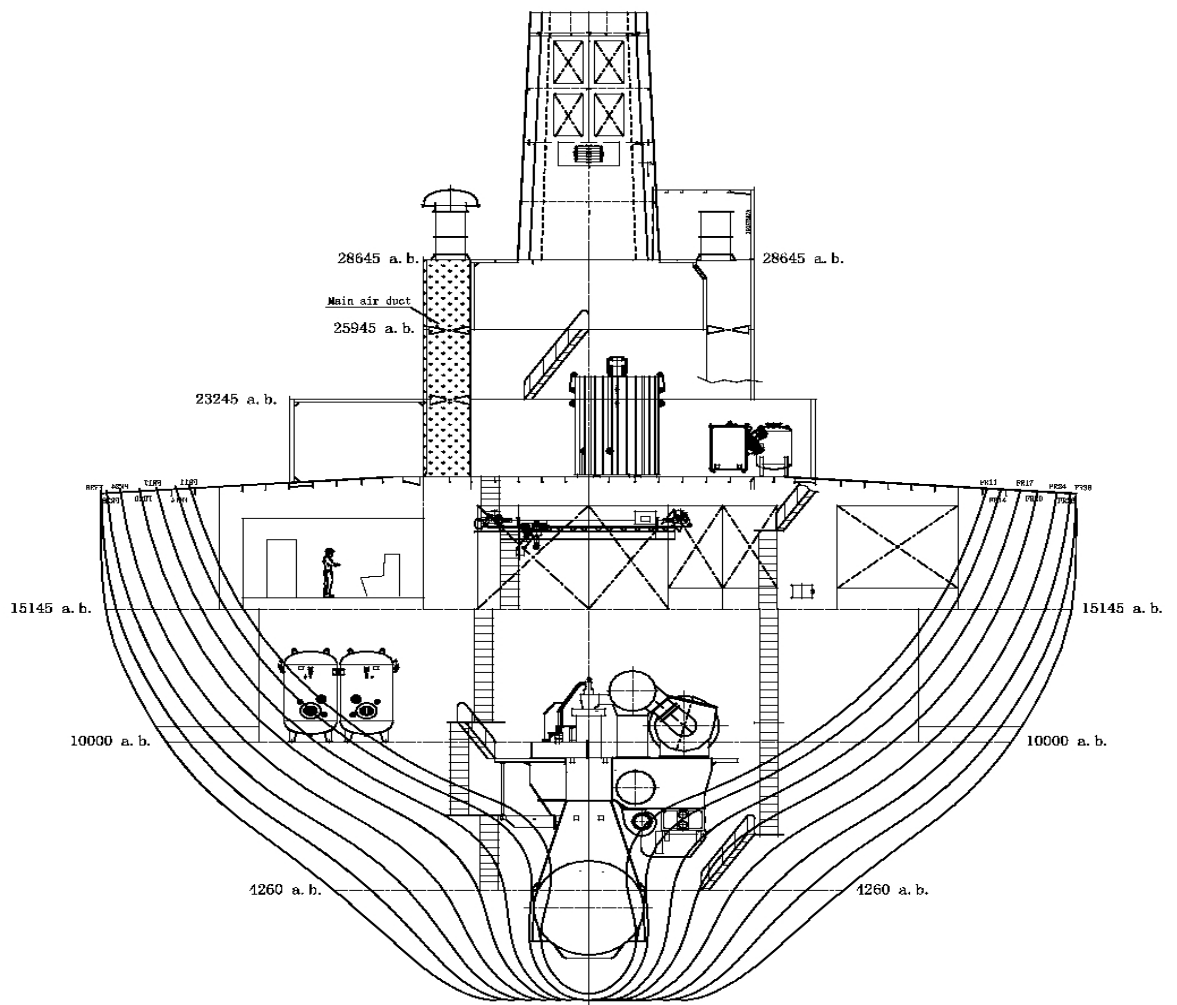
(15145 A. B.)



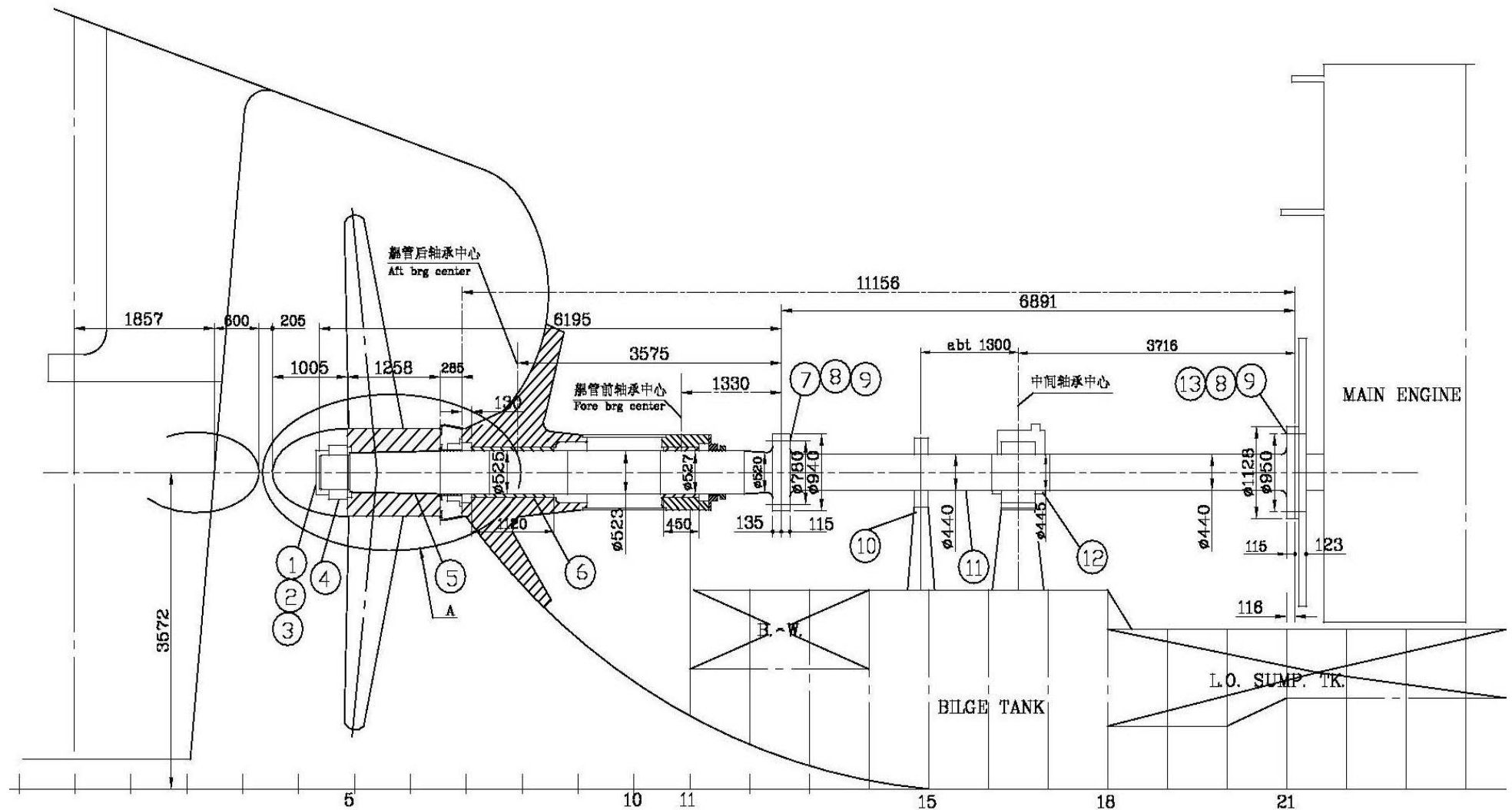
Σχ. 4. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Κάτοψη μηχανοστασίου στο 2ο επίπεδο (2nd deck).



Σχ. 5. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Εγκάρσια τομή του μηχανοστασίου.



Σχ. 6. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Όψη πρύμνηθεν του μηχανοστασίου.



Σχ. 7. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Διάταξη αξονικού συστήματος.

3.3.3. Κατάστρωση Ηλεκτρικού Ισολογισμού (Βασικός Ισολογισμός, Υπολογισμός αέργου ισχύος, Υπολογισμός καλωδίων, ζυγών και υποζυγών).

Γενικά

Ηλεκτρικός ισολογισμός είναι ο υπολογισμός της πραγματικής ηλεκτρικής ισχύος του συνόλου των καταναλωτών ενός πλοίου στις διάφορες χαρακτηριστικές καταστάσεις λειτουργίας του, π.χ. κατάσταση κανονικής πορείας, χειρισμών εν όρμω, χειρισμών φορτίου, κ.λπ. (σε ορισμένες περιπτώσεις διερευνώνται και ειδικές καταστάσεις λειτουργίας, αν αυτό κρίνεται απαραίτητο). Ο λεπτομερής προσδιορισμός του ηλεκτρικού φορτίου είναι δυνατός όταν έχουν καθορισθεί με λεπτομέρεια τα στοιχεία του συνόλου των καταναλωτών του πλοίου. Ο ηλεκτρικός ισολογισμός παρουσιάζεται σε μορφή πίνακα. Στην πρώτη στήλη γράφονται τα ονόματα των καταναλωτών, χωρισμένα σε ομάδες (βοηθητικά μηχανήματα πρόωσης, βοηθητικά χώρων διαμονής, βοηθητικά σκάφους, φωτισμός, επικοινωνίες, κ.λπ.). Για κάθε καταναλωτή καταγράφεται ο βαθμός αποδόσεως, η , (στήλη 2), και η ονομαστική αποδιδόμενη ισχύς, $P_{ov.αποδ.}$, σε PS και σε kW (στήλες 4, 5, 1 PS = 0.736 kW). Ο προσδιορισμός του βαθμού απόδοσης των ηλεκτρικών καταναλωτών συναρτήσει της ισχύος δίνονται στο [4] (Πίνακας H4, σελ 2/2). Όμοιοι καταναλωτές αναφέρονται μόνο μία φορά και ο αριθμός τους, N, γράφεται στη στήλη 3. Η ηλεκτρική ισχύς που απορροφά ο κάθε καταναλωτής στο ονομαστικό φορτίο υπολογίζεται με την Εξ. (19) [4], και γράφεται στη στήλη 6.

$$P_{ov.απορ.} = \frac{P_{ov.αποδ.}}{\eta} \quad \text{Εξ. (19)}$$

Η ισχύς η οποία απορροφάται από το σύνολο των ομοίων καταναλωτών στο ονομαστικό φορτίο τους υπολογίζεται με χρήση της Εξ. (20) [4], και αποτελεί την εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ (στήλη 6α).

$$P_{εγκατ.} = N \times P_{ov.απορ.} \quad \text{Εξ. (20)}$$

Οι στήλες 2-6, δεν είναι απαραίτητο να συμπληρωθούν για καταναλωτές όπως ο φωτισμός, το μαγειρείο, οι θερμαντήρες, οι ηλεκτρονικές συσκευές, κ.λπ. Το είδος και ο αριθμός των καταναλωτών που βρίσκονται σε λειτουργία, καθώς και το φορτίο καθενός, εξαρτώνται από την κατάσταση λειτουργίας του πλοίου. Για κάθε κατάσταση σημειώνεται ο αριθμός N' των καταναλωτών που βρίσκονται σε λειτουργία (στήλες 7, 10, 13, 16, 19), και ο αντίστοιχος συντελεστής λειτουργίας f_s (στήλες 8, 11, 14, 17 και 20). Ο συντελεστής λειτουργίας ορίζεται από την Εξ. (21) [4]:

$$f_s = \frac{\text{μέσο φορτίο 24-ώρου}}{\text{ονομαστικό φορτίο}} \quad \text{Εξ. (21)}$$

Τυπικές τιμές του f_s για διάφορους καταναλωτές παρουσιάζονται στο [6] (πίνακας σελ. 71-74). Τονίζεται ότι, σε πολλές περιπτώσεις, οι συντελεστές αυτοί μπορεί να διαφοροποιούνται, ανάλογα με τις πραγματικές καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου [14].

Η μέση απορροφούμενη ισχύς λειτουργίας σε κάθε κατάσταση υπολογίζεται για ηλεκτροκίνητα μηχανήματα από την Εξ. (22):

$$P_{λειτ.} = \frac{P_{ov.αποδ.}}{\eta} \times N' \times f_s = P_{ov.απορ.} \times N' \times f_s \quad \text{Εξ. (22)}$$

ενώ για φωτισμό, μαγειρεία, θερμαντήρες, ηλεκτρονικές συσκευές, κ.λπ., από την Εξ. (23):

$$P_{\text{λειτ.}} = P_{\text{εγκαιτ.}} \times f_s \quad \text{Εξ. (23)}$$

Οι τιμές των $P_{\text{λειτ.}}$ γράφονται στις στήλες 9, 18, 18 και 21 του Πίν. 14 [4]. Το άθροισμα των τιμών της κάθε στήλης δίνει την απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ σε κάθε κατάσταση λειτουργίας.

Εφαρμογή στο υπό μελέτη πλοίο

Με βάση τα στοιχεία του Πίν. 9, σχετικά με το είδος, τον αριθμό και την απαιτούμενη ισχύ των κύριων και βοηθητικών μηχανημάτων, πραγματοποιείται λεπτομερής ηλεκτρικός ισολογισμός για το υπό μελέτη πλοίο. Η κύρια αιτία διαφοροποίησης των απαιτήσεων ηλεκτρικής ισχύος μεταξύ πλοίων διαφορετικής κατηγορίας (Tankers, Bulk Carriers, κ.λπ.) είναι οι σημαντικά διαφορετικές ανάγκες εξυπηρέτησης του φορτίου. Σε πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην (συμπεριλαμβανομένων των φορτηγών άνθρακα και μεταλλεύματος), οι σημαντικότερες ανάγκες εξυπηρέτησης φορτίου είναι οι ακόλουθες [1]:

- Άντληση έρματος
- Άντληση σεντινών κυτών φορτίου
- Εξαερισμός κυτών φορτίου
- Πυρόσβεση κυτών φορτίου
- Κίνηση καλυμμάτων κυτών
- Κίνηση γερανών ή άλλων μηχανημάτων μεταφοράς φορτίου.

Οι εργασίες αυτές εκτελούνται είτε για μικρά χρονικά διαστήματα, είτε μόνο κατά τη διάρκεια της παραμονής στο λιμάνι, και για τον λόγο αυτόν δεν επηρεάζουν τα εν πλω φορτία του πλοίου. Οι αντλίες έρματος κινούνται συνήθως από ηλεκτροκινητήρες, και είναι εγκατεστημένες στο μηχανοστάσιο. Συχνά οι αντλίες έρματος είναι όμοιες με τις κύριες αντλίες θαλασσινού νερού, και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να εγκατασταθούν κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να λειτουργούν και σαν εφεδρικές αντλίες θαλασσινού νερού, μειώνοντας έτσι τον συνολικό αριθμό αντλιών και το απαραίτητο απόθεμα ανταλλακτικών.

Μερικά πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην έχουν δικά τους συστήματα εκφόρτωσης. Τα περισσότερα από τα συστήματα αυτά είναι πιθανόν να επηρεάσουν τη διάταξη του μηχανοστασίου ή ακόμη και την επιλογή βασικών μηχανημάτων, αλλά δεν αυξάνουν το εν πλω ηλεκτρικό φορτίο του πλοίου.

Για την ευκολότερη κατανόηση των υπολογισμών που ακολουθούν, τα διάφορα μηχανήματα καταναλωτές του υπό εξέταση πλοίου χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Βοηθητικά κύριας μηχανής (M/E auxiliaries)
- Βοηθητικά μηχανοστασίου (E/R auxiliaries)
- Κλιματισμός μηχανοστασίου και μονάδες ψύξης ψυγείων (E/R Air Condition & Prov. Refeer plant)
- Μηχανήματα καταστρώματος (Deck Machinery)

- Συστήματα εξαερισμού (Ventilation)
- Κουζίνα & πλυντήρια (Galley and laundry)
- Φωτισμός (Lighting)

Οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται για τις εξής κύριες καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου:

- Κανονικής πορείας
- Χειρισμών
- Εν όρμω
- Ερματισμού
- Χειρισμού φορτίου – φορτοεκφόρτωσης

Κατά την κατάστρωση του ηλεκτρικού ισολογισμού, ο βαθμός αποδόσεως των καταναλωτών η (efficiency of motor load) μπορεί να ληφθεί ανάλογα με το ονομαστικό φορτίο (output load) σύμφωνα με τον Πίν. 13 [30].

Φορτίο	Βαθμός αποδόσεως
$P \geq 40 \text{ kW}$	0.95
$40 \text{ kW} \geq P \geq 20 \text{ kW}$	0.90
$20 \text{ kW} \geq P \geq 5 \text{ kW}$	0.85
$P \leq 5 \text{ kW}$	0.80

Πίν. 13. Βαθμός απόδοσης καταναλωτών συναρτήσει του ονομαστικού φορτίου.

Ο ηλεκτρικός ισολογισμός του πλοίου, καθώς επίσης και ο αντίστοιχος σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης (emergency), παρουσιάζονται στους Πίν. 14 και 15 παρακάτω.

ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΣ																						
ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	η	N	Ονομαστική Ισχύς				Ρεγκατ.	Καν. Πορείας			Χειρισμών			Εν όρμω			Ερματισμού			Χειρισμού φορτίου		
			Ρον.αποδ.		Ρον.απορ.			N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.
			PS	KW	KW	KW																
1	2	3	4	5	6	6α	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Βοηθητικά Πρόωσης			(5)/0.736		(5)/(2)	(3)*6			(6)*(7)*(8)			(6)*(7)*(8)			(6)*(7)*(8)			(6)*(7)*(8)		(6)*(7)*(8)		
Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης	0.95	2	101.90	75.00	78.95	157.89	1	0.65	51.32	1	0.65	51.32	0	0.00	0.00	1	0.65	51.32	0	0.00	0.00	
Κύρια αντλία θαλ. νερού ψύξης	0.95	2	95.11	70.00	73.68	147.37	1	0.80	58.95	1	0.80	58.95	1	0.60	44.21	1	0.60	44.21	1	0.60	44.21	
Αντλία γλυκού νερού ψύξης κ.μ.	0.85	2	20.38	15.00	17.65	35.29	1	0.80	14.12	1	0.80	14.12	0	0.00	0.00	1	0.80	14.12	0	0.00	0.00	
Αντλία ψύξης νερού χαμηλής θερμο.	0.95	2	122.28	90.00	94.74	189.47	1	0.80	75.79	1	0.80	75.79	1	0.60	56.84	1	0.80	75.79	1	0.60	56.84	
Αντλία πετρελαίου χαμηλής πίεσης	0.8	2	4.96	3.65	4.56	9.13	1	0.80	3.65	1	0.80	3.65	0	0.00	0.00	1	0.80	3.65	0	0.00	0.00	
Αντλία πετρελαίου	0.8	2	2.04	1.50	1.88	3.75	1	0.80	1.50	1	0.80	1.50	0	0.00	0.00	1	0.80	1.50	0	0.00	0.00	
Αντλία λίπανσης	0.8	2	2.72	2.00	2.50	5.00	1	0.80	2.00	1	0.80	2.00	0	0.00	0.00	1	0.80	2.00	0	0.00	0.00	
Βοηθητική παροχή αέρα κ. μηχανής	0.95	2	59.78	44.00	46.32	92.63	0	0.00	0.00	2	0.80	74.11	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
Στροφέιο κύριας μηχανής	0.8	1	4.08	3.00	3.75	3.75	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1	0.30	1.13	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
Φίλτρο λαδιού λίπανσης	0.8	1	0.27	0.20	0.25	0.25	1	0.80	0.20	1	0.80	0.20	0	0.00	0.00	1	0.80	0.20	0	0.00	0.00	
Ξηραντήρας αέρα	0.8	1	0.61	0.45	0.56	0.56	1	0.30	0.17	1	0.30	0.17	1	0.30	0.17	1	0.30	0.17	1	0.30	0.17	
ΣΥΝΟΛΑ									207.69			281.79			102.35			192.95		101.22		
Βοηθητικά Μηχαν/σιου																						
Αντλία λίπανσης χολάνης ελικ. Άξονα	0.8	2	0.54	0.40	0.50	1.00	1	0.80	0.40	1	0.80	0.40	0	0.00	0.00	1	0.80	0.40	0	0.00	0.00	
Αντλία μετάγγισης πετρελαίου	0.85	1	10.19	7.50	8.82	8.82	1	0.60	5.29	1	0.60	5.29	1	0.60	5.29	1	0.60	5.29	1	0.60	5.29	
Αντλία καταλοίπων πετρελαίου	0.8	1	2.04	1.50	1.88	1.88	1	0.30	0.56	1	0.30	0.56	1	0.30	0.56	1	0.30	0.56	1	0.30	0.56	
Αντλία μετάγγισης νήζελ	0.8	1	2.99	2.20	2.75	2.75	0	0.00	0.00	1	0.60	1.65	1	0.60	1.65	1	0.40	1.10	1	0.40	1.10	
Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού	0.8	1	2.38	1.75	2.19	2.19	1	0.30	0.66	0	0.00	0.00	0	0.30	0.00	1	0.30	0.66	0	0.30	0.00	
Αντλία μετάγγισης ελαίου λίπανσης	0.8	1	2.99	2.20	2.75	2.75	1	0.60	1.65	1	0.60	1.65	1	0.60	1.65	1	0.60	1.65	1	0.60	1.65	
Αντλία σενιτών	0.8	1	2.04	1.50	1.88	1.88	1	0.30	0.56	0	0.00	0.00	1	0.30	0.56	1	0.30	0.56	1	0.30	0.56	
Σύστημα αποτροπής ρύπανσης γάστρας	0.8	1	3.26	2.40	3.00	3.00	1	0.60	1.80	1	0.60	1.80	1	0.60	1.80	1	0.60	1.80	1	0.60	1.80	
Αντλία πόσιμου νερού	0.8	2	5.03	3.70	4.63	9.25	1	0.60	2.78	1	0.60	2.78	1	0.60	2.78	1	0.60	2.78	1	0.60	2.78	
Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού	0.8	1	1.02	0.75	0.94	0.94	1	0.60	0.56	1	0.60	0.56	1	0.60	0.56	1	0.60	0.56	1	0.60	0.56	
Δεξαμενή θέρμανσης νερού	0.9	1	32.61	24.00	26.67	26.67	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1	0.60	16.00	1	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
Αντλία σενιτών & γενικής χρήσης	0.95	2	74.73	55.00	57.89	115.79	0	0.00	0.00	0	0.80	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1	0.80	46.32	
Αντλία ερματισμού	0.95	2	149.46	110	115.79	231.58	0	0.20	0.00	0	0.80	0.00	0	0.00	0.00	2	0.80	185.26	1	0.80	92.63	
Διαχωριστήρας πετρελαίου	0.85	2	11.68	8.60	10.12	20.24	1	0.60	6.07	1	0.60	6.07	1	0.60	6.07	1	0.60	6.07	1	0.60	6.07	
Διαχωριστήρας ελαίου λίπανσης	0.85	2	8.70	6.40	7.53	15.06	1	0.60	4.52	1	0.60	4.52	1	0.60	4.52	1	0.60	4.52	1	0.60	4.52	
Κύριος αεροσυμπιεστής εκκίνησης	0.90	2	53.26	39.20	43.56	87.11	1	0.30	13.07	1	0.30	13.07	1	0.30	13.07	1	0.30	13.07	1	0.30	13.07	
Βοηθητικός αεροσυμπιεστής	0.90	1	33.97	25.00	27.78	27.78	0	0.00	0.00	1	0.80	22.22	1	0.80	22.22	0	0.00	0.00	0	0.80	0.00	
Αεροσυμπιεστής εκκίνησης ανάγκης	0.85	1	8.56	6.30	7.41	7.41	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
Αντλία τροφοδοσίας διαχ/στήρα πετρ.	0.80	1	1.77	1.30	1.63	1.63	1	0.60	0.98	1	0.60	0.98	1	0.60	0.98	1	0.60	0.98	1	0.60	0.98	
Αντλία τροφοδοσίας διαχ/στήρα λαδιού	0.80	1	1.77	1.30	1.63	1.63	1	0.60	0.98	1	0.60	0.98	1	0.60	0.98	1	0.60	0.98	1	0.60	0.98	

Πίν. 14. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Λεπτομερής ηλεκτρικός ισολογισμός για τις καταστάσεις κανονικής πορείας, χειρισμών, εν όρμω, ερματισμού και χειρισμού φορτίου. Σελίδα 1/3.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	η	N	Ονομαστική Ισχύς				Καν. Πορείας			Χειρισμών			Εν όρμω			Ερματισμού			Χειρισμού φορτίου		
			Ρον.αποδ.		Ρον.απορ.	Ρεγκατ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.
			PS	KW	KW	KW			KW			KW			KW			KW			KW
1	2	3	4	5	6	6α	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων	0.85	1	27.17	20.00	23.53	23.53	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1	0.20	4.71	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία προλίπανσης ηλεκτρογεννητριων	0.80	3	1.26	0.93	1.16	3.49	2	0.80	1.86	1	0.80	0.93	2	0.80	1.86	1	0.80	0.93	1	0.80	0.93
Αντλία μετάγγισης πετρελαίου γεννητρ.	0.8	2	0.37	0.27	0.34	0.68	1	0.80	0.27	1	0.80	0.27	1	0.80	0.27	1	0.80	0.27	1	0.80	0.27
Αντλία μετάγγ. υψηλής πίεσης γεννητρ.	0.8	2	0.86	0.63	0.79	1.58	1	0.80	0.63	1	0.80	0.63	1	0.80	0.63	1	0.80	0.63	1	0.00	0.00
Αντλία μετάγγισης νήζελ γεννητριών	0.8	1	0.23	0.17	0.21	0.21	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Μονάδα επεξεργασίας λυμάτων	0.85	1	8.97	6.60	7.76	7.76	1	0.30	2.33	1	0.30	2.33	1	0.30	2.33	1	0.30	2.33	1	0.30	2.33
Δεξαμενή επεξεργασίας λυμάτων	0.8	1	5.71	4.20	5.25	5.25	1	0.30	1.58	1	0.30	1.58	1	0.30	1.58	1	0.30	1.58	1	0.30	1.58
Μονάδα παραγωγής γλυκού νερού	0.9	1	29.08	21.40	23.78	23.78	1	0.60	14.27	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1	0.60	14.27	0	0.00	0.00
Αντλία πυρκαϊάς ασφαλείας	0.9	1	33.97	25.00	27.78	27.78	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αποτεφρωτήρας	0.85	1	20.38	15.00	17.65	17.65	1	0.30	5.29	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1	0.30	5.29	0	0.30	0.00
Καυστήρας λέβητα	0.8	1	6.11	4.50	5.63	5.63	0	0.00	0.00	1	0.80	4.50	1	0.80	4.50	0	0.00	0.00	1	0.80	4.50
Αντλία μετάγγισης πετρελαίου λέβητα	0.45	2	0.61	0.45	1.00	2.00	0	0.00	0.00	1	0.80	0.80	1	0.80	0.80	0	0.00	0.00	1	0.80	0.80
Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα	0.8	2	2.99	2.20	2.75	5.50	1	0.80	2.20	1	0.80	2.20	1	0.80	2.20	1	0.80	2.20	1	0.80	2.20
Προθερμαντήρας λέβητα	0.85	1	9.65	7.10	8.35	8.35	0	0.00	0.00	1	1.00	8.35	1	1.00	8.35	0	0.00	0.00	1	1.00	8.35
Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης	0.85	1	21.74	16.00	18.82	18.82	1	0.20	3.76	1	0.20	3.76	1	0.30	5.65	1	0.20	3.76	1	0.30	5.65
Δράπανο	0.8	1	0.95	0.70	0.88	0.88	1	0.20	0.18	1	0.20	0.18	1	0.30	0.26	1	0.20	0.18	1	0.30	0.26
Τόρνος	0.8	1	4.08	3.00	3.75	3.75	1	0.20	0.75	1	0.20	0.75	1	0.30	1.13	1	0.20	0.75	1	0.30	1.13
Ηλεκτρικό τρυπάνι	0.8	1	0.27	0.20	0.25	0.25	1	0.20	0.05	1	0.20	0.05	1	0.30	0.08	1	0.20	0.05	1	0.30	0.08
Γερανός μηχανοστασίου	0.85	1	9.92	7.30	8.59	8.59	1	0.20	1.72	1	0.20	1.72	1	0.30	2.58	1	0.20	1.72	1	0.30	2.58
ΣΥΝΟΛΑ									83.75			102.57			130.59			278.18			230.50
Συστήματα ψύξης																					
Ανεμιστήρας μονάδας κλιματισμού	0.85	2	13.59	10.00	11.76	23.53	2	0.60	14.12	2	0.60	14.12	2	0.60	14.12	2	0.60	14.12	2	0.60	14.12
Συμπιεστής μονάδας κλιματισμού	0.95	1	84.24	62.00	65.26	65.26	1	0.60	39.16	1	0.60	39.16	1	0.60	39.16	1	0.60	39.16	1	0.60	39.16
Συμπιεστής μονάδας ψύξης	0.85	2	17.66	13.00	15.29	30.59	1	0.60	9.18	1	0.60	9.18	1	0.60	9.18	1	0.60	9.18	1	0.60	9.18
Ανεμιστήρας χώρου προμηθειών	0.8	1	1.09	0.80	1.00	1.00	1	0.60	0.60	1	0.60	0.60	1	0.60	0.60	1	0.60	0.60	1	0.60	0.60
Θερμαντήρας χώρου προμηθειών	0.85	1	24.46	18.00	21.18	21.18	1	0.10	2.12	1	0.10	2.12	1	0.10	2.12	1	0.10	2.12	1	0.10	2.12
Μονάδα κλιματισμού ecr	0.85	1	10.73	7.90	9.29	9.29	1	0.60	5.58	1	0.60	5.58	1	0.60	5.58	1	0.60	5.58	1	0.60	5.58
Μονάδα κλιματισμού χώρων κουζίνας	0.85	1	13.59	10.00	11.76	11.76	1	0.60	7.06	1	0.60	7.06	1	0.60	7.06	1	0.60	7.06	1	0.60	7.06
ΣΥΝΟΛΑ									77.80			77.80			77.80			77.80			77.80
Βοηθικά καταστρώματος																					
Σύστημα πηδαλιουχίας	0.9	2	44.84	33.00	36.67	73.33	1	0.30	11.00	2	0.30	22.00	0	0.00	0.00	1	0.30	11.00	0	0.00	0.00
Αντλία συστήματος πηδαλιουχίας	0.8	2	0.54	0.40	0.50	1.00	1	0.30	0.15	2	0.30	0.30	0	0.00	0.00	1	0.30	0.15	0	0.00	0.00
Αντλία εργάτη άγκυρας	0.95	2	122.28	90.00	94.74	189.47	0	0.00	0.00	2	0.60	113.68	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία εργάτη πρυμνησίων	0.95	2	101.90	75.00	78.95	157.89	0	0.00	0.00	1	0.60	47.37	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Γερανός πετρελεύσης	0.8	2	5.43	4.00	5.00	10.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1	0.30	1.50	0	0.00	0.00	1	0.30	1.50
Γερανός προμηθειών	0.85	1	17.26	12.70	14.94	14.94	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1	0.30	4.48	0	0.00	0.00	1	0.30	4.48

Πίν. 14. Σελίδα 2/3.

Το υπό μελέτη πλοίο είναι εφοδιασμένο με τρεις (3) όμοιες ηλεκτρογεννήτριες, τα χαρακτηριστικά των οποίων παρατίθενται ακολούθως :

Κατασκευαστής / Τύπος : YANMAR – 6N18AL-SV

Ισχύς : 570 kW

Περιστροφική ταχύτητα : 900 RPM

Τάση : 450 V

Συχνότητα : 60 Hz

Για λόγους ασφαλείας και συντήρησης απαιτείται η χρήση τριών τουλάχιστον γεννητριών, οι οποίες, στην απλούστερη περίπτωση, έχουν την ίδια ονομαστική ισχύ, ώστε, αφενός να απλοποιούνται οι διαδικασίες συντήρησης και να μειώνεται το σχετικό κόστος, αφετέρου να υπάρχει ευελιξία στη χρήση τους κατά την λειτουργία του πλοίου.

Οι εγκατεστημένες ηλεκτρογεννήτριες, ανάλογα με τα απαιτούμενα κάθε φορά φορτία, μπορούν να εργάζονται χωριστά ή κατά ζεύγη. Διακρίνονται οι παρακάτω περιπτώσεις:

- **Ισχύς Κανονικής Πορείας:** Συνολική απαιτούμενη ισχύς: 508.04 kW

Απαιτείται μία ηλεκτρογεννήτρια η οποία λειτουργεί στο 85% της μέγιστης ισχύος της. Για το υπό μελέτη πλοίο, επιλέχθηκαν τρεις ηλεκτρογεννήτριες ονομαστικής ισχύος 570 kW. Με βάση την τιμή της απαιτούμενης ισχύος κανονικής πορείας (508.04 kW), διαπιστώνεται ότι επιλέχθηκαν για το συγκεκριμένο πλοίο ηλεκτρογεννήτριες οι οποίες σε κανονική πορεία εργάζονται περίπου στο 85% της ονομαστικής ισχύος τους. Η επιλογή αυτή έγινε διότι, γενικά, οι ηλεκτρογεννήτριες λειτουργούν βέλτιστα σε περιοχές λειτουργίας κοντά στο 85% της μέγιστης ισχύος τους, με υψηλό βαθμό απόδοσης, λιγότερες φθορές και μικρότερες ανάγκες συντήρησης. Όταν οι ηλεκτρογεννήτριες εργάζονται για παρατεταμένες περιόδους σε χαμηλά φορτία (χαμηλές τιμές της ισχύος), τότε γενικά απαιτείται αυξημένη συντήρησή τους, κυρίως λόγω επικαθίσεων άνθρακα (carbon deposits) σε υποσυστήματα του θαλάμου καύσης, εξαιτίας της κακής ποιότητας καύσης [13].

- **Ισχύς χειρισμών:** Συνολική απαιτούμενη ισχύς : 796.95 kW

Για την κάλυψη της ζήτησης απαιτούνται δύο (2) ηλεκτρογεννήτριες, οι οποίες λειτουργούν στο 68% της ονομαστικής ισχύος τους.

- **Ισχύς εν όρμω:** Συνολική απαιτούμενη ισχύς : 469.59 kW

Απαιτείται μια (1) ηλεκτρογεννήτρια η οποία εργάζεται στο 77% της ονομαστικής ισχύος της.

- **Ισχύς ερματισμού:** Συνολική απαιτούμενη ισχύς : 716.61 kW

Απαιτούνται δύο (2) ηλεκτρογεννήτριες, οι οποίες λειτουργούν στο 60% της ονομαστικής ισχύος τους.

- **Ισχύς χειρισμού φορτίου – φορτοεκφόρτωσης :** Συνολική απαιτούμενη ισχύς : 575.84 kW

Ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε κατάστασης, μπορεί να χρησιμοποιείται μία ή και δεύτερη ηλεκτρογεννήτρια.

Η γεννήτρια ασφαλείας πρέπει να μπορεί να καλύπτει τα βασικά ηλεκτρικά φορτία του πλοίου, ώστε να παρέχει την αναγκαία για ασφαλή ναυσιπλοΐα ισχύ στην περίπτωση απώλειας ισχύος των κύριων ηλεκτρογεννητριών. Η γεννήτρια ασφαλείας είναι ρυθμισμένη ώστε να παρέχει αυτόματα ενέργεια σε περίπτωση απώλειας της ισχύος λειτουργίας του πλοίου. Ο λεπτομερής ηλεκτρικός ισολογισμός της γεννήτριας ασφαλείας παρουσιάζεται στον Πίν. 15. Το υπό μελέτη πλοίο είναι εφοδιασμένο με γεννήτρια ασφαλείας ονομαστικής ισχύος 99 kW.

ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ								
ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ/CONSUMER	η	N	Ονομαστική Ισχύς			Κατάσταση Ανάγκης		
			Ρov.αποδ.		Ρov.απορ.	N'	fs	Ρλειτ.
			PS	KW	KW			KW
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Βοηθητικά Μηχανισίου								
Αντλία μετάγγισης πετρελαίου γεννητρ.	0.8	2	0.37	0.27	0.34	0	0.00	0.00
Αντλία μετάγγ. υψηλής πίεσης γεννητρ.	0.8	2	0.86	0.63	0.79	0	0.00	0.00
Αντλία μετάγγισης νήζελ γεννητριών	0.8	1	0.23	0.17	0.21	0	0.00	0.00
Μονάδα επεξεργασίας λυμάτων	0.85	1	8.97	6.60	7.76	0	0.00	0.00
Δεξαμενή επεξεργασίας λυμάτων	0.8	1	5.71	4.20	5.25	0	0.00	0.00
Μονάδα παραγωγής γλυκού νερού	0.9	1	29.08	21.40	23.78	0	0.00	0.00
Αντλία πυρκαϊάς ασφαλείας	0.9	1	33.97	25.00	27.78	1	1.00	27.78
ΣΥΝΟΛΑ								27.78
Βοηθητικά καταστρώματος								
Σύστημα πηδαλιουχίας	0.9	2	44.84	33.00	36.67	1	1.00	36.67
Αντλία συστήματος πηδαλιουχίας	0.8	2	0.54	0.40	0.50	1	1.00	0.50
Αντλία εργάτη άγκυρας	0.95	2	122.28	90.00	94.74	0	0.00	0.00
Αντλία εργάτη πρμμησίων	0.95	2	101.90	75.00	78.95	0	0.00	0.00
Γερανός πετρελεύσης	0.8	2	5.43	4.00	5.00	0	0.00	0.00
Γερανός προμηθειών	0.85	1	17.26	12.70	14.94	0	0.00	0.00
Βίντσι σωσίβιας λέμβου	0.85	1	11.55	8.50	10.00	0	0.00	0.00
Βίντσι λέμβου διάσωσης	0.85	1	13.99	10.30	12.12	0	0.00	0.00
Σκάλες επιβίβασης πλοίου	0.85	2	8.15	6.00	7.06	0	0.00	0.00
Σκάλες επιβίβασης πιλότου	0.8	2	5.43	4.00	5.00	0	0.00	0.00
Βοηθητική σκάλα	0.8	2	3.40	2.50	3.13	0	0.00	0.00
ΣΥΝΟΛΑ								37.17
Εξαερισμός								
Ανεμιστήρες Μηχανοστασίου	0.85	4	17.26	12.70	14.94	0	0.00	0.00
Ανεμιστήρες χώρου διαχωριστήρων	0.8	1	5.43	4.00	5.00	0	0.00	0.00
Ανεμιστήρες χώρου πηδαλιουχίας	0.8	1	2.04	1.50	1.88	1	1.00	1.88
Ανεμιστ.χώρου γεννήτριας ασφαλείας	0.8	1	5.43	4.00	5.00	1	1.00	5.00
Ανεμιστήρες χώρων ενδιαίτησης	0.8	20	0.10	0.08	0.09	0	0.00	0.00
ΣΥΝΟΛΑ								6.88
Πίνακες Φωτισμού								
Εξωτερικός φωτισμός	0.9	1	28.53	21.00	23.33	0	0.00	0.00
Φωτισμός μηχανοστασίου	0.85	1	9.51	7.00	8.24	0	0.00	0.00
Φωτισμός ανάγκης	0.85	1	9.51	7.00	8.24	1	1.00	8.24
Φωτισμός ενδιαίτησεως	0.85	1	16.30	12.00	14.12	0	0.00	0.00
Φωτισμός ναυσιπλοΐας	0.8	1	3.53	2.60	3.25	0	0.00	0.00
Φωτισμός χώρων φορτίου	0.8	28	0.41	0.30	0.38	0	0.00	0.00
ΣΥΝΟΛΑ								8.24
Διάφορα								
Όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας	0.8	1	3.80	2.80	3.50	1	1.00	3.50
Φορτιστής μπαταριών	0.8	1	1.22	0.90	1.13	1	1.00	1.13
Όργανα εσωτερικής επικοινωνίας	0.8	1	4.76	3.50	4.38	1	1.00	4.38
Υδραυλική αντλία χειρισμού βαλβίδας	0.8	2	1.63	1.20	1.50	0	0.00	0.00
TOTAL								9.00
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ								89.05

Πίν. 15. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Ηλεκτρικός ισολογισμός γεννήτριας ασφαλείας.

Υπολογισμός Ενεργού και Αέργου Ισχύος

Η κατάσταση του Ηλεκτρικού Ισολογισμού ενός πλοίου οδηγεί στον υπολογισμό της απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύος ανά κατάσταση λειτουργίας του, και ακολούθως στην επιλογή του μεγέθους και του αριθμού των απαιτούμενων ηλεκτρογεννητριών. Στην παρούσα ενότητα αναπτύσσονται οι έννοιες της ενεργού και αέργου ισχύος, οι οποίες συσχετίζονται με τον Συντελεστή Ισχύος (ΣΙ) των ηλεκτρογεννητριών, και παρατίθεται μεθοδολογία υπολογισμού τους. Σημειώνεται ότι σε κάποιες περιπτώσεις, όταν η επιλογή των ηλεκτρογεννητριών βασίζεται μόνο στον ηλεκτρικό ισολογισμό, τότε υπάρχει πιθανότητα αυτές να μην μπορούν να καλύψουν τις ενεργειακές ανάγκες του πλοίου σε κάποιες συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας, καθώς ο αντίστοιχος ΣΙ μπορεί να λαμβάνει πολύ χαμηλές τιμές.

Γενικά, ενεργός ισχύς είναι η ωφέλιμη ισχύς που παράγεται και καταναλώνεται σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο. Η ισχύς αυτή καταναλώνεται σε ωμικές αντιστάσεις (π.χ. φωτισμός, θέρμανση, κ.λπ.), που αποτελούν συνήθως το μεγαλύτερο μέρος των ηλεκτρικών φορτίων. Η ενεργός ισχύς υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση [5]:

$$P = V \times I \times \cos \varphi \quad \text{Εξ. (25)}$$

όπου $\cos \varphi$ ο συνολικός Συντελεστής Ισχύος της γεννήτριας.

Εκτός από τις ωμικές αντιστάσεις, σε ένα δίκτυο υπάρχουν και άλλοι καταναλωτές όπως οι κινητήρες, οι οποίοι παράγουν μηχανική περιστροφική ή γραμμική κίνηση καταναλώνοντας ηλεκτρική ενέργεια. Για τη λειτουργία των συγκεκριμένων καταναλωτών απαιτούνται συνήθως μεγάλες διατάξεις πηνίων (που συχνά καλούνται τυλίγματα των ηλεκτρικών μηχανών), τα οποία δεν απαιτούν σημαντική κατανάλωση ενεργού ισχύος, αλλά αντιθέτως απαιτούν σημαντικό ποσό αέργου ισχύος. Η αέργος ισχύς μπορεί να υπολογιστεί από την ακόλουθη εξίσωση [5]:

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \quad \text{Εξ. (26)}$$

Για να γίνει κατανοητή η έννοια και η ουσιαστική σημασία της αέργου ισχύος πρέπει να τονιστεί ότι η κυκλοφορία τόσο της ενεργού όσο και της αέργου ισχύος γίνεται μέσω αγωγών (καλωδίων), διακοπών, κ.λπ., τα οποία επίσης δεν έχουν ιδανική συμπεριφορά, δηλαδή εμφανίζουν σύνθετη αντίσταση, φορτίζονται θερμικά και ενέχεται ο κίνδυνος δυσλειτουργίας ή καταστροφής τους. Επομένως, για κάθε ηλεκτρικό στοιχείο υπάρχει δεδομένο ανώτατο όριο ισχύος λειτουργίας. Το πρόβλημα που τίθεται λοιπόν είναι ότι, εκτός της ωφέλιμης ισχύος, διέρχεται σε κάποιες περιπτώσεις και σημαντική ποσότητα αέργου ισχύος, εις βάρος προφανώς της πρώτης. Συνεπώς, το πρόβλημα με την αέργου ισχύ, η οποία ζητείται κυρίως από τους ηλεκτρικούς κινητήρες, είναι ότι αφενός κάποιες διατάξεις πρέπει να την παράγουν, και αφετέρου πρέπει να διέλθει από τις ίδιες διαδρομές που διέρχεται και η ενεργός ισχύς, περιορίζοντας αναγκαστικά την τελευταία. Ως μέτρο ελέγχου της ενεργού (και άρα και της αέργου) ισχύος που κυκλοφορεί στο δίκτυο χρησιμοποιείται ο συντελεστής ισχύος, ΣΙ, ο οποίος σε συνθήκες ΗΜΚ (Ημιτονικής Μόνιμης Κατάστασης) ισούται με $\cos \varphi$.

Για να λειτουργεί ικανοποιητικά ένα ηλεκτρικό δίκτυο, οι κανονισμοί ορίζουν ότι ο Σ.Ι. πρέπει να παίρνει τιμές κοντά στη μονάδα και πιο συγκεκριμένα να κυμαίνεται στα όρια:

$$0.8 \text{ χωρ} \leq \Sigma I \leq 0.8 \text{ επαγ.}$$

Πρέπει να τονιστεί ότι στην περίπτωση που ένας επαγωγικός κινητήρας δεν φορτίζεται πλήρως, τότε αυτός έχει διαφορετικό βαθμό απόδοσης $\eta_{\text{ΗΜ}}$, αλλά και διαφορετικό συντελεστή ισχύος ΣΙ. Για τον

υπολογισμό του ΣΙ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο Πίν. 16, όπου P_N η ονομαστική ισχύς στον άξονα του κινητήρα:

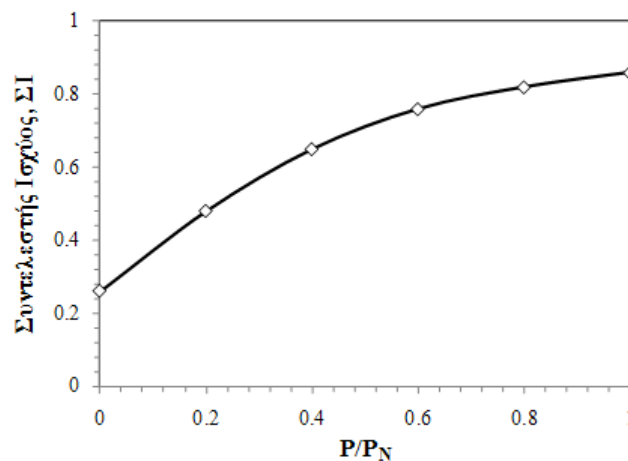
P/P_N	Συντελεστής Ισχύος (ΣΙ)
0.00	0.26
0.20	0.48
0.40	0.65
0.60	0.76
0.80	0.82
1.00	0.86

Πίν. 16. Συντελεστής Ισχύος Κινητήρων Επαγωγής σε μερικό φορτίο [4].

Τα σημεία του Πιν. 16 μπορούν να παρεμβληθούν από πολυωνυμική καμπύλη 4^{ου} βαθμού με πολύ μικρό σφάλμα (βλ. και Σχ. 8).

Η εξίσωση της καμπύλης αυτής παρουσιάζεται παρακάτω, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αν δεν υπάρχουν ακριβέστερα στοιχεία από τον κατασκευαστή του κινητήρα.

$$y = 0.13026 + 2.3679x - 3.7761x^2 + 3.3126x^3 \quad \text{Εξ. (27)}$$



Σχ. 8. Διάγραμμα Συντελεστή Ισχύος Κινητήρων Επαγωγής σε μερικό φορτίο.

Κατά την κατάσταση του Ηλεκτρικού Ισολογισμού ενός πλοίου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν δεδομένα για τον συντελεστή ισχύος των ηλεκτρικών καταναλωτών ώστε να υπολογιστεί η ενεργός και άεργος ισχύς κάθε καταναλωτή, καθώς και ο συνολικός συντελεστής ισχύος ανά κατάσταση λειτουργίας του πλοίου. Για κινητήρες επαγωγής που εργάζονται σε μερικό φορτίο, χρησιμοποιούνται είτε στοιχεία από τους κατασκευαστές είτε η Εξ. (27). Ο πίνακας υπολογισμών του Ηλεκτρικού Ισολογισμού μπορεί να τροποποιηθεί ως εξής :

Στην 1^η στήλη του Πίνακα αναγράφονται όπως και στον ηλεκτρικό ισολογισμό οι καταναλωτές και στην 2^η ο αριθμός αυτών που χρησιμοποιούνται στη συγκεκριμένη κατάσταση λειτουργίας. Οι στήλες 3 & 4 συμπληρώνονται όπως και στον ηλεκτρικό ισολογισμό, ενώ η 5^η στήλη καταγράφει τον Συντελεστή Ισχύος $\Sigma I = \cos\phi$ όπως αυτός προκύπτει από στοιχεία των κατασκευαστών ή με χρήση της Εξ. (27).

Το αποτέλεσμα της 6^{ης} στήλης, $\sin\varphi$ ισούται με $\sqrt{1-\cos\varphi^2}$ και της 7^{ης} στήλης προκύπτει απο τον λόγο της τιμής της 4^{ης} προς το γινόμενο 5^{ης} και 6^{ης} στήλης αντίστοιχα ([4]/[5]x[6]). Οι στήλες, 11÷13, 17÷19, 23÷25 και 29÷31 υπολογίζονται με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο υπολογίζονται οι στήλες 5÷7.

Με την εφαρμογή των παραπάνω σε όλες τις καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου (Πιν.14), προκύπτει ο Πίν. 17.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΟΜΕΝΗ ΑΕΡΓΟΣ ΙΣΧΥΣ ΑΝΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ																					
ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	Καν. Πορείας							Χειρισμών							Εν όρμω						
	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	Συντελ.	sinφ	Απορφ.	Μιγ.Ισχ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	Συντελ.	sinφ	Απορφ.	Μιγ.Ισχ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	Συντελ.	sinφ	Απορφ.	Μιγ.Ισχ.
			kW	cosφ	Ισχύς	kVa	kW			cosφ	Ισχύς	kVa	kW	cosφ			Ισχύς	kVa			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Βοηθητικά Πρόωσης																					
Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης	1	0.65	51.32	0.78	0.63	41.32	65.89	1	0.65	51.32	0.78	0.63	41.32	65.89	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Κύρια αντλία θαλ. νερού ψύξης	1	0.80	58.95	0.82	0.57	41.15	71.89	1	0.80	58.95	0.82	0.57	41.15	71.89	1	0.60	44.21	0.76	0.65	37.81	58.17
Αντλία γλυκού νερού ψύξης κ.μ.	1	0.80	14.12	0.82	0.57	9.85	17.22	1	0.80	14.12	0.82	0.57	9.85	17.22	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Αντλία ψύξης νερού χαμηλής πίεσης	1	0.80	75.79	0.82	0.57	52.90	92.43	1	0.80	75.79	0.82	0.57	52.90	92.43	1	0.60	56.84	0.76	0.65	48.61	74.79
Αντλία πετρελαίου χαμηλής πίεσης	1	0.80	3.65	0.82	0.57	2.55	4.45	1	0.80	3.65	0.82	0.57	2.55	4.45	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Αντλία πετρελαίου	1	0.80	1.50	0.82	0.57	1.05	1.83	1	0.80	1.50	0.82	0.57	1.05	1.83	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Αντλία λίπανσης	1	0.80	2.00	0.82	0.57	1.40	2.44	1	0.80	2.00	0.82	0.57	1.40	2.44	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Βοηθητική παροχή αέρα κ. μηχανής	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	2	0.80	74.11	0.82	0.57	51.73	90.37	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Στροφαίο κύριας μηχανής	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	1	0.30	1.13	0.57	0.82	1.61	1.97
Φίλτρο λαδιού λίπανσης	1	0.80	0.20	0.82	0.57	0.14	0.24	1	0.80	0.20	0.82	0.57	0.14	0.24	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Ξηραντήρας αέρα	1	0.30	0.17	0.57	0.82	0.24	0.29	1	0.30	0.17	0.57	0.82	0.24	0.29	1	0.30	0.17	0.57	0.82	0.24	0.29
ΣΥΝΟΛΑ			207.69	0.81	0.59	150.60	256.67			281.79	0.81	0.58	202.32	347.05			102.35	0.76	0.65	88.27	135.22
Βοηθητικά Μηχαν/σιου																					
Αντλία λίπανσης χοάνης ελικ. Άξονα	1	0.80	0.40	0.82	0.57	0.28	0.49	1	0.80	0.40	0.82	0.57	0.28	0.49	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Αντλία μετάγγισης πετρελαίου	1	0.60	5.29	0.76	0.65	4.53	6.97	1	0.60	5.29	0.76	0.65	4.53	6.97	1	0.60	5.29	0.76	0.65	4.53	6.97
Αντλία καταλοίπων πετρελαίου	1	0.30	0.56	0.57	0.82	0.81	0.98	1	0.30	0.56	0.57	0.82	0.81	0.98	1	0.30	0.56	0.57	0.82	0.81	0.98
Αντλία μετάγγισης νήζελ	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	1	0.60	1.65	0.76	0.65	1.41	2.17	1	0.60	1.65	0.76	0.65	1.41	2.17
Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού	1	0.30	0.66	0.57	0.82	0.94	1.15	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.30	0.00	0.57	0.82	0.00	0.00
Αντλία μετάγγισηςελαίου λίπανσης	1	0.60	1.65	0.76	0.65	1.41	2.17	1	0.60	1.65	0.76	0.65	1.41	2.17	1	0.60	1.65	0.76	0.65	1.41	2.17
Αντλία σεντιών	1	0.30	0.56	0.57	0.82	0.81	0.98	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	1	0.30	0.56	0.57	0.82	0.81	0.98
Σύστημα αποτροπής ρύπανσης γάστρας	1	0.60	1.80	0.76	0.65	1.54	2.37	1	0.60	1.80	0.76	0.65	1.54	2.37	1	0.60	1.80	0.76	0.65	1.54	2.37
Αντλία πόσιμου νερού	1	0.60	2.78	0.76	0.65	2.37	3.65	1	0.60	2.78	0.76	0.65	2.37	3.65	1	0.60	2.78	0.76	0.65	2.37	3.65
Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού	1	0.60	0.56	0.76	0.65	0.48	0.74	1	0.60	0.56	0.76	0.65	0.48	0.74	1	0.60	0.56	0.76	0.65	0.48	0.74
Δεξαμενή θέρμανσης νερού	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	1	0.60	16.00	0.76	0.65	13.68	21.05
Αντλία σεντιών & γενικής χρήσης	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.80	0.00	0.82	0.57	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Αντλία ερματισμού	0	0.20	0.00	0.48	0.88	0.00	0.00	0	0.80	0.00	0.82	0.57	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Διαχωριστήρας πετρελαίου	1	0.60	6.07	0.76	0.65	5.19	7.99	1	0.60	6.07	0.76	0.65	5.19	7.99	1	0.60	6.07	0.76	0.65	5.19	7.99
Διαχωριστήρας ελαίου λίπανσης	1	0.60	4.52	0.76	0.65	3.86	5.94	1	0.60	4.52	0.76	0.65	3.86	5.94	1	0.60	4.52	0.76	0.65	3.86	5.94
Κύριος αεροσυμπιεστή εκκίνησης	1	0.30	13.07	0.57	0.82	18.72	22.83	1	0.30	13.07	0.57	0.82	18.72	22.83	1	0.30	13.07	0.57	0.82	18.72	22.83
Βοηθητικός αεροσυμπιεστής	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	1	0.80	22.22	0.82	0.57	15.51	27.10	1	0.80	22.22	0.82	0.57	15.51	27.10
Αεροσυμπιεστής εκκίνησης ανάγκης	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Αντλία τροφοδοσίας διαχ/στήρα πετρ.	1	0.60	0.98	0.76	0.65	0.83	1.28	1	0.60	0.98	0.76	0.65	0.83	1.28	1	0.60	0.98	0.76	0.65	0.83	1.28
Αντλία τροφοδοσίας διαχ/στήρα λαδιού	1	0.60	0.98	0.76	0.65	0.83	1.28	1	0.60	0.98	0.76	0.65	0.83	1.28	1	0.60	0.98	0.76	0.65	0.83	1.28

Πίν. 17. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Λεπτομερής ηλεκτρικός ισολογισμός με ταυτόχρονο υπολογισμό Σ.Ι. και ενεργού και αέργου ισχύος ανά κατάσταση λειτουργίας. Σελίδα 1/6.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ/CONSUMER	Καν. Πορείας							Χειρισμών							Εν όρμω						
	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	Συντελ.	sinφ	Απορφ.	Μιγ.Ισχ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	Συντελ.	sinφ	Απορφ.	Μιγ.Ισχ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	Συντελ.	sinφ	Απορφ.	Μιγ.Ισχ.
			Ισχύος	cosφ	Άεργος Ισχύς	S	Ισχύος			cosφ	Άεργος Ισχύς	S	Ισχύος	cosφ			Άεργος Ισχύς	S			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Βίντσι σωσίβιας λέμβου	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Βίντσι λέμβου διάσωσης	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Σκάλες επιβίβασης πλοίου	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	1	0.30	2.12	0.57	0.82	3.03	3.70	1	0.30	2.12	0.57	0.82	3.03	3.70
Σκάλες επιβίβασης πιλότου	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Βοηθητική σκάλα	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
ΣΥΝΟΛΑ			11.15	0.57	0.82	15.97	19.48			185.47	0.73	0.68	172.71	254.57			8.10	0.57	0.82	11.61	14.15
Εξαερισμός																					
Ανεμιστήρες Μηχανοστασίου	4	0.80	47.81	0.82	0.57	33.37	58.31	4	0.80	47.81	0.82	0.57	33.37	58.31	4	0.80	47.81	0.82	0.57	33.37	58.31
Ανεμιστήρες χώρου διαχωριστήρων	1	0.80	4.00	0.82	0.57	2.79	4.88	1	0.80	4.00	0.82	0.57	2.79	4.88	1	0.80	4.00	0.82	0.57	2.79	4.88
Ανεμιστήρες χώρου πηδαλιουχίας	1	0.80	1.50	0.82	0.57	1.05	1.83	1	0.80	1.50	0.82	0.57	1.05	1.83	1	0.80	1.50	0.82	0.57	1.05	1.83
Ανεμιστ.χώρου γενήτριας ασφαλείας	1	0.80	4.00	0.82	0.57	2.79	4.88	1	0.80	4.00	0.82	0.57	2.79	4.88	1	0.80	4.00	0.82	0.57	2.79	4.88
Ανεμιστήρες χώρων ενδιάιτησης	20	0.80	1.50	0.82	0.57	1.05	1.83	20	0.80	1.50	0.82	0.57	1.05	1.83	20	0.80	1.50	0.82	0.57	1.05	1.83
ΣΥΝΟΛΑ			58.81	0.82	0.57	41.05	71.72			58.81	0.82	0.57	41.05	71.72			58.81	0.82	0.57	41.05	71.72
Συσκευές Μαγειρείου																					
Βραστήρας	1	0.30	4.31	0.57	0.82	6.17	7.52	1	0.30	4.31	0.57	0.82	6.17	7.52	1	0.30	4.31	0.57	0.82	6.17	7.52
Κουζίνα -εστίες	1	0.30	6.83	0.57	0.82	9.79	11.94	1	0.30	6.83	0.57	0.82	9.79	11.94	1	0.30	6.83	0.57	0.82	9.79	11.94
Πλυντήριο πιάτων	1	0.30	2.40	0.57	0.82	3.44	4.19	1	0.30	2.40	0.57	0.82	3.44	4.19	1	0.30	2.40	0.57	0.82	3.44	4.19
Βραστήρας νερού	1	0.30	1.13	0.57	0.82	1.61	1.97	1	0.30	1.13	0.57	0.82	1.61	1.97	1	0.30	1.13	0.57	0.82	1.61	1.97
Φριτζά	1	0.30	4.94	0.57	0.82	7.08	8.63	1	0.30	4.94	0.57	0.82	7.08	8.63	1	0.30	4.94	0.57	0.82	7.08	8.63
Πλυντήριο	1	0.30	3.18	0.57	0.82	4.55	5.55	1	0.30	3.18	0.57	0.82	4.55	5.55	1	0.30	3.18	0.57	0.82	4.55	5.55
Στεγνωτήριο	1	0.30	2.93	0.57	0.82	4.20	5.12	1	0.30	2.93	0.57	0.82	4.20	5.12	1	0.30	2.93	0.57	0.82	4.20	5.12
Διάφορα μηχανήματα	20	0.30	5.29	0.57	0.82	7.59	9.25	20	0.30	5.29	0.57	0.82	7.59	9.25	20	0.30	5.29	0.57	0.82	7.59	9.25
ΣΥΝΟΛΑ			31.01	0.57	0.82	44.42	54.17			31.01	0.57	0.82	44.42	54.17			31.01	0.57	0.82	44.42	54.17
Πίνακες Φωτισμού																					
Εξωτερικός φωτισμός	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	1	0.80	18.67	0.82	0.57	13.03	22.76	1	0.80	18.67	0.82	0.57	13.03	22.76
Φωτισμός μηχανοστασίου	1	1.00	8.24	0.86	0.51	4.89	9.58	1	1.00	8.24	0.86	0.51	4.89	9.58	1	1.00	8.24	0.86	0.51	4.89	9.58
Φωτισμός ανάγκης	1	0.60	4.94	0.76	0.65	4.23	6.50	1	0.60	4.94	0.76	0.65	4.23	6.50	1	0.60	4.94	0.76	0.65	4.23	6.50
Φωτισμός ενδιάιτησεως	1	0.80	11.29	0.82	0.57	7.88	13.77	1	0.80	11.29	0.82	0.57	7.88	13.77	1	0.80	11.29	0.82	0.57	7.88	13.77
Φωτισμός ναυσιπλοίας	1	0.20	0.65	0.48	0.88	1.19	1.35	1	0.20	0.65	0.48	0.88	1.19	1.35	1	0.20	0.65	0.48	0.88	1.19	1.35
Φωτισμός χώρων φορτίου	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
ΣΥΝΟΛΑ			25.12	0.81	0.58	18.18	31.20			43.79	0.82	0.58	31.21	53.97			43.79	0.82	0.58	31.21	53.97
Διάφορα																					
Όργανα ναυσιπλοίας & επικοινωνίας	1	0.40	1.40	0.65	0.76	1.64	2.15	1	0.40	1.40	0.65	0.76	1.64	2.15	1	0.20	0.70	0.48	0.88	1.28	1.46
Φορτιστής μπαταριών	1	0.50	0.56	0.71	0.70	0.55	0.79	1	0.50	0.56	0.71	0.70	0.55	0.79	1	0.50	0.56	0.71	0.70	0.55	0.79
Όργανα εσωτερικής επικοινωνίας	1	0.40	1.75	0.65	0.76	2.05	2.69	1	0.40	1.75	0.65	0.76	2.05	2.69	1	0.20	0.88	0.48	0.88	1.60	1.82
Υδραυλική αντλία χειρισμού βαλβίδας	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
ΣΥΝΟΛΑ			3.71	0.66	0.75	4.24	5.64			3.71	0.66	0.75	4.24	5.64			2.14	0.54	0.84	3.43	4.07
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ			490.04	0.76	0.65	427.67	657.30			772.96	0.77	0.64	652.57	1019.68			439.58	0.74	0.67	402.14	601.84

Πίν. 17. Σελίδα 3/6.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΟΜΕΝΗ ΑΕΡΓΟΣ ΙΣΧΥΣ ΑΝΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ/CONSUMER	Ερματισμού							Χειρισμού φορτίου							
	N'	fs	ΡΛΕΙΤ. kW	Συντελ.	sinφ	Απορφ.	Μιγ.Ισχ.	Χειρισμού φορτίου			Συντελ.	sinφ	Απορφ.	Μιγ.Ισχ.	
				Ισχύος		Αεργός	S	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	Ισχύος		Αεργός	S	
				cosφ		Ισχύς	kVa			KW	cosφ		Ισχύς	kVa	
1	20	21	22	23	24	25	26	26	27	28	29	30	31	32	
Βοηθητικά Πρόωσης															
Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης	1	0.65	51.32	0.78	0.63	41.32	65.89	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	
Κύρια αντλία θαλ. νερού ψύξης	1	0.60	44.21	0.76	0.65	37.81	58.17	1	0.60	44.21	0.76	0.65	37.81	58.17	
Αντλία γλυκού νερού ψύξης κ.μ.	1	0.80	14.12	0.82	0.57	9.85	17.22	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	
Αντλία ψύξης νερού χαμηλής θερμ.	1	0.80	75.79	0.82	0.57	52.90	92.43	1	0.60	56.84	0.76	0.65	48.61	74.79	
Αντλία πετρελαίου χαμηλής πίεσης	1	0.80	3.65	0.82	0.57	2.55	4.45	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	
Αντλία πετρελαίου	1	0.80	1.50	0.82	0.57	1.05	1.83	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	
Αντλία λίπανσης	1	0.80	2.00	0.82	0.57	1.40	2.44	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	
Βοηθητική παροχή αέρα κ. μηχανής	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	
Στροφέιο κύριας μηχανής	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	
Φίλτρο λαδιού λίπανσης	1	0.80	0.20	0.82	0.57	0.14	0.24	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	
Ξηραντήρας αέρα	1	0.30	0.17	0.57	0.82	0.24	0.29	1	0.30	0.17	0.57	0.82	0.24	0.29	
ΣΥΝΟΛΑ			192.95	0.80	0.61	147.26	242.96			101.22	0.76	0.65	86.66	133.26	
Βοηθητικά Μηχαν/σιου															
Αντλία λίπανσης χροάνης ελικ. Άξονα	1	0.80	0.40	0.82	0.57	0.28	0.49	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	
Αντλία μετάγγισης πετρελαίου	1	0.60	5.29	0.76	0.65	4.53	6.97	1	0.60	5.29	0.76	0.65	4.53	6.97	
Αντλία καταλοίπων πετρελαίου	1	0.30	0.56	0.57	0.82	0.81	0.98	1	0.30	0.56	0.57	0.82	0.81	0.98	
Αντλία μετάγγισης νήζελ	1	0.40	1.10	0.65	0.76	1.29	1.69	1	0.40	1.10	0.65	0.76	1.29	1.69	
Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού	1	0.30	0.66	0.57	0.82	0.94	1.15	0	0.30	0.00	0.57	0.82	0.00	0.00	
Αντλία μετάγγισηςελαίου λίπανσης	1	0.60	1.65	0.76	0.65	1.41	2.17	1	0.60	1.65	0.76	0.65	1.41	2.17	
Αντλία σεντινών	1	0.30	0.56	0.57	0.82	0.81	0.98	1	0.30	0.56	0.57	0.82	0.81	0.98	
Σύστημα αποτροπής ρύπανσης γάστρας	1	0.60	1.80	0.76	0.65	1.54	2.37	1	0.60	1.80	0.76	0.65	1.54	2.37	
Αντλία πόσιμου νερού	1	0.60	2.78	0.76	0.65	2.37	3.65	1	0.60	2.78	0.76	0.65	2.37	3.65	
Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού	1	0.60	0.56	0.76	0.65	0.48	0.74	1	0.60	0.56	0.76	0.65	0.48	0.74	
Δεξαμενή θέρμανσης νερού	1	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	
Αντλία σεντινών & γενικής χρήσης	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	1	0.80	46.32	0.82	0.57	32.33	56.48	
Αντλία ερματισμού	2	0.80	185.26	0.82	0.57	129.31	225.93	1	0.80	92.63	0.82	0.57	64.66	112.97	
Διαχωριστήρας πετρελαίου	1	0.60	6.07	0.76	0.65	5.19	7.99	1	0.60	6.07	0.76	0.65	5.19	7.99	
Διαχωριστήρας ελαίου λίπανσης	1	0.60	4.52	0.76	0.65	3.86	5.94	1	0.60	4.52	0.76	0.65	3.86	5.94	
Κύριος αεροσυμπιεστή εκκίνησης	1	0.30	13.07	0.57	0.82	18.72	22.83	1	0.30	13.07	0.57	0.82	18.72	22.83	
Βοηθητικός αεροσυμπιεστής	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.80	0.00	0.82	0.57	0.00	0.00	
Αεροσυμπιεστής εκκίνησης ασφαλείας	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	
Αντλία τροφοδοσίας διαχ/στήρα πετρ.	1	0.60	0.98	0.76	0.65	0.83	1.28	1	0.60	0.98	0.76	0.65	0.83	1.28	
Αντλία τροφοδοσίας διαχ/στήρα λαδιού	1	0.60	0.98	0.76	0.65	0.83	1.28	1	0.60	0.98	0.76	0.65	0.83	1.28	

Πίν. 17. Σελίδα 4/6.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ/CONSUMER	Ερμτισμού						Χειρισμού φορτίου							
	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	Συντελ.	sinφ	Απορφ.	Μιγ.Ισχ.	Χειρισμού φορτίου			Συντελ.	sinφ	Απορφ.	Μιγ.Ισχ.
				Ισχύος		Άεργος		N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	Ισχύος		Άεργος	
			kW	cosφ	Ισχύς		Ισχύς	kVa		KW	cosφ		Ισχύς	kVa
1	20	21	22	23	24	25	26	26	27	28	29	30	31	32
Προθερμαντήρας νερού χιτώνων	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Αντλία προλίπανσης ηλεκτρογεννητριων	1	0.80	0.93	0.82	0.57	0.65	1.13	1	0.80	0.93	0.82	0.57	0.65	1.13
Αντλία μετάγγισης πετρελαίου γεννητρ.	1	0.80	0.27	0.82	0.57	0.19	0.33	1	0.80	0.27	0.82	0.57	0.19	0.33
Αντλία μετάγγ. υψηλής πίεσης γεννητρ.	1	0.80	0.63	0.82	0.57	0.44	0.77	1	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Αντλία μετάγγισης νήζελ γεννητριών	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Μονάδα επεξεργασίας λυμάτων	1	0.30	2.33	0.57	0.82	3.34	4.07	1	0.30	2.33	0.57	0.82	3.34	4.07
Δεξαμενή επεξεργασίας λυμάτων	1	0.30	1.58	0.57	0.82	2.26	2.75	1	0.30	1.58	0.57	0.82	2.26	2.75
Μονάδα παραγωγής γλυκού νερού	1	0.60	14.27	0.76	0.65	12.20	18.77	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Αντλία πυρκαϊάς ασφαλείας	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Αποτεφρωτήρας	1	0.30	5.29	0.57	0.82	7.59	9.25	0	0.30	0.00	0.57	0.82	0.00	0.00
Καυστήρας λέβητα	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	1	0.80	4.50	0.82	0.57	3.14	5.49
Αντλία μετάγγισης πετρελαίου λέβητα	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	1	0.80	0.80	0.82	0.57	0.56	0.98
Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα	1	0.80	2.20	0.82	0.57	1.54	2.68	1	0.80	2.20	0.82	0.57	1.54	2.68
Προθερμαντήρας λέβητα	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	1	1.00	8.35	0.86	0.51	4.96	9.71
Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης	1	0.20	3.76	0.48	0.88	6.88	7.84	1	0.30	5.65	0.57	0.82	8.09	9.87
Δράπανο	1	0.20	0.18	0.48	0.88	0.32	0.36	1	0.30	0.26	0.57	0.82	0.38	0.46
Τόρνος	1	0.20	0.75	0.48	0.88	1.37	1.56	1	0.30	1.13	0.57	0.82	1.61	1.97
Ηλεκτρικό τρυπάνι	1	0.20	0.05	0.48	0.88	0.09	0.10	1	0.30	0.08	0.57	0.82	0.11	0.13
Γερανός μηχανοστασίου	1	0.20	1.72	0.48	0.88	3.14	3.58	1	0.30	2.58	0.57	0.82	3.69	4.50
ΣΥΝΟΛΑ			260.18	0.78	0.63	213.20	339.66			209.50	0.78	0.62	170.16	272.40
Συστήματα ψύξης														
Ανεμιστήρας μονάδας κλιματισμού	2	0.60	14.12	0.76	0.65	12.07	18.58	2	0.60	14.12	0.76	0.65	12.07	18.58
Συμπιεστής μονάδας κλιματισμού	1	0.60	39.16	0.76	0.65	33.49	51.52	1	0.60	39.16	0.76	0.65	33.49	51.52
Συμπιεστής μονάδας ψύξης	1	0.60	9.18	0.76	0.65	7.85	12.07	1	0.60	9.18	0.76	0.65	7.85	12.07
Ανεμιστήρας χώρου προμηθειών	1	0.60	0.60	0.76	0.65	0.51	0.79	1	0.60	0.60	0.76	0.65	0.51	0.79
Θερμαντήρας χώρου προμηθειών	1	0.10	2.12	0.37	0.93	5.24	5.65	1	0.10	2.12	0.37	0.93	5.24	5.65
Μονάδα κλιματισμού esr	1	0.60	5.58	0.76	0.65	4.77	7.34	1	0.60	5.58	0.76	0.65	4.77	7.34
Μονάδα κλιματισμού χώρων κουζίνας	1	0.60	7.06	0.76	0.65	6.04	9.29	1	0.60	7.06	0.76	0.65	6.04	9.29
ΣΥΝΟΛΑ			77.80	0.75	0.66	69.96	105.24			77.80	0.75	0.66	69.96	105.24
Βοηθικά καταστώματος														
Σύστημα πηδαλιουχίας	1	0.30	11.00	0.57	0.82	15.76	19.22	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Αντλία συστήματος πηδαλιουχίας	1	0.30	0.15	0.57	0.82	0.21	0.26	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Αντλία εργάτη άγκυρας	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Αντλία εργάτη πρυμνησιών	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Γερανός πετρελεύσης	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	1	0.30	1.50	0.57	0.82	2.15	2.62
Γερανός προμηθειών	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	1	0.30	4.48	0.57	0.82	6.42	7.83

Πίν. 17. Σελίδα 5/6.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ/CONSUMER	Ερματισμού							Χειρισμού φορτίου						
	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	Συντελ.	sinφ	Απορφ.	Μιγ.Ισχ.	Χειρισμού φορτίου		Συντελ.	sinφ	Απορφ.	Μιγ.Ισχ.	
				Ισχύος		Άεργος	S	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	Ισχύος		Άεργος	S
			kW	cosφ	Ισχύς	kVa	ΚW	cosφ	Ισχύς	kVa				
1	20	21	22	23	24	25	26	26	27	28	29	30	31	32
Βίντσι σωσίβιας λέμβου	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Βίντσι λέμβου διάσωσης	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Σκάλες επιβίβασης πλοίου	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Σκάλες επιβίβασης πιλότου	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
Βοηθητική σκάλα	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
ΣΥΝΟΛΑ			11.15	0.57	0.82	15.97	19.48			5.98	0.57	0.82	8.57	10.45
Εξαερισμός														
Ανεμιστήρες Μηχανοστασίου	4	0.80	47.81	0.82	0.57	33.37	58.31	4	0.80	47.81	0.82	0.57	33.37	58.31
Ανεμιστήρες χώρου διαχωριστήρων	1	0.80	4.00	0.82	0.57	2.79	4.88	1	0.80	4.00	0.82	0.57	2.79	4.88
Ανεμιστήρες χώρου πηδαλιουχίας	1	0.80	1.50	0.82	0.57	1.05	1.83	1	0.80	1.50	0.82	0.57	1.05	1.83
Ανεμιστ.χώρου γεννήτριας ασφαλείας	1	0.80	4.00	0.82	0.57	2.79	4.88	1	0.80	4.00	0.82	0.57	2.79	4.88
Ανεμιστήρες χώρων ενδιάιτησης	20	0.80	1.50	0.82	0.57	1.05	1.83	20	0.80	1.50	0.82	0.57	1.05	1.83
ΣΥΝΟΛΑ			58.81	0.82	0.57	41.05	71.72			58.81	0.82	0.57	41.05	71.72
Συσκευές Μαγειρείου														
Βραστήρας	1	0.30	4.31	0.57	0.82	6.17	7.52	1	0.30	4.31	0.57	0.82	6.17	7.52
Κουζίνα -εστίες	1	0.30	6.83	0.57	0.82	9.79	11.94	1	0.30	6.83	0.57	0.82	9.79	11.94
Πλυντήριο πιάτων	1	0.30	2.40	0.57	0.82	3.44	4.19	1	0.30	2.40	0.57	0.82	3.44	4.19
Βραστήρας νερού	1	0.30	1.13	0.57	0.82	1.61	1.97	1	0.30	1.13	0.57	0.82	1.61	1.97
Φριτέζα	1	0.30	4.94	0.57	0.82	7.08	8.63	1	0.30	4.94	0.57	0.82	7.08	8.63
Πλυντήριο	1	0.30	3.18	0.57	0.82	4.55	5.55	1	0.30	3.18	0.57	0.82	4.55	5.55
Στεγνωτήριο	1	0.30	2.93	0.57	0.82	4.20	5.12	1	0.30	2.93	0.57	0.82	4.20	5.12
Διάφορα μηχανήματα	20	0.30	5.29	0.57	0.82	7.59	9.25	20	0.30	5.29	0.57	0.82	7.59	9.25
ΣΥΝΟΛΑ			31.01	0.57	0.82	44.42	54.17			31.01	0.57	0.82	44.42	54.17
Πίνακες Φωτισμού														
Εξωτερικός φωτισμός	1	0.80	18.67	0.82	0.57	13.03	22.76	1	0.80	18.67	0.82	0.57	13.03	22.76
Φωτισμός μηχανοστασίου	1	1.00	8.24	0.86	0.51	4.89	9.58	1	1.00	8.24	0.86	0.51	4.89	9.58
Φωτισμός ανάγκης	1	0.60	4.94	0.76	0.65	4.23	6.50	1	0.60	4.94	0.76	0.65	4.23	6.50
Φωτισμός ενδιάιτησεως	1	0.80	11.29	0.82	0.57	7.88	13.77	1	0.80	11.29	0.82	0.57	7.88	13.77
Φωτισμός ναυσιπλοίας	1	0.20	0.65	0.48	0.88	1.19	1.35	1	0.20	0.65	0.48	0.88	1.19	1.35
Φωτισμός χώρων φορτίου	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00	28	0.30	3.15	0.57	0.82	4.51	5.50
ΣΥΝΟΛΑ			43.79	0.82	0.58	31.21	53.97			46.94	0.80	0.60	35.73	59.47
Διάφορα														
Όργανα ναυσιπλοίας & επικοινωνίας	1	0.40	1.40	0.65	0.76	1.64	2.15	1	0.20	0.70	0.48	0.88	1.28	1.46
Φορτιστής μπαταριών	1	0.50	0.56	0.71	0.70	0.55	0.79	1	0.50	0.56	0.71	0.70	0.55	0.79
Όργανα εσωτερικής επικοινωνίας	1	0.40	1.75	0.65	0.76	2.05	2.69	1	0.30	1.31	0.57	0.82	1.88	2.29
Υδραυλική αντλία χειρισμού βαλβίδας	1	0.80	1.20	0.82	0.57	0.84	1.46	0	0.00	0.00	0.26	0.97	0.00	0.00
ΣΥΝΟΛΑ			4.91	0.70	0.71	5.07	7.10			2.58	0.58	0.82	3.71	4.54
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ			680.61	0.77	0.64	568.16	894.30			533.84	0.76	0.65	460.26	711.26

Πίν. 17. Σελίδα 6/6.

Ως μέτρο ελέγχου της ενεργού (άρα και της αέργου) ισχύος που κυκλοφορεί σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο χρησιμοποιείται ο συντελεστής ισχύος ΣΙ που σε συνθήκες ΗΜΚ ισούται με $\cos\phi$. Στην περίπτωση που σε ένα μέρος του δικτύου καταναλίσκεται άεργος ισχύς, τότε λέμε ότι το υπο-δίκτυο έχει ΣΙ επαγωγικό, ενώ εάν παράγεται άεργος ισχύς τότε το υποδίκτυο έχει ΣΙ χωρητικό. Διευκρινίζεται ότι σαν υποδίκτυο παραγωγής ή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ορίζεται το σύνολο των πηγών τάσης και εντάσεως του δικτύου που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια (π.χ. ηλεκτρογεννήτριες).

Από τους παραπάνω λεπτομερείς υπολογισμούς παρατηρούμε ότι ο συντελεστής ισχύος σε όλες τις υπό μελέτη καταστάσεις φόρτισης παραμένει σε επίπεδα της τάξης του $0.74 \div 0.77$. Όπως όμως προαναφέρθηκε, για να λειτουργεί ικανοποιητικά ένα ηλεκτρικό δίκτυο, οι κανονισμοί ορίζουν ότι ο Σ.Ι. πρέπει να παίρνει τιμές κοντά στη 1 και πιο συγκεκριμένα να κυμαίνεται στα όρια:

$$0.8 \text{ χωρ} \leq \Sigma.Ι. \leq 0.8 \text{ επαγ.}$$

Στην προκειμένη περίπτωση λοιπόν και παρά το γεγονός ότι η επιλογή των ηλεκτρογεννητριών έγινε με βάση τις λεπτομερώς προϋπολογιζόμενες ανάγκες ηλεκτρικού φορτίου, οι προαναφερόμενες τιμές του Σ.Ι. ίσως (βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα) δημιουργήσουν προβλήματα στην ομαλή λειτουργία του πλοίου, λόγω του γεγονότος ότι μπορεί μεν μια γεννήτρια να καλύπτει τις ανάγκες σε kW, ο Σ.Ι. όμως να είναι τέτοιος που να μην επιτρέπει την εύρυθμη λειτουργία του δικτύου. Εξάγεται λοιπόν το συμπέρασμα ότι ένας λεπτομερής ηλεκτρολογικός ισολογισμός πρέπει να μην περιορίζεται μόνο στον υπολογισμό της απορροφούμενης και απαιτούμενης ισχύος, αλλά να περιλαμβάνει εκτενή υπολογισμό του Σ.Ι. και της αέργου ισχύος.

Υπολογισμός καλωδίων, ζυγών και υποζυγών

Γενικά

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται στα πλοία, πρέπει να είναι άφλεκτα και στεγανά. Ως άφλεκτα χαρακτηρίζονται τα καλώδια τα οποία δεν αναφλέγονται ώστε να δημιουργήσουν ή να μεταδώσουν την πυρκαγιά (καταστρέφονται όμως από τις υψηλές θερμοκρασίες). Η μόνωσή τους κατασκευάζεται συνήθως από αιθυλοπροπυλένιο ή χλωριούχο πολυβινύλιο.

Προκειμένου να υπολογισθεί η τυποποιημένη διάμετρος των καλωδίων τροφοδότησης των διατάξεων, πρέπει αρχικά να υπολογιστεί η τιμή της έντασης του ρεύματος που θα διατρέχει τα καλώδια αυτά, ούτως ώστε να εξασφαλισθεί η ασφαλής και απρόσκοπτη λειτουργία τους. Η επιλογή της διαμέτρου γίνεται κατά GL [3], με βάση σχετικό πίνακα τυποποιημένων καλωδίων. Η ένταση του ρεύματος λαμβάνεται από την Εξ. (28) [4]:

$$I = I_{\gamma} \text{ για ωμικούς καταναλωτές και } I = 1.25 \times I_{\gamma} \text{ , για τριφασικούς κινητήρες} \quad \text{Εξ. (28)}$$

Το I_{γ} καλείται ρεύμα γραμμής και είναι το ρεύμα που εξέρχεται από το σύστημα των πηγών, διαρρέει τα καλώδια τροφοδοσίας και τροφοδοτεί τα συστήματα των καταναλωτών (φορτίων).

Σαν ωμικά φορτία θεωρούνται οι λαμπτήρες πυρακτώσεως και οι εστίες φούρνου, ενώ όλες οι υπόλοιπες συσκευές θεωρούνται τριφασικοί κινητήρες.

Για τον υπολογισμό αρχικά του κύριου ζυγού, θα πρέπει να υπολογιστεί το I_{γ} της γεννήτριας που έχει επιλεγεί:

Ο υπολογισμός της έντασης I της γεννήτριας μπορεί να γίνει με χρήση της Εξ. (29) :

$$I_{\gamma} = \frac{P}{V \times \sqrt{3} \times \cos \varphi} \quad \text{Εξ. (29)}$$

όπου P και V η ισχύς και η τάση της γεννήτριας αντίστοιχα.

Η διατομή του κύριου ζυγού θα προκύψει από τον Πίνακα 5.1. του παραρτήματος της αναφοράς [3]. Για τον υπολογισμό των υποζυγών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί πάλι η Εξ. (29), όπου P θα είναι το σύνολο της ισχύος του κάθε υποπίνακα και V η τάση της κάθε κατηγορίας καταναλωτή. Η υπολογισθείσα ένταση ρεύματος πολλαπλασιάζεται με 1.25 για τον υπολογισμό των καλωδίων των υποζυγών.

Εφαρμογή στο υπό μελέτη πλοίο

Με βάση τη μεθοδολογία υπολογισμού της ενότητας 2.5 μπορεί να συμπληρωθεί ο Πίν. 18 ως εξής: Στη 2^η στήλη αναγράφεται η ονομαστική τάση του καταναλωτή, στην 3^η στήλη ο συνολικός αριθμός των καταναλωτών, η 4^η και 5^η στήλη συμπληρώνονται από την ονομαστική απορροφούμενη ισχύ τους και τον συντελεστή ισχύος ο οποίος λαμβάνεται ίσος με 0.85. Στην 6^η στήλη υπολογίζεται η ένταση ρεύματος με χρήση της Εξ. 29 , ενώ η 8^η στήλη αποτελεί το γινόμενο 6^{ης} και 7^{ης} αντίστοιχα. Οι τιμές για τις στήλες 9,10 και 11, λαμβάνονται από τον Πίνακα τυποποίησης κατά GL [3].

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	Τάση	N	P ονομ.	Συντελ.	Iγ	Συντελ.	I	I	I	S
			Απορ.	Ισχύος		Λειτ.				
			KW	cosφ		A				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Βοηθητικά Πρόωσης										
Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης	440	2	78.95	0.85	121.88	1.25	152.35	157	160	3*70
Κύρια αντλία θαλ. νερού ψύξης	440	2	73.68	0.85	113.74	1.25	142.18	157	160	3*70
Αντλία γλυκού νερού ψύξης κ.μ.	440	2	17.65	0.85	27.25	1.25	34.06	47	50	3*10
Αντλία ψύξης νερού χαμηλής θερμ.	440	2	94.74	0.85	146.25	1.25	182.81	192	200	3*95
Αντλία πετρελαίου χαμηλής πίεσης	440	2	4.56	0.85	7.04	1.25	8.80	11	10	3*1
Αντλία πετρελαίου	440	2	1.88	0.85	2.90	1.25	3.63	11	10	3*1
Αντλία λίπανσης	440	2	2.50	0.85	3.86	1.25	4.82	11	10	3*1
Βοηθητική παροχή αέρα κ. μηχανής	440	2	46.32	0.85	71.50	1.25	89.38	101	100	3*35
Στροφέιο κύριας μηχανής	440	1	3.75	0.85	5.79	1.25	7.24	11	10	3*1
Φίλτρο λαδιού λίπανσης	440	1	0.25	0.85	0.39	1.25	0.48	11	10	3*1
Ξηραντήρας αέρα	440	1	0.56	0.85	0.86	1.25	1.08	11	10	3*1
Βοηθητικά Μηχαν/σιου										
Αντλία λίπανσης χοάνης ελικ. Άξονα	440	2	0.5	0.85	0.77	1.25	0.96	11	10	3*1
Αντλία μετάγγισης πετρελαίου	440	1	8.82	0.85	13.62	1.25	17.02	20	20	3*2.5
Αντλία καταλοίπων πετρελαίου	440	1	1.88	0.85	2.90	1.25	3.63	11	10	3*1
Αντλία μετάγγισης νηζέλ	440	1	2.75	0.85	4.25	1.25	5.31	11	10	3*1
Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού	440	1	2.19	0.85	3.38	1.25	4.23	11	10	3*1
Αντλία μετάγγισηςελαίου λίπανσης	440	1	2.75	0.85	4.25	1.25	5.31	11	10	3*1
Αντλία σενιτών	440	1	1.88	0.85	2.90	1.25	3.63	11	10	3*1
Σύστημα αποτροπής ρύπανσης γάστρας	440	1	3	0.85	4.63	1.25	5.79	11	10	3*1
Αντλία πόσιμου νερού	440	2	4.63	0.85	7.15	1.25	8.93	11	10	3*1
Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού	440	1	0.94	0.85	1.45	1.25	1.81	11	10	3*1
Δεξαμενή θέρμανσης νερού	440	1	26.67	1.00	35.00	1.00	35.00	47	50	3*10
Αντλία σενιτών & γενικής χρήσης	440	2	57.89	0.85	89.37	1.25	111.71	126	125	3*50
Αντλία ερματισμού	440	2	115.79	0.85	178.75	1.25	223.43	224	224	3*120
Διαχωριστήρας πετρελαίου	440	2	10.12	0.85	15.62	1.25	19.53	20	20	3*2.5
Διαχωριστήρας ελαίου λίπανσης	440	2	7.53	0.85	11.62	1.25	14.53	20	20	3*2.5
Κύριος αεροσυμπιεστή εκκίνησης	440	2	43.56	0.85	67.24	1.25	84.06	101	100	3*35
Βοηθητικός αεροσυμπιεστής	440	1	27.78	0.85	42.88	1.25	53.61	63	63	3*16
Αεροσυμπιεστής εκκίνησης ανάγκης	440	1	7.41	0.85	11.44	1.25	14.30	20	20	3*2.5
Αντλία τροφοδοσίας διαχ/στήρα πετρ.	440	1	1.63	0.85	2.52	1.25	3.15	11	10	3*1
Αντλία τροφοδοσίας διαχ/στήρα λαδιού	440	1	1.63	0.85	2.52	1.25	3.15	11	10	3*1
Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων	440	1	23.53	0.85	36.32	1.25	45.40	47	50	3*10
Αντλία προλίπανσης ηλεκτρογεννητριων	440	3	1.16	0.85	1.79	1.25	2.24	11	10	3*1
Αντλία μετάγγισης πετρελαίου γεννητρ.	440	2	0.34	0.85	0.52	1.25	0.66	11	10	3*1
Αντλία μετάγγ. υψηλής πίεσης γεννητρ.	440	2	0.79	0.85	1.22	1.25	1.52	11	10	3*1
Αντλία μετάγγισης νηζέλ γεννητριών	440	1	0.21	0.85	0.32	1.25	0.41	11	10	3*1
Μονάδα επεξεργασίας λυμάτων	440	1	7.76	0.85	11.98	1.25	14.97	20	20	3*2.5
Δεξαμενή επεξεργασίας λυμάτων	440	1	5.25	0.85	8.10	1.25	10.13	14	16	3*1.5
Μονάδα παραγωγής γλυκού νερού	440	1	23.78	0.85	36.71	1.25	45.89	47	50	3*10
Αντλία πυρκαϊάς ασφαλείας	440	1	27.78	0.85	42.88	1.25	53.61	63	63	3*16
Αποτεφρωτήρας	440	1	17.65	1.00	23.16	1.25	28.95	34	35	3*6
Καυστήρας λέβητα	440	1	5.63	0.85	8.69	1.25	10.86	14	16	3*1.5
Αντλία μετάγγισης πετρελαίου λέβητα	440	2	1	0.85	1.54	1.25	1.93	11	10	3*1
Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα	440	2	2.75	0.85	4.25	1.25	5.31	11	10	3*1
Προθερμαντήρας λέβητα	440	1	8.35	1.00	10.96	1.00	10.96	14	16	3*1.5
Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης	440	1	18.82	0.85	29.05	1.25	36.32	47	50	3*10
Δράπανο	440	1	0.88	0.85	1.36	1.25	1.70	11	10	3*1
Τόρνος	440	1	3.75	0.85	5.79	1.25	7.24	11	10	3*1

Πίν. 18. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Υπολογισμός καλωδίων. Σελ. 1/2.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	Τάση	N	P ονομ.	Συντελ.	Iγ	Συντελ.	I	I	I	S
			Απορ.	Ισχύος		Λειτ.	Iγ*1.25	Τυποπ.	Ασφαλ.	
			KW	cosφ		A				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ηλεκτρικό τρυπάνι	440	1	0.25	0.85	0.39	1.25	0.48	11	10	3*1
Γερανός μηχανοστασίου	440	1	8.59	0.85	13.26	1.25	16.58	20	20	3*2.5
Συστήματα ψύξης										
Ανεμιστήρας μονάδας κλιματισμού	440	2	11.76	0.85	18.15	1.25	22.69	27	25	3*4
Συμπιεστής μονάδας κλιματισμού	440	1	65.26	0.85	100.74	1.25	125.93	157	160	3*70
Συμπιεστής μονάδας ψύξης	440	2	15.29	0.85	23.60	1.25	29.50	34	35	3*6
Ανεμιστήρας χώρου προμηθειών	440	1	1	0.85	1.54	1.25	1.93	11	10	3*1
Θερμαντήρας χώρου προμηθειών	440	1	21.18	1.00	27.79	1.25	34.74	47	50	3*10
Μονάδα κλιματισμού esr	440	1	9.29	0.85	14.34	1.25	17.93	20	20	3*2.5
Μονάδα κλιματισμού χώρων κουζίνας	440	1	11.76	0.85	18.15	1.25	22.69	27	25	3*4
Βοηθητικά καταστώματος										
Σύστημα πηδαλιουχίας	440	2	36.67	0.85	56.61	1.25	70.76	84	80	3*25
Αντλία συστήματος πηδαλιουχίας	440	2	0.5	0.85	0.77	1.25	0.96	11	10	3*1
Αντλία εργάτη άγκυρας	440	2	94.74	0.85	146.25	1.25	182.81	192	200	3*95
Αντλία εργάτη πρυνησίων	440	2	78.95	0.85	121.88	1.25	152.35	157	160	3*70
Γερανός πετρελεύσης	440	2	5	0.85	7.72	1.25	9.65	11	10	3*1
Γερανός προμηθειών	440	1	14.94	0.85	23.06	1.25	28.83	34	35	3*6
Βίντσι σωσίβιας λέμβου	440	1	10	0.85	15.44	1.25	19.30	20	20	3*2.5
Βίντσι λέμβου διάσωσης	440	1	12.12	0.85	18.71	1.25	23.39	27	25	3*4
Σκάλες επιβίβασης πλοίου	440	2	7.06	0.85	10.90	1.25	13.62	14	16	3*1.5
Σκάλες επιβίβασης πιλότου	440	2	5	0.85	7.72	1.25	9.65	11	10	3*1
Βοηθητική σκάλα	440	2	3.13	0.85	4.83	1.25	6.04	11	10	3*1
Εξαερισμός										
Ανεμιστήρες Μηχανοστασίου	440	4	14.94	0.85	23.06	1.25	28.83	34	35	3*6
Ανεμιστήρες χώρου διαχωριστήρων	440	1	5	0.85	7.72	1.25	9.65	11	10	3*1
Ανεμιστήρες χώρου πηδαλιουχίας	440	1	1.88	0.85	2.90	1.25	3.63	11	10	3*1
Ανεμιστ.χώρου γεννήτριας ασφαλείας	440	1	5	0.85	7.72	1.25	9.65	11	10	3*1
Ανεμιστήρες χώρων ενδιάιτησης	220	20	0.09	0.85	0.28	1.25	0.35	11	10	3*1
Συσκευές Μαγειρείου										
Βραστήρας	440	1	14.35	1.00	18.83	1.00	18.83	20	20	3*2.5
Κουζίνα -εστίες	440	1	22.78	1.00	29.89	1.00	29.89	34	35	3*6
Πλυντήριο πιάτων	440	1	8	0.85	12.35	1.00	12.35	14	16	3*1.5
Βραστήρας νερού	220	1	3.75	1.00	9.84	1.00	9.84	11	10	3*1
Φριτζά	440	1	16.47	1.00	21.61	1.00	21.61	27	25	3*4
Πλυντήριο	440	1	10.59	0.85	16.35	1.00	16.35	20	20	3*2.5
Στεγνωτήριο	440	1	9.76	1.00	12.81	1.00	12.81	14	16	3*1.5
Διάφορα μηχανήματα	220	20	0.88	1.00	2.31	1.00	2.31	11	10	3*1
Πίνακες Φωτισμού										
Εξωτερικός φωτισμός	220	1	23.33	1.00	61.23	1.00	61.23	63	63	3*16
Φωτισμός μηχανοστασίου	220	1	8.24	1.00	21.62	1.00	21.62	27	25	3*4
Φωτισμός ανάγκης	220	1	8.24	1.00	21.62	1.00	21.62	27	25	3*4
Φωτισμός ενδιάιτησεως	220	1	14.12	1.00	37.06	1.00	37.06	47	50	3*10
Φωτισμός ναυσιπλοΐας	220	1	3.25	1.00	8.53	1.00	8.53	11	10	3*1
Φωτισμός χώρων φορτίου	220	28	0.38	1.00	1.00	1.00	1.00	11	10	3*1
Διάφορα										
Όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας	220	1	3.5	1.00	9.19	1.00	9.19	11	10	3*1
Φορτιστής μπαταριών	220	1	1.13	1.00	2.97	1.00	2.97	11	10	3*1
Όργανα εσωτερικής επικοινωνίας	220	1	4.38	1.00	11.49	1.00	11.49	14	16	3*1.5
Υδραυλική αντλία χειρισμού βαλβίδας	440	2	1.5	1.00	1.97	1.25	2.46	11	10	3*1

Πίν. 18. Σελ. 2/2.

Για τον υπολογισμό αρχικά του κύριου ζυγού, υπολογίζεται αρχικά η ένταση ρεύματος I_γ της γεννήτριας που έχουμε επιλέξει, με χρήση της Εξ. (29):

$$I_\gamma = \frac{570 \times 1000}{450 \times 0.8 \times \sqrt{3}} = 914.13 \text{ A}$$

Επομένως: $I = 1.25 \times I_\gamma = 1.25 \times 914.13 = 1142.66 \text{ A}$

Από τον Πίνακα 5.1. (Παράρτημα αναφοράς [3]) προκύπτει η διατομή του κύριου ζυγού ως 800 mm². Για τον υπολογισμό των υποζυγών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι Εξ. (28) και (29), όπου P στην περίπτωση αυτή είναι το σύνολο της ισχύος του κάθε υποπίνακα και V η τάση της κάθε κατηγορίας καταναλωτών.

Επομένως με βάση τα στοιχεία από τον πίνακα του Λεπτομερούς Ηλεκτρικού Ισολογισμού (Πίν. 14) και τον πίνακα Υπολογισμού Καλωδίων (Πίν. 18), θα γίνουν οι απαραίτητοι υπολογισμοί για την κατάσταση χειρισμών, για την οποία απαιτείται η μεγαλύτερη κατανάλωση φορτίου, (Πίν. 19).

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	Τάση	I επιτρεπόμενο	Διατομή καλωδίων
Βοηθητικά Πρόωσης	440V	577.74	500mm ²
Βοηθητικά Μηχαν/σιου	440V	139.95	
Αποτεφρωτήρας κ Λέβητας	440V	32.50	
Εργαστήριο μηχανοστασίου	440V	13.24	
Συστήματα ψύξης	440V	159.51	100mm ²
Βοηθητικά καταστρώματος	440V	380.26	300mm ²
Εξαερισμός	440V	117.50	100mm ²
Συσκευές Μαγειρείου	440V	50.42	100mm ²
Συσκευές Μαγειρείου	220V	13.16	100mm ²
Εξαερισμός	220V	3.08	
Πίνακες Φωτισμού	220V	89.78	
Διάφορα	220V	7.61	
		1584.74	

Πίν. 19. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Υπολογισμός υποζυγών.

Υπολογισμός διατομής καλωδίων

Αρχικά υπολογίζεται το απαιτούμενο μέγεθος του καλωδίου το οποίο καταλήγει στον κύριο ζυγό από τη γεννήτρια, ως εξής: Όπως υπολογίστηκε παραπάνω το ρεύμα της γεννήτριας ισούται με $I = 1142.66 \text{ A}$, επομένως [με βάση τον Πιν. 10.9 της σελίδας 29 του τεύχους Ενεργειακά Συστήματα Πλοίου (Συμπληρωματικά βοηθήματα και ασκήσεις, που παρατίθεται στο Παράρτημα του εν λόγω τεύχους), προκύπτει ότι θα χρησιμοποιηθούν 4 καλώδια –core Cable AWG/MCM: 250 (λόγω της μεγάλης έντασης του ρεύματος και του κινδύνου να περάσει αυτό από ένα μόνο καλώδιο) κάθε ένα από τα οποία έχει αντοχή ρεύματος 315 A. Επομένως οι τελικές διαστάσεις του καλωδίου θα είναι 4x120mm² με συνολική αντοχή 4x320 A= 1280 A

Για τα καλώδια απο τον κύριο ζυγό σε κάθε υποζυγό και με βάση τους υπολογισμούς που έγιναν παραπάνω συμπληρώνεται ο Πιν. 20:

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	Τάση	Ι επιτρεπόμενο	Καλώδιο
Βοηθητικά Πρόωσης	440V	577.74	Single core 2x 240mm ²
Βοηθητικά Μηχαν/σιου	440V	139.95	
Αποτεφρωτήρας κ Λέβητας	440V	32.50	
Εργαστήριο μηχανοστασίου	440V	13.24	
Συστήματα ψύξης	440V	159.51	Triple core 1x 95mm ²
Βοηθητικά καταστρώματος	440V	380.26	
Εξαερισμός	440V	117.50	Triple core 1x 50mm ²
Συσκευές Μαγειρείου	440V	50.42	Triple core 1x 16mm ²
Συσκευές Μαγειρείου	220V	13.16	Triple core 1x 50mm ²
Εξαερισμός	220V	3.08	
Πίνακες Φωτισμού	220V	89.78	
Διάφορα	220V	7.61	
		1584.75	

Πίν. 20. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Επιλογή καλωδίων.

3.3.4. Εκτίμηση κόστους λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Στη συγκεκριμένη παράγραφο περιλαμβάνονται υπολογισμοί της κατανάλωσης καυσίμου και λιπαντικών σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας του πλοίου. Επιπροσθέτως, με βάση τις τρέχουσες τιμές των καυσίμων και λιπαντικών, πραγματοποιείται εκτίμηση του συνολικού κόστους των καταναλώσεων αυτών. Οι υπολογισμοί αφορούν πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του πλοίου (έμφορτη κατάσταση, ερματισμού, εν όρμω, κ.λπ.) για χρονική περίοδο ενός έτους. Προκύπτουν επομένως τα εξής στοιχεία:

Κατάσταση Φόρτωσης-Εκτόπισμα	Μέσο Βύθισμα (m)	Διάρκεια (days)	Κατανάλωση H.F.O. (K.M & H/Γ) (ton)	Κατανάλωση C.O. K.M. (lt)	Κατανάλωση L.O. K.M. (lt)	Κατανάλωση M.D.O. (K.M & H/Γ) (ton)	Κατανάλωση L.O. H/Γ (lt)
Ερματισμού 36742 -49928 tons	6.469-8.541	128	3782	30720	2680	14	1285
Πλήρους φορτίου-87003 tons	14.217	144	4580	35280	4520	59	1430
Εν όρμω	-	93	278	1116	600	47	940
Σύνολα	-	365	8640	67116	7800	120	3635+2700*= 6335

* Η κατανάλωση 2700 λίτρων λιπαντελαίου των Ηλεκτρογεννητριών, αφορά την ετήσια αντικατάσταση του λιπαντελαίου κάθε μηχανής, όπως αυτή προβλέπεται από τον κατασκευαστή με βάση τις ώρες λειτουργίας.

Πίν. 21. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Καταναλώσεις καυσίμων και λιπαντικών σε διάφορες καταστάσεις φόρτωσης.

Με βάση τα στοιχεία του Πιν. 21 προκύπτει ότι οι ημερήσιες καταναλώσεις ανά κατάσταση φόρτωσης είναι οι ακόλουθες (Πιν. 22) :

Κατάσταση Φόρτωσης	Μέση ημερήσια κατανάλωση βαρέος καυσίμου (H.F.O.) K.M. & H/Γ (ton/day)	Μέση ημερήσια κατανάλωση καυσίμου Diesel (M.D.O) K.M. & H/Γ (ton/day)	Μέση ημερήσια κατανάλωση κυλινδρικού (C.O.) K.M. (lt/day)	Μέση ημερήσια κατανάλωση ελαίου λίπανσης (L.O.) K.M. (lt/day)	Μέση ημερήσια κατανάλωση ελαίου λίπανσης (L.O.) H/Γ (lt/day)
Ερματισμού	29.54	0.109	240	20.93	10.04
Πλήρους φορτίου	31.81	0.409	245	31.38	9.93
Εν όρμω	2.99	0.505	12	6.5	10.1
Μέση κατανάλωση έτους	23.67	0.329	183.88	21.36	17.35

Πίν. 22. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Μέση κατανάλωση καυσίμων και λιπαντικών σε διάφορες καταστάσεις φόρτωσης.

Για τις τρέχουσες τιμές καυσίμων και κυρίων λιπαντικών παρατίθεται ο Πίν. 23:

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Βαρύ πετρέλαιο (Heavy Fuel Oil)	620 USD/ton
Πετρέλαιο Diesel (Diesel Oil)	920 USD/ton
Κυλινδρέλαιο (Cylinder Oil)	1.80USD/lt
Λάδι λίπανσης K.M. (System Lub Oil)	1.6 USD/lt
Λάδι λίπανσης Ηλεκτρογεννητριών (D/G Oil)	1.7 USD/lt

Πίν. 23. Τρέχουσες τιμές καυσίμων και λιπαντικών (έτους 2011).

Σημειώνεται ότι το κόστος ασφάλισης και Νηογνώμονα K_1 , καθώς και το κόστος συντήρησης K_m , λαμβάνονται από πραγματικά στοιχεία. Τονίζεται ότι το κόστος συντήρησης δεν συμπεριλαμβάνει το κόστος των δεξαμενισμών (drydocking), αλλά περιλαμβάνει το ετήσιο κόστος για χρώματα, χημικά, ανταλλακτικά, αναλώσιμα υλικά καταστρώματος και μηχανοστασίου, καθώς και το κόστος ετήσιας συντήρησης μηχανημάτων, και εκτάκτων επισκευών τους. Με βάση τα στοιχεία των Πιν. 21 και 22, την Εξ.(18), στοιχεία για το ετήσιο κόστος υλικών συντήρησης (χρώματα, χημικά, ανταλλακτικά, αναλώσιμα υλικά καταστρώματος και μηχανοστασίου) το κόστος επισκευών και το κόστος επιθεωρήσεων του εκάστοτε Νηογνώμονα του πλοίου, το κόστος ασφάλισης, και λαμβάνοντας υπόψη τις τρέχουσες μέσες τιμές καυσίμων και λιπαντικών (Πίνακας 23), προκύπτουν τα εξής:

Καταναλώσεις καυσίμων και λιπαντικών : $m_{b1} = 0.986 \text{ tns/h}$, $m_{b2} = 0.0137 \text{ tns/h}$, $m_{1,1} = 7.66 \text{ ltr/h}$, $m_{1,2} = 0.89 \text{ lt/h}$, $m_{1,3} = 0.67 \text{ kg/h}$

Μέσο κόστος: $k_{b1} = 620 \text{ USD/tn}$, $k_{b2} = 920 \text{ USD/tn}$, $k_{b1} = 1.8 \text{ USD/lt}$, $k_{b2} = 1.6 \text{ USD/lt}$,

$$k_{b3} = 1.7\text{USD/lt}$$

$$K = (0.986 \times 620 + 0.0137 \times 920 + 7.66 \times 1.8 + 0.89 \times 1.6 + 0.67 \times 1.7) \times 8760 + 202000 + 216000 = 6026809 \text{ USD}$$

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	5465574
Λιπαντικά	143235
Υλικά συντήρησης	216000
Νηογνώμονας	22000
Ασφάλιση	180000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	6026809*
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	561235

Πίν. 24. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

*Πρέπει να σημειωθεί ότι ανάλογα με το εκάστοτε ισχύον Ναυλοσύμφωνο μεταξύ Ναυλωτών και Πλοιοκτήτη, το κόστος καυσίμων καλύπτεται από τον Ναυλωτή αυτούσιο, ή από τον πλοιοκτήτη (συνήθως καλύπτεται από τους Ναυλωτές).

3.3.5. Σχεδιασμός και λειτουργία κύριων δικτύων μηχανοστασίου.

Στην παρούσα παράγραφο γίνεται περιγραφή και ανάλυση της λειτουργίας των βασικών δικτύων ενός σύγχρονου μηχανοστασίου. Παρουσιάζονται οι νέοι κανονισμοί σχετικά με το είδος των ναυτιλιακών καυσίμων και η περιβαλλοντική τους επίδραση και αναλύεται η επίδραση των νέων κανονισμών στο σχεδιασμό των βασικών δικτύων των σύγχρονων μηχανοστασίων.

Στην περίπτωση των πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carriers), αναλύονται δύο βασικά δίκτυα του μηχανοστασίου. Το δίκτυο τροφοδοσίας καυσίμου της Κύριας Μηχανής και Ηλεκτρογεννητριών (Main Engine and Aux Generators H.F.O. Service System) καθώς και το δίκτυο μεταφοράς καυσίμου (H.F.O. transfer system) και καθαρισμού πετρελαίου (H.F.O. purifying system). Η σημασία και των δύο δικτύων είναι προφανής καθώς σχετίζεται άμεσα με την πρόωση του πλοίου.

Δίκτυο τροφοδοσίας καυσίμου Κύριας Μηχανής και Ηλεκτρογεννητριών

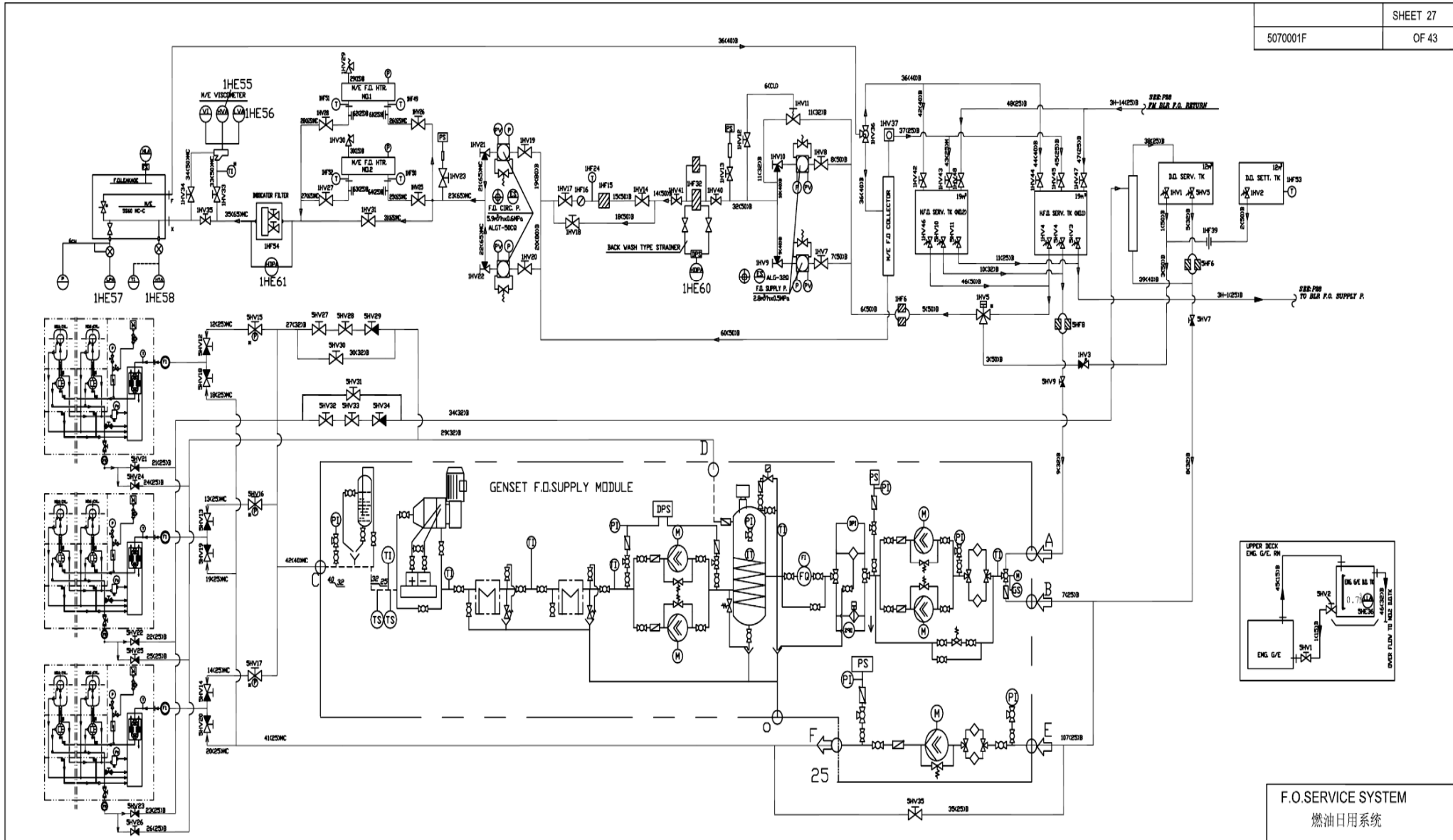
Το δίκτυο αυτό εξυπηρετεί την τροφοδοσία της Κύριας Μηχανής με καύσιμο. Η αναρρόφηση γίνεται από τις δεξαμενές ημερήσιας κατανάλωσης H.F.O. Service tank & D.O. Service tank (Σχ. 9, άνω δεξιά) και η κατάθλιψη στις αντλίες εγχύσεως, οι οποίες είναι εξαρτημένες στην Κύρια Μηχανή (Σχ. 9, άνω αριστερά) και ψεκάζουν το καύσιμο στους κυλίνδρους. Στις δεξαμενές ημερήσιας κατανάλωσης αποθηκεύεται το καύσιμο μετά τον καθαρισμό του στους φυγοκεντρικούς καθαριστές (purifiers). Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν δύο ειδών δεξαμενές ημερήσιας κατανάλωσης διότι στους ναυτικούς κινητήρες Diesel, κατά την εκκίνηση αλλά και κατά τις κινήσεις του πλοίου στο λιμάνι (άφιξη, αναχώρηση, μανούβρες) χρησιμοποιείται ελαφρύ πετρέλαιο Diesel, ενώ στην κανονική πορεία χρησιμοποιείται βαρύ καύσιμο. Μετά τις δεξαμενές

ημερήσιας κατανάλωσης υπάρχει πάντα διπλό φίλτρο (στο συγκεκριμένο δίκτυο ορίζεται με τον κωδικό 5HF8, κάτω ακριβώς από την κάθε δεξαμενή), στο οποίο φιλτράρεται το πετρέλαιο και κατακρατούνται ακαθαρσίες που προέρχονται κυρίως από κατακαθίσεις στις δεξαμενές. Η ύπαρξη διπλού φίλτρου επιτρέπει τη συνεχή ροή καυσίμου προς την Κύρια Μηχανή χωρίς την ανάγκη διακοπής της ροής για τον καθαρισμό του.

Στη συνέχεια, το καύσιμο μέσω των αντλιών τροφοδοσίας (H.F.O. supply pumps) οι οποίες είναι πάντοτε δύο και ηλεκτροκίνητες (η μία είναι πάντα σε λειτουργία και η άλλη εφεδρική) και αφού περάσει στη συνέχεια από κάποια επιπλέον φίλτρα, οδηγείται στις αντλίες κυκλοφορίας (H.F.O. circulating pumps). Πρέπει να τονιστεί η ύπαρξη ενός μετρητικού κατανάλωσης (flow meter) στο δίκτυο, με το οποίο μπορεί να γίνει παρακολούθηση της κατανάλωσης πετρελαίου της Κύριας Μηχανής. Πρέπει να σημειωθεί ότι, όπως φαίνεται και στο Σχ.10, υπάρχει παρακαμπτήριος αγωγός, που μπορεί να τεθεί σε λειτουργία σε περίπτωση βλάβης του μετρητικού κατανάλωσης, ώστε να μην υπάρχει ανάγκη διακοπής της ροής καυσίμου. Μετά την αντλία κυκλοφορίας υπάρχει προθερμαντήρας (M/E H.F.O. heater / Σχ. 9, άνω αριστερά), σκοπός του οποίου είναι να ανεβάζει τη θερμοκρασία του πετρελαίου, έτσι ώστε αυτό να αποκτήσει κατάλληλο ιξώδες για σωστό ψεκασμό στους κυλίνδρους. Μετά τον προθερμαντήρα υπάρχει θερμαινόμενο διπλό φίλτρο, το οποίο αυτοκαθαρίζεται χωρίς ανάγκη διακοπής της τροφοδοσίας καυσίμου στο δίκτυο. Επίσης, δίπλα στο φίλτρο αυτό όπως φαίνεται και στο Σχ. 9, είναι συνδεδεμένη συσκευή η οποία ελέγχει το ιξώδες του πετρελαίου (M.E. viscometer).

Ένα επίσης πολύ βασικό στοιχείο του δικτύου αυτού, είναι η ύπαρξη ενός θαλάμου ανάμιξης βαρέος καυσίμου (H.F.O. Mixing Chamber / Σχ. 9, M/E F.O. collector) μεταξύ των ημερήσιων δεξαμενών κατανάλωσης και των αντλιών τροφοδοσίας, στο οποίο καταλήγουν οι επιστροφές της K.M. (πετρέλαιο από τις αντλίες εγχύσεως το οποίο δεν καταναλώθηκε), οι οποίες αναμιγνύονται με το πετρέλαιο της δεξαμενής ημερήσιας κατανάλωσης ώστε να σταλούν ξανά στην K.M.

Στο Σχ. 9 παρουσιάζεται επίσης το αντίστοιχο σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου των ηλεκτρογεννητριών του πλοίου. Το σύστημα αυτό, το οποίο ονομάζεται Genset F.O. Supply Module, αποτελεί ξεχωριστό κομμάτι του δικτύου πετρελαίου του μηχανοστασίου, και βρίσκεται συνήθως εγκατεστημένο στον χώρο των φυγοκεντρικών καθαριστών (purifiers) όπως φαίνεται στο Σχ. 10. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει ξεχωριστές αντλίες τροφοδοσίας καυσίμου, φίλτρα και προθερμαντήρες, και η σχεδίασή του ακολουθεί τη σχεδίαση του αντίστοιχου συστήματος που περιγράφηκε παραπάνω.



Σχ. 9. Δίκτυο τροφοδοσίας καυσίμου Κύριας Μηχανής και Η/Γ.

Δίκτυο μεταγίσεως και καθαρισμού καυσίμου

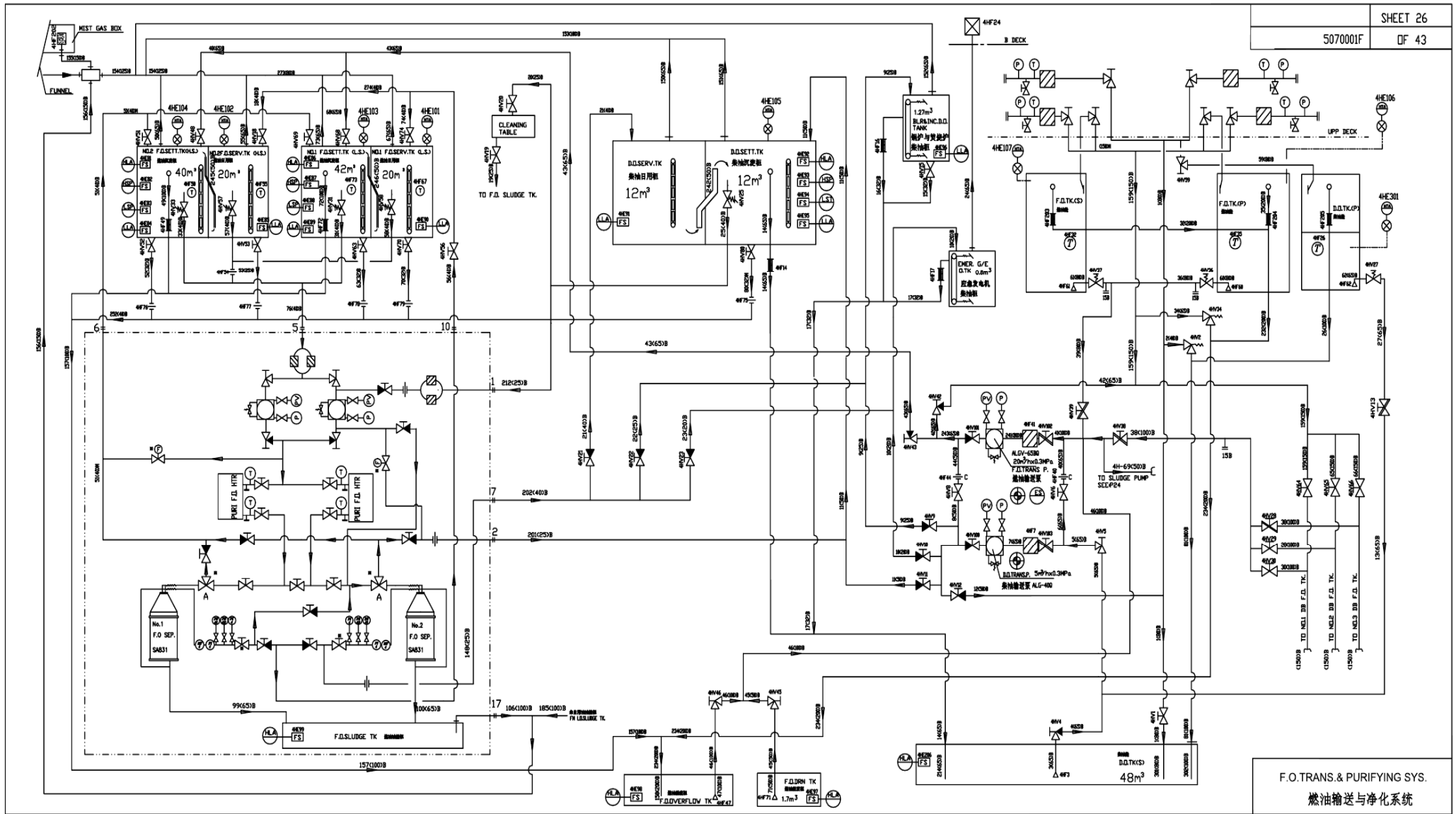
Το δίκτυο μεταγίσεως καυσίμου (F.O transfer) εξυπηρετεί τη μεταφορά πετρελαίου από κάποια εξωτερική εγκατάσταση ή φορτηγίδα στις δεξαμενές αποθήκευσης του πλοίου, καθώς επίσης και τη μεταφορά του από τις δεξαμενές αποθήκευσης στις δεξαμενές κατακαθίσεως (settling) και ημερήσιας κατανάλωσης (service tank, Σχ. 10, άνω αριστερά για H.F.O. και άνω κεντρικά για D.O.). Στα φορτηγά πλοία χρησιμοποιείται βαρύ πετρέλαιο και πετρέλαιο Diesel, επομένως υπάρχει ξεχωριστή αντλία μεταγίσεως για το κάθε υποσύστημα η οποία στην αναρρόφησή της έχει κατάλληλο φίλτρο.

Η αντλία μεταγίσεως βαρέος πετρελαίου (F.O. transfer pump), αναρροφά απο τις δεξαμενές αποθήκευσης βαρέος πετρελαίου και καταθλίβει στις δεξαμενές κατακαθίσεως και ημερήσιας κατανάλωσης. Επίσης μπορεί να αναρροφήσει από τη δεξαμενή υπερχειλίσεως (F.O. overflow tank) καθώς και από τη δεξαμενή διαρροών (F.O. drain tank, Σχ. 10, κάτω κεντρικά).

Το δίκτυο καθαρισμού πετρελαίου (F.O. purifier system, Σχ. 10, κάτω αριστερά) έχει σαν σκοπό του να απαλλάξει το πετρέλαιο από τις ξένες προσμίξεις, ώστε να είναι κατάλληλο για καύση. Ο καθαρισμός του πετρελαίου αρχίζει με την εισαγωγή του στις δεξαμενές κατακαθίσεως (settling tanks), στις οποίες με τη βοήθεια της βαρύτητας, γίνεται διαχωρισμός πετρελαίου, λαδιού, νερού και στερεών ακαθαρσιών λόγω των διαφορετικών ειδικών βαρών τους. Η διαδικασία περιλαμβάνει θέρμανση μέσα στις παραπάνω δεξαμενές για τουλάχιστο 12 ώρες, ούτως ώστε το καύσιμο να διαχωριστεί σε στρώματα από τα οποία το κατώτερο περιλαμβάνει στερεές ύλες, το αμέσως επόμενο νερό και το ανώτερο πετρέλαιο. Με ειδικά επιστόμια μπορεί να απομακρυνθεί το νερό που βρίσκεται στα χαμηλά τμήματα της δεξαμενής. Από τη δεξαμενή κατακαθίσεως αναρροφά αντλία που είναι εξαρτημένη στον φυγοκεντρικό διαχωριστή, και αν πρόκειται για βαρύ πετρέλαιο, καταθλίβει σε ειδικό προθερμαντήρα (F.O. purifier heater), διότι το ιξώδες του καυσίμου που πηγαίνει στους διαχωριστές δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από κάποια τιμή, έτσι ώστε να διακινείται και να διαχωρίζεται ευκολότερα. Αφού το βαρύ καύσιμο προθερμανθεί, καταλήγει στους φυγοκεντρικούς διαχωριστές για να καθαριστεί πλήρως από το νερό και από τυχόν στερεές ύλες που παραμένουν στη σύνθεσή του μετά τον καθαρισμό του στις δεξαμενές κατακαθίσεως.

Η λειτουργία των φυγοκεντρικών διαχωριστών (purifiers) βασίζεται στην ίδια αρχή με αυτή των δεξαμενών κατακαθίσεως, με τη διαφορά ότι ο διαχωρισμός γίνεται με πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα, λόγω του ότι το πετρέλαιο που εισάγεται στους διαχωριστές υποβάλλεται σε φυγόκεντρη δύναμη πολύ μεγαλύτερη της βαρύτητας. Στη συσκευή το μίγμα διαμορφώνεται σε τρία κατακόρυφα περιμετρικά στρώματα, από τα οποία το εξωτερικό αποτελείται από στερεές ουσίες που έχουν μεγαλύτερο ειδικό βάρος, το μεσαίο αποτελείται από νερό και το εσωτερικό από πετρέλαιο. Τονίζεται ότι για το βαρύ πετρέλαιο χρησιμοποιούνται συνήθως δύο φυγοκεντρικοί διαχωριστές (F.O. purifier).

Στη συνέχεια το καθαρό πετρέλαιο καταλήγει στις δεξαμενές ημερήσιας κατανάλωσης (Service Tanks). Το νερό και η ιλύς (λάσπη) από τους διαχωριστές καταλήγουν σε ειδική δεξαμενή, η οποία στο Σχ. 10, βρίσκεται στο κάτω αριστερά μέρος των διαχωριστήρων και ονομάζεται F.O. sludge tank.



Σχ. 10. Δίκτυο μεταγίσεως και καθαρισμού πετρελαίου.

3.3.6. Νέοι κανονισμοί για τους αέριους ρύπους και επίδραση τους στον εξοπλισμό και τη λειτουργία βασικών δικτύων του μηχανοστασίου.

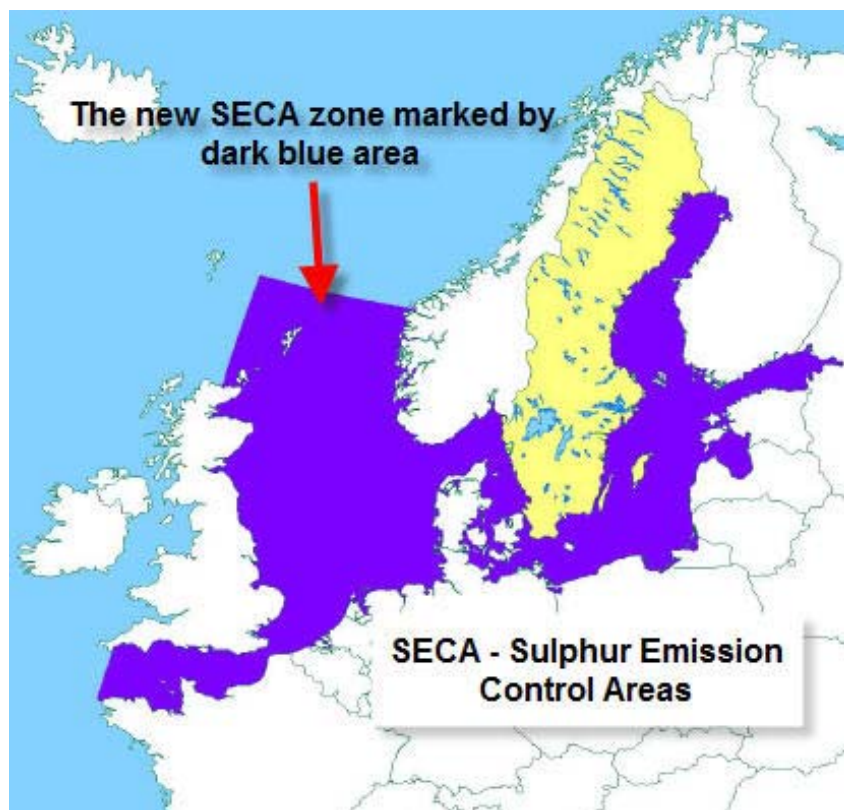
Οι κανονισμοί για μείωση των αερίων ρύπων που παράγονται από πλοία, οι οποίοι τέθηκαν σε εφαρμογή κατά την τελευταία δεκαετία, έχουν επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό τόσο τις προδιαγραφές κατασκευής των νέων ναυτικών κινητήρων Diesel, όσο και τον εξοπλισμό και τη λειτουργία των μηχανοστασίων.

Συγκεκριμένα, με την εφαρμογή του Annex VI της MARPOL που τέθηκε σε ισχύ την 19^η Μαΐου 2005, καθορίζονται ανώτερα όρια στους αέριους ρύπους οξειδίων του αζώτου (Nitrogen oxides NOx) και οξειδίων του θείου (sulphur oxides SOx) που εκπέμπονται από τα πλοία. Σύμφωνα με τον κανονισμό 13 (Regulation 13), απαγορεύεται η λειτουργία του ναυτικού κινητήρα Diesel αν αυτός δεν έχει κατασκευαστεί με βάση τους κανονισμούς που προδιαγράφονται για μείωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου. Ο κανονισμός αυτός βρίσκει εφαρμογή σε οποιοδήποτε πλοίο (το οποίο κατασκευάστηκε από 1^η Ιανουαρίου 2000 και μετά), ανεξαρτήτως χωρητικότητας εφόσον η κύρια μηχανή του έχει ισχύ μεγαλύτερη από 130 kW. Επιπλέον ο ίδιος κανονισμός εφαρμόζεται και για παλαιότερα πλοία τα οποία θα προχωρήσουν σε αντικατάσταση της Κύριας Μηχανής μετά την 1^η Ιανουαρίου 2000. Η ενεργοποίηση του κανονισμού αυτού οδήγησε τους κατασκευαστές σε αναθεώρηση πολλών σχεδιαστικών παραμέτρων, καθώς και στη χρήση κατάλληλων υλικών, ώστε να πληρούν οι νέες μηχανές τους νέους κανονισμούς.

Ακολούθως, με βάση τον κανονισμό 14 (Regulation 14) του Annex VI της MARPOL, η περιεκτικότητα σε θείο οποιουδήποτε καυσίμου που χρησιμοποιείται σε πλοία δεν πρέπει να ξεπερνά το 4.50% κατά μάζα, ενώ από την 1^η Ιανουαρίου 2012 το όριο αυτό έγινε 3.50%. Η περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο θα πρέπει να αναφέρεται από τον προμηθευτή κατά την πετρέλευση. Στο Annex VI, ορίζονται επίσης περιοχές ελεγχόμενης εκπομπής οξειδίων του θείου, (SOx Emission Control Areas -SECA) , στις οποίες τα πλοία πρέπει να λαμβάνουν ιδιαίτερα μέτρα σχετικά με τους ρύπους οξειδίων του θείου (SOx). Αρχικά τέτοια περιοχή ορίστηκε η Βαλτική Θάλασσα (Baltic Sea) την 19^η Μαΐου 2005, και στη συνέχεια ακολούθησε η επέκταση των ορίων της περιοχής αυτής, αρχίζοντας από τη Βόρεια Θάλασσα (North Sea) και το Αγγλικό κανάλι (English Channel), που τέθηκε σε ισχύ την 11^η Αυγούστου 2007 (Σχήμα 11). Έτσι οι οδηγίες εφαρμογής των περιορισμών στις περιοχές αυτές ορίζουν ότι όλα τα πλοία τα οποία στις εκτός των ορίων των SECAs χρησιμοποιούν (για οικονομικούς κυρίως λόγους) καύσιμα με περιεκτικότητα σε Θείο 3.50% κατά μάζα, θα πρέπει κατά την είσοδο τους στις περιοχές SECA και καθ' όλη τη διάρκεια παραμονής τους σ' αυτές, να καταναλώνουν καύσιμο με περιεκτικότητα σε θείο η οποία δεν ξεπερνά το 1.0% κατά μάζα.

Αποτέλεσμα του συγκεκριμένου περιορισμού είναι η ανάγκη εξοπλισμού των μηχανοστασίων των πλοίων με επιπλέον δεξαμενή αποθήκευσης καυσίμου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (Low Sulphur F.O.), ώστε να είναι δυνατή η απρόσκοπτη εμπορική χρήση του πλοίου και στις περιοχές SECA. Η χρήση καυσίμου με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο, λόγω των μειωμένων λιπαντικών ικανοτήτων του καυσίμου, απαιτεί για λόγους προστασίας από φθορά των διαφόρων εξαρτημάτων της Κύριας Μηχανής και των ηλεκτρογεννητριών, τη χρήση κατάλληλων λιπαντικών, ώστε να καλύπτεται η μειωμένη λιπαντική απόδοση του καυσίμου. Σημειώνεται ότι πολλές εταιρίες λιπαντικών και παραγωγών πετρελαίου, παρέχουν ειδικά πρόσθετα (additives) τα οποία βελτιώνουν τη λιπαντική ικανότητα του καυσίμου. Αυτό συνεπάγεται επιπλέον κόστος για τον πλοιοκτήτη καθώς και ανάγκη προσεκτικότερης χρήσης και

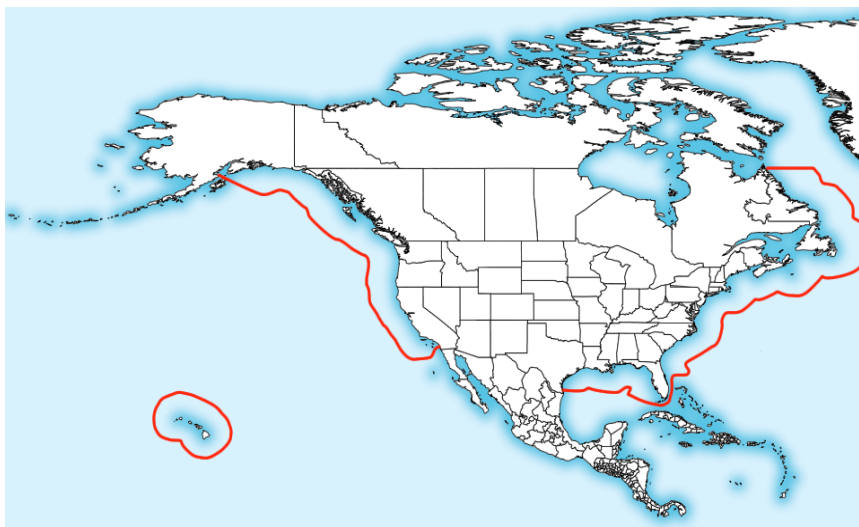
συντήρησης της Κ.Μ. και των ηλεκτρογεννητριών που το χρησιμοποιούν. Πρέπει να τονιστεί επίσης ότι, με βάση την τελευταία αναθεώρηση των κανονισμών των SECAs που τέθηκαν σε εφαρμογή την 1^η Ιουλίου 2010 (Revised MARPOL Annex VI adopted by resolution MEPC.176(58)), το νέο όριο περιεκτικότητας των καυσίμων σε θείο μειώθηκε στο 1% κατά μάζα με απώτερο σχεδιασμό να μειωθεί κάτω του 0.1% κατά μάζα μετά την 01/01/2015. Επιπλέον προσθήκες στο Annex VI της MARPOL, οι οποίες αναμένεται να τεθούν σε εφαρμογή, ορίζουν επίσης τη δημιουργία νέων περιοχών Ελεγχόμενων Ρύπων στη Βόρεια Αμερική και στον Καναδά (Σχ. 13). Σημειώνεται ότι η Πολιτεία της Καλιφόρνια από την 1η Ιουλίου 2009 έχει θεσπίσει, μέσω οργανισμού της (California Air Resources Board/ARB) νέους κανονισμούς, οι οποίοι απαιτούν τα πλοία που κατευθύνονται προς τους λιμένες της Πολιτείας σε απόσταση 24 ναυτικών μιλίων από τις ακτές να χρησιμοποιούν καύσιμο Marine Gas Oil (MGO) με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο το 1.5% ή Ναυτικού Diesel, Marine Diesel Oil (MDO), με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο το 0.5% κατά μάζα, τόσο στην Κύρια Μηχανή όσο και στις Ηλεκτρογεννήτριές τους. Τα όρια αυτά οριοθετήθηκαν στο 0.1% από 1^η Ιανουαρίου 2012 για το MGO όσο και για το MDO. Με βάση τους πρόσφατους κανονισμούς που θα τεθούν σε εφαρμογή από 1^η Αυγούστου 2012, και στις περιοχές Ελεγχόμενων Ρύπων της Βόρειας Αμερικής (North American ECA), το όριο περιεκτικότητας των καυσίμων σε θείο μειώνεται στο 1% κατά μάζα.



Σχ. 11. Περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών οξειδίων του θείου (SO_x Emission Control Areas (SECAs)) [27].



Σχ. 12. Περιοχή ελεγχόμενων εκπομπών αερίων ρύπων στην Καλιφόρνια [26].



Σχ. 13. Περιοχές ελεγχόμενων εκπομπών αερίων ρύπων στη Βόρεια Αμερική [26].

Νεώτερες εξελίξεις στο θέμα της μείωσης των αερίων ρύπων από τα πλοία, οι οποίες τέθηκαν σε ισχύ με βάση την Κοινοτική Οδηγία (EU Directive) 2005/33/EC, ορίζουν ότι από 01/01/2010 η μέγιστη επιτρεπόμενη περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων που χρησιμοποιούνται από πλοία (Marine Gas Oil /MGO, Marine Diesel Oil /MDO, Heavy Fuel Oil/HFO) στους εντός Ευρωπαϊκής Ένωσης λιμένες, δεν θα ξεπερνάει το 0.1% κατά μάζα. Επομένως καθίσταται απαραίτητη για όλα τα πλοία τα οποία πρόκειται να εισέλθουν σε Κοινοτικούς λιμένες, η ύπαρξη απαιτούμενης ποσότητας καυσίμου σχετικών προδιαγραφών, και επιπροσθέτως πρέπει να είναι εξασφαλισμένη η απρόσκοπτη λειτουργία τους κατά τη διαδικασία "αλλαγής καυσίμου" (change over) σε καύσιμο περιεκτικότητας 0.1% κατά μάζα σε θείο.

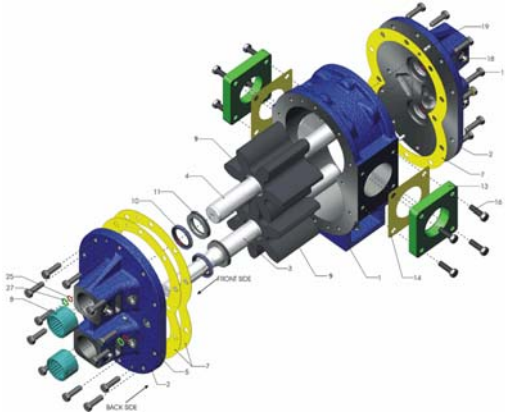
Το βασικό πρόβλημα χρήσης καυσίμων MGO χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (0.1% κατά μάζα) έγκειται στο ότι τα καύσιμα αυτά έχουν συνήθως ιξώδες (viscosity) το οποίο είναι χαμηλότερο σε σχέση με τα συνήθη καύσιμα (περιεκτικότητα σε θείο 1-3%) δημιουργώντας προβλήματα κατά τη λειτουργία των μηχανών και μηχανημάτων που τα χρησιμοποιούν, καθώς τα περισσότερα μηχανήματα έχουν κατασκευαστεί για χρήση καυσίμων με ιξώδες όχι χαμηλότερο των 2 cSt σε θερμοκρασίες λειτουργίας.

Τα καύσιμα MGO χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (0.1% κατά μάζα), όπως αυτά καθορίζονται με βάση το ISO 8217, παρουσιάζουν ιξώδες στο εύρος του 1.5-6.0 cSt στους 40°C. Λόγω του ότι η θερμοκρασία του καυσίμου κατά την αποθήκευση και χρήση του στο πλοίο ξεπερνά κατά πολύ τους 40°C, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το πραγματικό ιξώδες του καυσίμου να μειώνεται αρκετά κάτω των 2 cSt. Αποτέλεσμα του χαμηλού ιξώδους είναι η εμφάνιση διαρροών στις αντλίες μεταφοράς και μετάγγισης καυσίμου με επακόλουθο τη μείωση παροχής στην Κύρια Μηχανή ή στις Ηλεκτρογεννήτριες. Λόγω των διαρροών μπορεί επίσης να παρατηρηθούν και προβλήματα στην αναρρόφηση των αντλιών αυτών. Επιπλέον, επηρεάζεται αρνητικά ο ψεκασμός του καυσίμου (atomization) στους κυλίνδρους με αποτέλεσμα τη μείωση της αποδιδόμενης ισχύος του κινητήρα, ενώ στους λέβητες (boilers) προκαλείται ακανόνιστη καύση και προβληματική λειτουργία που έχει σαν αποτέλεσμα την εκπομπή μαύρων καυσαερίων. Σημειώνεται ότι στα δεξαμενόπλοια λόγω μεγάλου μεγέθους των λεβήτων και των υψηλών πιέσεων, ο ανώμαλος ψεκασμός μπορεί να προκαλέσει ακόμη και έκρηξη αφού λόγω χαμηλού ιξώδους το καύσιμο παύει να ψεκάζεται αλλά πλέον αρχίζει να έχει κανονική ροή.

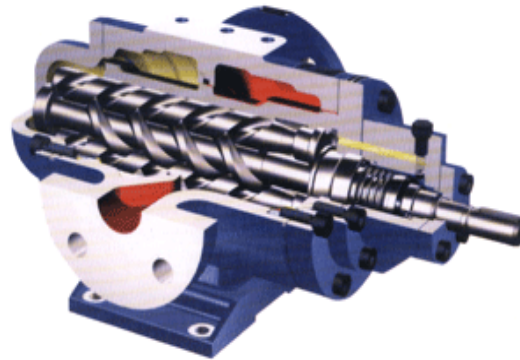
Η χαμηλή περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο μπορεί να προκαλέσει επίσης προβλήματα λίπανσης (lubricity) κυρίως στις αντλίες καυσίμου υψηλής πίεσης των οποίων η λίπανση επιτυγχάνεται μέσω του καυσίμου, με επακόλουθο το λεγόμενο "κόλλημα" (seizure) των εξαρτημάτων των αντλιών αυτών (αντλίες καυσίμου Κύριας Μηχανής και Ηλεκτρογεννητριών).

Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω βασικά προβλήματα που αναφέρθηκαν σχετικά με τη χρήση καυσίμων πολύ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (0.1% κατά μάζα) και χαμηλού ιξώδους (< 2 cSt), τα οποία μπορεί να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα λειτουργίας και συντήρησης κατά τη διαχείριση ενός πλοίου, είναι αναγκαίες κάποιες αλλαγές σε υποσυστήματα του μηχανοστασίου ώστε να υπάρχει απρόσκοπτη λειτουργία του πλοίου. Έτσι, λόγω της διαφαινόμενης τάσης για περαιτέρω δημιουργία περιοχών ελεγχόμενων εκπομπών ρύπων, και εφόσον ο πλοιοκτήτης δεν επιθυμεί γεωγραφικούς περιορισμούς στις εξυπηρετούμενες γραμμές εμπορίου, στα υπό κατασκευή πλοία (new buildings) επιλέγεται η εγκατάσταση μιας επιπλέον δεξαμενής στο χώρο του μηχανοστασίου για αποθήκευση καυσίμου με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο (MGO, 0.1% κατά μάζα). Για αποφυγή διαρροών κατά μήκος του δικτύου μεταφοράς καυσίμου απαιτείται η αντικατάσταση όλων των σχετικών αντλιών (μεταφοράς, μετάγγισης κ.λπ.), η πλειονότητα των οποίων είναι γραναζωτού τύπου (gear pumps / Σχ.14), με αντίστοιχες αντλίες τύπου κοχλία (screw pumps / Σχ.15), οι οποίες είναι κατασκευασμένες για λειτουργία σε περιοχές πολύ χαμηλού ιξώδους (έως 1.5 cSt). Επίσης λόγω του ότι η Κύρια Μηχανή και οι Ηλεκτρογεννήτριες είναι σχεδιασμένες για χρήση καυσίμων με ιξώδες άνω των 2 cSt, για να είναι απρόσκοπτη και ασφαλής η λειτουργία τους με τα καύσιμα νέου τύπου, προτείνεται από διάφορους κατασκευαστές η εγκατάσταση ψυκτικών εγκαταστάσεων (chillers and coolers / Σχήμα 16) οι οποίες θα χρησιμοποιούνται για την ψύξη των καυσίμων με χαμηλή

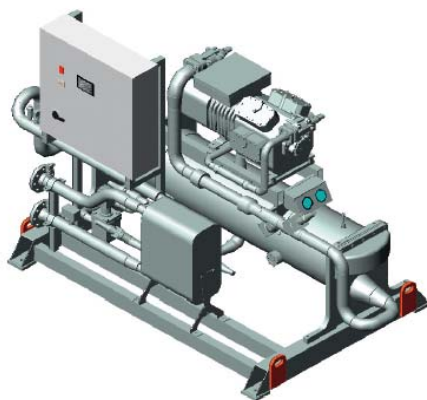
περιεκτικότητα σε θείο ώστε να επιτυγχάνεται κατάλληλη αύξηση του ιξώδους. Στην περίπτωση αυτή η βασική ιδέα είναι η διατήρηση της θερμοκρασίας της δεξαμενής του καυσίμου MGO σε θερμοκρασία όχι μεγαλύτερη των 45°C, ενώ μέσω της ψυκτικής εγκατάστασης (cooler), η θερμοκρασία του καυσίμου να πέφτει στους 10-15°C ώστε να έχει το επιθυμητό ιξώδες. Αυτό εξασφαλίζεται με την τοποθέτηση κατάλληλου οργάνου μέτρησης ιξώδους του καυσίμου (viscometer) λίγο πριν την είσοδό του στην Κύρια Μηχανή.



Σχ. 14. Αντλία γραναζωτού τύπου (gear pump) [29].



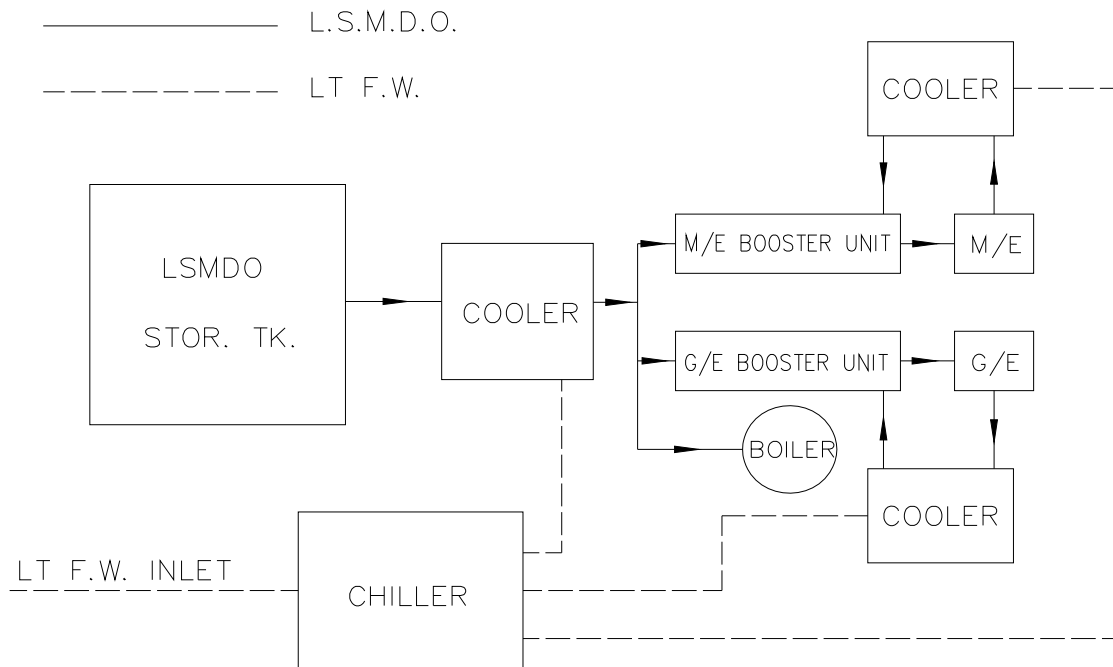
Σχ. 15. Αντλία τύπου κοχλία (screw pump) [29].



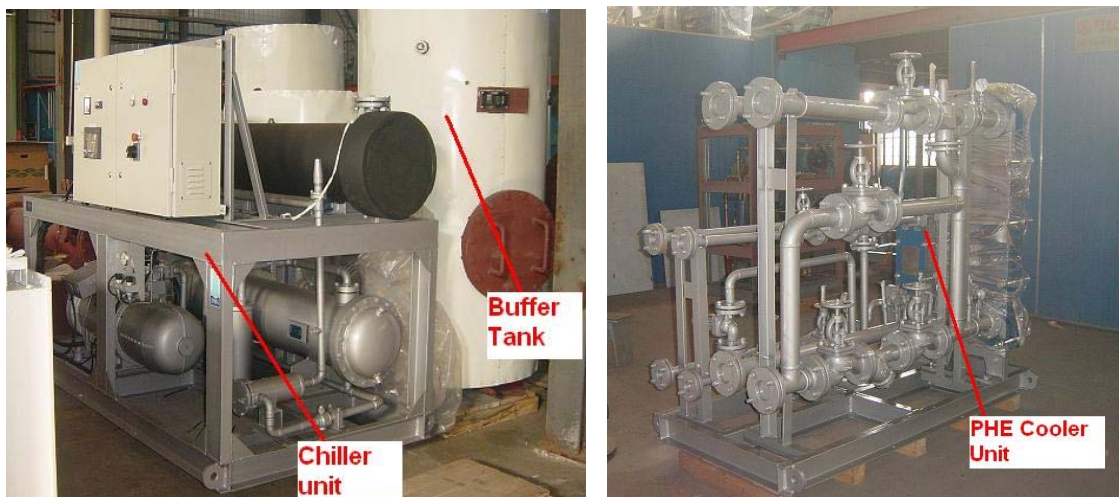
Σχ. 16. Χαρακτηριστικές όψεις εγκατάστασης ψύξεως καυσίμου (Chilling unit) [22].

Με βάση τα παραπάνω, είναι προφανής η επίδραση των νέων κανονισμών για μείωση της εκπομπής ρύπων στη διάταξη και τον εξοπλισμό των μηχανοστασίων σύγχρονων εμπορικών πλοίων, με σημαντικές οικονομικές συνέπειες για τους πλοιοκτήτες, καθώς το κόστος ανέγερσης των υπό κατασκευή πλοίων αυξάνεται σημαντικά ενώ, ταυτόχρονα, για τα ήδη υπάρχοντα πλοία, το συνολικό κόστος μετατροπής (μελέτης, σχεδιασμού, έγκρισης του Νηογνώμονα) είναι εξίσου υψηλό. Από την πλευρά τους τα Ναυπηγεία καλούνται να αναθεωρήσουν τα σχέδια των εμπλεκόμενων με τους κανονισμούς δικτύων του μηχανοστασίου και να ικανοποιήσουν τις ανάγκες της αγοράς.

Στο Σχήμα 17 παρουσιάζεται ένα δίκτυο μεταφοράς καυσίμου στο οποίο, με τη βοήθεια της ψυκτικής εγκατάστασης (Chiller), πραγματοποιείται η ψύξη του γλυκού νερού (Fresh Water), το οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιείται στον εναλλάκτη θερμότητας (Cooler) για την ψύξη του καυσίμου και την αύξηση του ιξώδους όπως προαναφέρθηκε. Στο Σχ.18 παρουσιάζεται το πραγματικό δίκτυο μεταφοράς καυσίμου ενός πλοίου με όλες τις σχετικές λεπτομέρειες.



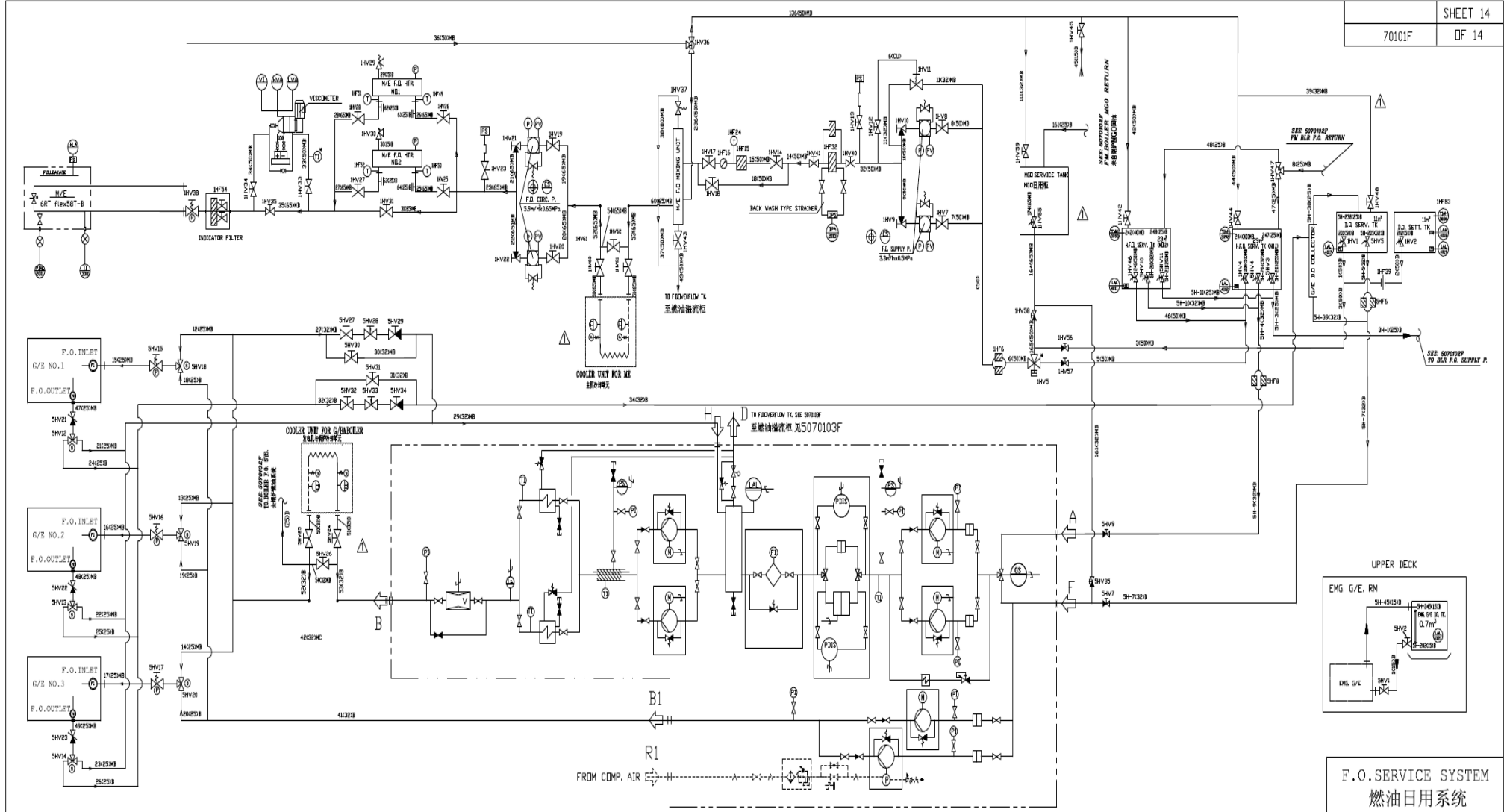
Σχ. 17. Σχηματικό διάγραμμα τροποποιημένου δικτύου μεταφοράς καυσίμου στην Κ.Μ. (Μ/Ε) στις Ηλεκτρογεννήτριες (G/E) και στον Λέβητα (Boiler).



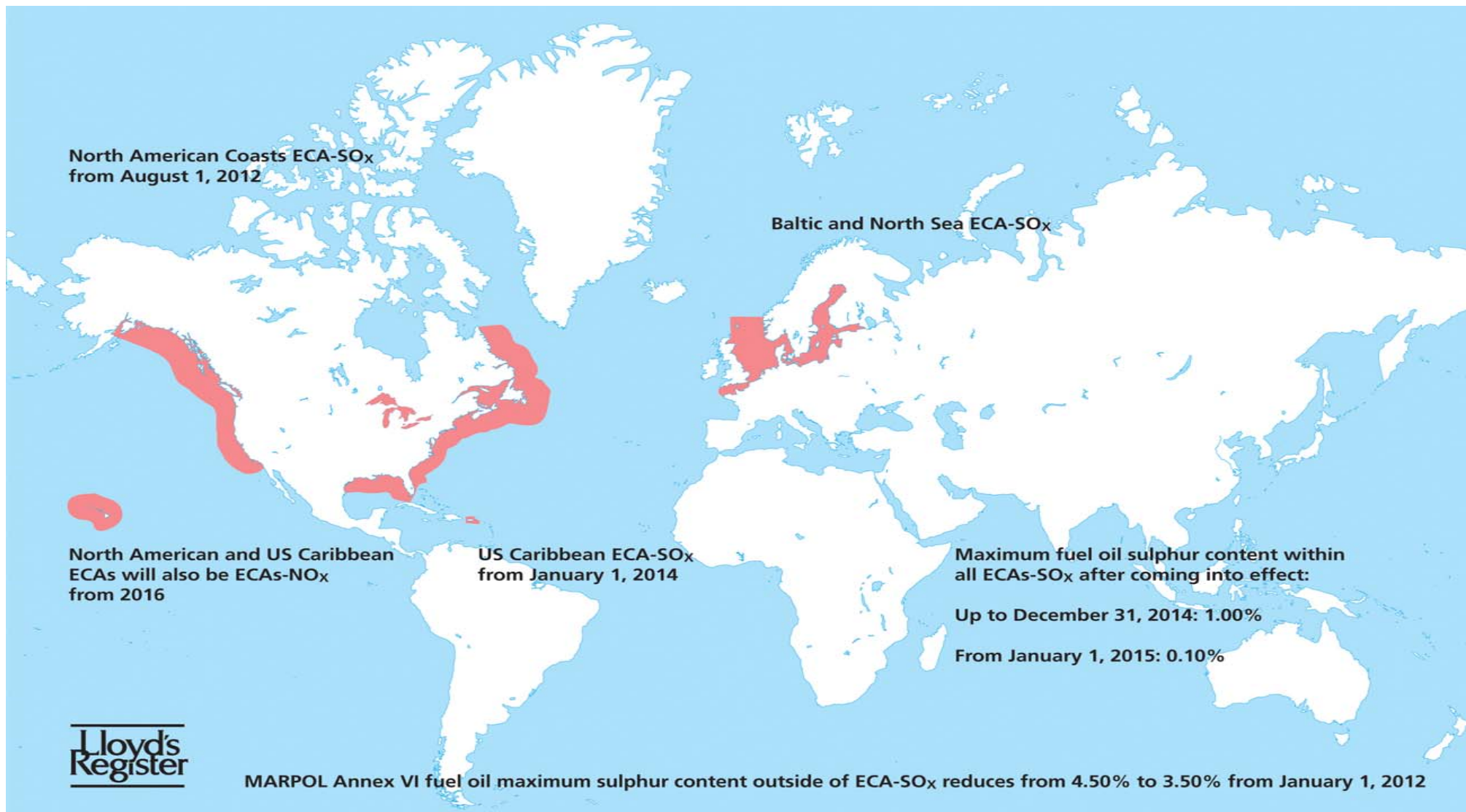
Σχ. 17α. Το σύστημα εγκατάστασης ψύξεως καυσίμου (Chilling unit) πριν την εγκατάσταση του στο πλοίο.



Σχ. 17β. Μέρος του συστήματος εγκατάστασης ψύξεως καυσίμου (Chilling unit) εγκατεστημένο στο πλοίο.



Σχ. 18. Σχέδιο πραγματικού δικτύου μεταφοράς καυσίμου με ειδικό σύστημα ψύξης καυσίμου MGO.



Σχ. 19. Συνοπτικός χάρτης περιοχών ελεγχόμενων εκπομπών αέριων ρύπων (World ECA Areas) [32].

3.4. Συγκριτικός πίνακας υπολογισμών Bulk Carrier –Panamax χωρητικότητας 75000 τόνων DWT και συστηματική ανάλυση σειράς Bulk Carrier

Στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιαστούν σε μορφή πινάκων τα αποτελέσματα των υπολογισμών προμελέτης με χρήση των εξισώσεων (1), (3)÷(4), (6)÷(8) και (12)÷(16), καθώς και τα πραγματικά στοιχεία του υπό μελέτη πλοίου. Στη συνέχεια θα πραγματοποιηθεί εφαρμογή της προαναφερθείσας μεθοδολογίας για επιπλέον εννέα πλοία τύπου Bulk Carrier, διαφόρων μεγεθών και θα εξαχθούν ανάλογοι συγκεντρωτικοί πίνακες υπολογισμών.

1. Bulk Carrier 75000 tons DWT (έχει αναλυθεί διεξοδικά στις προηγούμενες παραγράφους)

Ολικό Μήκος (Length overall), L_{OA}	225 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L_{BP}	217 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	32.26 m
Κοίλο (Depth), D	19.6 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T_D	12.5 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T_s	14.20 m
Υπηρεσιακή ταχύτητα (Service Speed), V_s	14.5 knots / 7.46 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C_b	0.86
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	75178 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	87003 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/ Δ , L/ $\Delta^{1/3}$	6.73-2.27-1.38-0.86-4.90
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	8990 kW (12051HP) / 101 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN B&W / 5S60MC-C
Βάρος κύριας μηχανής	314 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	570 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3 x 11.35 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	6.750 m / 19.22 tons
Ενδιάμεσος άξονας	6891 mm / 440 mm / 9.21 tons
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	6195 mm / 525 mm / 11.36 tons

Πίν. 25. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά.

Πραγματικά Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	8990 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		8889	12267	10743
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	570 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		426	525	
Βάρος Μηχανημάτων και Αξονικού Συστήματος*	505 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		968	1308	691-1130
Δεξαμενές Καυσίμου F.O.	2743 tons	Εξ.[15]		
		2879		
Δεξαμενές Καυσίμου D.O.	129 tons	Εξ.[16]		
		218		
Δεξαμενές Λιπαντικών L.O.	114 tons	Εξ.[17]		
		124		
Όγκος Μηχανοστασίου	6578 m ³	Εξ.[14]		
		5833		
Κόστος Λειτουργίας (χωρίς καύσιμα / με καύσιμα)		Εξ.[18]		
		561235 USD / 6026809 USD		

*Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνυπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, των κλιμάκων, σχαρών διαπέδων κ.λπ., τα οποία συνυπολογίζονται από τις Εξισώσεις [8],[12] και [13].

Πίν. 26. Bulk Carrier 75000 tons DWT: Συγκεντρωτικός πίνακας υπολογισμών προμελέτης και σύγκριση με πραγματικά στοιχεία του πλοίου.

2. Bulk Carrier 74500 tons DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L _{OA}	225 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L _{BP}	217 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	32,26 m
Κοίλο (Depth), D	19.6 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T _D	12.5 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T _S	14.25 m
Υπηρεσιακή ταχύτητα (Service Speed), V _s	14.5 knots / 7.46m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C _b	0.86
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	74425 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	87337 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/Δ, L/Δ ^{1/3}	6.73- 2.27- 1.38- 0.86-4.89
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	8990 kW/ 92 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 5S60MC
Βάρος κύριας μηχανής	324.4 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	530 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x14.56 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	7.250 m / 19.01 tons
Ενδιάμεσος άξονας	6891mm /Φ440/9.21 tons
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	6195 mm/Φ 523/11.359 tons

Πίν. 27. Bulk Carrier 74500 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά.

Με βάση τα δεδομένα του Πίν. 27, και με εφαρμογή των εξισώσεων (1) ÷ (4) προκύπτουν τα εξής:

$$C_N = 3.7 \times (\sqrt{217} + 75/7.46) = 91.70 \quad \text{Εξ. (2)}$$

$$P = \frac{87337^{\frac{2}{3}} \times 7.46^3}{91.7} = 8911.81 \text{ kW} = 11941.8 \text{ PS} \quad \text{Εξ. (1)}$$

$$P = 0.0114 \times 14.5^3 \times 74432^{0.55} = 34.75 \times 478.04 = 16614.09 \text{ PS} = 12216.3 \text{ kW} \quad \text{Εξ. (3)}$$

$$P = 0.0175 \times 14.5^3 \times 74432^{0.5} = 53.35 \times 272.82 = 14554.95 \text{ PS} = 10697.9 \text{ kW} \quad \text{Εξ. (4)}$$

Παρατηρείται ότι με χρήση των Εξ. (3) και (4) υπερεκτιμάται σημαντικά η ισχύς της Κ.Μ. Επομένως στους υπολογισμούς που ακολουθούν χρησιμοποιείται η εκτίμηση της ισχύος της Κ.Μ. που προκύπτει από την Εξ. (1). Θεωρώντας βαθμό απόδοσης του αξονικού 0.985, προκύπτει BHP=8911.81 x 1.34 x 0.985 = 11762.7 PS.

Εκτίμηση απαίτησης ηλεκτρικής ισχύος

Με εφαρμογή της Εξ.(5) προκύπτει:

$$P_G = 0.015 \times 11762.7 + 1.6 \times 25 + 9 \times \sqrt{25} + 80 + 0 = 341.44 \text{ kW}$$

Η ονομαστική ισχύς για την επιλογή των γεννητριών προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$P_{NG} = \frac{P_G}{\beta}, \text{ όπου το } \beta \text{ λαμβάνεται μεταξύ } 0.75-0.9. \text{ Έτσι λοιπόν, αν } \beta=0,80, \text{ θα έχουμε}$$

$$P_{NG} = \frac{P_G}{0.8} = \frac{341.44}{0.8} = 426.80 \text{ kW}$$

Με την εφαρμογή αντίστοιχα της Εξ.(7) προκύπτει:

$$P_e = 100 + 0.55(8911.81)^{0.7} = 420.1 \text{ kW}$$

Ως ονομαστική ισχύς της γεννήτριας για την κάλυψη του φορτίου αυτού μπορεί να ληφθεί ο πλησιέστερος στρογγυλεμένος αριθμός, ο οποίος είναι κατά 20-25% μεγαλύτερος του μέσου προβλεπόμενου φορτίου, όπως αυτό υπολογίστηκε παραπάνω. Επομένως:

$$P_{ov} = P_e \times 1.25 = 420.1 \times 1.25 = 525.13 \text{ kW}$$

Εκτίμηση βάρους μηχανολογικής εγκατάστασης. Εκτίμηση όγκου μηχανοστασίου

Με βάση τις Εξ. (9)-(11) προκύπτουν τα εξής:

$$W_{MM} = 411.69 \text{ tons}, W_{MS} = 88.22 \text{ tons}, W_{MR} = 470.51 \text{ tons}$$

Επομένως,

$$W_M = W_{MM} + W_{MS} + W_{MR} = 411.69 + 88.22 + 470.51 = 970.42 \text{ tons}$$

Με εφαρμογή των Εξ. (12) και (13) θα έχουμε:

$$W_M = 0.4 \times 8911.81^{0.89} = 1310.78 \text{ tons}$$

Στην περίπτωση που εξετάζουμε όπου $W_{KM} = 314 \text{ tons}$, θα προκύπτει $W_M = 713.7-1167.68 \text{ tons}$.

Επίσης με εφαρμογή της Εξ.(14), θα έχουμε για τον όγκο του μηχανοστασίου:

$$V_E = 21.6 \times f_6 \times f_7 \times f_8 \times \left(9.55 \frac{\text{bKW}}{\text{RPM}}\right) = 5832.98 \text{ m}^3$$

Εκτίμηση βάρους καυσίμων / λιπαντικών και χωρητικότητας σχετικών δεξαμενών

Σε αντιστοιχία με υπολογισμούς της Παραγράφου 3.2.5, και με εφαρμογή των Εξ. (15) ÷ (17) προκύπτουν για τις χωρητικότητες των δεξαμενών του μηχανοστασίου:

$$W_{H.F.O.} = 8911.81 \times 171.75 \times 1571.43 \times 1.2 \times 10^{-6} = 2886 \text{ tons}$$

$$W_{D.O.} = (525.13 \times 187 \times 1571.43 / 0.85) \times 1.2 \times 10^{-6} = 217.8 \text{ tons}$$

$$W_{L.O.} = 0.04 \times W_{H.F.O.} = 0.04 \times (2886 + 217.8) = 124.2 \text{ tons}$$

Εκτίμηση κόστους λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης

Σε αντιστοιχία με την Παράγραφο 3.3.4, παρατίθενται στους Πίν. 28 και 29 υπολογισμοί της κατανάλωσης καυσίμου και λιπαντικών σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας του πλοίου. Συγκεκριμένα ο Πιν. 28 περιλαμβάνει στοιχεία για τις καταναλώσεις καυσίμων και λιπαντικών στις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου.

Κατάσταση Φόρτωσης-Εκτόπισμα	Μέσο Βύθισμα (m)	Διάρκεια (days)	Κατανάλωση H.F.O. (K.M & H/Γ) (ton)	Κατανάλωση C.O. K.M. (lt)	Κατανάλωση L.O. K.M. (lt)	Κατανάλωση M.D.O. (K.M & H/Γ) (ton)	Κατανάλωση L.O. H/Γ (lt)
Ερματισμού 37000 -50000 τον	6.5-8.6	90	2860	22320	1780	20	760
Πλήρους φορτίου-87325 τον	14.25	180	5970	45900	5040	52	1785
Εν όρμω	-	95	315	1050	455	48	890
Σύνολα	-	365	9145	69270	7275	120	3435+2700*=6135

*Η ποσότητα των 2700 λίτρων στην ετήσια κατανάλωση λιπαντελαίου των Ηλεκτρογεννητριών ,αφορά την ετήσια αντικατάσταση ελαίου στην κάθε μηχανή όπως αυτή προβλέπεται από τον κατασκευαστή με βάση τις ώρες λειτουργίας.

Πίν. 28. Bulk Carrier 74500 tons DWT: Καταναλώσεις καυσίμων και λιπαντικών σε διάφορες καταστάσεις φόρτωσης.

Με βάση τα στοιχεία του Πίν. 28 μπορούν να υπολογιστούν οι μέσες ημερήσιες καταναλώσεις ανά κατάσταση φόρτωσης του πλοίου, οι οποίες παρατίθενται στον Πίν. 29.

Κατάσταση Φόρτωσης	Μέση ημερήσια κατανάλωση βαρέος καυσίμου (H.F.O.) K.M. & Η/Γ (ton/day)	Μέση ημερήσια κατανάλωση καυσίμου Diesel (M.D.O) K.M. & Η/Γ (ton/day)	Μέση ημερήσια κατανάλωση κυλινδρελαίου (C.O.) K.M. (lt/day)	Μέση ημερήσια κατανάλωση ελαίου λίπανσης (L.O.) K.M. (lt/day)	Μέση ημερήσια κατανάλωση ελαίου λίπανσης (L.O.) Η/Γ (lt/day)
Ερματισμού	31.78	0.22	248	19.78	8.44
Πλήρους φορτίου	33.17	0.29	255	28	9.92
Εν όρμω	3.32	0.505	11.05	4.79	9.37
Συνολική κατανάλωση έτους	25.06	0.329	189.78	19.93	16.81

Πίν. 29. Bulk Carrier 74500 tons DWT: Μέση κατανάλωση καυσίμων και λιπαντικών σε διάφορες καταστάσεις φόρτωσης.

Με βάση τα στοιχεία Πιν. 28 και 29, καθώς και με χρήση της Εξ.(18), στοιχείων για τις ετήσιες καταναλώσεις υλικών συντήρησης (χρώματα, χημικά, ανταλλακτικά), για το κόστος επισκευών και επιθεωρήσεων του εκάστοτε Νηογνώμονα του πλοίου, για το κόστος ασφάλισης, και λαμβάνοντας υπόψη τις τρέχουσες μέσες τιμές καυσίμων και λιπαντικών προκύπτει ο κάτωθι συγκεντρωτικός Πιν. 30.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	5780300
Λιπαντικά	146756
Υλικά συντήρησης	227504
Νηογνώμονας	21000
Ασφάλιση	175000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	6350560
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	570260

Πίν. 30. Bulk Carrier 74500 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Στον Πίν. 31 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών προμελέτης με χρήση των Εξ. (1), (3)÷(4), (6)÷(8) και (12)÷(16), για Bulk Carrier 74500 tons DWT. Παρατίθενται επίσης και τα πραγματικά στοιχεία του πλοίου ώστε να είναι δυνατές οι σχετικές συγκρίσεις.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	8990 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		8912	12217	10698
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	530 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		427	525	
Βάρος Μηχανημάτων και Αξονικού Συστήματος*	509 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		970	1311	714-1168
Δεξαμενές Καυσίμου F.O.	2657 tons	Εξ.[15]		
		2886		
Δεξαμενές Καυσίμου D.O.	138 tons	Εξ.[16]		
		218		
Δεξαμενές Λιπαντικών L.O.	101 tons	Εξ.[17]		
		124		
Όγκος Μηχανοστασίου	6654 m ³	Εξ.[14]		
		5833		
Κόστος Λειτουργίας (χωρίς καύσιμα / με καύσιμα)		Εξ.[18]		
		570260 USD / 6350560 USD		

*Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνοπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, κλίμακες, σχάρες, διαπέδων κ.λπ. τα οποία συμπεριλαμβάνονται κατά τη χρήση των Εξισώσεων [8],[12] και [13].

Πίν. 31. Bulk Carrier 74500 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για μια σειρά 8 επιπλέον πλοίων Bulk Carriers διαφόρων τύπων και μεγεθών, και προκύπτουν οι παρακάτω συγκεντρωτικοί Πίνακες:

3. Bulk Carrier τύπου Supramax 55000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L_{OA}	189.9 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L_{BP}	185 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	32.26 m
Κοίλο (Depth), D	17.8 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T_D	11.10 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T_S	12.52 m
Παρειακή ταχύτητα (Service Speed), V_s	14.6 knots / 7.46 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C_b	0.85
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	55101 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	64449 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/ Δ , L/ $\Delta^{1/3}$	5.73-2.58-1.42-0.85-4.61
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	8200 kW / 110 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 6S50MC-C
Βάρος κύριας μηχανής	220 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	660 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x14.76 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	6.100 m / 17.01 tons
Ενδιάμεσος άξονας	6076 mm / Φ 410 / 6.984 tons
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	6660 mm / Φ 490 / 9.808 tons

Πίν. 32. Bulk Carrier 55000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	4619200
Λιπαντικά	124000
Υλικά συντήρησης	206000
Νηογνώμονας	22000
Ασφάλιση	140000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	5111200
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	492000

Πίν. 33. Bulk Carrier 55000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	8200 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		7625	10344	9200
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	660 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		395	484	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	435 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		828	1480	484-792
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	1920 tons	Εξ.[15]		
		2049		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	129 tons	Εξ.[16]		
		167		
Δεξαμενές Λιπαντικών L.O.	89 tons	Εξ.[17]		
		89		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
		5035		
Κόστος λειτουργίας		Εξ.[18]		
		492000 USD / 5111200 USD		

*Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνυπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, κλίμακες, σχάρες δαπέδων κ.λπ. τα οποία συμπεριλαμβάνονται κατά τη χρήση των Εξισώσεων [8],[12] και [13].

Πίν. 34. Bulk Carrier 55000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

4. Bulk Carrier τύπου Supramax 52000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L_{OA}	189.99 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L_{BP}	182 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	32.26 m
Κοίλο (Depth), D	17.0 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T_D	11.0 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T_s	12.02 m
Παρειακή ταχύτητα (Service Speed), V_s	14.5 knots / 7.42 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C_b	0.855
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	52469 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	62123 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/ Δ , $L/\Delta^{1/3}$	5.64 -2.69-1.42-0.84-4.60
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	7800 kW / 116 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 6S50MC Mk6
Βάρος κύριας μηχανής	225 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	480 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x13.27 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	6.0 m / 13.774 tons
Ενδιάμεσος άξονας	6365 mm / Φ 420 / 7.64 tons
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	5695 mm / Φ 520 / 9.34 tons

Πίν. 35. Bulk Carrier 52000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	5743673
Λιπαντικά	150053
Υλικά συντήρησης	197000
Νηογνώμονας	20000
Ασφάλιση	148000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	6258727
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	515053

Πίν. 36. Bulk Carrier 52000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	7800 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		7440	10078	8985
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	480 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		390	478	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	422 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		796	1116	495-810
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	2245 tons	Εξ.[15]		
		2088		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	115 tons	Εξ.[16]		
		172		
Δεξαμενές λιπαντικών L.O.	84 tons	Εξ.[17]		
		90		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
		4622		
Κόστος λειτουργίας		Εξ.[18]		
		515053 USD / 6258727 USD		

*Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνυπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, κλίμακες, σχάρες διαπέδων κ.λπ. τα οποία συμπεριλαμβάνονται κατά τη χρήση των Εξισώσεων [8],[12] και [13].

Πίν. 37. Bulk Carrier 52000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

5. Bulk Carrier τύπου Panamax 76000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L _{OA}	225 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L _{BP}	217 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	32.26 m
Κοίλο (Depth), D	19.6 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T _D	12.5 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T _s	14.20 m
Παρειακή ταχύτητα (Service Speed), V _s	14.64 knots / 7.5 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C _b	0.867
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	75696 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	88536 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/Δ, L/Δ ^{1/3}	6.73-2.27-1.38-0.867-4.87
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	8833 kW/105 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 5S60MC MK VI
Βάρος κύριας μηχανής	324.4 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	560 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	14.5 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	6.520 m / 16.58 tons
Ενδιάμεσος άξονας	7390 mm /Φ450/9.35 tons
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	6100 mm/Φ 536/10.64 tons

Πίν. 38. Bulk Carrier 76000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	5507462
Λιπαντικά	150375
Υλικά συντήρησης	214000
Νηογνώμονας	23000
Ασφάλιση	149000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	6043837
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	536375

Πίν. 39. Bulk Carrier 76000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	8833 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		9287	12683	11103
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	560 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		436	537	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	524 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		1011	1360	714-1168
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	2262 tons	Εξ.[15]		
		2541		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	86.5 tons	Εξ.[16]		
		189		
Δεξαμενές λιπαντικών L.O.	103 tons	Εξ.[17]		
		109		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
		5566		
Κόστος λειτουργίας		Εξ.[18]		
		536375 USD / 6043837 USD		

*Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνυπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, κλίμακες, σχάρες διαπέδων κ.λπ. τα οποία συμπεριλαμβάνονται κατά τη χρήση των Εξισώσεων [8],[12] και [13].

Πίν. 40. Bulk Carrier 76000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

6. Bulk Carrier τύπου Post Panamax 87000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L_{OA}	229 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L_{BP}	221 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	36.8 m
Κοίλο (Depth), D	19.9 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T_D	12.5 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T_S	14.20 m
Παρειακή ταχύτητα (Service Speed), V_s	14.5 knots / 7.46 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C_b	0.86
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	87438 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	102085 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/ Δ , L/ $\Delta^{1/3}$	6.01-2.59-1.40-0.86-4.73
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	10500 kW / 95 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	Wartsila RT Flex 58T-B
Βάρος κύριας μηχανής	322 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	660 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	14.8 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	7.00 m
Ενδιάμεσος άξονας	7080 mm/Φ495/9.21 tons
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	6305 mm/Φ555/11.359 tons

Πίν. 41. Bulk Carrier 87000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	5913401
Λιπαντικά	140057
Υλικά συντήρησης	213000
Νηογνώμονας	24000
Ασφάλιση	171000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	6461459
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	548057

Πίν. 42. Bulk Carrier 87000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	10500 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		9830	13349	11601
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	660 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		450	554	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	572 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		1070	1430	708-1159
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	2794 tons	Εξ.[15]		
		2659		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	90 tons	Εξ.[16]		
		193		
Δεξαμενές λιπαντικών L.O.	125 tons	Εξ.[17]		
		114		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
		6981		
Κόστος λειτουργίας		Εξ.[18]		
		548057 USD / 6461459 USD		

*Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνυπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, κλίμακες, σχάρες, δαπέδων κ.λπ. τα οποία συμπεριλαμβάνονται κατά τη χρήση των Εξισώσεων [8],[12] και [13].

Πίν. 43. Bulk Carrier 87000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

7. Bulk Carrier τύπου Cape Size 178000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L _{OA}	292 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L _{BP}	282 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	45 m
Κοίλο (Depth), D	24.8 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T _D	16.5 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T _s	18.3 m
Παρειακή ταχύτητα (Service Speed), V _s	14.9 knots / 7.65 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C _b	0.87
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	178015 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	202712 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/Δ, L/Δ ^{1/3}	6.27-2.46-1.42- 0.88 - 4.8
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	16860 kW / 91 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 6S70 MC MK VI
Βάρος κύριας μηχανής	570 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	960 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x16 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	8.200 m / 34.07 tons
Ενδιάμεσος άξονας	8300 mm/Φ545/13.6 tons
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	8483 mm/Φ660/14.9 tons

Πίν. 44. Bulk Carrier 178000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	9699493
Λιπαντικά	197748
Υλικά συντήρησης	241000
Νηογνώμονας	26000
Ασφάλιση	198000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	10362240
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	662748

Πίν. 45. Bulk Carrier 178000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	16860 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		15800	21416	17961
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	960 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		610	723	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	973 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		723	1720	1254-2052
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	4687 tons	Εξ.[15]		
		4466		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	328 tons	Εξ.[16]		
		272		
Δεξαμενές λιπαντικών L.O.	220 tons	Εξ.[17]		
		190		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
		10719		
Κόστος λειτουργίας		Εξ.[18]		
		662748 USD / 10362240 USD		

*Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνυπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, κλίμακες, σχάρες διαπέδων κ.λπ. τα οποία συμπεριλαμβάνονται κατά τη χρήση των Εξισώσεων [8],[12] και [13].

Πίν. 46. Bulk Carrier 178000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

8. Bulk Carrier τύπου Cape Size 176000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L_{OA}	292 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L_{BP}	282 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	45 m
Κοίλο (Depth), D	24.8 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T_D	16.5 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T_s	18.3 m
Παρειακή ταχύτητα (Service Speed), V_s	15 knots / 7.72 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C_b	0.87
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	176383 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	202712 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/ Δ , $L/\Delta^{1/3}$	6.27-2.46 -1.42-0.87-4.8
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	16860 kW / 91 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 6S70 MC MK VI
Βάρος κύριας μηχανής	570 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	900 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x15.8 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	8.200 m / 34 tons
Ενδιάμεσος άξονας	8300 mm/Φ545/13.6 tons
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	8483 mm/Φ660/14.9 tons

Πίν. 47. Bulk Carrier 176000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	9445549
Λιπαντικά	192857
Υλικά συντήρησης	244000
Νηογνώμονας	26000
Ασφάλιση	195000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	10103406
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	657857

Πίν. 48. Bulk Carrier 176000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	16860 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		16160	21735	18238
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	900 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		619	732	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	972 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		1760	2226	1254-2052
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	4687 tons	Εξ.[15]		
		4524		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	320 tons	Εξ.[16]		
		272		
Δεξαμενές λιπαντικών L.O.	239 tons	Εξ.[17]		
		192		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
		10719		
Κόστος λειτουργίας		Εξ.[18]		
		657857 USD /10103406 USD		

*Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνυπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, κλίμακες, σχάρες διαπέδων κ.λπ. τα οποία συμπεριλαμβάνονται κατά τη χρήση των Εξισώσεων [8],[12] και [13].

Πίν. 49. Bulk Carrier 176000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

9. Bulk Carrier τύπου Kamsarmax 82000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L_{OA}	229 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L_{BP}	225.5 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	32.26 m
Κοίλο (Depth), D	20.25 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T_D	12.2 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T_s	14.52 m
Παρειακή ταχύτητα (Service Speed), V_s	14.1 knots / 7.25 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C_b	0.91
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	82254 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	96033 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/ Δ , $L/\Delta^{1/3}$	6.99 - 2.22 - 1.42 - 0.86-4.92
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	11300 kW / 103 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	Wartsila 5RT Flex 58 T-D
Βάρος κύριας μηχανής	323 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	3x650 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x12.1 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	6.800 m /21.55 tons
Ενδιάμεσος άξονας	6675 mm/Φ415/12.21 tons
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	6155 mm/Φ545/14.365 tons

Πίν. 50. Bulk Carrier 82000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	5889506
Λιπαντικά	128466
Υλικά συντήρησης	210000
Νηογνώμονας	22000
Ασφάλιση	169000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	6418971
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	529466

Πίν. 51. Bulk Carrier 82000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	11300 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		8528	11866	10344
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	650 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		424	513	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	594 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		929	1260	710-1163
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	2867 tons	Εξ.[15]		
		2344		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	200 tons	Εξ.[16]		
		193		
Δεξαμενές λιπαντικών L.O.	102 tons	Εξ.[17]		
		101		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
		6829		
Κόστος λειτουργίας		Εξ.[18]		
		529466 USD / 6418971 USD		

*Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνυπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, κλίμακες, σχάρες διαπέδων κ.λπ. τα οποία συμπεριλαμβάνονται κατά τη χρήση των Εξισώσεων [8],[12] και [13].

Πίν. 52. Bulk Carrier 82000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

10. Bulk Carrier τύπου Kamsarmax 80000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L _{OA}	229 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L _{BP}	225 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	32.24 m
Κοίλο (Depth), D	20.0 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T _D	12.2 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T _S	14.45 m
Παρειακή ταχύτητα (Service Speed), V _s	14.5 knots / 7.46 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C _b	0.89
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	80650 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	93250 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/Δ, L/Δ ^{1/3}	6.98-2.23-1.38-.086-4.96
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	11060 kW/ 91 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 6S50 MC-C
Βάρος κύριας μηχανής	315 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	3x780 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x12.8 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	6.900 m/21.8 tons
Ενδιάμεσος άξονας	6600 mm/Φ410/11.8 tons
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	6125 mm/Φ540/13.9 tons

Πίν. 53. Bulk Carrier 80000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	5702754
Λιπαντικά	126282
Υλικά συντήρησης	196000
Νηογνώμονας	22000
Ασφάλιση	178000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	6235036
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	532282

Πίν. 54. Bulk Carrier 80000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	11060 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		9204	12767	11140
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	720 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		440	534	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	576 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		1002	1349	693-1134
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	2789 tons	Εξ.[15]		
		2506		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	195 tons	Εξ.[16]		
		200		
Δεξαμενές λιπαντικών L.O.	100 tons	Εξ.[17]		
		108		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
		6604		
Κόστος λειτουργίας		Εξ.[18]		
		532282 USD / 6235036 USD		

*Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνυπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, κλίμακες, σχάρες δαπέδων κ.λπ. τα οποία συμπεριλαμβάνονται κατά τη χρήση των Εξισώσεων [8],[12] και [13].

Πίν. 55. Bulk Carrier 80000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

3.5 Συγκριτική ανάλυση αποτελεσμάτων

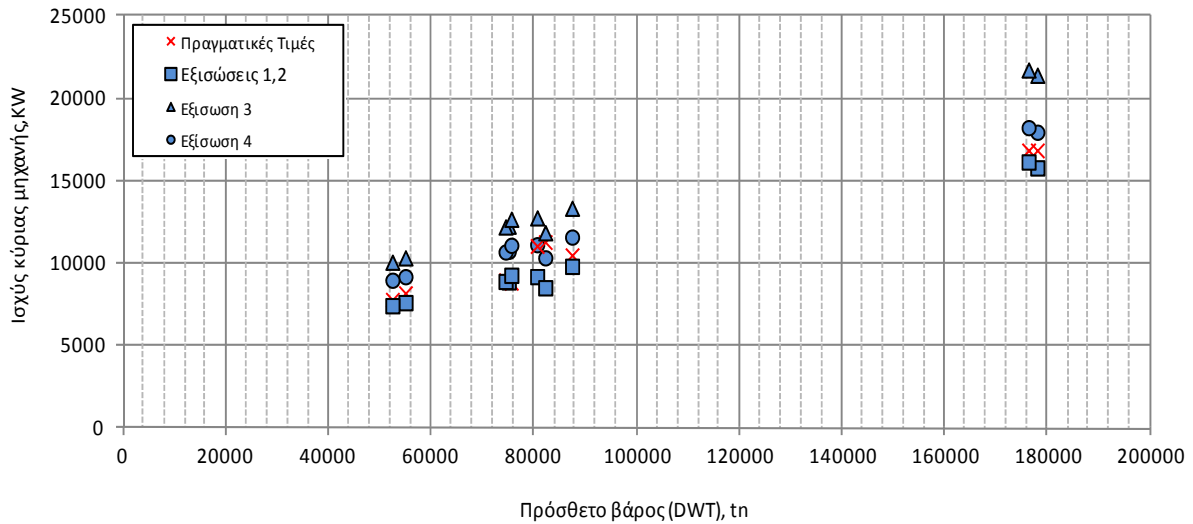
Στην παρούσα παράγραφο με δεδομένα τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για κάθε πλοίο της σειράς Bulk Carrier που αναλύθηκε, παρουσιάζονται συνολικά συγκριτικά διαγράμματα, ώστε να διερευνηθεί η ακρίβεια των χρησιμοποιούμενων μεθόδων και τύπων προμελέτης, και προτείνονται όπου είναι δυνατό, επικαιροποιήσεις των μεθόδων ώστε να προσεγγίζουν σε ικανοποιητικό βαθμό τις πραγματικές τιμές των διαφόρων παραμέτρων σύγχρονων Bulk Carrier. Επιπλέον παρουσιάζονται διαγράμματα ετήσιου κόστους καυσίμων και συντήρησης.

Τα συγκεντρωτικά διαγράμματα που παρουσιάζονται είναι τα εξής:

- Ισχύς κύριας μηχανής πρόωσης ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)
- Ισχύς ηλεκτρογεννητριών (Η/Γ) ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)
- Χωρητικότητα δεξαμενών βαρέος καυσίμου (H.F.O.) ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)
- Χωρητικότητα δεξαμενών καυσίμου Diesel (M.D.O.) ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)
- Χωρητικότητα δεξαμενών λιπαντελαίου ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)
- Υπηρεσιακή ταχύτητα ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)
- Ετήσιο κόστος λειτουργίας και κόστος καυσίμου ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)
- Ετήσια συνολικά λοιπά κόστη ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT) μη συμπεριλαμβανομένου του κόστους καυσίμων

ο **Ισχύς κύριας μηχανής πρόωσης ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)**

Στο Σχ. 20 παρουσιάζεται η ισχύς της κύριας μηχανής πρόωσης ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, για τη σειρά των πλοίων Bulk Carriers που αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι πραγματικές τιμές της ισχύος της Κ.Μ., καθώς και οι υπολογισθείσες τιμές της, μέσω των προσεγγιστικών εκφράσεων της Ενότητας 2.2, ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους.



Σχ. 20. Ισχύς κύριας μηχανής συναρτήσει του πρόσθετου βάρους (DWT) του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.

Υπενθυμίζεται ότι οι υπολογισμοί έγιναν με βάση τις παρακάτω εξισώσεις :

$$P = \frac{\Delta_{\text{υπ}}^2 \times V^3}{3.7 \times (\sqrt{L} + 75/V)} \quad (\text{Εξίσωση που προκύπτει από τις Εξ. (1) και (2)},$$

$$P = 0.0114 \times V^3 \times \text{DWT}^{0.55} \quad (\text{Εξ. 3})$$

$$P = 0.0175 \times V^3 \times \text{DWT}^{0.5} \quad (\text{Εξ. 4})$$

Με βάση το Σχ. 20 προκύπτει ότι με χρήση των Εξ. 1 και 2, μπορεί να γίνει μια ικανοποιητική προσέγγιση της πραγματικής ισχύος της Κ.Μ. σε πλοία Bulk Carrier με DWT μεταξύ των 52000÷76000 tons DWT. Μια μικρή απόκλιση σε σχέση με τις πραγματικές τιμές, παρατηρείται στην περίπτωση νεώτερων σχεδιάσεων, δηλαδή στα Bulk Carriers 82000÷87000 tons DWT. Η Εξ. 3, σε όλο το εύρος των πρόσθετων βαρών (DWT), υπερεκτιμά σε σημαντικό βαθμό την εγκατεστημένη ισχύ πρόωσης, και ιδιαίτερα στην περίπτωση των cape size πλοίων ενώ τέλος, η Εξ. 4 παρουσιάζει μια μικρότερη (σε σύγκριση με την Εξ. 3), υπερεκτίμηση της ισχύος.

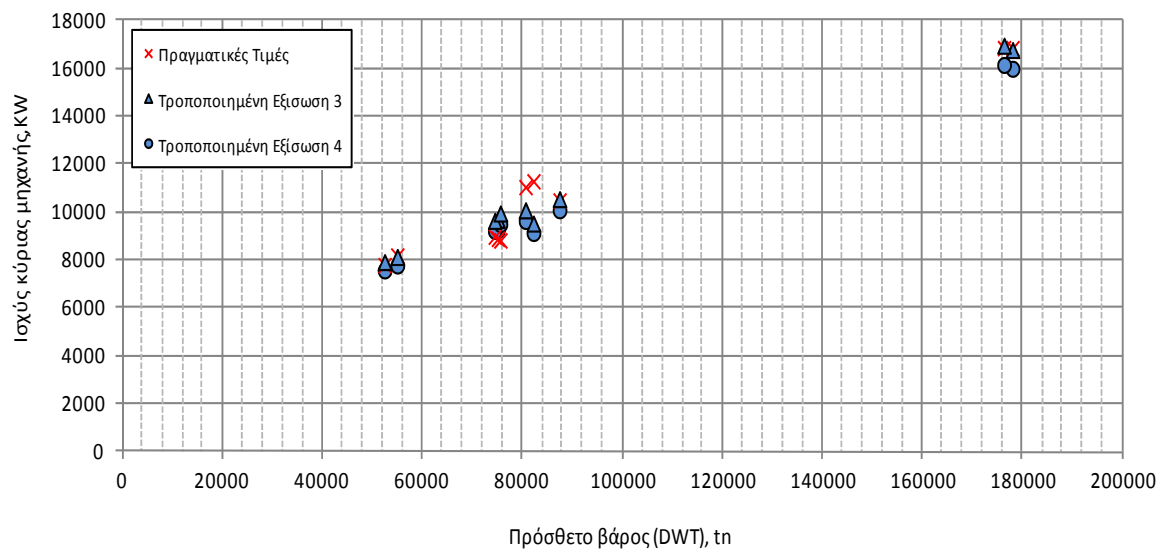
Με τη βοήθεια της εφαρμογής solver του excel, παρατηρήθηκε ότι με κατάλληλη

τροποποίηση των εκθετών των Εξ. 3 και 4, μπορεί να επιτευχθεί ακριβέστερη προσέγγιση των πραγματικών τιμών της εγκατεστημένης ισχύος.

Οι εξισώσεις 3 και 4, με την προαναφερόμενη τροποποίηση, γράφονται ως εξής:

$$P = 0.04 \times V^{2.4} \times DWT^{0.56} \quad (\text{τροποποιημένη Εξ. 3})$$

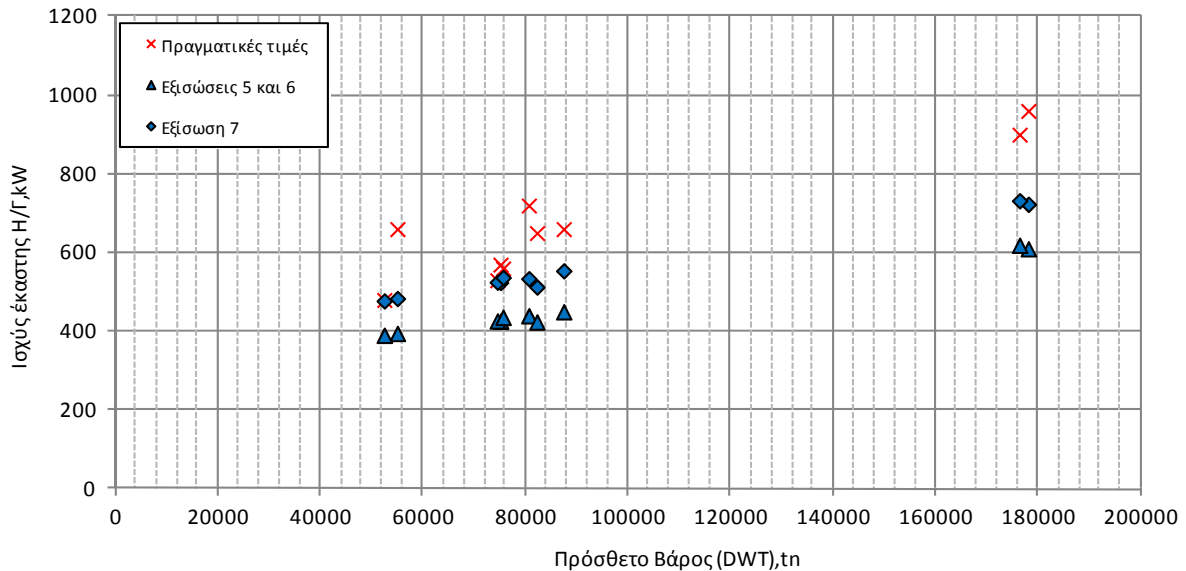
$$P = 0.05 \times V^{2.3} \times DWT^{0.56} \quad (\text{τροποποιημένη Εξ. 4})$$



Σχ. 21. Ισχύς κύριας μηχανής συναρτήσει του πρόσθετου βάρους (DWT) του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω τροποποιημένων Εξ. 3 και 4.

ο **Ισχύς ηλεκτρογεννητριών (H/Γ) ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)**

Στο Σχ. 22 παρουσιάζεται η ισχύς των Ηλεκτρογεννητριών ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, για τη σειρά των πλοίων Bulk Carriers που αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι πραγματικές τιμές της ισχύος των Η/Γ, καθώς και οι υπολογισθείσες τιμές τους, μέσω των προσεγγιστικών εκφράσεων της Ενότητας 2.3, ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους.



Σχ. 22. Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών (H/Γ) συναρτήσει του πρόσθετου βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.

Υπενθυμίζεται ότι οι υπολογισμοί έγιναν με βάση τις παρακάτω εξισώσεις :

$$P_G = 0.015 \times P_{Dm} + 1.6Z + 9\sqrt{Z} + 80 + P_C \text{ (Εξ. 5) ,}$$

$$P_{NG} = \frac{P_G}{\beta} \text{ (Εξ. 6) , με } \beta = 0.80.$$

$P_G = 100 + 0.55P^{0.7}$ (Εξ. 7). Στις τιμές που υπολογίζονται από την Εξ. (7) προστίθεται και η προσαύξηση 25%.

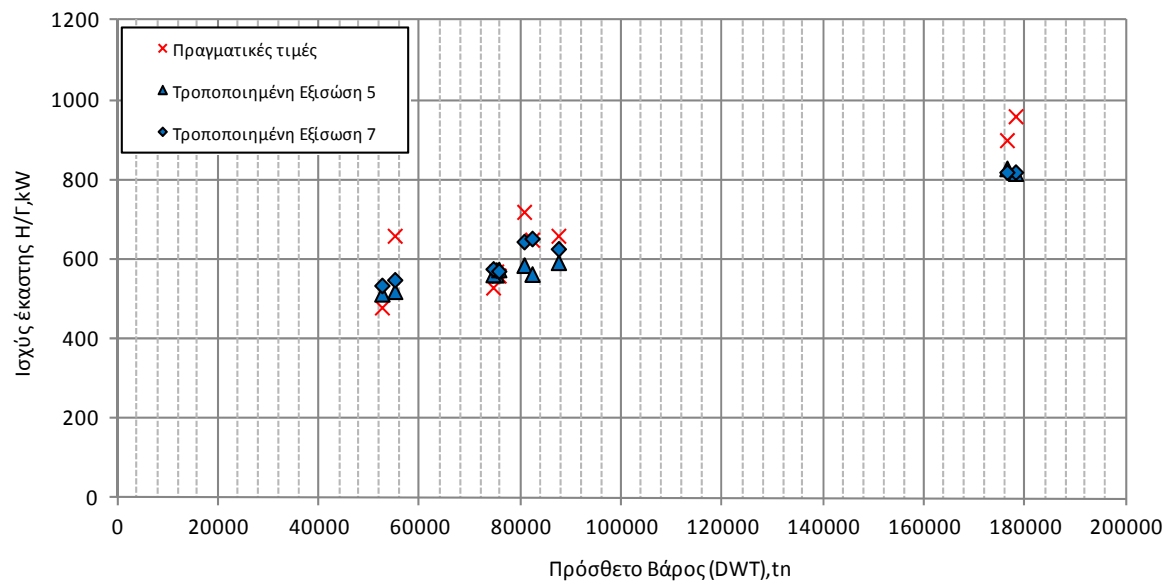
Από το Σχ. 22 προκύπτει ότι και οι δύο προσεγγιστικές σχέσεις υποεκτιμούν την πραγματική εγκατεστημένη ισχύ των ηλεκτρογεννητριών, με εξαίρεση την Εξ. 7 στην περιοχή πλοίων τύπου Panamax (75000÷76000 tons DWT).

Με τη βοήθεια της εφαρμογής solver του excel, παρατηρήθηκε ότι με κατάλληλη τροποποίηση των Εξ. 5 και 7, μπορεί να επιτευχθεί ακριβέστερη προσέγγιση των πραγματικών τιμών της εγκατεστημένης ισχύος κάθε ηλεκτρογεννήτριας.

Οι εξισώσεις 5 και 7, με την προαναφερόμενη τροποποίηση, γράφονται ως εξής:

$P_G = 0.02 \times P_{Dm} + 1.4Z + 8\sqrt{Z} + 80 + P_C$ (τροποποιημένη Εξ. 5). Σημειώνεται ότι η τροποποίηση της Εξ. 5, έγινε λαμβάνοντας υπόψη και την μετέπειτα χρήση της Εξ. 6 για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύος.

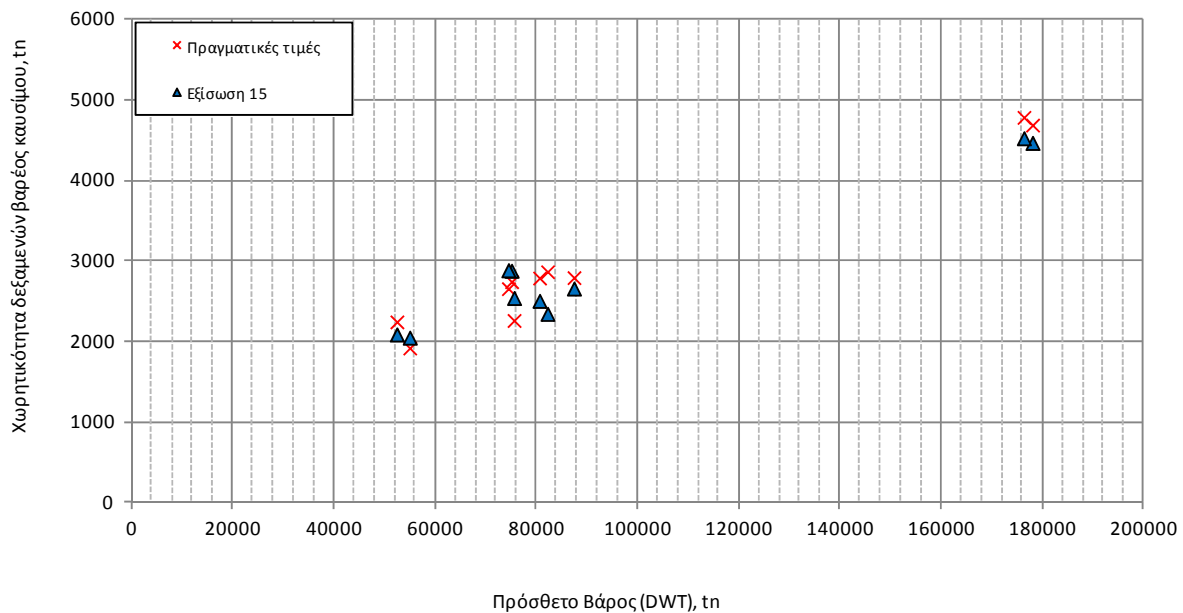
$P_G = 110 + 0.60P^{0.7}$ (τροποποιημένη Εξ. 7). Στις τιμές που υπολογίζονται για την τροποποιημένη Εξ. (7) έχει υπολογιστεί και η προσαύξηση 25%.



Σχ. 23. Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών (Η/Γ) συναρτήσει του πρόσθετου βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω τροποποιημένων Εξ. 5 & 7.

ο *Χωρητικότητα δεξαμενών βαρέος καυσίμου (Heavy Fuel Oil) ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)*

Στο Σχ. 24 παρουσιάζεται η χωρητικότητα των δεξαμενών βαρέος καυσίμου ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, για τη σειρά των πλοίων Bulk Carriers που αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους. Συγκεκριμένα, στο Σχ. 24 παρουσιάζονται οι πραγματικές χωρητικότητες των δεξαμενών βαρέος καυσίμου, καθώς και οι υπολογισθείσες τιμές τους, μέσω των προσεγγιστικών εκφράσεων της Ενότητας 2.6, ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους.



Σχ. 24. Χωρητικότητες δεξαμενών βαρέος καυσίμου συναρτήσει του πρόσθετου βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.

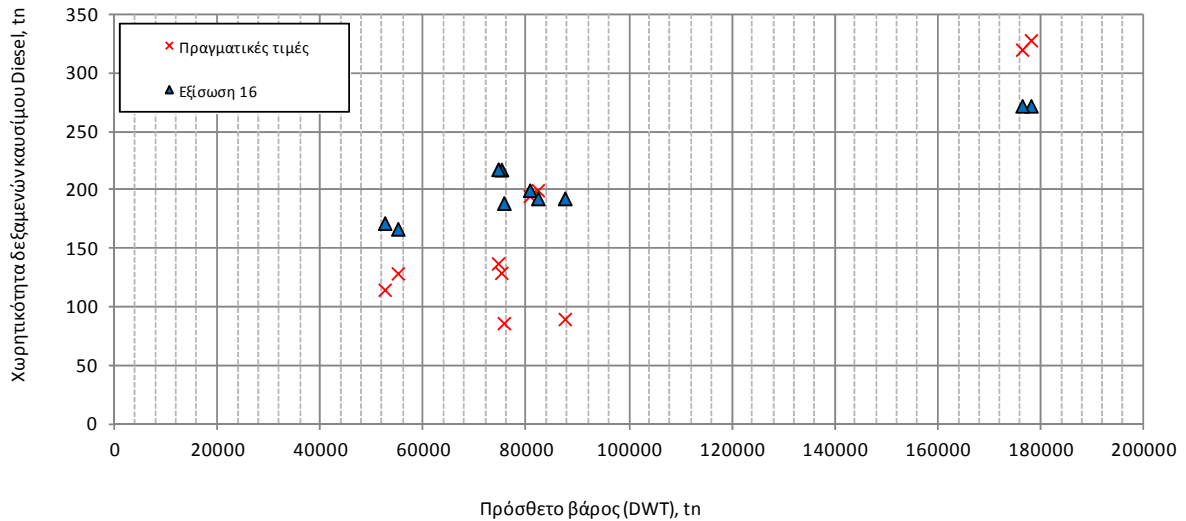
Υπενθυμίζεται ότι οι υπολογισμοί έγιναν με βάση την Εξ. 15:

$$W_{\text{FuelOil}} = (P_b \times b_1 \times t_1) \times C \times 10^{-6}, \text{ όπου η σταθερά } C \text{ λαμβάνεται } 1.2.$$

Από το Σχ. 24 προκύπτει ότι με χρήση της Εξ. 15 μπορεί να εκτιμηθεί αρκετά ικανοποιητικά η χωρητικότητα των δεξαμενών βαρέος καυσίμου.

ο *Χωρητικότητα δεξαμενών καυσίμου Diesel ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)*

Στο Σχ. 25 παρουσιάζεται η χωρητικότητα των δεξαμενών καυσίμου Diesel ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, για τη σειρά των πλοίων Bulk Carriers που αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι πραγματικές χωρητικότητες των δεξαμενών καυσίμου Diesel, καθώς και οι υπολογισθείσες τιμές τους, μέσω των προσεγγιστικών εκφράσεων της Ενότητας 2.6, ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους.



Σχ. 25. Χωρητικότητες δεξαμενών καυσίμου Diesel συναρτήσει του πρόσθετου βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.

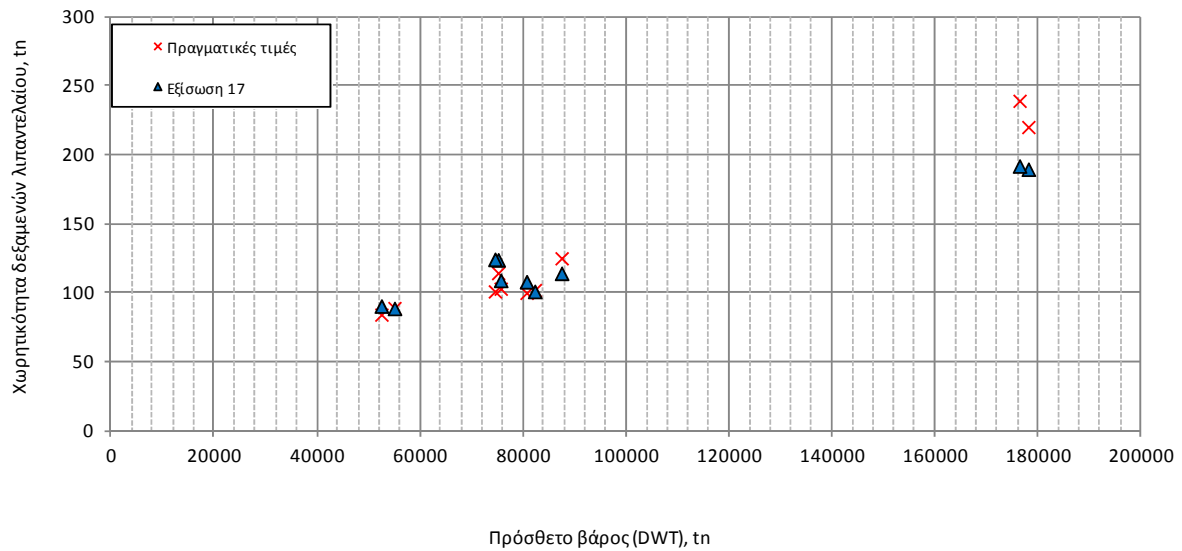
Υπενθυμίζεται ότι οι υπολογισμοί έγιναν με βάση την Εξ. 16:

$$W_{\text{Diesel oil}} = (P_{H/M} \times b_{H/M} \times t_2 / \eta_E) \times C \times 10^{-6} [\text{tn}] \text{ με } C = 1.2.$$

Από το Σχ. 25 προκύπτει ότι οι υπολογιζόμενες τιμές είναι κατά πολύ μεγαλύτερες από τις τιμές των πραγματικών χωρητικοτήτων των δεξαμενών Diesel Oil σε όλες τις κατηγορίες πλοίων εκτός των cape size. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι σύγχρονες γεννήτριες καταναλώνουν ως επί το πλείστον βαρύ καύσιμο (H.F.O.). Με βάση τα πραγματικά στοιχεία από τα πλοία που μελετώνται, παρατηρείται ότι η χωρητικότητα των δεξαμενών Diesel, μπορεί να υπολογιστεί ως ποσοστό 4%÷7% της συνολικής χωρητικότητας των δεξαμενών βαρέος καυσίμου (H.F.O.).

ο Χωρητικότητα δεξαμενών λιπαντελαίου ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)

Στο Σχ. 26 παρουσιάζεται η χωρητικότητα των δεξαμενών λιπαντελαίου ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, για τη σειρά των πλοίων Bulk Carriers που αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους. Συγκεκριμένα, στο Σχ. 26 παρουσιάζονται οι πραγματικές χωρητικότητες των δεξαμενών λιπαντελαίου, καθώς και οι υπολογισθείσες τιμές τους, μέσω των προσεγγιστικών εκφράσεων της Ενότητας 2.6, ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους.



Σχ. 26. Χωρητικότητες δεξαμενών λιπαντελαίου συναρτήσεως του πρόσθετου βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.

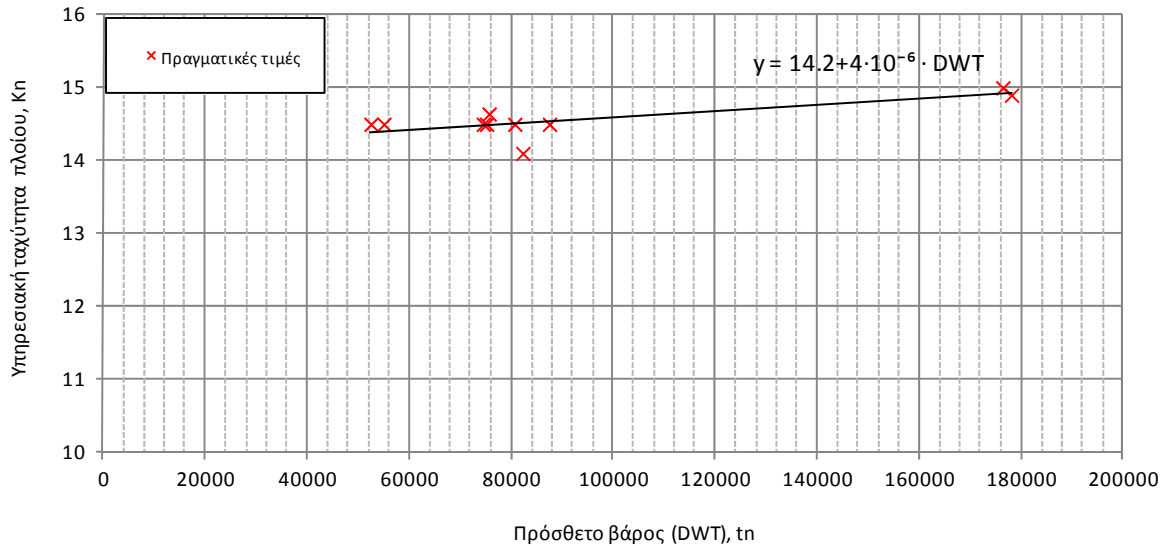
Υπενθυμίζεται οι υπολογισμοί έγιναν με βάση την Εξ.17:

$$W_{\text{Lub Oil}} = 3\div 5\% (W_{\text{Fuel Oil}} + W_{\text{Diesel oil}}).$$

Από το Σχ. 26 προκύπτει ότι με χρήση της Εξ.17 επιτυγχάνεται πολύ καλή προσέγγιση στις κατηγορίες Bulk Carriers μεταξύ 52000÷87000 tons DWT. Στην περίπτωση όμως πλοίων τύπου Cape Size, φαίνεται να υποεκτιμάται η πραγματική χωρητικότητα των δεξαμενών λιπαντελαίου. Με δεδομένο ότι με χρήση της Εξ. 16, υπερεκτιμά την χωρητικότητα των δεξαμενών Diesel, και με βάση την προσέγγιση ότι το βάρος $W_{\text{Diesel oil}}$, μπορεί να υπολογιστεί σαν ένα ποσοστό της τάξης του 4%-7% του βαρέος πετρελαίου, προκύπτει ότι για μια επίκαιρη πραγματική προσέγγιση του βάρους των λιπαντικών, η Εξ. (17), μπορεί να τροποποιηθεί ως εξής: $W_{\text{Lub Oil}} = 3\div 6\% (W_{\text{Fuel Oil}})$, όπου το ποσοστό 5% μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως σε πλοία cape size.

ο Υπηρεσιακή ταχύτητα ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)

Στο Σχ. 27 παρουσιάζεται η υπηρεσιακή ταχύτητα ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, για τη σειρά των πλοίων Bulk Carriers που αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους.



Σχ. 27. Υπηρεσιακή ταχύτητα συναρτήσεως του πρόσθετου βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier.

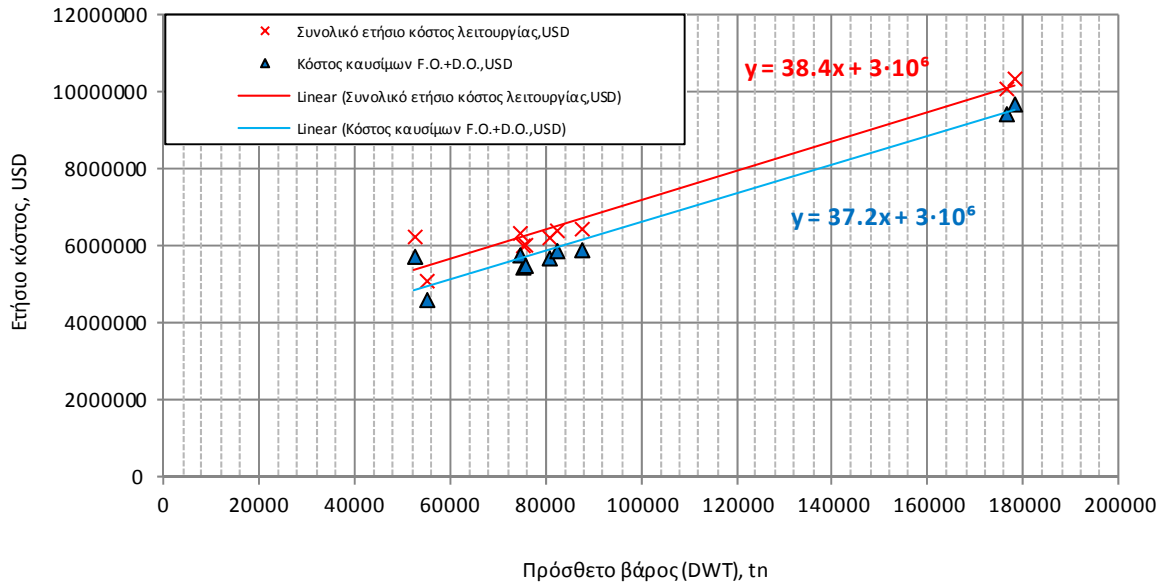
Από το Σχ. 27 προκύπτει ότι ανεξαρτήτως χωρητικότητας του πλοίου, η ταχύτητα υπηρεσίας των σύγχρονων Bulk Carrier είναι μεταξύ 14 και 15 κόμβων, με τις μεγαλύτερες τιμές της ταχύτητας (πλησίον των 15 kn) να αντιστοιχούν σε πλοία τύπου Cape Size. Η ταχύτητα του πλοίου μπορεί να εκτιμηθεί ως συνάρτηση του μικτού βάρους του πλοίου από την ακόλουθη απλή σχέση:

$$V_s = 14.2 + 4 \times 10^{-6} \times DWT$$

όπου DWT το πρόσθετο βάρος του πλοίου σε tons.

ο **Ετήσιο κόστος λειτουργίας και κόστος καυσίμου ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)**

Στο Σχ. 28 παρουσιάζεται το συνολικό κόστος λειτουργίας και κόστος καυσίμου ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, για τη σειρά των πλοίων Bulk Carriers που αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους.



Σχ. 28. Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας και κόστος καυσίμου συναρτήσει του πρόσθετου βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier.

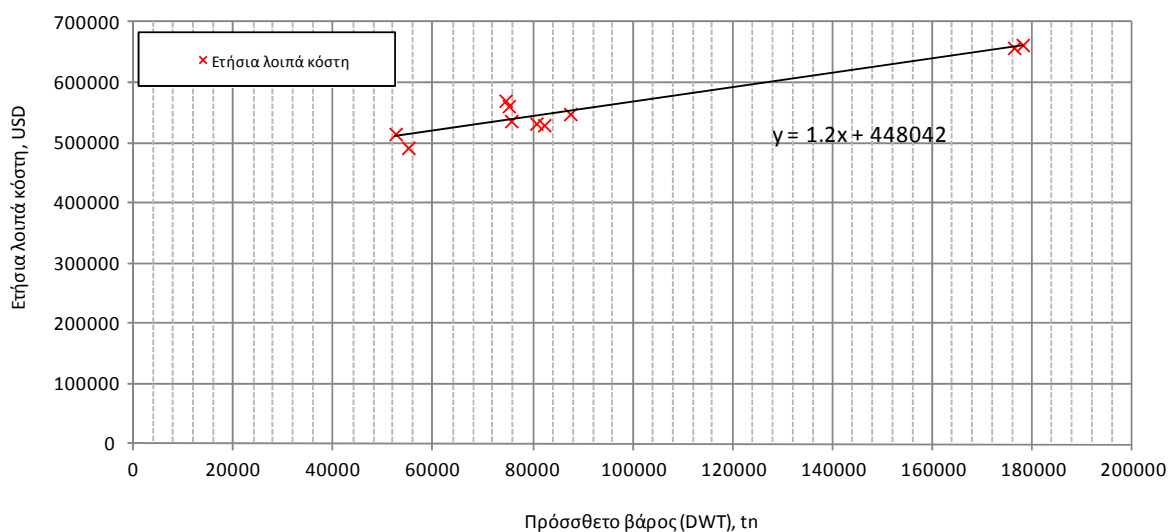
Από το Σχ. 28 προκύπτει ότι το κόστος καυσίμων (F.O.+ D.O.) συνεισφέρει πολύ σημαντικά στο συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας του πλοίου. Με χρήση προσεγγίσεων πρώτου βαθμού, το συνολικό ετήσιο κόστος καυσίμων μπορεί να εκτιμηθεί ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου από τις ακόλουθες σχέσεις :

$$K=3000000+38.4 \times DWT ,$$

$$K_{F.O.+D.O.}=3000000+37.2 \times DWT , \text{ όπου DWT το πρόσθετο βάρος του πλοίου σε tons.}$$

- **Ετήσια συνολικά λοιπά κόστη ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT), μη συμπεριλαμβανομένου του κόστους καυσίμων.**

Στο Σχ. 29 παρουσιάζονται τα ετήσια συνολικά λοιπά κόστη ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, για τη σειρά των πλοίων Bulk Carriers που αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους. Σημειώνεται ότι στα λοιπά κόστη περιλαμβάνονται τα εξής: Κόστος λιπαντικών, κόστος υλικών συντήρησης (ανταλλακτικά μηχανημάτων, χρώματα, χημικά, αναλώσιμα μηχανοστασίου και καταστρώματος, έκτακτες επισκευές), κόστος ασφάλισης, και κόστος υπηρεσιών Νηογωμόνων.



Σχ. 29. Ετήσια συνολικά λοιπά κόστη συναρτήσει του πρόσθετου βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Bulk Carrier.

Από το Σχ. 29 προκύπτει ότι τα λοιπά κόστη είναι μια ασθενώς αύξουσα συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου. Τα ετήσια λοιπά κόστη μπορούν να εκτιμηθούν ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου από την επόμενη σχέση:

$$K_{\text{various}} = 1.2 \times \text{DWT} + 448042, \text{ όπου DWT το μικό βάρος του πλοίου σε tons.}$$

3.6 Συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα των προηγούμενων παραγράφων, τα παρακάτω γενικά συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν:

(α) Σχετικά με την εκτίμηση της μέγιστης ισχύος της Κ.Μ., παρατηρήθηκε ότι, με χρήση των Εξ. 1 και 2, μπορεί να επιτευχθεί ικανοποιητική προσέγγιση της πραγματικής ισχύος της Κ.Μ. για όλες τις κατηγορίες Bulk Carrier.

(β) Οι Εξ. (5)÷(7), οι οποίες χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ισχύος των Η/Γ, δίνουν μία πολύ καλή προσέγγιση στην κατηγορία πλοίων τύπου Panamax (75000÷76000 tons DWT), ενώ, σε όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες, η υπολογιζόμενη ισχύς είναι κατά πολύ χαμηλότερη από την πραγματική εγκατεστημένη ισχύ.

(γ) Με χρήση της Εξ. 15 μπορεί να εκτιμηθεί αρκετά ικανοποιητικά η χωρητικότητα των δεξαμενών βαρέος καυσίμου, ειδικά για μικρού και μεσαίου μεγέθους πλοία. Για την εκτίμηση της χωρητικότητας των δεξαμενών καυσίμου Diesel, η χρήση της Εξ. 16 οδηγεί σε υπερεκτίμηση της αναγκαίας χωρητικότητας των σχετικών δεξαμενών, κυρίως λόγω του ότι σήμερα γίνεται συστηματικά χρήση βαρέος καυσίμου για τη λειτουργία των Η/Γ στα πλοία. Με βάση τα σημερινά δεδομένα το βάρος του καυσίμου Diesel, μπορεί να υπολογιστεί ως ποσοστό της τάξης του 4%-7% του βαρέος πετρελαίου.

(δ) Με χρήση της Εξ. 17 επιτυγχάνεται πολύ καλή προσέγγιση σε Bulk Carrier μεταξύ 52000÷87000 tons DWT. Στην περίπτωση πλοίων τύπου Cape Size, φαίνεται να υποεκτιμάται η πραγματική χωρητικότητα των δεξαμενών λιπαντελαίου.

(ε) Η ταχύτητα υπηρεσίας των σύγχρονων Bulk Carriers κυμαίνεται μεταξύ 14 και 15 κόμβων, με τις μεγαλύτερες τιμές της ταχύτητας (πλησίον των 15 kn) να αντιστοιχούν σε πλοία τύπου Cape Size. Η ταχύτητα του πλοίου μπορεί να εκτιμηθεί ως συνάρτηση του μικτού βάρους του μέσω της σχέσης, $V_s = 14.2 + 4 \times 10^{-6} \times DWT$.

(στ) Το κόστος καυσίμων και λιπαντικών αντιπροσωπεύει το 90-95% του συνολικού ετήσιου λειτουργικού κόστους των σύγχρονων πλοίων. Αναμένεται ότι προϊόντος του χρόνου το ποσοστό αυτό αναμένεται να μειωθεί ελαφρώς λόγω γήρανσης του πλοίου και επακόλουθης αύξησης του σχετικού κόστους συντήρησης.

Η τελευταία παρατήρηση είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς, λόγω των υψηλών τιμών καυσίμων, και συγχρόνως των χαμηλών τιμών των ναύλων την τελευταία τριετία, έχουν υιοθετηθεί από την πλευρά των ναυλωτών (αλλά και των πλοιοκτητών), τάσεις σημαντικής μείωσης της ταχύτητας μεταφοράς (slow-steaming ή low load operation), με κύριο σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και κατ' επέκταση του ετήσιου λειτουργικού κόστους του πλοίου. Προς την κατεύθυνση της μειωμένης κατανάλωσης καυσίμου και της ανάγκης διαχείρισης πλοίων με μειωμένο λειτουργικό κόστος, τα ναυπηγεία έχουν επιδοθεί (ιδιαίτερα τον τελευταίο χρόνο) στη μελέτη και σχεδίαση πλοίων χαμηλής ημερήσιας κατανάλωσης καυσίμου, ανταποκρινόμενα στις ολοένα αυξανόμενες ανάγκες της παγκόσμιας ναυτιλιακής αγοράς για μείωση του συνολικού κόστους μεταφοράς.

4. ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΑ (TANKERS)

4.1 Εισαγωγή

Στο 2^ο μέρος της παρούσας Διπλωματικής εργασίας, γίνεται ανάλυση των χαρακτηριστικών σχεδίασης και λειτουργίας σε δεξαμενόπλοια διαφόρων τύπων και μεγεθών. Αρχικά παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά κάποιου βασικού δεξαμενοπλοίου, δίδεται αντιπροσωπευτικός πίνακας των μηχανών και μηχανημάτων που απαρτίζουν το μηχανοστάσιό του και παρουσιάζονται κατασκευαστικά σχέδια της διάταξης των μηχανημάτων αυτών επί του πλοίου. Γίνεται αρχική εκτίμηση της ισχύος της κύριας μηχανής, πραγματοποιείται κατάρτιση λεπτομερούς Ηλεκτρικού Ισολογισμού και εκτίμηση ηλεκτρικής ισχύος, ακολουθώντας τη διαδικασία που παρουσιάστηκε κατά την ανάλυση πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην, (παράγραφοι 2.3, 2.4). Ακολουθεί παρουσίαση και περιγραφή των κύριων δικτύων του και στη συνέχεια, με εφαρμογή της μεθοδολογίας η οποία αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 2, (παράγραφοι 2.2, 2.5, 2.6, 2.7), παρουσιάζονται συνοπτικοί συγκριτικοί πίνακες καθώς επίσης και πίνακες που αφορούν το κόστος λειτουργίας του. Κατόπιν οι πίνακες αυτοί συμπληρώνονται για μια σειρά δεξαμενοπλοίων, και εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με τα χαρακτηριστικά σχεδίασης και λειτουργίας σύγχρονων δεξαμενοπλοίων. Παρουσιάζεται αρχικά ένα Tanker, κατηγορίας Suezmax, χωρητικότητας 156000 τόνων DWT, κατασκευής 2009.

4.1.1 Συνοπτική παρουσίαση δεξαμενόπλοιου τύπου Suezmax 156000 DWT

Σε αναλογία με όσα προαναφέρθηκαν για τα πλοία τύπου Bulk Carrier, τα κύρια στοιχεία του δεξαμενοπλοίου που εξετάζεται στην παρούσα παράγραφο παρουσιάζονται στον Πίνακα 56:

Ολικό Μήκος (Length overall), L_{OA}	274.5 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L_{BP}	264 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	48 m
Κοίλο (Depth), D	23.7 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T_D	16 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T_S	17 m
Παρειακή ταχύτητα (Service Speed), V_s	15.1 knots / 7.78 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C_b	0.85
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	155881 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	182534 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/ Δ , L/ $\Delta^{1/3}$	5.50-2.82-1.39-0.85-4.65
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	18860 KW / 91 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 6S70 MC-C
Βάρος κύριας μηχανής	555 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	940 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x15.8 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	7.800 m
Ενδιάμεσος άξονας	-
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	-

Πιν. 56. Tanker 156000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

4.1.2 Χαρακτηριστικός κατάλογος μηχανημάτων μηχανοστασίου

Τα κύρια μηχανήματα, τα οποία συνθέτουν το μηχανοστάσιο του πλοίου που εξετάζουμε, συνοψίζονται στον Πίνακα 57 που ακολουθεί.

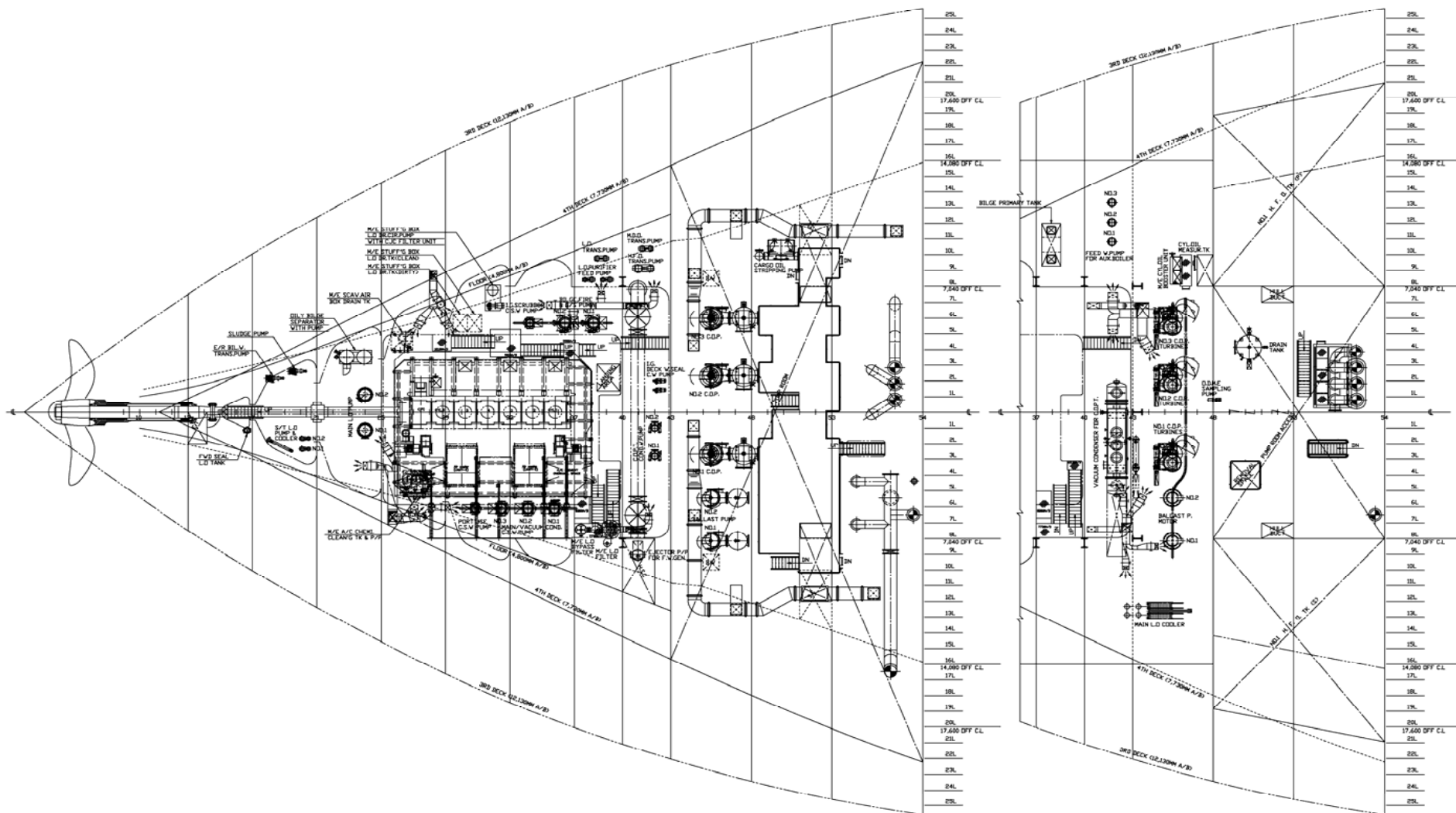
a/a	Μηνήματα	Κατασκευαστής-Τύπος	Κύρια χαρακτηριστικά	Αριθμός
1	Κύρια μηχανή	MAN 6S70MC-C	MCR 18660kW x 91 RPM	1
2	Αντλία θαλασσινού νερού ψύξης	Motor driven vertical centrifugal	660m ³ /h x 25m/70kW x 175 RPM	2
3	Ανεμιστήρες συστήματος αδρανούς αερίου	Motor driven centrifugal single speed	13150m ³ /h	2
4	Αντλία φορτίου	V.C.Single stage,steam turbine	3500m ³ /h x 135m	3
5	Αντλία αποστραγγίσεως φορτίου	Vertical steam turbine reciprocating	350m ³ /h x 135m	1
6	Τζιφάρι αποστραγγ. φορτίου		450m ³ /h x 30m	2
7	Αντλίες ερματισμού	Motor driven vertical centrifugal	2000m ³ /h x 30m	2
8	Τζιφάρι αποστραγγ. έρματος		200m ³ /h x 20m	1
9	Κύρια αντλία συμπκνωτή (ψυγείου) ψύξης θαλασ. νερού	Motor driven vertical centrifugal	500/755m ³ /h x 30/9m	3
10	Αντλία ψύξης νερού πλυντρίδας	Motor driven vertical centrifugal	210m ³ /h x 40m	1
11	Αντλία αναρρόφησης γλυκού νερού	Motor driven centrifugal	70m ³ /h x 38m	1
12	Αντλία καταλοίπων	M.D.H. MONO	5m ³ /h x 0.40Mpa	1
13	Αντλία σεντινών & γενικής χρήσης	Motor driven vertical centrifugal/Self priming	210/250m ³ /h x 90/40m	2
14	Αντλία πυρκαγιάς ασφαλείας	Motor driven vertical centrifugal/Self priming	72m ³ /h x 90m	1
15	Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού	Auto oil disch. High oil content alarm	5m ³ /h x 15ppm	1
16	Αντλία σεντινών		5m ³ /h x 0.3Mpa	1
17	Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης	Motor driven vertical centrifugal deepwell	410m ³ /h x 50m	2
18	Αντλία λίπανσης χοάνης ελικοφ. άξονα	Motor driven horizontal Gear	0.6m ³ x 0.25Mpa	2
19	Ψυγείο λίπανσης χοάνης ελικοφ. άξονα	Horizontal, tubular	About 2000 Kcal/h	1
20	Αντλία τροφοδοσίας διαχωριστ. Λαδιού λιπ.	Motor driven horizontal Gear	4.0m ³ /h x 0.3 Mpa	2
21	Θερμαντήρας διαχωριστήρα λαδιού λίπανσης	Horizontal tubular,Steam heated	3.15m ³ /h	2
22	Θερμαντήρας διαχωριστήρα πετρελαίου	Horizontal tubular,Steam heated	3.9m ³ /h	2
23	Θερμαντήρας καθαρισμού δεξαμενών	Shell & tube, horizontal	180m ³ /h	
24	Αντλία μετάγγισης ελαίου λίπανσης	Motor driven horizontal Gear	10m ³ /h x 0.4Mpa	1
25	Αντλία χημικού καθαρισμού	Motor driven horizontal Gear	2m ³ /h x 0,30 Mpa	1
26	Αντλία μετάγγισης Diesel	Motor driven horizontal Gear	10m ³ /hx0.4Mpa	1
2	Αντλία μετάγγισης πετρελαίου (μαζούτ)	Motor driven horizontal Screw	5.75m ³ /h x 0.45Mpa	2
28	Κύριος αεροσυμπιεστής εκκίνησης	M.D.2-Stage f.w. cooled	240m ³ /h x 3.0Mpa	2
29	Βοηθ. αεροσυμπιεστής εκκίνησης	M.D.2-Stage air cooled	180m ³ /h x 0.7Mpa	2
30	Μονάδα παραγωγής γλυκού νερού	Single stage	30 tons/day	1
31	Ξηραντήρας αέρα	Refrigerating	125 Nm ³ /h	1
32	Κύριο ψυγείο λαδιού λίπανσης	Plate cooler		1
33	Φίλτρο λαδιού λίπανσης	Auto back flashing	410m ³ /h	2
34	Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων		180000kcal/h	1
35	Κύριες αντλίες νερού ψύξης χιτωνίων	Motor driven vertical centrifugal	165m ³ /h x 30m	2
36	Αεροσυμπιεστής εκκίνησης ανάγκης	M.D.2-Stage air cooled	38m ³ /hx3.0Mpa	1
37	Αεροσυμπιεστής ελέγχου αέρος	Vertical cylindrical	1.5m ³ x 0.7Mpa	
38	Ηλεκτρογεννήτριες	YANMAR 6N21AL-GV	940 kW x 990 RPM	3
39	Εναλλάκτης θερμότητας γλυκού νερού κεντρ. συστήμ. ψύξης	Plate type	6.036.770kcal/h	2

a/a	Μηχανήματα	Κατασκευαστής-Τύπος	Κόρια χαρακτηριστικά	Αριθμός
40	Αντλία ψύξης νερού χαμηλής θερμοκρασίας	Motor driven vertical centrifugal	410m ³ /h x 35m	3
41	Αντλία κυκλοφορίας πετρελαίου κύριας μηχανής	M.D.H.Screw	10.3 m ³ /h x 0.65Mpa	2
42	Αντλία μετάγγισης πετρελαίου ηλεκτρογεννητριών	M.D.H.Screw	1.36m ³ /h x 0.4Mpa	2
43	Αντλία καθαρισμού Diesel ηλεκτρογεννητριών	Air motor driven	0.68m ³ /h x 0.6Mpa	1
44	Θερμαντήρες καυσίμου κύριας μηχανής	Horiz. Tubular steam heated	168 kW	2
45	Ρυθμιστής ιξώδους καυσίμου κ. μηχανής	Automatic	10.3m ³ /h	1
46	Θερμαντήρες καυσίμου ηλεκτογεννητριών	Horiz. Tubular steam heated	32 kW	2
47	Ρυθμιστής ιξώδους καυσίμου ηλεκτρογ/ων	Automatic	2.7m ³ /h	1
49	Διαχωριστήρας Πετρελαίου	Auto self cleaning	3900L/h (600cst /50C)	2
50	Διαχωριστήρας λαδιού λίπανσης	Auto self cleaning	3150L/h	2
51	Χοντρά φίλτρα πετρελαίου κ.μηχανής	Auto back flashing	5.75m ³ /h	1
52	Χοντρά φίλτρα πετρελαίου ηλεκτρ/νων	Auto back flashing	1.36m ³ /h	1
53	Αποστειρωτής πόσιμου νερού	Ultraviolet	1410 ltrs/h	1
54	Φίλτρο αποσκλήρυνσης νερού	Jowa F-150		1
55	Θερμαντήρας	Nantong -China	1m ³ /tank 300ltrs	1
56	Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού	Motor driven horizontal	1m ³ /h x 5m	1
57	Μονάδα επεξεργασίας λυμάτων	Biological type/vacuum device combined	40 persons/day	1
58	Αντλία γλυκού νερού	Vertical centrifugal	8m ³ /h x 60m	2
59	Εξαερισμός χώρου διαχωριστήρων	Motor driven axial flow	500m ³ /min	1
60	Αποτεφρωτής απορριπτόμενων πετρελαιοειδών	Sludge/waste oil & solid waste burning	730,000Kcal/h	1
61	Μονάδα εξαερισμού μηχανοστασίου	Motor driven axial flow		4
62	Λέβητας πετρελαίου	Vertical,water tube	35000kg/h	2
63	Θερμαντήρας πετρελαίου λέβητα	Horiz. Tubular steam heated	5.7m ³ /h	
64	Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα	Motor driven H.C.	43.6m ³ /h x 235m	3
65	Αντλία κυκλοφορίας νερού λέβητα	Motor driven H.C.	16m ³ /h x 35m	2
66	Αντλία τροφοδοσίας πετρελαίου λέβητα	Motor driven H.C. screw	7.97m ³ /h x 2.5Mpa	2
67	Αντλία παροχής χημικών λέβητα		2.5m ³ /h	2
68	Συμπυκνωτής	Με ψύξη θαλασ. νερού	3889780 Kcal/h	1
69	Οικονομητήρας καυσαερίων	Forced circulating	1800 kg/h x 0.7 Mpa	1
70	Σύστημα προστασίας ρύπανσης γάστρας	Ionizing anode type		1
71	Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων ηλεκτρογενν.	Electric type heater		1

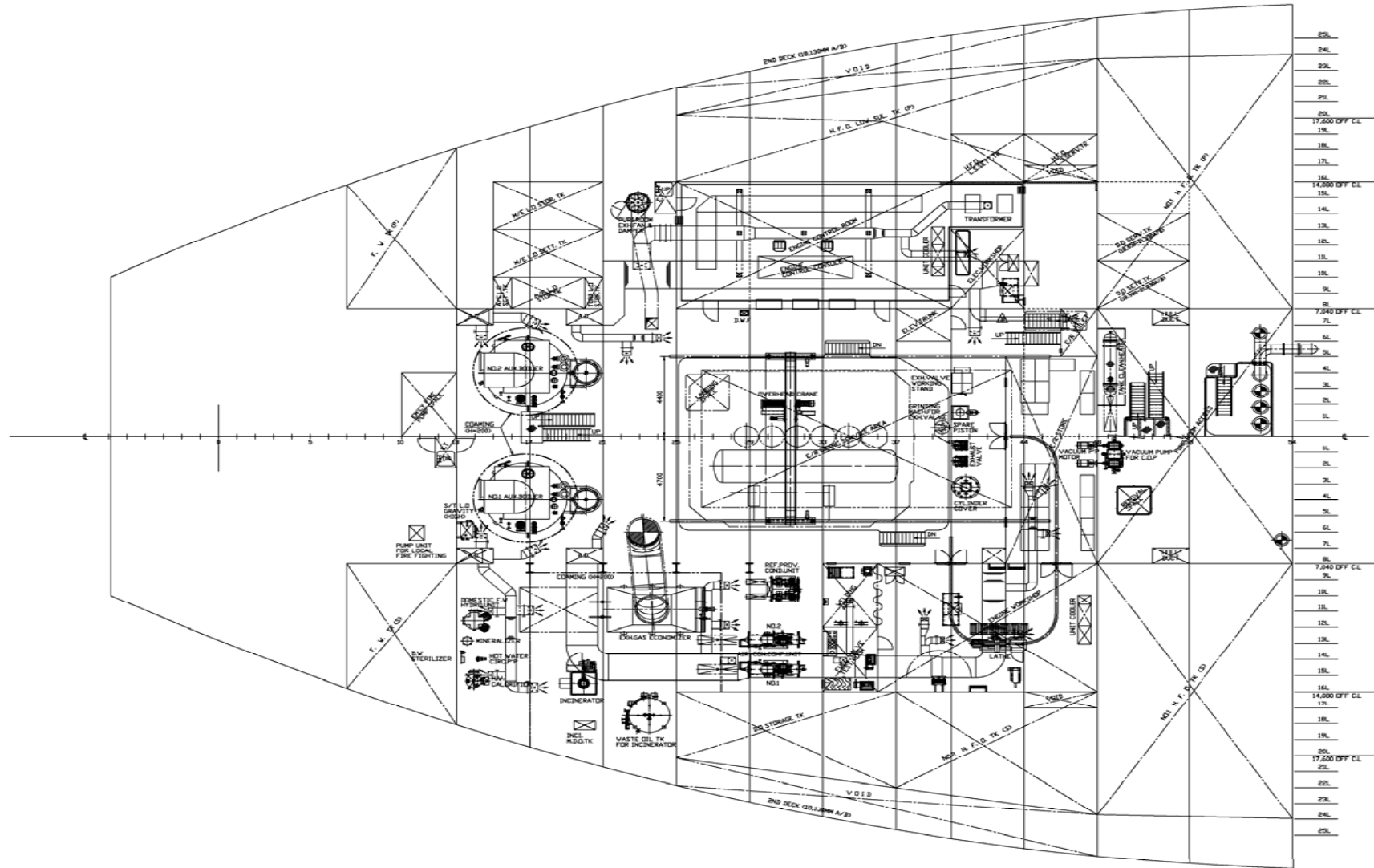
Πιν. 57. Tanker 156000 tons DWT: Κατάλογος μηχανημάτων μηχανοστασίου.

4.1.3 Διάταξη μηχανών και μηχανημάτων

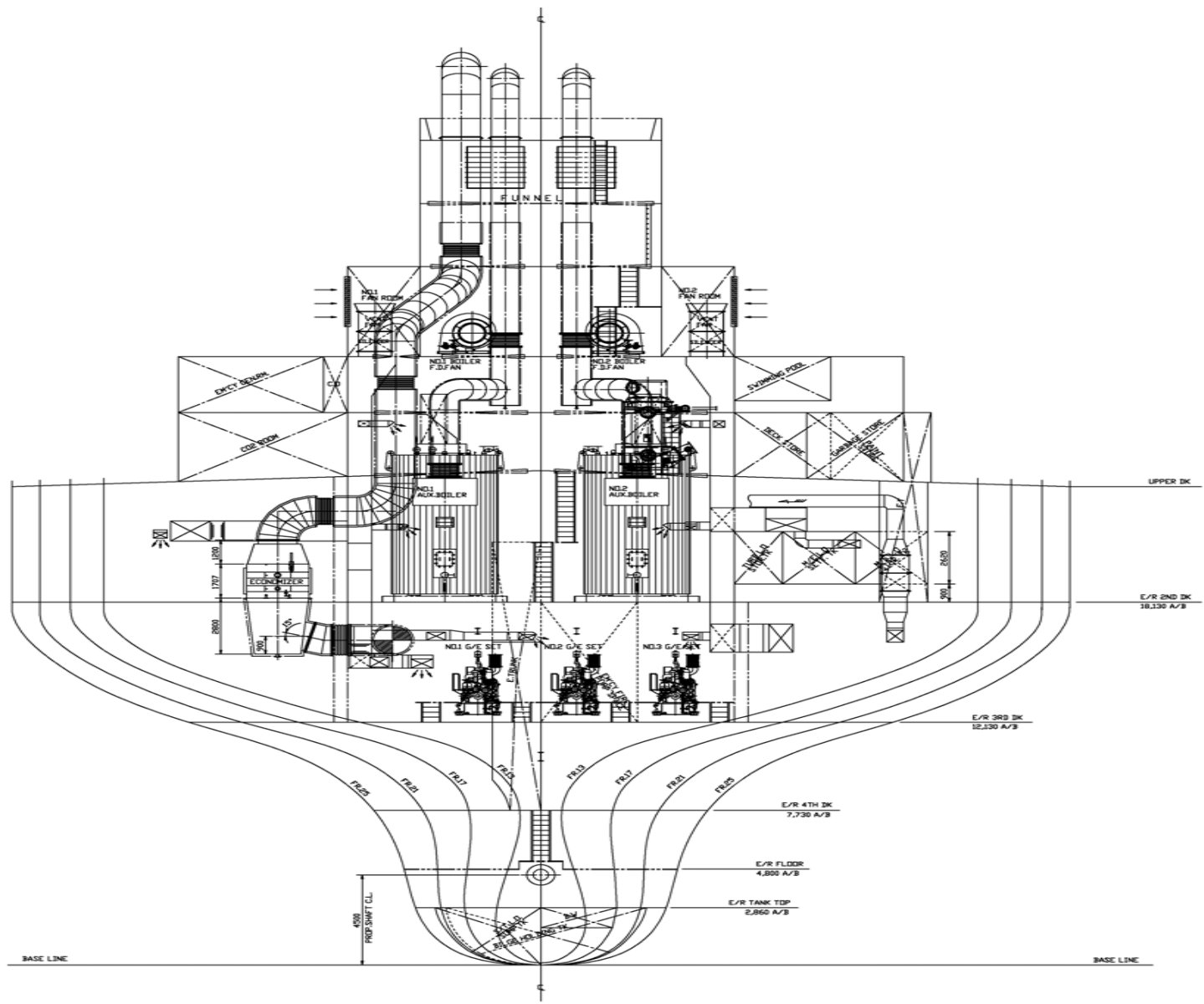
Στα Σχ. 30-36 παρακάτω παρουσιάζονται σχεδιαστικές λεπτομέρειες στην περιοχή του μηχανοστασίου ενός σύγχρονου δεξαμενοπλοίου (Tanker). Συγκεκριμένα, απεικονίζεται η διάταξη των μηχανών και μηχανημάτων του Πιν. 57, καθώς και η διάταξη των δεξαμενών καυσίμων και λιπαντικών σε διαφορετικές όψεις του μηχανοστασίου του υπό μελέτη πλοίου.



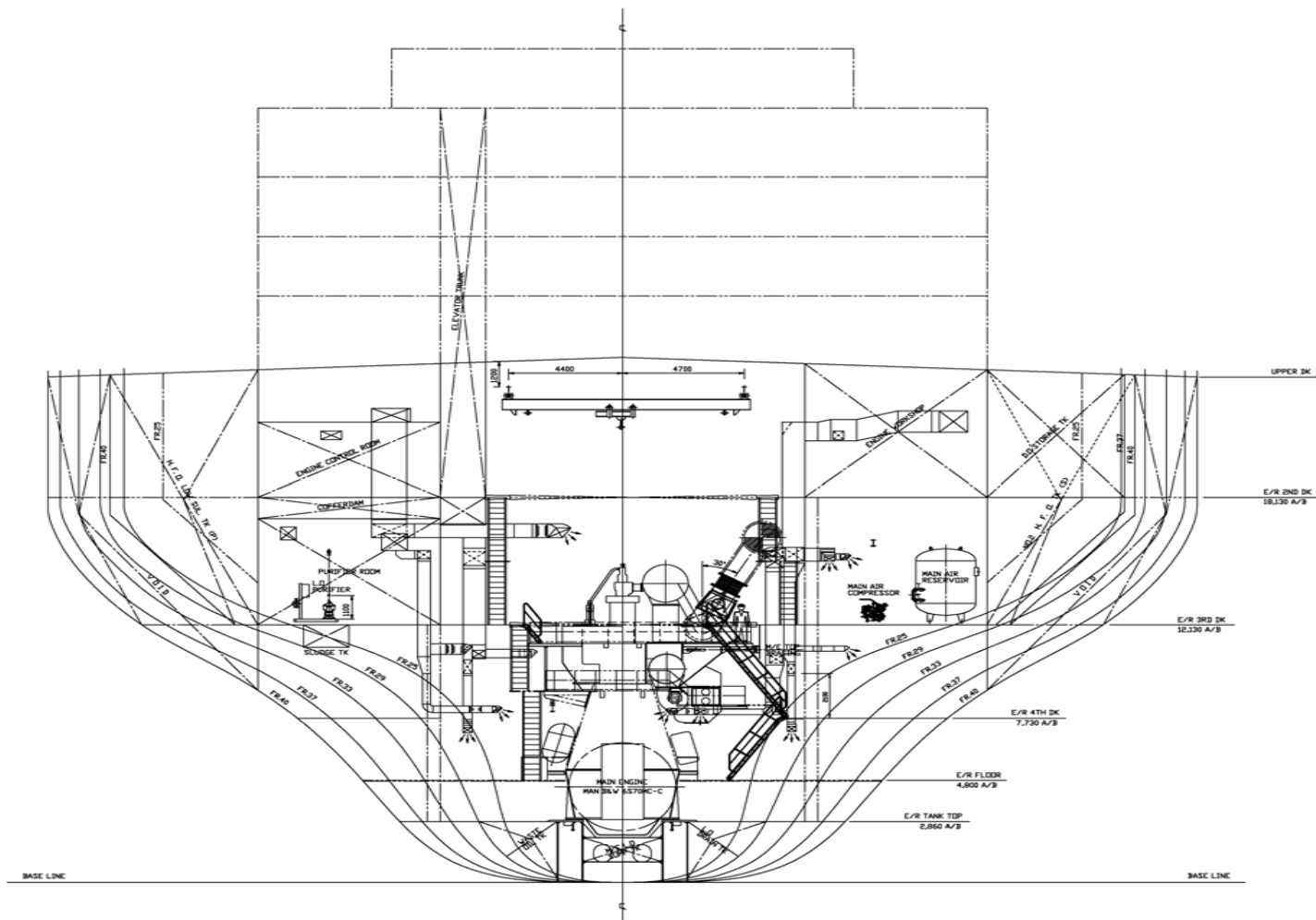
Σχ. 31. Tanker 156000 tons DWT: Κάτοψη μηχανοστασίου στο 4^ο επίπεδο (4th platform).



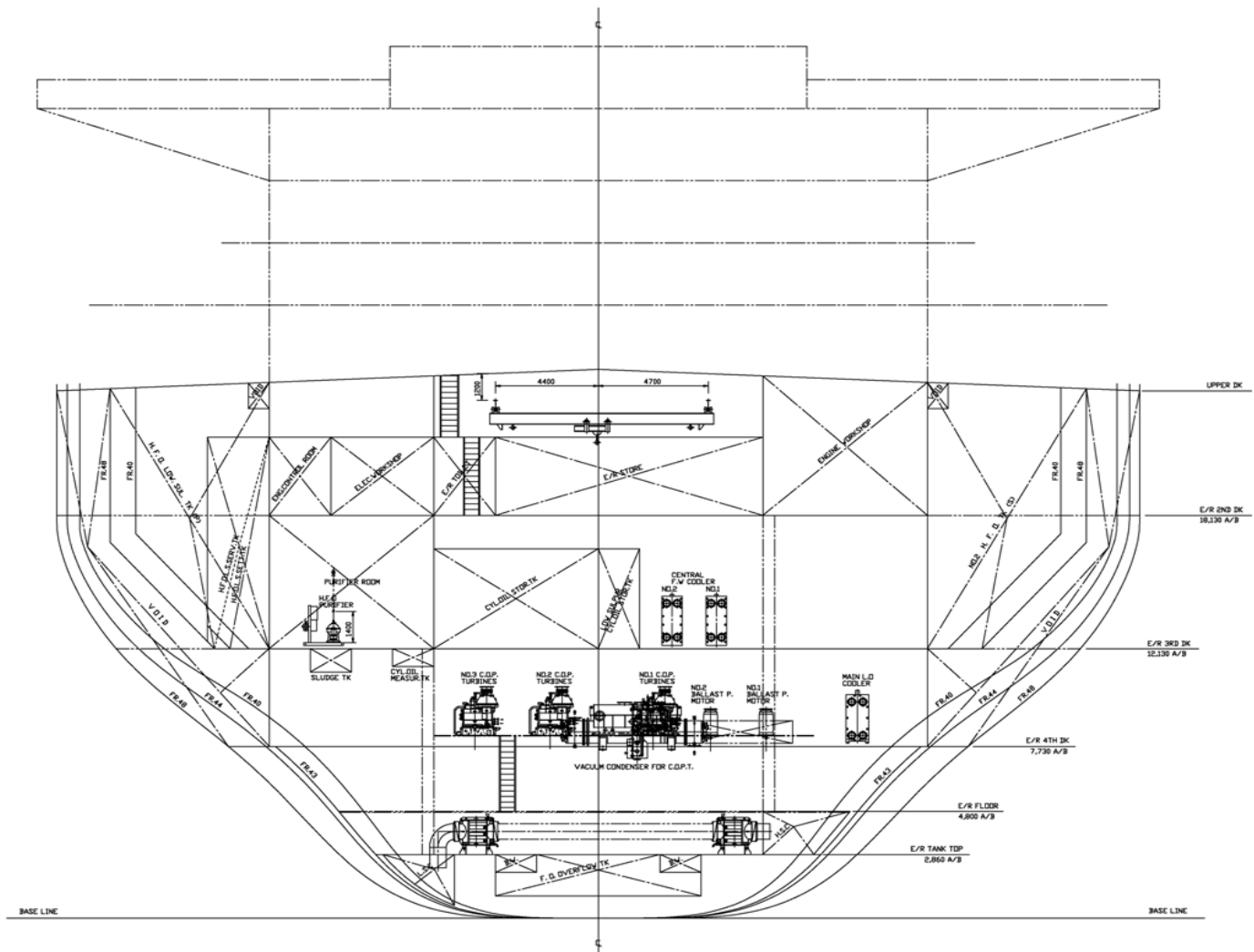
Σχ. 33. Tanker 156000 tons DWT: Κάτοψη μηχανοστασίου στο 2^ο επίπεδο (2nd platform).



Σχ. 34. Tanker 156000 tons DWT: Προμηναία τομή μηχανοστασίου.



Σχ. 35. Tanker 156000 tons DWT: Ενδιάμεση τομή μηχανοστασίου.



Σχ. 36. Tanker 156000 tons DWT: Πρωραία τομή μηχανοστασίου.

4.2 Εκτίμηση ισχύος Κύριας Μηχανής

Με εφαρμογή των Εξ. (1)÷(4) προκύπτουν τα εξής:

Εξ. (1)÷(2):

$$C_N = 95.84$$

$$P = 15733.73 \text{ kW}$$

Εξ. (3):

$$P = 20723.8 \text{ kW}$$

Εξ. (4):

$$P = 17496.5 \text{ kW}$$

Διαπιστώνεται ότι με χρήση της Εξ. (4) γίνεται καλύτερη εκτίμηση της ισχύος της Κύριας Μηχανής του πλοίου που εξετάζεται. Για λόγους όμως ομοιογένειας των υπολογισμών, για τους υπολογισμούς των επόμενων παραγράφων, θα χρησιμοποιηθεί η τιμή της ισχύος που προκύπτει από τις Εξ. (1)÷(2)

4.3 Είδος και αριθμός κύριων και βοηθητικών καταναλωτών ηλεκτρικής ισχύος. Ηλεκτρικός ισολογισμός.

Στην παρούσα παράγραφο παρουσιάζεται ο λεπτομερής ηλεκτρικός ισολογισμός, για τις παρακάτω καταστάσεις λειτουργίας του πλοίου:

- Κανονικής πορείας
- Χειρισμών
- Εν όρμω
- Φόρτωσης
- Εκφόρτωσης

Για την ευκολότερη κατανόηση των υπολογισμών που ακολουθούν, τα διάφορα μηχανήματα-καταναλωτές του υπό εξέταση πλοίου χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Βοηθητικά πρόωσης (M/E auxiliaries)
- Βοηθητικά μηχανοστασίου (E/R auxiliaries)
- Μηχανουργείο μηχανοστασίου (Engine room workshop)
- Κλιματισμός μηχανοστασίου & μονάδες ψύξης ψυγείων (E/R Air Condition & Prov. Refeer plant)
- Μηχανήματα καταστρώματος (Deck Machinery)
- Συστήματα εξαερισμού (Ventilation systems)
- Συσκευές ενδιάιτησης (Galley and laundry)

- Φωτισμός (Lighting)

Κατά την κατάστροση του ηλεκτρικού ισολογισμού, ο βαθμός αποδόσεως των καταναλωτών η (efficiency of motor load), και ο αντίστοιχος συντελεστής λειτουργίας f_s , λαμβάνονται ανάλογα με το ονομαστικό φορτίο (output load) σύμφωνα με τον αναλυτικό ηλεκτρικό ισολογισμό του Ναυπηγείου στο οποίο ναυπηγήθηκε το δεξαμενόπλοιο που εξετάζουμε , [Electric load analysis/Jiangsu Rongsheng Heavy Industries Co/China].

Ο ηλεκτρικός ισολογισμός του πλοίου, καθώς επίσης και ο αντίστοιχος σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης (emergency), παρουσιάζονται στους Πίν. 58 και 59 παρακάτω

**ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΣ
POWER CONSUMPTION CALCULATION**

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	η	N	Όνομαστική Ισχύς			Καν. Πορείας			Χειρισμών			Εν όρμω			Εκφόρτωσης			Φόρτωσης		
			Ρον.αποδ.		Ρον.απορ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.
			PS	KW	KW			KW			KW			KW			KW			KW
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Βοηθητικά Πρόωσης																				
Κύρια αντλία λαδιού λίπανσης	0.952	2	179.35	132.0	138.66	1	0.80	110.92	1	0.65	90.13	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Τροφοδοτική αντλία λίπανσης κυλ. κ.μηχ.	0.78	2	2.99	2.2	2.82	1	0.80	2.26	1	0.80	2.26	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία θαλ.νερού ψύξης (εν όρμω χρήση)	0.922	1	61.14	45.00	48.81	1	0.00	0.00	1	0.82	40.02	1	0.60	0.82	1	0.82	40.02	1	0.82	40.02
Αντλία γλυκού νερού ψύξης χαμ.θερμοκρ.	0.934	2	88.32	65.00	69.59	1	0.82	57.07	2	0.82	114.13	1	0.82	57.07	1	0.82	57.07	1	0.82	57.07
Αντλία ψύξης νερού χιτωνίων κ. Μηχανής	0.904	2	35.33	26.00	28.76	1	0.75	21.57	0	0.00	0.00	1	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου κ.μηχ.	0.84	2	8.97	6.60	7.86	1	0.75	5.89	1	0.75	5.89	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία παροχής πετρελαίου κ.μηχ.	0.82	2	3.53	2.60	3.17	1	0.65	2.06	1	0.65	2.06	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία λίπανσης υπερπληρωτή κ.μηχ.	0.877	2	8.56	6.30	7.18	1	0.75	5.39	1	0.75	5.39	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Βοηθητικός ανεμιστήρας αέρα κ.μηχανής	0.91	2	101.90	75.00	82.42	0	0.00	0.00	2	0.75	123.63	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Μηχανισμός πηδαλιού	0.93	2	122.28	90.00	96.77	1	0.25	24.19	2	0.25	48.39	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία μηχανισμού πηδαλιού	0.763	2	1.02	0.75	0.98	1	0.80	0.79	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
ΣΥΝΟΛΑ								230.14			431.89			57.89			97.09			97.09
Βοηθητικά σκάφους-μηχανοστασίου																				
Αντλία λίπανσης χοάνης ελικ. Άξονα	0.763	2	1.02	0.75	0.98	1	0.65	0.64	1	0.65	0.64	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία μετάγγισης πετρελαίου	0.875	1	14.95	11.00	12.57	1	0.60	7.54	1	0.60	7.54	1	0.60	7.54	1	0.60	7.54	1	0.60	7.54
Αντλία καταλοίπων πετρελαίου	0.78	1	2.99	2.20	2.82	1	0.80	2.26	1	0.80	2.26	1	0.80	2.26	1	0.80	2.26	1	0.80	2.26
Αντλία μετάγγισης νήζελ	0.8	1	5.03	3.70	4.63	1	0.50	2.31	1	0.50	2.31	1	0.50	2.31	1	0.50	2.31	1	0.50	2.31
Διαχωριστήρας ακάθαρτου νερού	0.8	1	2.31	1.70	2.13	1	0.70	1.49	1	0.70	1.49	1	0.70	1.49	1	0.70	1.49	1	0.70	1.49
Αντλία μετάγγισης ελαίου λίπανσης	0.8	1	5.03	3.70	4.63	1	0.50	2.31	1	0.50	2.31	1	0.50	2.31	1	0.50	2.31	1	0.50	2.31
Αντλία σεντινών	0.74	1	2.04	1.5	2.03	1	0.50	1.01	1	0.50	1.01	1	0.50	1.01	1	0.50	1.01	1	0.50	1.01
Αντλία πόσιμου νερού	0.86	2	10.19	7.50	8.72	1	0.70	6.10	1	0.70	6.10	1	0.70	6.10	1	0.70	6.10	1	0.70	6.10
Αντλία κυκλοφορίας θερμού νερού	0.697	1	0.54	0.40	0.57	1	0.40	0.23	1	0.40	0.23	1	0.40	0.23	1	0.40	0.23	1	0.40	0.23
Αντλία σεντινών & γενικής χρήσης	0.946	2	149.46	110.0	116.28	1	0.74	86.05	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία ερματισμού	0.94	2	312.50	230	244.68	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	2	0.82	401.28	2	0.82	401.28
Κύρια αντλία ψύξης συμπυκνώματος θ.ν.	0.943	3	95.11	70	74.23	2	0.88	130.65	2	0.88	130.65	0	0.88	0.00	1	0.88	65.32	1	0.88	65.32
Διαχωριστήρας πετρελαίου	0.92	2	14.95	11.00	11.96	1	0.74	8.85	1	0.74	8.85	1	0.74	8.85	1	0.74	8.85	1	0.74	8.85
Διαχωριστήρας ελαίου λίπανσης	0.877	2	8.70	6.40	7.30	1	0.76	5.55	1	0.76	5.55	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Κύριος αεροσυμπιεστή εκκίνησης	0.94	2	70.65	52.00	55.32	1	0.78	43.15	2	0.78	86.30	1	0.78	43.15	1	0.78	43.15	1	0.78	43.15
Βοηθητικός αεροσυμπιεστής	0.93	1	36.68	27.00	29.03	1	0.73	21.19	0	0.00	0.00	1	0.73	21.19	1	0.73	21.19	1	0.73	21.19
Αεροσυμπιεστής αυτοματισμού	0.93	1	36.68	27.00	29.03	1	0.73	21.19	1	0.73	21.19	1	0.73	21.19	1	0.73	21.19	1	0.73	21.19
Αντλία τροφοδοσίας διαχ/στήρα πετρ.	0.74	2	2.04	1.50	2.03	1	0.60	1.22	1	0.60	1.22	1	0.60	1.22	1	0.60	1.22	1	0.60	1.22
Αντλία τροφοδοσίας διαχ/στήρα λαδιού	0.74	2	2.04	1.50	2.03	1	0.60	1.22	1	0.60	1.22	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Προθερμαντήρας νερού χιτωνίων ηλεκτρ.	1.00	2	18.34	13.50	13.50	1	0.80	10.80	1	0.80	10.80	1	0.80	10.80	1	0.80	10.80	1	0.80	10.80

Πίν. 58. Tanker 156000 tons DWT: Λεπτομερής ηλεκτρικός ισολογισμός για τις καταστάσεις κανονικής πορείας, χειρισμών, εν όρμω, εκφόρτωσης και φόρτωσης. Σελ 1/3

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	η	N	Ονομαστική Ισχύς			Καν. Πορείας			Χειρισμών			Εν όρμω			Εκφόρτωσης			Φόρτωσης		
			Ρον.αποδ.	Ρον.απορ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	
			PS	KW	KW		KW		KW		KW		KW		KW		KW		KW	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Αντλία κυκλοφ. προθερμαντ.νερού χιτων.	0.76	1	0.00	0.00	0.00	1	0.80	0.00	1	0.80	0.00	1	0.80	0.00	1	0.80	0.00	1	0.80	0.00
Αντλία προλίπανσης ηλεκτρογεννητριων	0.75	3	1.02	0.75	1.00	2	0.80	1.60	1	0.80	0.80	2	0.80	1.60	1	0.80	0.80	1	0.80	0.80
Αντλία μετάγγισης πετρελαίου γεννητρ.	0.73	2	0.90	0.66	0.90	1	0.50	0.45	1	0.50	0.45	1	0.50	0.45	1	0.50	0.45	1	0.50	0.45
Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου γεννητρ.	0.8	2	2.45	1.80	2.25	1	0.80	1.80	1	0.80	1.80	1	0.80	1.80	1	0.80	1.80	1	0.00	0.00
Αντλία ψύξης θαλ. νερού πλυντρίδας α.α.	0.917	1	44.84	33.00	35.99	1	0.85	30.59	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1	0.85	30.59	0	0.00	0.00
Αντλία κυκλοφορίας νερού λέβητα καυσ.	0.87	1	6.25	4.60	5.29	1	0.60	3.17	1	0.60	3.17	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Ξηραντήρας αέρα	0.9	1	1.09	0.80	0.89	1	0.80	0.71	1	0.80	0.71	1	0.80	0.71	1	0.80	0.71	1	0.00	0.00
Μονάδα κ εξαμενή επεξεργασίας λυμάτων	0.879	1	11.41	8.40	9.56	1	0.80	7.65	1	0.80	7.65	1	0.80	7.65	1	0.80	7.65	1	0.80	7.65
Αντλία τροφ. θαλασσ.νερού αποστακτήρα	0.92	1	29.08	21.40	23.26	1	0.70	16.28	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία συμπηκνώματος νερού αποστ/ξεως	0.763	1	1.02	0.75	0.98	1	0.60	0.59	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αποτεφρωτήρας	0.92	1	36.68	27.00	29.35	1	0.80	23.48	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία τροφοδοσίας χημικών ψυγείου κ.μ.	0.78	1	2.04	1.50	1.92	1	0.54	1.04	1	0.54	1.04	1	0.54	1.04	1	0.54	1.04	1	0.54	1.04
Τροφοδοτική αντλία πετρελαίου λέβητα	0.879	2	12.23	9.00	10.24	1	0.67	6.86	1	0.67	6.86	1	0.80	8.19	0	0.00	0.00	1	0.80	8.19
Αντλία τροφοδοσίας νερού λέβητα	0.941	3	61.14	45.00	47.82	2	0.86	82.25	2	0.86	82.25	2	0.86	82.25	2	0.86	82.25	2	0.86	82.25
Ανεκυστήρας	0.87	3	7.47	5.50	6.32	1	0.70	4.43	1	0.70	4.43	1	0.70	4.43	1	0.70	4.43	1	0.70	4.43
Σύστημα καθοδικής προστασίας	0.8	1	25.82	19.00	23.75	1	0.50	11.88	1	0.50	11.88	1	0.50	11.88	1	0.50	11.88	1	0.50	11.88
ΣΥΝΟΛΑ								539.23			422.70			264.65			755.85			733.94
Εργαστήριο μηχανοστασίου																				
Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης	0.85	1	23.10	17.00	20.00	1	0.80	16.00	0	0.00	0.00	1	0.80	16.00	1	0.80	16.00	1	0.80	16.00
Δράπανο	0.77	1	0.95	0.70	0.91	1	0.20	0.18	0	0.00	0.00	1	0.10	0.09	1	0.10	0.09	1	0.30	0.27
Τόρνος	0.77	1	4.08	3.00	3.90	1	0.20	0.78	0	0.00	0.00	1	0.10	0.39	1	0.10	0.39	1	0.30	1.17
Ηλεκτρικό τρυπάνι	0.77	1	2.31	1.70	2.21	1	0.20	0.44	0	0.00	0.00	1	0.10	0.22	1	0.20	0.44	1	0.30	0.66
Γερανός μηχανοστασίου	0.77	1	24.46	18.00	23.38	1	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1	0.69	16.13	1	0.69	0.69	1	0.69	16.13
ΣΥΝΟΛΑ								17.40			0.00			32.83			17.61			34.23
Συστήματα ψύξης -παροχής αέρα																				
Ανεμιστήρας μονάδας κλιματισμού	0.922	2	34.38	25.30	27.44	1	0.71	19.48	1	0.71	19.48	1	0.71	19.48	1	0.71	19.48	1	0.71	19.48
Συμπιεστής μονάδας κλιματισμού	0.939	2	115.49	85.00	90.52	1	0.65	58.84	1	0.65	58.84	1	0.65	58.84	1	0.65	58.84	1	0.65	58.84
Συμπιεστής μονάδας ψύξης προμηθειών	0.91	2	14.95	11.00	12.09	1	0.76	9.19	1	0.76	9.19	1	0.76	9.19	1	0.76	9.19	1	0.76	9.19
Ανεμιστήρας προσαγωγής λέβητα	0.936	1	133.15	98.00	104.70	1	0.71	74.34	1	0.71	74.34	1	0.71	74.34	2	0.71	148.68	1	0.71	74.34
Μονάδα κλιματισμού γεφυρας	0.877	1	7.61	5.60	6.39	1	0.70	4.47	1	0.70	4.47	1	0.70	4.47	1	0.70	4.47	1	0.70	4.47
Ανεμιστήρας συστήματος αδρανούςαερίου	0.93	2	167.12	123.0	132.26	1	0.74	97.87	1	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1	0.74	97.87	0	0.00	0.00
Μονάδα κλιματισμού esr	0.875	1	7.07	5.20	5.94	1	0.70	4.16	1	0.70	4.16	1	0.70	4.16	1	0.70	4.16	1	0.70	4.16
Μονάδα κλιματισμού χώρων κουζίνας	0.877	1	8.08	5.95	6.78	1	0.72	4.88	1	0.72	4.88	1	0.72	4.88	1	0.72	4.88	1	0.72	4.88
ΣΥΝΟΛΑ								273.23			175.36			175.36			347.57			175.36

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ	η	N	Ονομαστική Ισχύς			Καν. Πορείας			Χειρισμών			Εν όρμω			Εκφόρτωσης			Φόρτωσης		
			Ρον.αποδ.		Ρον.απορ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.	N'	fs	ΡΛΕΙΤ.
			PS	KW	KW			KW			KW			KW			KW			KW
Βοηθικά καταστώματος																				
Αντλία εργάτη άγκυρας	0.94	3	134.51	99.00	105.32	0	0.00	0.00	2	0.60	126.38	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Αντλία εργάτη πρυμνησίων	0.94	2	134.51	99.00	105.32	0	0.00	0.00	2	0.40	84.26	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Γερανός πετρελεύσης	0.941	2	97.83	72.00	76.51	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1	0.30	22.95	1	0.25	19.13	1	0.25	19.13
Γερανός προμηθειών	0.935	2	62.50	46.00	49.20	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1	0.25	12.30	1	0.25	12.30	1	0.25	12.30
Βίντσι σωσίβιας λέμβου	0.92	1	33.97	25.00	27.17	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Βίντσι λέμβου διάσωσης	0.88	1	11.55	8.50	9.66	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
ΣΥΝΟΛΑ								0.00			210.64			35.25			31.43			31.43
Εξαερισμός																				
Ανεμιστήρες Μηχανοστασίου	0.918	4	25.14	18.50	20.15	4	0.70	56.43	4	0.70	56.43	2	0.70	28.21	2	0.70	28.21	2	0.70	28.21
Ανεμιστήρες χώρου διαχωριστήρων	0.915	1	20.38	15.00	16.39	1	0.50	8.20	1	0.50	8.20	1	0.50	8.20	1	0.50	8.20	1	0.50	8.20
Ανεμιστήρες χώρου αντλιοστασίου	0.918	1	25.14	18.50	20.15	2	0.70	28.21	1	0.70	14.11	0	0.00	0.00	2	0.70	28.21	2	0.70	28.21
Ανεμιστ.χώρου γεννήτριας ασφαλείας	0.83	1	2.99	2.20	2.65	1	0.63	1.67	1	0.63	1.67	1	0.63	1.67	1	0.63	1.67	1	0.63	1.67
Ανεμιστήρες χώρων ενδιάιτησης και λοιποί	0.8	15	0.68	0.50	0.63	15	0.80	7.50	15	0.80	7.50	15	0.80	7.50	15	0.80	7.50	15	0.80	7.50
ΣΥΝΟΛΑ								102.01			87.90			45.58			73.79			73.79
Συσκευές Μαγειρείου																				
Διάφορα μηχανήματα	0.85	1	161.68	119.0	140.00	1	0.80	112.00	1	0.80	112.00	1	0.80	112.00	1	0.80	112.00	1	0.80	112.00
ΣΥΝΟΛΑ								112.00			112.00			112.00			112.00			112.00
Πίνακες Φωτισμού																				
Εξωτερικός φωτισμός καταστώματος	0.85	1	16.98	12.50	14.71	1	1.00	14.71	1	1.00	14.71	1	1.00	14.71	1	1.00	14.71	1	1.00	14.71
Φωτισμός μηχανοστασίου	0.85	1	28.53	21.00	24.71	1	1.00	24.71	1	1.00	24.71	1	1.00	24.71	1	1.00	24.71	1	1.00	24.71
Φωτισμός ανάγκης	0.85	1	10.87	8.00	9.41	1	1.00	9.41	1	1.00	9.41	1	1.00	9.41	1	1.00	9.41	1	1.00	9.41
Φωτισμός ενδιάιτησεως	0.85	1	23.10	17.00	20.00	1	1.00	20.00	1	1.00	20.00	1	1.00	20.00	1	1.00	20.00	1	1.00	20.00
ΣΥΝΟΛΑ								68.82			68.82			68.82			68.82			68.82
Όργανα ναυσιπλοΐας & επικοινωνίας	0.8	1	16.30	12.00	15.00	1	0.80	12.00	1	0.80	12.00	1	0.40	6.00	1	0.40	6.00	1	0.40	6.00
Υδραυλική αντλία χειρισμού βαλβίδας	0.8	2	1.63	1.20	1.50	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1	0.80	1.20	0	0.00	0.00
Σύστημα ελέγχου θαλάσσιας ρύπανσης	0.82	1	1.77	1.30	1.59	1	1.00	1.59	1	1.00	1.59	0	0.00	0.00	1	1.00	1.59	1	1.00	1.59
TOTAL								13.59			13.59			6.00			8.79			7.59
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ								1356.4			1522.9			798.4			1512.9			1334.3

Πίν. 58. Σελίδα 3/3

Το υπό μελέτη πλοίο είναι εφοδιασμένο με τρεις (3) όμοιες ηλεκτρογεννήτριες, τα χαρακτηριστικά των οποίων παρατίθενται ακολούθως :

Ισχύς : 940 kW
Περιστροφική ταχύτητα : 900 RPM
Τάση : 450 V
Συχνότητα : 60 Hz

Για λόγους ασφαλείας και συντήρησης απαιτείται η χρήση τριών τουλάχιστον γεννητριών, οι οποίες, στην απλούστερη περίπτωση έχουν την ίδια ονομαστική ισχύ, ώστε αφενός να απλοποιηθούν οι διαδικασίες συντήρησης και να μειωθεί το σχετικό κόστος, αφετέρου να υπάρχει ευελιξία στη χρήση τους κατά την λειτουργία του πλοίου.

Οι ηλεκτρογεννήτριες αυτές ανάλογα με τα απαιτούμενα κάθε φορά φορτία μπορεί να εργάζονται χωριστά ή κατά ζεύγη:

- Ισχύς κανονικής πορείας: Συνολική απαιτούμενη ισχύς: 1356.4 kW

Παρατηρούμε ότι, στην κατάσταση αυτή, η χρήση μιας ηλεκτρογεννήτριας δεν επαρκεί, και επομένως ο αριθμός σε λειτουργία ηλεκτρογεννητριών για την κάλυψη της ζήτησης αυξάνεται σε δύο οι οποίες εργάζονται στο 71,6% της ισχύος τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν καταναλωτές, όπως π.χ. ο ανεμιστήρας του αντλιοστασίου φορτίου (cargo pump room fan / 28.3 kW) και ο ανεμιστήρας αδρανούς αερίου (inert gas fan / 97.9 kW), οι χρησιμοποιούνται μόνο σε ορισμένες περιπτώσεις στην κατάσταση πορείας (π.χ. κατάσταση καθαρισμού δεξαμενών / tank cleaning). Κατά συνέπεια η μέση απαιτούμενη ισχύς στην κανονική πορεία είναι μικρότερη αυτής που υπολογίστηκε παραπάνω.

- Ισχύς χειρισμών: Συνολική απαιτούμενη ισχύς: 1522.9 kW

Είναι η κατάσταση με την μεγαλύτερη απαίτηση ισχύος, λόγω της χρήσης περισσότερων βοηθητικών μηχανημάτων. Απαιτείται η χρήση δύο ηλεκτρογεννητριών οι οποίες εργάζονται στο 80.36% της ισχύος τους.

- Ισχύς εν όρμω: Συνολική απαιτούμενη ισχύς: 798.4 kW

Εδώ αρκεί η χρήση μιας ηλεκτρογεννήτριας στο 83.2% της μέγιστης ισχύος της.

- Ισχύς εκφόρτωσης: Συνολική απαιτούμενη ισχύς: 1494.9 kW

Στην περίπτωση της εκφόρτωσης, λόγω της χρήσης καταναλωτών όπως οι αντλίες ερματισμού (ballast pumps / 400kW) και άλλων βοηθητικών αντλιών, οι απαιτήσεις ηλεκτρικού φορτίου αυξάνονται με συνέπεια η χρήση μιας ηλεκτρογεννήτριας να μην επαρκεί, και επομένως ο αριθμός σε λειτουργία ηλεκτρογεννητριών για την κάλυψη της ζήτησης να αυξάνεται σε δύο, οι οποίες εργάζονται στο 79.5% της ισχύος τους.

- Ισχύς φόρτωσης: Συνολική απαιτούμενη ισχύς: 1334.3 kW

Οι ανάγκες ηλεκτρικού φορτίου κατά τη διάρκεια της φόρτωσης διαφέρουν ελάχιστα σε σχέση με την προαναφερόμενη κατάσταση εκφόρτωσης. Για την κάλυψη των φορτίων απαιτείται η χρήση δύο ηλεκτρογεννητριών οι οποίες θα εργάζονται στο 69.9% της ισχύος τους.

Στη συνέχεια εξετάζεται η χρήση προσεγγιστικών τύπων κατά την προμελέτη του πλοίου, όταν δεν υπάρχει συνήθως η δυνατότητα του παραπάνω λεπτομερούς υπολογισμού:

Στην περίπτωση πλοίων με πρόωση Diesel και για ηλεκτροκίνητες αντλίες νερού και λαδιού το ηλεκτρικό φορτίο μπορεί να υπολογιστεί από την Εξ. (5), λαμβάνοντας $P_{Dm} = 15733.73 \text{ kW} \times 0.985 \times 1.34 = 20766.9 \text{ HP}$, $Z = 31$, και $P_c = 0$:

$$P_G = 0.015 \times 20766.9 + 1.6 \times 31 + 9\sqrt{31} + 80 = 491.21 \text{ kW}$$

Η ονομαστική ισχύς για την επιλογή των γεννητριών προσδιορίζεται από την σχέση :

$$P_{NG} = \frac{P_G}{\beta} = \frac{491.21}{0.8} = 614.02 \text{ kW} \text{ , όπου το } \beta \text{ ελήφθη ως } 0.8.$$

Παρατηρείται ότι, στην περίπτωση των δεξαμενοπλοίων, με χρήση της Εξ. (5) υποεκτιμάται η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς (υπενθυμίζεται ότι τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά στην περίπτωση των Bulk Carrier).

Εναλλακτικά με εφαρμογή αντίστοιχα της Εξ.(7) προκύπτει:

$$P_e = 100 + 0.55(15733.73)^{0.7} = 576.6 \text{ kW}$$

Ως ονομαστική ισχύς της ηλεκτρογεννήτριας για την κάλυψη του φορτίου αυτού λαμβάνεται ο πλησιέστερος στρογγυλεμένος αριθμός, ο οποίος είναι κατά 20-25% μεγαλύτερος του μέσου προβλεπόμενου φορτίου, επιτρέποντας διακυμάνσεις φορτίου και περιθώριο για περιορισμένη μελλοντική αύξηση του.

$$\text{Επομένως προκύπτει: } P_{NG} = P_e \times 1.25 = 576.6 \times 1.25 = 720.7 \text{ kW}$$

Με βάση τα παραπάνω, παρατηρείται ότι η Εξ. (7), προσεγγίζει καλύτερα την πραγματική ισχύ των εγκατεστημένων ηλεκτρογεννητριών, σε σχέση με τις Εξ.(5) και (6), οι οποίες οδηγούν σε υποεκτίμησης της ονομαστικής ισχύος.

Η γεννήτρια ασφαλείας πρέπει να μπορεί να καλύπτει τα βασικά ηλεκτρικά φορτία του πλοίου, ώστε να παρέχει την αναγκαία για ασφαλή ναυσιπλοΐα ισχύ στην περίπτωση απώλειας ισχύος των κύριων ηλεκτρογεννητριών. Η γεννήτρια ασφαλείας είναι ρυθμισμένη ώστε να παρέχει αυτόματα ενέργεια σε περίπτωση απώλειας της ισχύος λειτουργίας του πλοίου. Ο λεπτομερής ηλεκτρικός ισολογισμός της γεννήτριας ασφαλείας παρουσιάζεται στον Πιν. 59. Το υπό μελέτη πλοίο είναι εφοδιασμένο με γεννήτρια ασφαλείας ονομαστικής ισχύος 200 kW.

**ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
EMERGENCY GENERATOR CALCULATION**

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗΣ/CONSUMER	η	N	Όνομαστική Ισχύς			Κατάσταση Ανάγκης		
			Ρον.αποδ.	Ρον.απορ.		N'	fs	Ρλειτ.
			PS	KW	KW			KW
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Βοηθητικά Πρόωσης								
Μηχανισμός πηδαλίου	0.87	1	61.14	45.00	51.72	1	0.90	46.55
Αεροσυμπιεστή ασφαλείας	0.88	1	11.68	8.60	9.77	1	0.80	7.82
Ανεμιστήρες Μηχανοστασίου	0.92	1	25.14	18.50	20.11	1	0.80	16.09
Ανεμιστήρας χώρου αντλίας πυρκαϊάς	0.83	1	2.99	2.20	2.65	1	0.80	2.12
Ανεμιστήρας χώρου γεννήτριας ασφαλείας	0.76	1	1.02	0.75	0.98	1	0.80	0.79
Αντλία πυρκαϊάς ανάγκης	0.94	1	74.73	55.00	58.76	1	0.87	51.12
Αντλία αφρού καταστρώματος	0.88	1	10.19	7.50	8.53	1	0.80	6.83
Αντλία λίπανσης ηλεκτρογεννητριών	0.76	3	1.02	0.75	0.98	2	0.80	1.57
Ανελκυστήρας	0.88	1	7.47	5.50	6.27	1	0.80	5.02
Εξοπλισμός ναυσιπλοΐας	0.8	1	11.55	8.50	10.63	1	0.70	7.44
Φωτισμός ασφαλείας	0.85	1	0.68	0.50	0.59	1	1.00	0.59
Φωτισμός ναυσιπλοΐας	0.85	1	0.68	0.50	0.59	1	1.00	0.59
Ηλεκτρική σειράνα	0.88	1	6.79	5.00	5.70	1	0.80	4.56
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ								151.08

Πίν. 59. Λεπτομερής ηλεκτρικός ισολογισμός γεννήτριας ασφαλείας.

4.4 Βασικός σχεδιασμός και τυπική λειτουργία κύριων και βοηθητικών δικτύων πλοίου

Τα βασικά δίκτυα ενός δεξαμενοπλοίου, τα οποία ουσιαστικά το διαφοροποιούν σε σχέση με τα πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου, είναι τα εξής:

- **Δίκτυο θέρμανσης φορτίου**

Η θέρμανση φορτίου περιορίζεται σε πλοία μεταφοράς αργού πετρελαίου (σε ορισμένες διαδρομές), καθώς και βαρέων προϊόντων πετρελαίου. Η συνηθέστερη μέθοδος θέρμανσης του φορτίου είναι με ατμό. Σε μεγάλα πλοία το λεβητοστάσιο μπορεί να είναι ιδιαίτερα μεγάλο και περίπλοκο, περιλαμβάνοντας έναν ή δύο λέβητες βαρέος πετρελαίου μεγάλης ισχύος.

Δεξαμενόπλοια στα οποία δεν υπάρχει ανάγκη θέρμανσης του φορτίου, μπορεί να έχουν ατμοκίνητες αντλίες φορτίου και έρματος ή αντλίες που κινούνται από ηλεκτροκινητήρες ή υδραυλικούς κινητήρες. Αν χρησιμοποιούνται ατμοκίνητες αντλίες τότε απαιτείται εγκατάσταση λεβητοστασίου.

- **Δίκτυο άντλησης φορτίου**

Οι αντλίες φορτίου που χρησιμοποιούνται στα δεξαμενόπλοια είναι εγκατεστημένες σε ειδικό χώρο στο πρυμναίο μέρος των δεξαμενών φορτίου (rump room). Οι βασικοί τύποι κινητήρων άντλησης φορτίου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα δεξαμενόπλοια είναι οι υδραυλικοί και οι ατμού.

Τα υδραυλικά συστήματα κίνησης αποτελούνται από υδραυλικές αντλίες που παρέχουν υδραυλικό λάδι σε υψηλή πίεση στο κύριο κατάστρωμα. Διακλαδώσεις γραμμών από τη κύρια παροχή τροφοδοτούν τους υδραυλικούς κινητήρες οι οποίοι κινούν τις αντλίες φορτίου. Οι υδραυλικές αντλίες παίρνουν κίνηση από πετρελαιοκινητήρες ή από ηλεκτροκινητήρες. Είναι αρκετά κοινές σε μικρότερα δεξαμενόπλοια (της τάξης των 40000 tons DWT) που μεταφέρουν συνήθως ταυτόχρονα πολλά διαφορετικά προϊόντα πετρελαίου, τα οποία δεν πρέπει να αναμιχθούν. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως συναντώνται και σε μεγαλύτερα πλοία. Στην περίπτωση πολλών διαφορετικών προϊόντων πετρελαίου, ένας υδραυλικός κινητήρας βρίσκεται σε κάθε δεξαμενή ώστε να μην υπάρχει πιθανότητα ανάμιξης των προϊόντων. Για τις υδραυλικές αντλίες το πλοίο πρέπει να έχει μεγάλο απόθεμα γεννητριών, ή πετρελαιοκινητήρες αποκλειστικά για την κίνηση των αντλιών φορτίου. Ένα χαρακτηριστικό VLCC χρειάζεται ισχύ 12 MW (16000 HP) για να κινήσει μόνο το υδραυλικό σύστημα εκφόρτωσης.

Το απλούστερο σύστημα όσον αφορά τη λειτουργία και τη συντήρηση είναι το σύστημα ατμού. Το σύστημα άντλησης με ατμό αποτελείται από ένα ζεύγος λεβήτων που παράγουν ατμό ο οποίος εκτονώνεται τους στροβίλους, οι οποίοι κινούν τις αντλίες φορτίου. Η στοίβα αερίων από τους λέβητες είναι μια εξαιρετική πηγή αδρανούς αερίου, που συνήθως έχει περιεκτικότητα σε οξυγόνο πολύ κάτω από το όριο του 5% που επιτρέπεται από τους κανονισμούς. Με το σύστημα ατμού δεν απαιτείται ειδική γεννήτρια αδρανούς αερίου και δεν καίγονται επιπλέον καύσιμα για να δημιουργηθεί το αδρανές αέριο. Έτσι οι ηλεκτρικές απαιτήσεις των αντλιών καλύπτονται από τις υπάρχουσες δυνατότητες των γεννητριών. Για το λόγο αυτό το σύστημα αυτό θεωρείται το απλούστερο όσον αφορά τη λειτουργία και συντήρησή του.

- ***Δίκτυο αδρανούς αερίου (Inert Gas System/ IGS)***

Το σύστημα αδρανούς αερίου αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα και βασικότερα συστήματα σε ένα δεξαμενόπλοιο. Ο κύριος σκοπός του συστήματος είναι η τροφοδότηση των δεξαμενών φορτίου με αδρανή αέρια τα οποία αντικαθιστούν το εκρηκτικό μείγμα αερίων υδρογονανθράκων και οξυγόνου, με αποτέλεσμα την προστασία από ανάφλεξη ή έκρηξη στις δεξαμενές φορτίου.

Στην πλειονότητά τους τα συστήματα αδρανούς αερίου χρησιμοποιούν τα καυσαέρια των κύριων ή βοηθητικών λεβήτων, λόγω του ότι τα αέρια από τους πετρελαιοκινητήρες των υδραυλικών αντλιών δεν είναι κατάλληλα για να χρησιμοποιηθούν ως αδρανές αέριο (η περιεκτικότητα σε οξυγόνο είναι πολύ υψηλή και δεν είναι εύκολα ελεγχόμενη). Κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης, μια ξεχωριστή γεννήτρια αδρανούς αερίου πρέπει να είναι σε λειτουργία για να παρέχεται αδρανές αέριο.

Για μεγάλα δεξαμενόπλοια που μεταφέρουν πτητικά προϊόντα, απαιτείται η αδρανοποίηση των δεξαμενών. Για δεξαμενόπλοια αργού πετρελαίου και για τα περισσότερα δεξαμενόπλοια προϊόντων του πετρελαίου εφοδιασμένα με λέβητες, τα καυσαέρια των λεβήτων έχουν αρκετά χαμηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αδρανές αέριο, αφού πρώτα απομακρυνθούν οι ενώσεις του θείου με πλυντρίδα (sugber). Σε περιπτώσεις που δεν υπάρχουν λέβητες ή όταν απαιτείται καθαρότερο αδρανές αέριο ή όταν απαιτείται η παραγωγή αδρανούς αερίου για πλήρωση των δεξαμενών χωρίς την ανάγκη λειτουργίας των λεβήτων, είναι

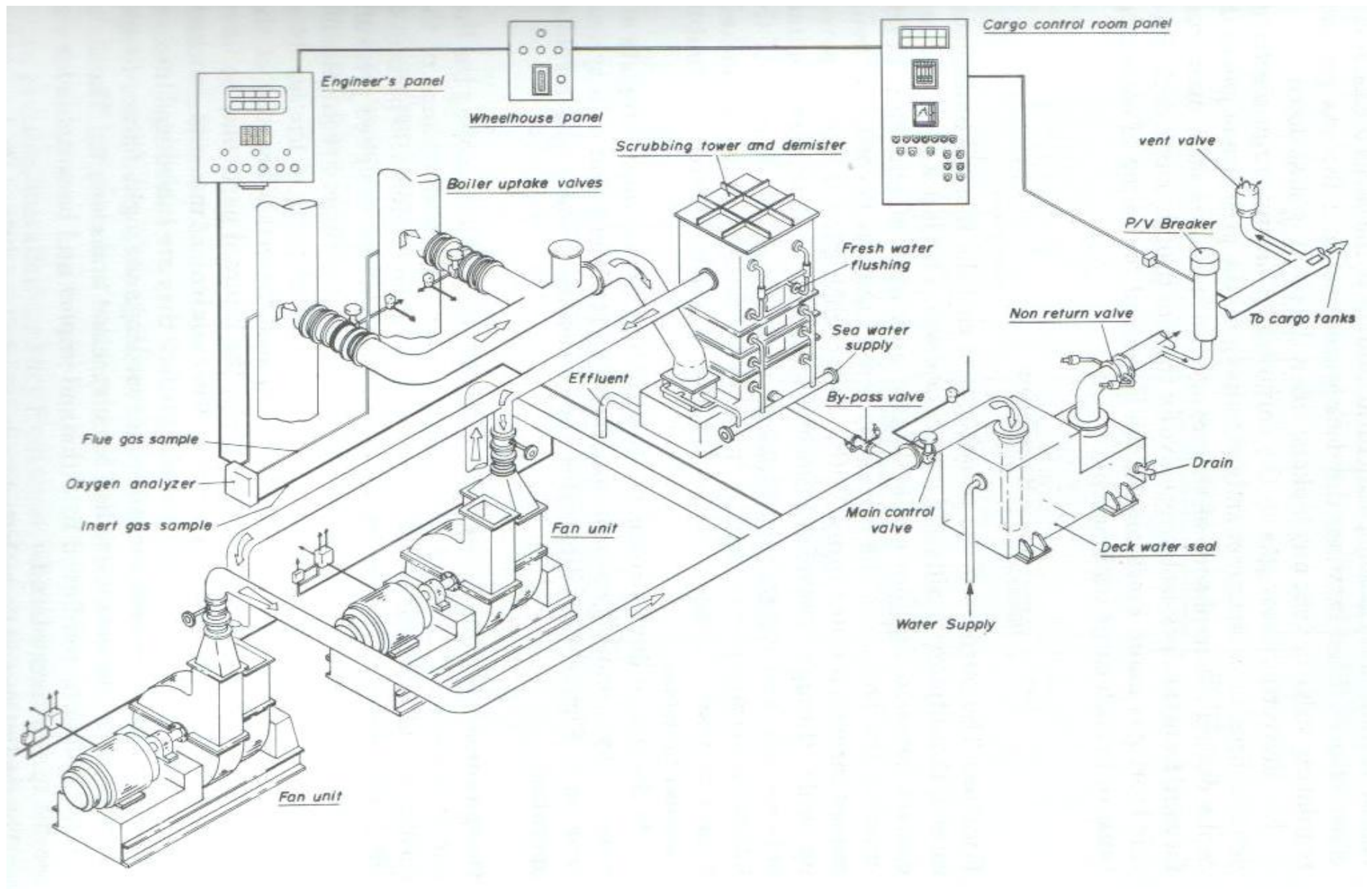
δυνατό να εγκατασταθεί ανεξάρτητη μονάδα παραγωγής αδρανούς αερίου.

Μια τυπική σύνθεση ενός αδρανούς αερίου παραγόμενου από καύση κοινού βαρέος πετρελαίου είναι η εξής:

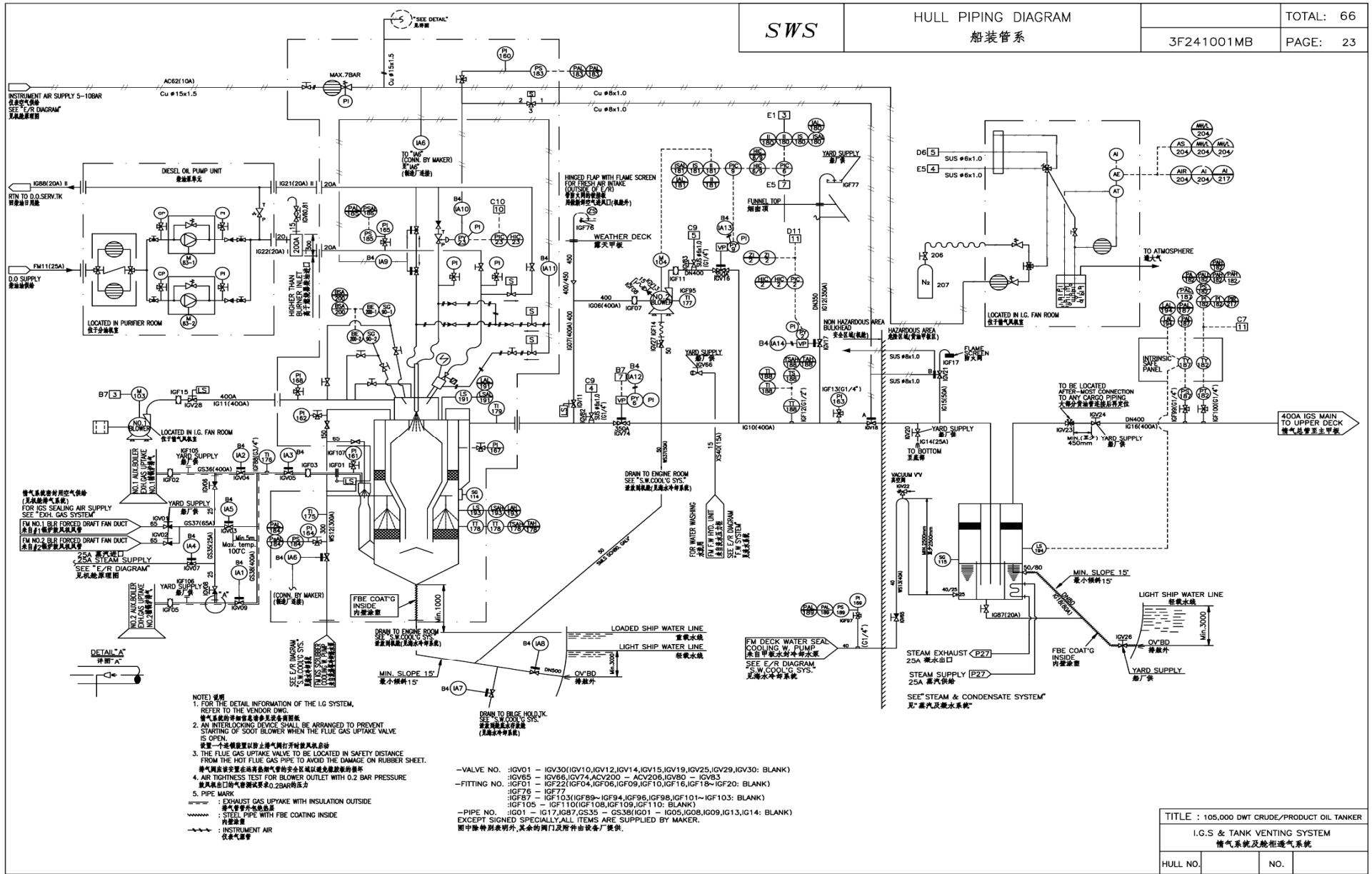
- Οξυγόνο/Oxygen (O_2) : 4.2%
- Διοξείδιο του άνθρακα/Carbon dioxide (CO_2) : 13.5%
- Διοξείδιο του θείου/Sulfur dioxide (SO_2) : 0.25%
- Άζωτο/Nitrogen (N_2) : 77.0%
- Υδρατμοί/Water vapor (H_2O): 5.0

Το αέριο αυτό, πριν διανεμηθεί στις δεξαμενές πρέπει να ψυχθεί και να καθαριστεί. Αυτό συνήθως πραγματοποιείται με τη βοήθεια πλυντρίδας (scrubber), η σωστή και επιθυμητή λειτουργία της οποίας θα αποδώσει αδρανές αέριο ελεύθερο από διαβρωτικά συστατικά και σωματίδια. Ταυτόχρονα η ψύξη επιτυγχάνεται με τη χρήση θαλασσινού νερού στην πλυντρίδα.

Μια απλοποιημένη τυπική διάταξη ενός συστήματος αδρανούς αερίου παρουσιάζεται στο Σχ. 37 παρακάτω. Στο Σχ. 38 παρουσιάζεται επίσης το πραγματικό δίκτυο αδρανούς αερίου ενός σύγχρονου δεξαμενόπλοιου. Η διάταξη του Σχ. 37 αποτελείται από δύο ανεπίστροφες βαλβίδες που βρίσκονται στην εξαγωγή των λεβήτων μέσω των οποίων διαρρέουν τα θερμά και ακάθαρτα καυσαέρια που οδηγούνται στην πλυντρίδα (scrubber). Εκεί πραγματοποιείται ο καθαρισμός και η ψύξη του αερίου, το οποίο στη συνέχεια μέσω των φυσητήρων (blowers) στις δεξαμενές φορτίου (cargo tanks). Μια βαλβίδα ελέγχου πίεσεως αερίου είναι τοποθετημένη στην κατεύθυνση του ρεύματος των φυσητήρων για την ρύθμιση και τον έλεγχο της ροής αδρανούς αερίου στις δεξαμενές φορτίου.



Σχ. 37. Απλοποιημένη διάταξη συστήματος αδρανούς αερίου (Inert Gas System).



Σχ. 38. Tanker 156000 tons DWT: Σύστημα αδρανούς αερίου (Inert Gas System). Σελίδα 1/3

SWS

HULL PIPING DIAGRAM
船管管系

TOTAL: 66
PAGE: 24

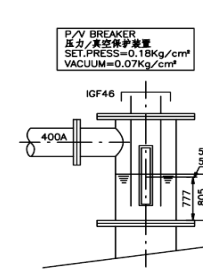
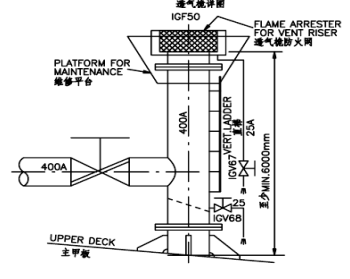
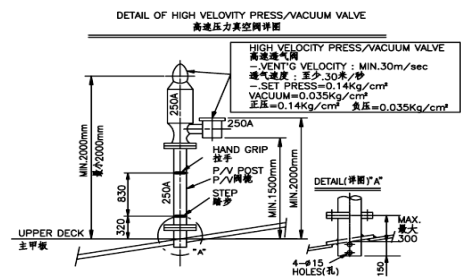
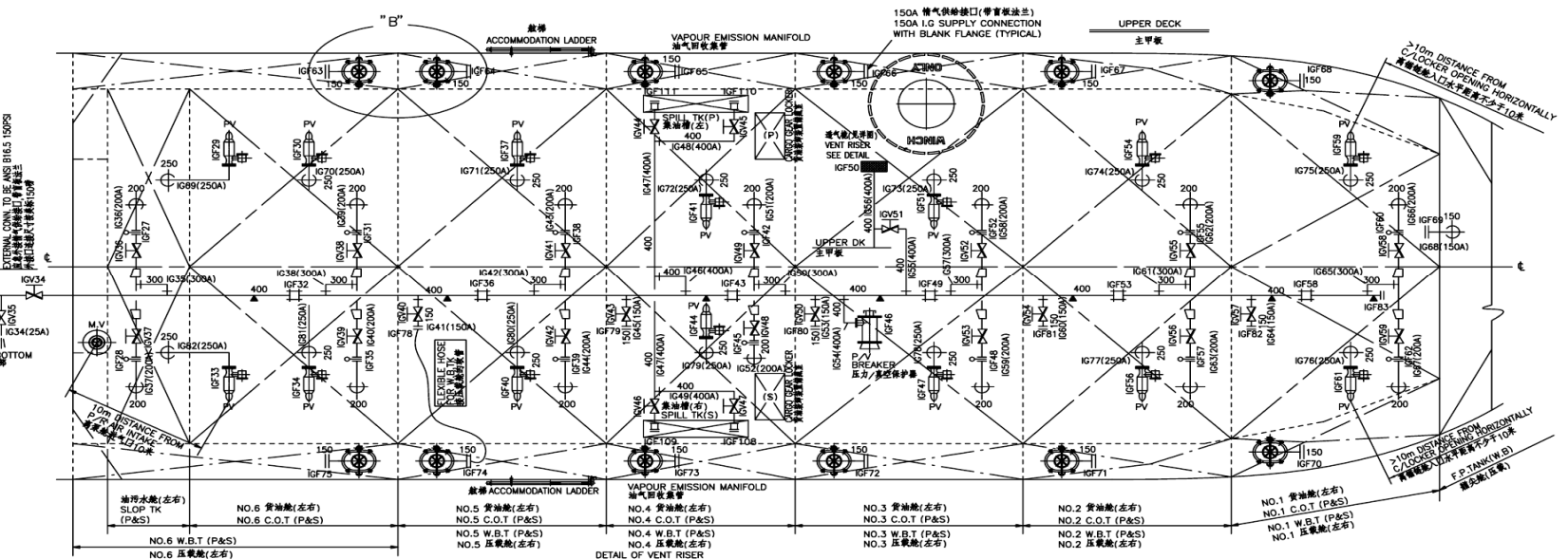
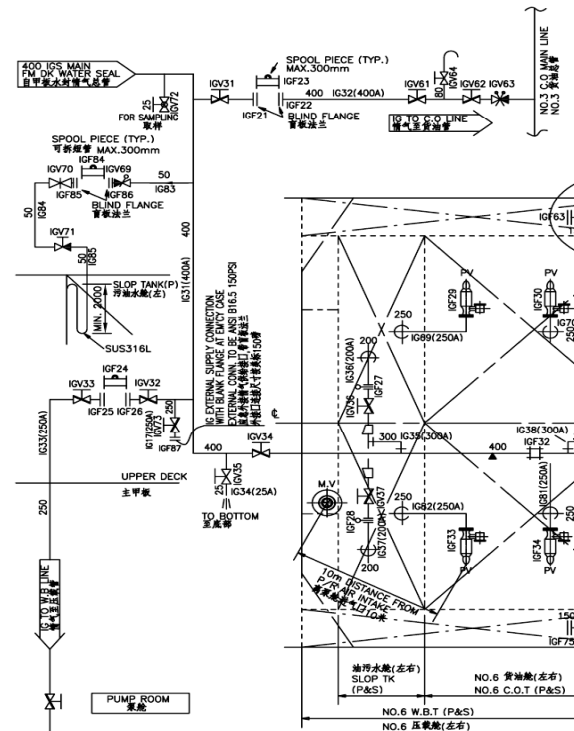
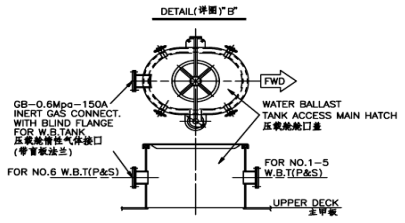
* PRESSURE RELIEVING CAPACITY OF P/V VALVE
高速透气阀压力释放容量

CRUDE OIL VAPOUR-AIR DENSITY AND AIR WEIGHT DENSITY AS WELL AS GROWTH RATE OF CRUDE OIL VAPOUR-AIR MIXTURE (1.25) SHALL BE CONSIDERED FOR P/V VALVE PRESSURE RELIEVING CAPACITY CALCULATION ACCORDING TO THE IMO AND USCG REQUIREMENT.
根据IMO和USCG的要求,P/V阀的压力释放容量计算应考虑原油蒸气密度、空气密度以及油气混合物的增长率

SHIP'S MAX DESIGNED LOADING RATE SHALL BE ABOUT 10,080 m³/H IN TOTAL WHEN TWO(2) CARGO TANKS ARE ENGAGED IN EACH SEGREGATION, I.E. 1,680 m³/H PER TANK.
设计最大总装载速度为10,080m³/H,当两个隔间的货油舱同时装载时,则各舱的装载速度为1,680m³/H

BUT EACH CARGO OIL TANK TO BE ABLE TO FILLED UP 2,800 M³/HR FOR UNFAVORABLE CONDITION.
但在最劣情况下,各舱装载速度可以放到2,800m³/hr

TYPE 名称	SIZE 尺寸	OPENING PRESSURE 开启压力 (KG/CM ²) ABOVE ATM 压差	BELOW ATM 负压	PRESS RELIEVING CAP. 根据IMO的容量 =3,500 m ³ /H	PRESS RELIEVING CAP. 根据USCG的容量 =5,191 m ³ /H
HIGH VELOCITY P/V VALVE 高速透气阀	N/D 250 口径 250	0.14	0.035		

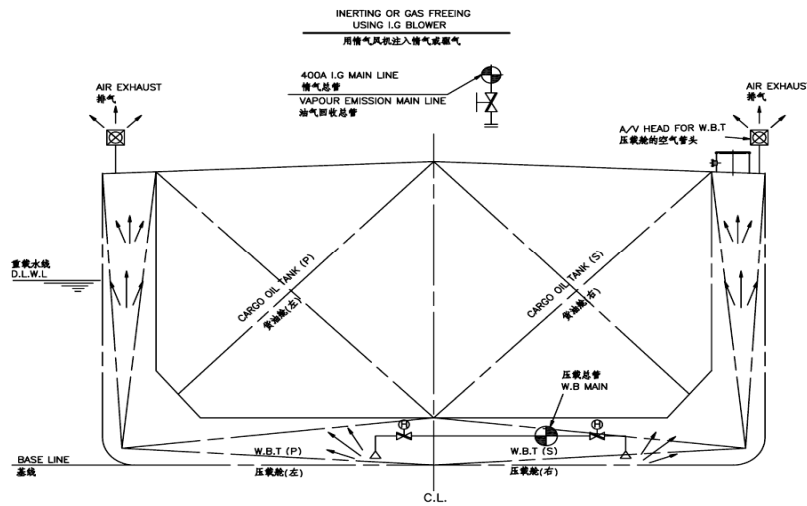
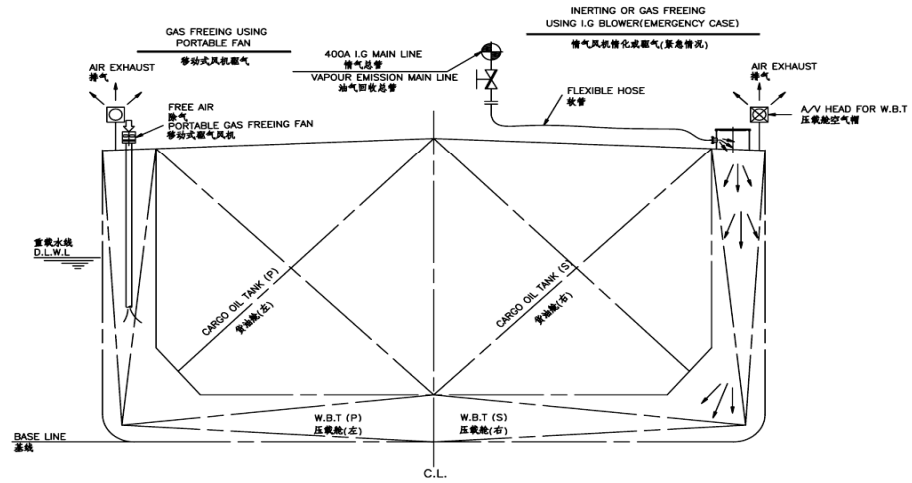
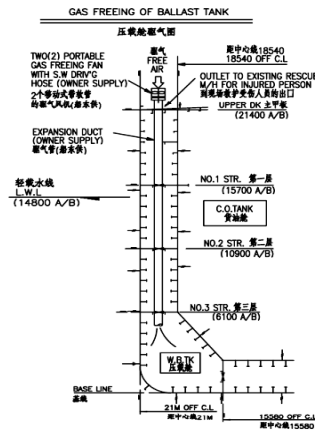


- NOTE)
- THIS SYSTEM DRAWING MAY BE MODIFIED IN ACCORDANCE WITH RULE REQUIREMENT, MAKER'S RECOMMENDATION & YARD'S DETAIL DESIGN.
 - EARTHING METHOD OF INERT GAS PIPE : 1) FLANGE JOINT : TOOTH WASHER 2) EXPANSION JOINT : TOOTH WASHER WITH EARTHING WIRE
 - I.G BRANCH LINE TO EACH TANK SHALL BE PROVIDED WITH ISOLATION VALVE & LOCKING ARRANGEMENT IN OPEN POSITION.
 - LOADING RATE : 10,080 m³/Hr IN TOTAL, 2,800 m³/Hr PER TANK
 - CARGO UNLOADING RATE : 8,400 M³/Hr IN TOTAL

- 说明:
- 本系统图可能因船东要求、厂家意见和船厂的详细设计图的修改
 - 惰气管接地方式: 1)法兰接头部分: 齿形垫圈 2)伸縮接头: 带接地线的垫圈
 - 通往各个货油舱的惰气支管必须安装隔间并锁在常开位置
 - 货油舱装率: 10,080 m³/hr(总), 2,800 m³/hr(每舱)
 - 货油总卸率: 8,400 M³/hr

-VALVE NO.: IGV31 - IGV59(IGV50: BLANK)
-IGV61 - IGV64, IGV67 - IGV73
-FITTING NO.: IGF21 - IGF75, IGF78 - IGF86
-IGF104, IGF108 - IGF111
-PIPE NO.: IG31 - IG85, IG17

TITLE : 105,000 DWT CRUDE/PRODUCT OIL TANKER	
I.G.S & TANK VENTING SYSTEM 惰气系统及舱柜透气系统	
HULL NO.	NO.



TITLE : 105,000 DWT CRUDE/PRODUCT OIL TANKER		
I.G.S & TANK VENTING SYSTEM		
惰气系统及舱柜透气系统		
HULL NO.	NO.	

- **Σύστημα καθαρισμού δεξαμενών (Crude Oil Washing/ C.O.W.)**

Πριν από την καθιέρωση των χωριστών δεξαμενών έρματος, οι δεξαμενές καθαρίζονταν μετά το πέρας της εκφόρτωσης, και περίπου το ένα τρίτο αυτών πληρώνονταν με θαλασσινό νερό, ώστε να επιτυγχάνεται η απαραίτητη βύθιση της έλικας και να διασφαλίζεται η ικανότητα πηδαλιουχίας του πλοίου. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως ερματισμός (ballasting). Στα πρώτα χρόνια της λειτουργίας των πλοίων Tanker, ο καθαρισμός των δεξαμενών με συστήματα ψεκασμού θαλασσινού νερού ήταν μια κοινή και συνηθισμένη διαδικασία. Τα συστήματα ψεκασμού απομάκρυναν τα κατάλοιπα του φορτίου από τις επιφάνειες των δεξαμενών, έχοντας ως αποτέλεσμα το μίγμα νερού και καταλοίπων φορτίου να συλλέγεται στο κάτω μέρος των δεξαμενών και στη συνέχεια να απαντλείται στη θάλασσα. Η διαδικασία αυτή οδηγούσε αναπόφευκτα στο γεγονός μια σημαντική ποσότητα καταλοίπων φορτίου (βαρέος πετρελαίου) να καταλήγει στην θάλασσα. Επιπλέον και λόγω του ότι όπως προαναφέρθηκε δεν υπήρχαν αρχικά χωριστές δεξαμενές έρματος, το θαλασσινό νερό που απαντλούνταν ώστε να δημιουργηθεί κενός χώρος για το φορτίο, ήταν επίσης αναμεμιγμένο με κατάλοιπα φορτίου.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1950, δεν υπήρχαν άλλες εναλλακτικές μέθοδοι καθαρισμού των δεξαμενών. Με τη σύμβαση για την θαλάσσια ρύπανση, η οποία υιοθετήθηκε το 1954, έγινε προσπάθεια να μετριαστεί η θαλάσσια ρύπανση, απαγορεύοντας την απόρριψη πετρελαίου ή καταλοίπων σε απόσταση 50 μιλίων από τις ακτές. Σε ορισμένες περιοχές το όριο αυτό επεκτάθηκε στα 100 μίλια. Στο τέλος της δεκαετίας του 1960, η ανησυχία σχετικά με την συνεχή ρύπανση που προκαλούσε η απόρριψη καταλοίπων πετρελαίου, οδήγησε την βιομηχανία των πλοίων Tanker να αναζητήσει εναλλακτική λύση.

Το αποτέλεσμα έγινε γνωστό ως "load on top". Με βάση τη μέθοδο "load on top", οι δεξαμενές καθαρίζονταν όπως και προηγουμένως χρησιμοποιώντας μηχανές καθαρισμού υψηλής πίεσης ζεστού νερού, με τη διαφορά ότι τα κατάλοιπα του καθαρισμού δεν απορρίπτονταν στη θάλασσα, αλλά μεταφέρονταν μέσα σε ειδικές δεξαμενές καταλοίπων, τα λεγόμενα slop tanks. Κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του πλοίου το μίγμα των καταλοίπων διαχωρίζεται. Το πετρέλαιο όντας ελαφρύτερο από το νερό, σταδιακά ανεβαίνει προς την επιφάνεια αφήνοντας το βαρύτερο νερό στο κάτω μέρος της δεξαμενής. Το νερό αυτό στη συνέχεια απορρίπτεται στη θάλασσα αφήνοντας μέσα στη δεξαμενή μόνο το βαρύ πετρέλαιο. Στις εγκαταστάσεις φόρτωσης, νέο φορτίο (βαρύ πετρέλαιο) εναποτίθεται πάνω από το εναπομείναν (load on top). Η διαδικασία αυτή έχει πλεονεκτήματα για τον ιδιοκτήτη του φορτίου, καθώς το φορτίο το οποίο χάνονταν κατά την διαδικασία καθαρισμού, μπορεί να σωθεί (περισσότερο από 800 τόνους φορτίου σε Tanker μεγάλου μεγέθους), αλλά το βασικότερο πλεονέκτημα ήταν η προστασία του περιβάλλοντος. Οι ειδικοί πιστεύουν ότι χωρίς την διαδικασία "load on top", που περιγράφηκε, η ποσότητα του πετρελαίου που θα απορρίπτονταν στη θάλασσα σαν αποτέλεσμα του καθαρισμού των δεξαμενών θα μπορούσε να ξεπεράσει τους 8 εκατομμύρια τόνους τον χρόνο.

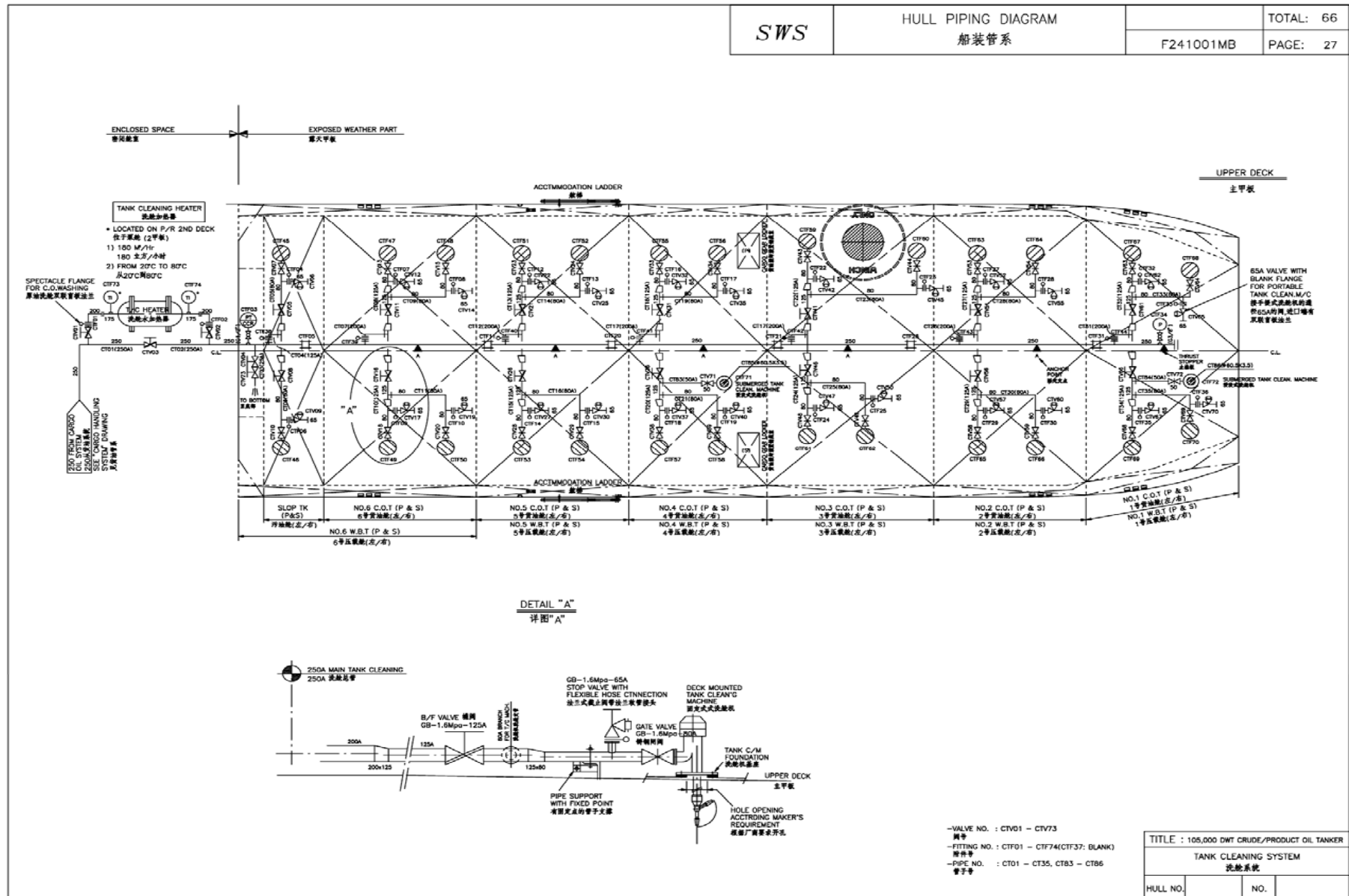
Η παραπάνω διαδικασία του "load on top", βοήθησε σημαντικά στην προσπάθεια αποφυγής της θαλάσσιας ρύπανσης, αλλά δεν μπορούσε να απαλείψει εντελώς τη ρύπανση ως αποτέλεσμα του καθαρισμού των δεξαμενών. Στο τέλος της δεκαετίας του 1970, παρουσιάστηκε μια νέα βελτιωμένη μέθοδο καθαρισμού. Σε αντιδιαστολή με την χρήση νερού, οι μηχανές καθαρισμού χρησιμοποιούσαν βαρύ πετρέλαιο, δηλαδή το ίδιο το φορτίο. Η φύση του φορτίου των δεξαμενοπλοίων, κυρίως το αργό ακατέργαστο πετρέλαιο, έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία με

την πάροδο του χρόνου, ιζήματος στις δεξαμενές φορτίου. Η σταδιακή αύξηση του ιζήματος κατά τη διάρκεια των ταξιδιών έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της μεταφορικής ικανότητας του πλοίου. Επίσης η απομάκρυνση του ιζήματος είναι δύσκολη και οικονομικά ασύμφορη. Το σύστημα καθαρισμού Crude Oil Washing (C.O.W.), είναι ένα σύστημα μέσω του οποίου οι δεξαμενές φορτίου σε ένα δεξαμενόπλοιο καθαρίζονται μεταξύ των ταξιδιών όχι με νερό, αλλά με το ίδιο το φορτίο (αργό πετρέλαιο / crude oil). Η διαλυτική δράση του αργού πετρελαίου κάνει την διαδικασία καθαρισμού περισσότερο αποτελεσματική από την χρήση του νερού (συνήθως πραγματοποιείται μια τελική έκπλυση με νερό αλλά η ποσότητα που χρησιμοποιείται είναι αμελητέα). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το βαρύ πετρέλαιο να παραμένει με την αρχική του μορφή μέσα στις δεξαμενές και έτσι να μπορεί να απαντηθεί μαζί με το υπόλοιπο φορτίο. Το σύστημα βοηθάει στην αποτροπή της θαλάσσιας ρύπανσης και είναι υποχρεωτικό στα νέα Tankers, σύμφωνα με την Διεθνή Σύμβαση για τη Αποτροπή της Ρύπανσης από τα πλοία (International Convention for the Prevention of Pollution by Ships / MARPOL 1978).

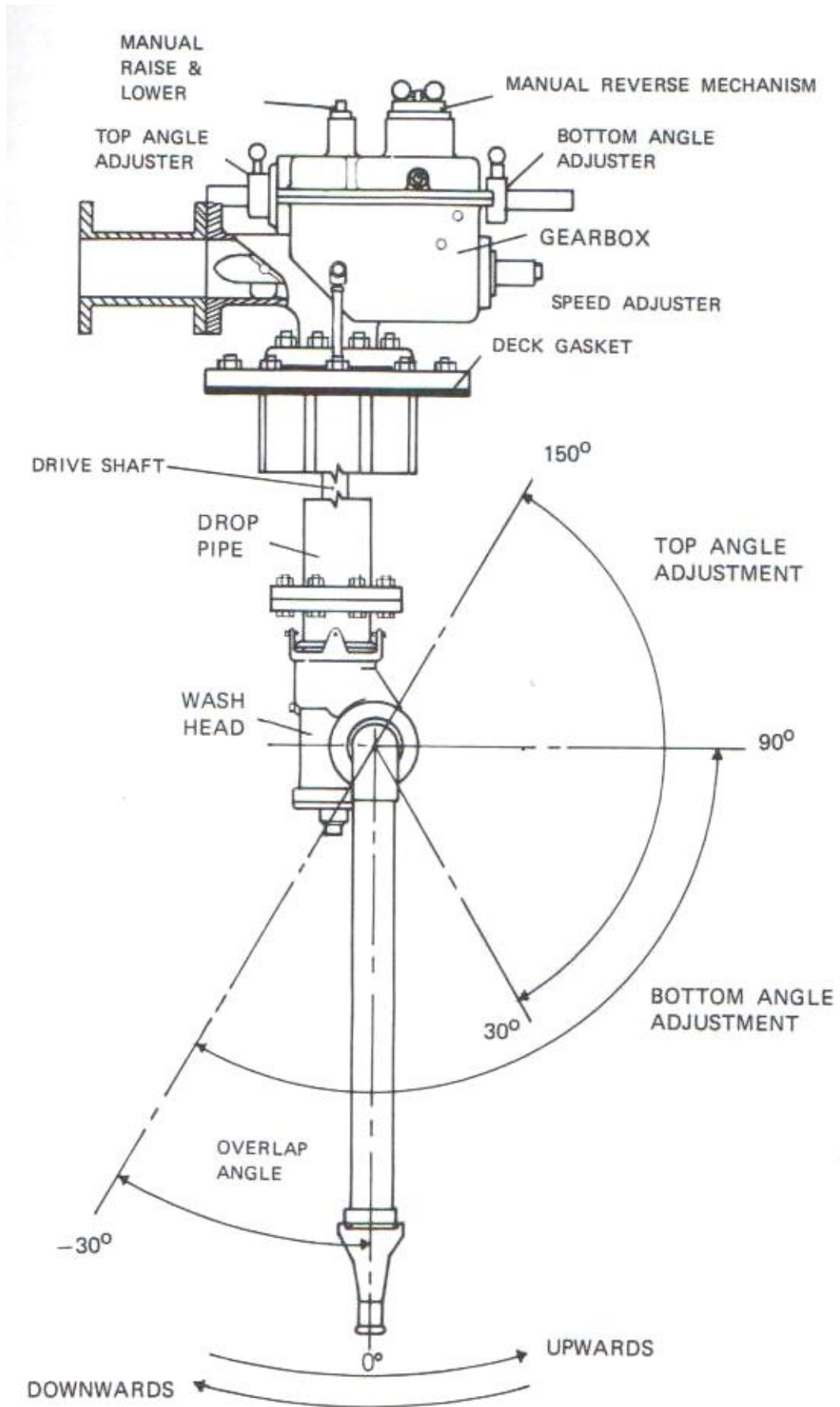
Έτσι στα σύγχρονα δεξαμενόπλοια αργού πετρελαίου που είναι εξοπλισμένα με σύστημα αδρανούς αερίου και απόπλυσης πετρελαίου με διατάξεις καθαρισμού παρόμοιες με αυτές που παρουσιάζεται στο Σχ.39, είναι δυνατή η χρήση του βαρέος πετρελαίου που εκφορτώνεται για τον καθαρισμό των δεξαμενών. Έτσι, κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης, βαρύ πετρέλαιο προωθείται υπό πίεση στις μηχανές καθαρισμού και στη συνέχεια εκτοξεύεται με υψηλή ταχύτητα στα τοιχώματα των δεξαμενών. Η εκτόξευση αυτή του βαρέος πετρελαίου απομακρύνει τα κατάλοιπα του φορτίου που προσκολλούνται στο πάνω μέρος της δεξαμενής, στα τοιχώματα και στον πυθμένα. Τα συστήματα καθαρισμού είναι προγραμματισμένα έτσι ώστε να καλύπτουν ολόκληρη την δεξαμενή. Τα κατάλοιπα αναμειγνύονται με το φορτίο και απαντλούνται στις δεξαμενές καταλοίπων (slop tanks). Ο καθαρισμός COW, μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο σε δεξαμενές φορτίου εξοπλισμένες με σύστημα αδρανούς αερίου (inert gas system), το οποίο είναι σε λειτουργία και είναι ικανό να διατηρεί στην ατμόσφαιρα της δεξαμενής περιεκτικότητα οξυγόνου όχι μεγαλύτερη του 8% και θετική πίεση.

- **Πρόσθετα μέτρα πυρόσβεσης**

Σε δεξαμενόπλοια που μεταφέρουν εύφλεκτο φορτίο απαιτείται, γενικά, μόνιμη εγκατάσταση συστήματος πυρόσβεσης αφρού στο κατάστρωμα, το οποίο τροφοδοτείται με θαλασσινό νερό μέσω του κεντρικού αγωγού πυρόσβεσης. Δεξαμενόπλοια με αντλιοστάσιο μπορεί να απαιτούν μεγαλύτερης χωρητικότητας μόνιμη εγκατάσταση CO₂.



Σχ. 39. Tanker 156000 tons DWT: Σύστημα καθαρισμού δεξαμενών (C.O.W.). Σελίδα 1/2



Σχ. 39. Tanker 156000 tons DWT: Ακροφύσιο συστήματος καθαρισμού δεξαμεμών (C.O.W.).
Σελίδα 2/2

4.5. Συγκριτικός πίνακας υπολογισμών Tanker –Suezmax χωρητικότητας 156000 τόνων DWT και συστηματική ανάλυση σειράς Tanker.

Σε αναλογία με τους πίνακες που παρουσιάστηκαν στην περίπτωση των πλοίων Bulk Carriers, στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιαστούν σε μορφή πινάκων τα αποτελέσματα των υπολογισμών προμελέτης με χρήση των εξισώσεων (1), (3)÷(4), (6)÷(8) και (12)÷(16), καθώς και τα πραγματικά στοιχεία του υπό μελέτη πλοίου. Στη συνέχεια θα πραγματοποιηθεί εφαρμογή της προαναφερθείσας μεθοδολογίας για επιπλέον εννέα Tanker, διαφόρων μεγεθών και θα εξαχθούν ανάλογοι συγκεντρωτικοί πίνακες υπολογισμών:

1. Tanker 156000 tons DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L _{OA}	274.5 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L _{BP}	264 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	48 m
Κοίλο (Depth), D	23.7 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T _D	16 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T _s	17 m
Υπηρεσιακή ταχύτητα (Service Speed), V _s	15.1 knots / 7.78 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C _b	0.85
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	155956 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	182534 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/Δ, L/Δ ^{3/4}	5.50-2.82-1.39-0.85-4.65
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	18860 kW / 91RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 6S70 MC-C
Βάρος κύριας μηχανής	555 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	940 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x15.8 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	7.800 m
Ενδιάμεσος άξονας	-
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	-

Πίν. 60. Tanker 156000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	9918602
Λιπαντικά	171832
Υλικά συντήρησης	354000
Νηογνώμονας	48000
Ασφάλιση	269000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	10761434
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	842832

Πίν. 61. Tanker 156000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	18660 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		15734	20724	17497
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	940 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		614	721	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	940 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		1288	2174	1221-1998
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	4896 tons	Εξ.[15]		
		4560		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	263 tons	Εξ.[16]		
		275		
Δεξαμενές Λιπαντικών L.O.	198 tons	Εξ.[17]		
		193		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
		11660		
Κόστος Λειτουργίας (χωρίς καύσιμα / με καύσιμα)		Εξ.[18]		
		842832 USD / 10761434 USD		

*Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνοπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, κλίμακες, σχάρες διαπέδων κ.λπ. τα οποία συμπεριλαμβάνονται κατά τη χρήση των Εξισώσεων [8],[12] και [13].

Πίν. 62. Tanker 156000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

2. Tanker τύπου Aframax 106000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L_{OA}	243.8 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L_{BP}	233 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	42 m
Κοίλο (Depth), D	21.4 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T_D	13.5 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T_s	15.1 m
Υπηρεσιακή ταχύτητα (Service Speed), V_s	14.98 knots / 7.71 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C_b	0.85
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	106842 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	125378 tons
Λόγοι L/B , B/T , D/T , DWT/Δ , $L/\Delta^{1/3}$	5.55-2.78-1.42-0.85-4.66
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	13750 kW / 105 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 6S60MC-C
Βάρος κύριας μηχανής	375 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	3x800 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x16.05 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	7.200 m / 24.25 tons
Ενδιάμεσος άξονας	9064mm/Φ 480
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	8287mm/Φ580

Πίν. 63. Tanker 106000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	7444500
Λιπαντικά	148997
Υλικά συντήρησης	283000
Νηογνώμονας	46000
Ασφάλιση	223000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	8145497
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	700997

Πίν. 64. Tanker 106000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	13750 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		12392	16424	14132
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	800 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		528	629	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	705 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		1014	1758	825-1350
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	2945 tons	Εξ.[15]		
		3123		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	232 tons	Εξ.[16]		
		206		
Δεξαμενές Λιπαντικών L.O.	178 tons	Εξ.[17]		
		133		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
		8036		
Κόστος Λειτουργίας (χωρίς καύσιμα / με καύσιμα)		Εξ.[18]		
		700997 USD / 8145497 USD		

Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνυπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, κλίμακες, σχάρες, δαπέδων κ.λπ. τα οποία συμπεριλαμβάνονται κατά τη χρήση των Εξισώσεων [8],[12] και [13].

Πίν. 65. Tanker 106000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

3. Tanker τύπου Aframax 105000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L _{OA}	246.6 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L _{BP}	234 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	42 m
Κοίλο (Depth), D	21 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T _D	13.6 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T _s	14.9 m
Υπηρεσιακή ταχύτητα (Service Speed), V _s	15.3 knots / 7.87 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C _b	0.83
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	105542 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	124450 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/Δ, L/Δ ^{3/4}	5.57-2.82-1.41-0.85-4.69
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	16650 kW / 105 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 7S60MC-C
Βάρος κύριας μηχανής	415 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	3x800 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x16.10 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	7.400 m
Ενδιάμεσος άξονας	-
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	-

Πίν. 66. Tanker 105000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	7999242
Λιπαντικά	151279
Υλικά συντήρησης	287000
Νηογνώμονας	47000
Ασφάλιση	223000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	8707521
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	708279

Πίν. 67. Tanker 105000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	16650 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		13229	17401	14980
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	800 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		552	653	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	735 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		1441	1863	913-1494
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	2888 tons	Εξ.[15]		
		2891		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	160 tons	Εξ.[16]		
		182		
Δεξαμενές Λιπαντικών L.O.	183 tons	Εξ.[17]		
		123		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
		9420		
Κόστος Λειτουργίας (χωρίς καύσιμα / με καύσιμα)		Εξ.[18]		
		708279 USD / 8707521 USD		

Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνυπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, κλίμακες, σχάρες, δαπέδων κ.λπ. τα οποία συμπεριλαμβάνονται κατά τη χρήση των Εξισώσεων [8],[12] και [13].

Πίν. 68. Tanker 105000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

4. Tanker τύπου VLCC 297 000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L _{OA}	330 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L _{BP}	316 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	60 m
Κοίλο (Depth), D	29.7 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T _D	19.2 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T _s	21.53 m
Υπηρεσιακή ταχύτητα (Service Speed), V _s	15.6 knots / 8.02 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C _b	0.83
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	296851 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	339100 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/Δ, L/Δ ^{3/5}	5.27-2.79-1.38-0.87-4.53
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	25480 kW / 79 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 7S80MC
Βάρος κύριας μηχανής	950 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	3x1050 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x22.8 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	9.900 m
Ενδιάμεσος άξονας	-
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	-

Πίν. 69. Tanker 297000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	13671844
Λιπαντικά	300384
Υλικά συντήρησης	417000
Νηογνώμονας	58000
Ασφάλιση	408000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	14855228
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	1183384

Πίν. 70. Tanker 297000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	25480 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		25040	32546	26608
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	1050 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		841	950	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	1305	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		2049	3287	2090-3420
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	7803 tons	Εξ.[15]		
		9641		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	424 tons	Εξ.[16]		
		470		
Δεξαμενές Λιπαντικών	315 tons	Εξ.[17]		
		405		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
		16981		
Κόστος Λειτουργίας (χωρίς καύσιμα / με καύσιμα)		Εξ.[18]		
		1183384 USD / 13671844 USD		

Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνυπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, κλίμακες, σχάρες, δαπέδων κ.λπ. τα οποία συμπεριλαμβάνονται κατά τη χρήση των Εξισώσεων [8],[12] και [13].

Πίν. 71. Tanker 297000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

5. Tanker τύπου Aframax 115000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L _{OA}	248.97 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L _{BP}	239 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	43.8 m
Κούλο (Depth), D	21 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T _D	13.6 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T _S	15.02 m
Υπηρεσιακή ταχύτητα (Service Speed), V _S	15.0 knots / 7.72 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C _b	0.85
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	115757 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	134356 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/Δ, L/Δ ^{1/3}	5.46-2.92-1.40-0.87-4.67
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	14400 kW / 105 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 7S60MC-C
Βάρος κύριας μηχανής	410 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	3x800 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x14.8 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	7.400 m
Ενδιάμεσος άξονας	8444mm /Φ485/15.86 tons
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	7997 mm/Φ575/15.75 tons

Πίν. 72. Tanker 115000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	7537090
Λιπαντικά	152191
Υλικά συντήρησης	294000
Νηογνώμονας	46000
Ασφάλιση	250000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	8279281
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	742191

Πίν. 73. Tanker 115000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	14400 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		12935	17241	14774
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	800 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		542	644	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	715 tns	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		1409	1826	902-1476
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	2855 tns	Εξ.[15]		
		3018		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	197 tns	Εξ.[16]		
		194		
Δεξαμενές Λιπαντικών	127 tns	Εξ.[17]		
		129		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
		8350		
Κόστος Λειτουργίας (χωρίς καύσιμα / με καύσιμα)		Εξ.[18]		
		742191 USD / 8279281 USD		

Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνυπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, κλίμακες, σχάρες, δαπέδων κ.λπ. τα οποία συμπεριλαμβάνονται κατά τη χρήση των Εξισώσεων [8],[12] και [13].

Πίν. 74. Tanker 115000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

6. Tanker τύπου VLCC 301 000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L	330.25 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), Lbp	314 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	58 m
Κοίλο (Depth), D	31 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), TD	20.9 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), TS	22.2 m
Υπηρεσιακή ταχύτητα (Service Speed), Vs	15 knots / 7.71 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), Cb	0.85
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	301675 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	343500 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/Δ, L/Δ ^{1/3}	5.41-2.61-1.40-0.86-4.48
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	23552 kW / 74 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 7S80MC
Βάρος Κύριας Μηχανής	980 tons
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	3x950 kW
Βάρος Ηλεκτρογεννητριών	3x22.5 tons
Διάμετρος έλικας και βάρος	9.800 m
Ενδιάμεσος άξονας	9300mm /Φ630
Κύριος (ελικοφόρος) άξονας	10363mm/Φ760

Πίν. 75. Tanker 301000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	17074464
Λιπαντικά	324393
Υλικά συντήρησης	426000
Νηογνώμονας	58000
Ασφάλιση	410000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	18292857
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	1218393

Πίν. 76. Tanker 301000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	23552 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		22194	29200	23853
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	950kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		771	833	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	1370 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		1816	2953	2156-3528
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	7142 tons	Εξ.[15]		
		6735		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	389 tons	Εξ.[16]		
		344		
Δεξαμενές Λιπαντικών	229 tons	Εξ.[17]		
		283		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
		16795		
Κόστος Λειτουργίας (χωρίς καύσιμα / με καύσιμα)		Εξ.[18]		
		1218393 USD / 18292857 USD		

Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνυπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, κλίμακες, σχάρες, δαπέδων κ.λπ. τα οποία συμπεριλαμβάνονται κατά τη χρήση των Εξισώσεων [8],[12] και [13].

Πίν. 77. Tanker 301000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

7. Tanker τύπου Suezmax 158000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L _{OA}	274.4 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L _{BP}	264 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	48 m
Κοίλο (Depth), D	23.2 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T _D	16 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T _S	17 m
Υπηρεσιακή ταχύτητα (Service Speed), V _s	15 knots / 7.73 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C _b	0.85
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	158632 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	182851 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/Δ, L/Δ ^{1/3}	5.50-2.82-1.38-0.85-4.65
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	18280 kW / 91 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 6S70 MC-C8
Βάρος κύριας μηχανής	585 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	900 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x16.63 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	8350 m / 38.76 tons
Ενδιάμεσος άξονας	8506mm /Φ590/22.3 tons
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	8662 mm/Φ 655/19.6 tons

Πίν. 78. Tanker 158000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	8556913
Λιπαντικά	148394
Υλικά συντήρησης	363000
Νηογνώμονας	49000
Ασφάλιση	273000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	9390307
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	833394

Πίν. 79. Tanker 158000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	18280 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		15403	20504	17296
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	900 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		606	712	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	925 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		1260	2133	1287-2106
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	3824 tons	Εξ.[15]		
		4658		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	187 tons	Εξ.[16]		
		284		
Δεξαμενές Λιπαντικών	192 tons	Εξ.[17]		
		198		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
		11463		
Κόστος Λειτουργίας (χωρίς καύσιμα / με καύσιμα)		Εξ.[18]		
		833394 USD / 9390307 USD		

Πίν. 80. Tanker 158000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

8. Tanker τύπου Aframax 106000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L _{OA}	243.8 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L _{BP}	233 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	42 m
Κοίλο (Depth), D	21.4 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T _D	13.5 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T _s	15.1 m
Υπηρεσιακή ταχύτητα (Service Speed), V _s	14.98 knots / 7.71 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C _b	0.85
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	106744 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	125378 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/Δ, L/Δ ^{1/3}	5.55-2.78-1.42-0.85-4.66
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	13750 kW / 105 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 6S60MC-C
Βάρος κύριας μηχανής	375 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	3x800 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x16.05 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	7.200 m /24.25 tons
Ενδιάμεσος άξονας	9064mm/Φ 480
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	8287mm/Φ580

Πίν. 81. Tanker 106000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	6970715
Λιπαντικά	129383
Υλικά συντήρησης	292000
Νηογνώμονας	49500
Ασφάλιση	217000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	7658598
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	687883

Πίν. 82. Tanker 106000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	13750 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		12440	16488	14187
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	800 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		530	630	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	709 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		1018	1764	825-1350
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	2945 tons	Εξ.[15]		
		3091		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	232 tons	Εξ.[16]		
		203		
Δεξαμενές Λιπαντικών L.O.	178 tons	Εξ.[17]		
		132		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
		8036		
Κόστος Λειτουργίας (χωρίς καύσιμα / με καύσιμα)		Εξ.[18]		
		687883USD / 7658598 USD		

Πίν. 83. Tanker 106000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

9. Tanker τύπου Aframax 105000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L_{OA}	246.6 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L_{BP}	234 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	42 m
Κοίλο (Depth), D	21 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T_D	13.6 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T_s	14.9 m
Υπηρεσιακή ταχύτητα (Service Speed), V_s	15.3 knots / 7.87m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C_b	0.83
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	105680 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	124450 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/ Δ , L/ $\Delta^{1/3}$	5.57-2.82-1.41-0.85-4.69
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	16650 kW / 105 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 7S60MC-C
Βάρος κύριας μηχανής	415 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	3x800 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x16.10 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	7.400 m
Ενδιάμεσος άξονας	-
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	-

Πίν. 84. Tanker 105000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	7078502
Λιπαντικά	111641
Υλικά συντήρησης	289500
Νηογνώμονας	49000
Ασφάλιση	221000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	7749643
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	671141

Πίν. 85. Tanker 105000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	16650 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		12918	17051	14680
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	800 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		544	644	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	735 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		1407	1824	913-1494
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	2888 tons	Εξ.[15]		
		2848		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	160 tons	Εξ.[16]		
		181		
Δεξαμενές Λιπαντικών L.O.	183 tons	Εξ.[17]		
		121		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
Κόστος Λειτουργίας (χωρίς καύσιμα / με καύσιμα)		Εξ.[18]		
		671141 USD / 7749643 USD		

Πίν. 86. Tanker 105000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

10. Tanker τύπου VLCC 301 000 DWT

Ολικό Μήκος (Length overall), L _{OA}	330.25 m
Μήκος μεταξύ καθέτων (Length Between Perpendiculars), L _{BP}	314.62 m
Μέγιστο Πλάτος (Maximum Breadth), B	58 m
Κοίλο (Depth), D	31 m
Βύθισμα σχεδίασης (Design Draught), T _D	20.8 m
Βύθισμα υπολογισμών (Scantling Draught), T _S	22.14 m
Υπηρεσιακή ταχύτητα (Service Speed), V _s	14.9 knots / 7.66 m/s
Συντελεστής γάστρας (Block Coefficient), C _b	0.85
Μεταφορική Ικανότητα (Deadweight), DWT	299995 tons
Εκτόπισμα (Displacement), Δ	341418 tons
Λόγοι L/B, B/T, D/T, DWT/Δ, L/Δ ^{1/3}	5.42-2.62-1.40-0.88-4.50
Μέγιστη Συνεχής Ισχύς P / Μέγιστος αριθμός στροφών έλικας ανά λεπτό	23536 kW / 74 RPM
Κατασκευαστής κύριας μηχανής / τύπος κύριας μηχανής	MAN 7S80MC
Βάρος κύριας μηχανής	980 tons
Ισχύς ηλεκτρογεννητριών	3x950 kW
Βάρος ηλεκτρογεννητριών	3x22.5 tons
Διάμετρος έλικας / Βάρος έλικας	9.800 m
Ενδιάμεσος άξονας	9300mm /Φ630
Κύριος (ελικοφόρος άξονας)	10363mm/Φ760

Πίν. 87. Tanker 301000 tons DWT: Κύρια χαρακτηριστικά του πλοίου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ σε USD
Καύσιμα	16737310
Λιπαντικά	327967
Υλικά συντήρησης	449500
Νηογνώμονας	52000
Ασφάλιση	408000
ΣΥΝΟΛΟ με καύσιμα	17968277
ΣΥΝΟΛΟ χωρίς καύσιμα	1230967

Πίν. 88. Tanker 301000 tons DWT: Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας, συντήρησης και ασφάλισης.

Δεδομένα Στοιχεία		Αποτελέσματα Υπολογισμών		
Ισχύς Κ.Μ.	23536 kW	Εξ.[1]	Εξ.[3]	Εξ.[4]
		20641	27396	22385
Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών	950 kW	Εξ.[6]	Εξ.[7]	
		732	845	
Βάρος Μηχανημάτων και αξονικού συστήματος*	1375 tons	Εξ.[8]	Εξ.[12]	Εξ.[13]
		1689	2768	2156-3528
Δεξαμενές καυσίμου F.O.	7214 tons	Εξ.[15]		
		6617		
Δεξαμενές καυσίμου D.O.	382 tons	Εξ.[16]		
		342		
Δεξαμενές Λιπαντικών	218 tons	Εξ.[17]		
		278		
Όγκος Μηχανοστασίου	m ³	Εξ.[14]		
Κόστος Λειτουργίας (χωρίς καύσιμα / με καύσιμα)		Εξ.[18]		
		1230967 USD / 17968277 USD		

Σημειώνεται ότι στο βάρος μηχανημάτων δεν συνυπολογίζεται το βάρος των σωληνώσεων του Μηχανοστασίου, των καλωδιώσεων, κλίμακες, σχάρες δαπέδων κ.λπ. τα οποία συμπεριλαμβάνονται κατά τη χρήση των Εξισώσεων [8],[12] και [13].

Πίν. 89. Tanker 301000 tons DWT: Συγκριτικός Πίνακας Υπολογισμών.

4.6. Συγκριτική ανάλυση αποτελεσμάτων

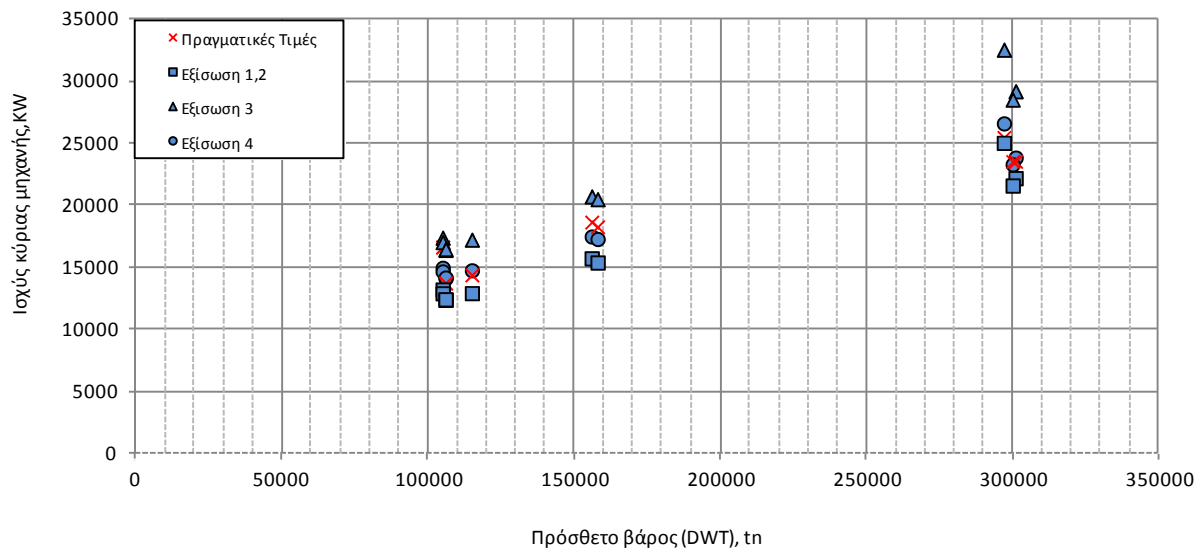
Στην παρούσα παράγραφο και σε αναλογία με την Παράγραφο 3.5 των Bulk Carrier, με δεδομένα τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για κάθε πλοίο της σειράς που αναλύθηκε παραπάνω, παρουσιάζονται συνολικά συγκριτικά διαγράμματα, ώστε να διερευνηθεί η ακρίβεια των χρησιμοποιούμενων μεθόδων και τύπων προμελέτης, και προτείνονται όπου είναι δυνατό, επικαιροποιήσεις των μεθόδων ώστε να προσεγγίζουν σε ικανοποιητικό βαθμό τις πραγματικές τιμές των διαφόρων παραμέτρων σύγχρονων Tanker. Επιπλέον παρουσιάζονται διαγράμματα ετήσιου κόστους καυσίμων και συντήρησης.

Τα συγκεντρωτικά διαγράμματα που παρουσιάζονται είναι τα εξής:

- Ισχύς κύριας μηχανής πρόωσης ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)
- Ισχύς ηλεκτρογεννητριών (Η/Γ) ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)
- Χωρητικότητα δεξαμενών βαρέος καυσίμου (H.F.O.) ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)
- Χωρητικότητα δεξαμενών καυσίμου Diesel (M.D.O.) ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)
- Χωρητικότητα δεξαμενών λιπαντελαίου ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)
- Υπηρεσιακή ταχύτητα ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)
- Ετήσιο κόστος λειτουργίας και κόστος καυσίμου ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)
- Ετήσια συνολικά λοιπά κόστη ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT), μη συμπεριλαμβανομένου του κόστους καυσίμων

ο **Ισχύς κύριας μηχανής πρόωσης ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)**

Στο Σχ. 40 παρουσιάζεται η ισχύς της κύριας μηχανής πρόωσης ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, για τη σειρά των πλοίων Tanker που αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους. Συγκεκριμένα, στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται οι πραγματικές τιμές της ισχύος της Κ.Μ., καθώς και οι υπολογισθείσες τιμές της, μέσω των προσεγγιστικών εκφράσεων της Ενότητας 2.2, ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους.



Σχ. 40. Ισχύς κύριας μηχανής συναρτήσει του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.

Υπενθυμίζεται ότι οι υπολογισμοί έγιναν με βάση τις παρακάτω εξισώσεις :

$$P = \frac{\Delta^{\frac{2}{3}} \times V^3}{3.7 \times (\sqrt{L} + 75/V)} \quad (\text{Εξίσωση που προκύπτει από τις Εξ. 1 και 2})$$

$$P = 0.0114 \times V^3 \times DWT^{0.55} \quad (\text{Εξ. 3})$$

$$P = 0.0175 \times V^3 \times DWT^{0.5} \quad (\text{Εξ. 4})$$

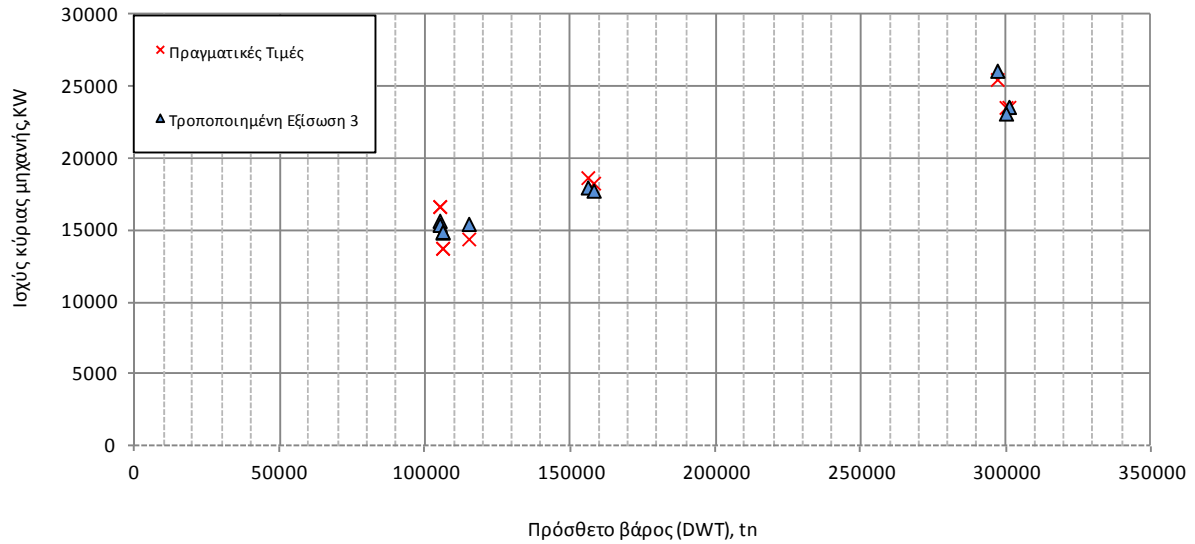
Με βάση το παραπάνω Σχ. 40 προκύπτει ότι με χρήση των Εξ. 1 και 2, μπορεί να γίνει μια ικανοποιητική προσέγγιση της πραγματικής ισχύος της Κ.Μ. σε πλοία Tankers τύπου VLCC με DWT μεταξύ των 297000÷301000 tons, ενώ υποεκτιμάται σημαντικά η εγκατεστημένη ισχύς πρόωσης στις κατηγορίες με DWT μεταξύ των 105000÷158000 tons. Η Εξ. 3, σε όλο το εύρος των πρόσθετων βαρών (DWT), υπερεκτιμά σε σημαντικό βαθμό την εγκατεστημένη ισχύ πρόωσης, και ιδιαίτερα στην περίπτωση των VLCC πλοίων. Τέλος η Εξ. 4 παρουσιάζει την καλύτερη προσέγγιση της πραγματικής ισχύος της Κ.Μ. σε όλες τις κατηγορίες των Tanker, σε σύγκριση με τις Εξ. 1÷3.

Με τη βοήθεια της εφαρμογής solver του excel, παρατηρήθηκε ότι με κατάλληλη τροποποίηση των εκθετών της Εξ. 3, μπορεί να επιτευχθεί ακριβέστερη προσέγγιση των

πραγματικών τιμών της εγκατεστημένης ισχύος.

Η Εξ. (3), με την προαναφερόμενη τροποποίηση, γράφονται ως εξής :

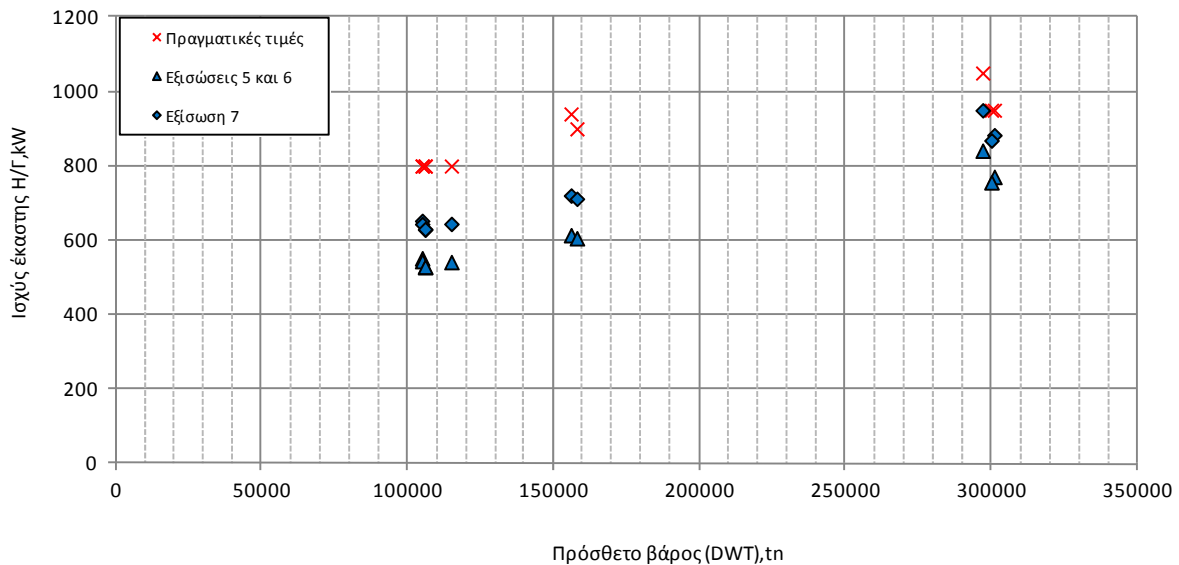
$$P = 0.0766 \times V^{2.73} \times DWT^{0.44} \text{ (τροποποιημένη Εξ. 3 για Tankers)}$$



Σχ. 41. Ισχύς κύριας μηχανής συναρτήσει του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω της τροποποιημένης Εξ. 3.

ο **Ισχύς ηλεκτρογεννητριών (Η/Γ) ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)**

Στο Σχ. 42 παρουσιάζεται η ισχύς των Ηλεκτρογεννητριών ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, για τη σειρά των πλοίων Tanker που αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι πραγματικές τιμές της ισχύος των Η/Γ, καθώς και οι υπολογισθείσες τιμές τους, μέσω των προσεγγιστικών εκφράσεων της Ενότητας 2.3, ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους.



Σχ. 42. Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών (Η/Γ) συναρτήσεως του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.

Υπενθυμίζεται ότι οι υπολογισμοί έγιναν με βάση τις παρακάτω εξισώσεις :

$$P_G = 0.015 \times P_{Dm} + 1.6Z + 9\sqrt{Z} + 80 + P_C \text{ (Εξ. 5) ,}$$

$$P_{NG} = \frac{P_G}{\beta} \text{ (Εξ. 6), με } \beta = 0.80.$$

$P_G = 100 + 0.55P^{0.7}$ (Εξ. 7). Στις τιμές που υπολογίζονται για την Εξ. (7) έχει υπολογιστεί και η προσαύξηση 25%.

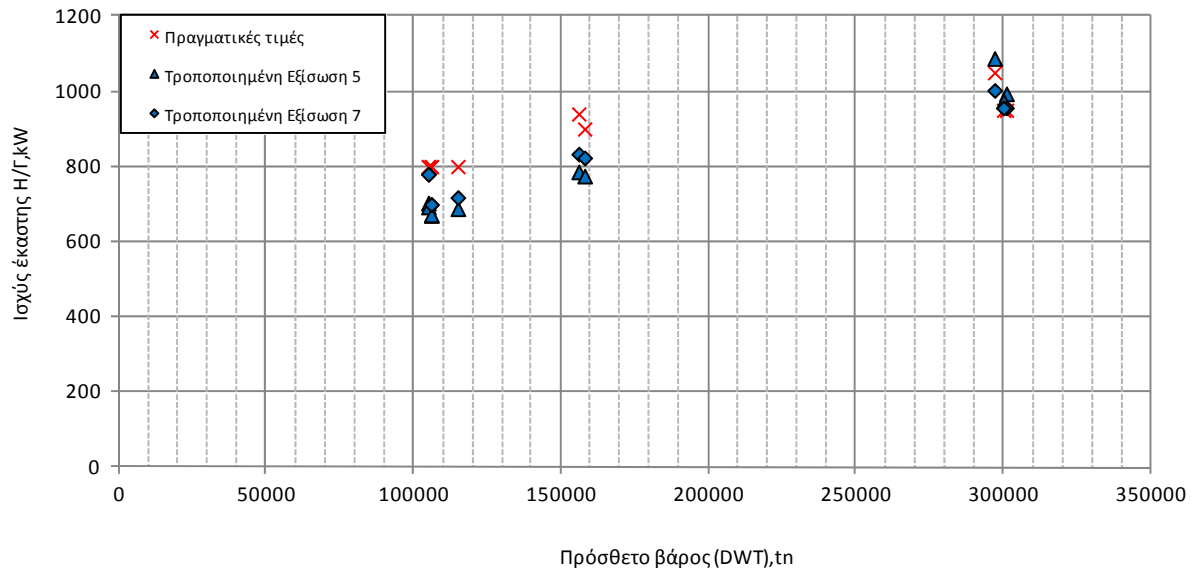
Από το Σχ. 42 προκύπτει ότι και οι δύο προσεγγιστικές σχέσεις υποεκτιμούν την πραγματική εγκατεστημένη ισχύς των ηλεκτρογεννητριών, με εξαίρεση την Εξ. 7 στην περιοχή πλοίων τύπου VLCC (297000÷301000 tons DWT).

Με τη βοήθεια της εφαρμογής solver του excel, παρατηρήθηκε ότι με κατάλληλη τροποποίηση των Εξ. 5 και 7, μπορεί να επιτευχθεί ακριβέστερη προσέγγιση των πραγματικών τιμών της εγκατεστημένης ισχύος κάθε ηλεκτρογεννήτριας. Οι εξισώσεις 5 και 7, με την προαναφερόμενη τροποποίηση, γράφονται ως εξής:

$P_G = 0.02 \times P_{Dm} + 1.1Z + 6.4\sqrt{Z} + 80 + P_C$ (Τροποποιημένη Εξ. 5 για Tankers) . Σημειώνεται ότι η τροποποίηση της Εξ. 5, έγινε λαμβάνοντας υπόψη και την μετέπειτα χρήση της Εξ. 6 για τον

υπολογισμό της απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύος.

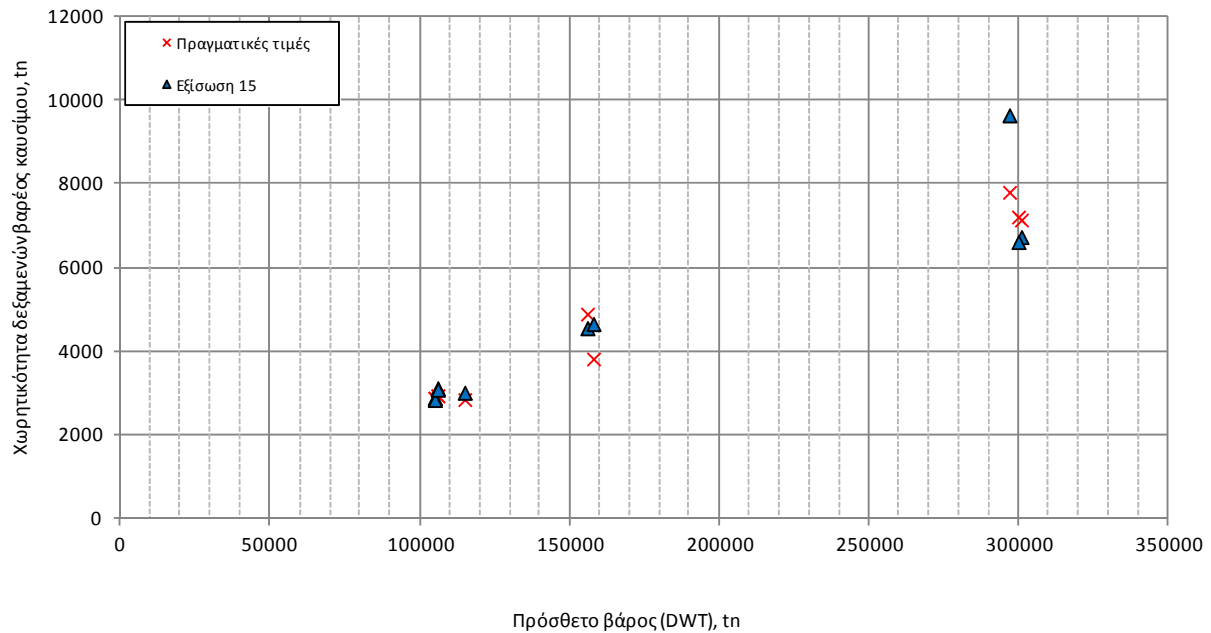
$P_G = 110 + 0.57P^{0.7}$ (Τροποποιημένη Εξ. 7 για Tankers). Στις τιμές που υπολογίζονται για την τροποποιημένη Εξ. (7) έχει υπολογιστεί και η προσαύξηση 25%.



Σχ. 43. Ισχύς Ηλεκτρογεννητριών (Η/Γ) συναρτήσσει του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω των τροποποιημένων Εξ. 5 και 7.

ο Χωρητικότητα δεξαμενών βαρέος καυσίμου (Heavy Fuel Oil) ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)

Στο Σχ.44 παρουσιάζεται η χωρητικότητα των δεξαμενών βαρέος καυσίμου ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, για τη σειρά των πλοίων Tanker που αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι πραγματικές χωρητικότητες των δεξαμενών βαρέος καυσίμου, καθώς και οι υπολογισθείσες τιμές τους, μέσω των προσεγγιστικών εκφράσεων της Ενότητας 2.6, ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους.



Σχ. 44. Χωρητικότητες δεξαμενών βαρέος καυσίμου συναρτήσει του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.

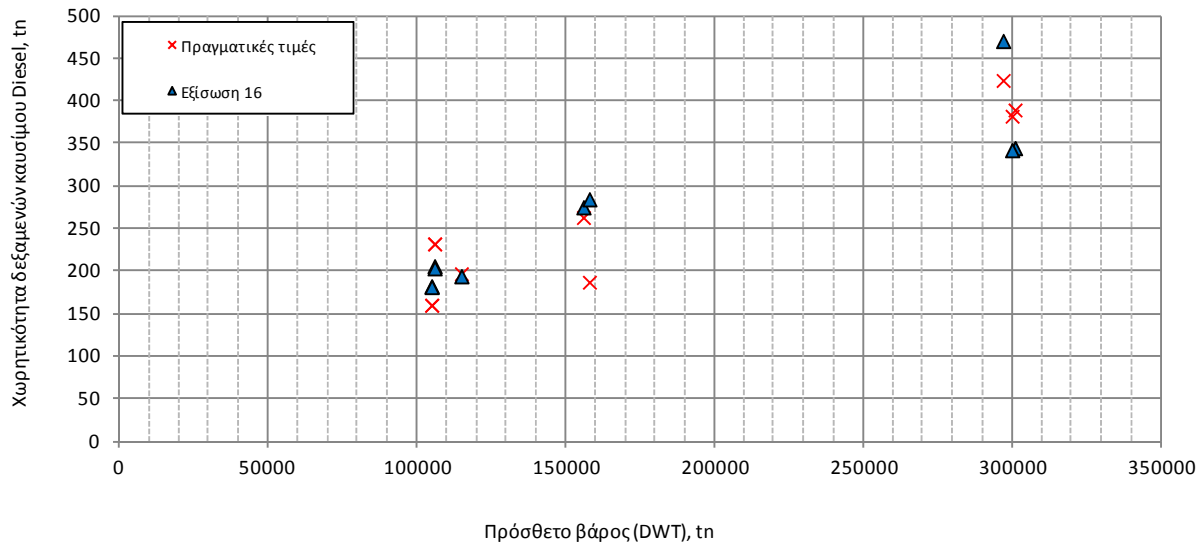
Υπενθυμίζεται ότι οι υπολογισμοί έγιναν με βάση την Εξ. 15:

$$W_{\text{FuelOil}} = (P_b \times b_1 \times t_1) \times C \times 10^{-6}, \text{ όπου η σταθερά } C \text{ λαμβάνεται } 1.2.$$

Από το Σχ. 44 προκύπτει ότι με χρήση της Εξ. 15 μπορεί να εκτιμηθεί αρκετά ικανοποιητικά η χωρητικότητα των δεξαμενών βαρέος καυσίμου.

ο *Χωρητικότητα δεξαμενών καυσίμου Diesel ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)*

Στο Σχ. 45 παρουσιάζεται η χωρητικότητα των δεξαμενών καυσίμου Diesel ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, για τη σειρά των πλοίων Tanker που αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι πραγματικές χωρητικότητες των δεξαμενών καυσίμου Diesel, καθώς και οι υπολογισθείσες τιμές τους, μέσω των προσεγγιστικών εκφράσεων της Ενότητας 2.6, ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους.



Σχ. 45. Χωρητικότητες δεξαμενών καυσίμου Diesel συναρτήσεως του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.

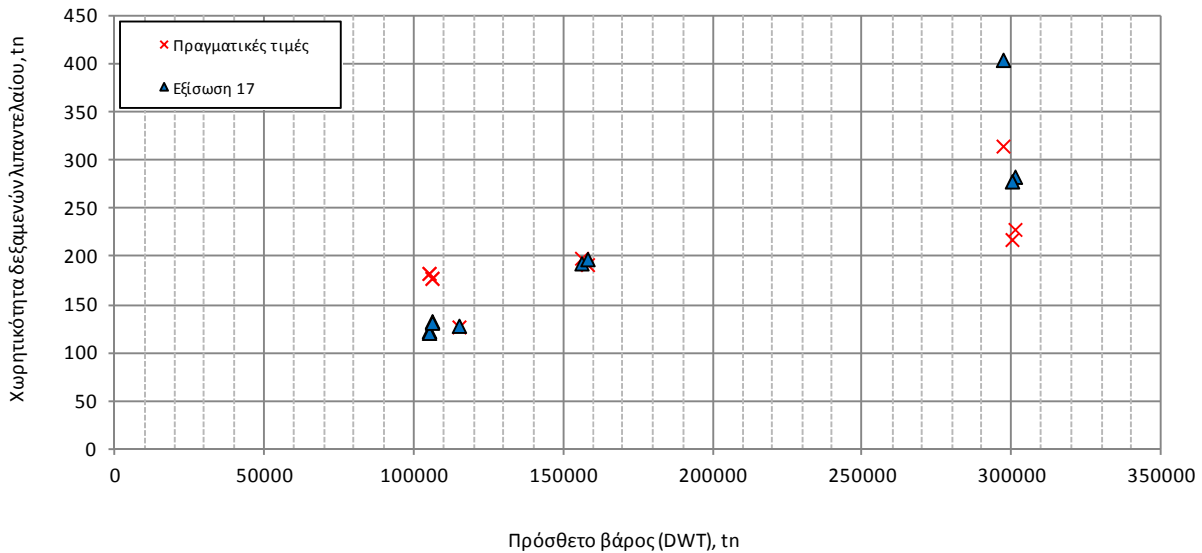
Υπενθυμίζεται ότι οι υπολογισμοί έγιναν με βάση την Εξ. 16:

$$W_{\text{Diesel oil}} = (P_{H/M} \times b_{H/M} \times t_2 / \eta_E) \times C \times 10^{-6} [\text{tn}] \text{ με } C = 1.2.$$

Από το Σχ. 45 προκύπτει ότι οι χρησιμοποιούμενες προσεγγιστικές εκφράσεις δίνουν μια ικανοποιητική προσέγγιση κυρίως στις κατηγορίες πλοίων 105000÷156000 tons DWT, ενώ στην κατηγορία των VLCC (297000÷301000 tons DWT), η προσέγγιση της Εξ. 16 δεν δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Τονίζεται ότι οι σύγχρονες γεννήτριες καταναλώνουν ως επί το πλείστον βαρύ καύσιμο (H.F.O.), με αποτέλεσμα η χρήση καυσίμου Diesel να είναι γενικά περιορισμένη. Με βάση τα πραγματικά στοιχεία από τα πλοία που μελετώνται, παρατηρείται ότι η χωρητικότητα των δεξαμενών Diesel μπορεί να υπολογιστεί ως ποσοστό 5%÷7% της συνολικής χωρητικότητας των δεξαμενών βαρέος καυσίμου (H.F.O.).

ο Χωρητικότητα δεξαμενών λιπαντελαίου ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)

Στο Σχ. 46 παρουσιάζεται η χωρητικότητα των δεξαμενών λιπαντελαίου ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, για τη σειρά των πλοίων Tanker που αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι πραγματικές χωρητικότητες των δεξαμενών λιπαντελαίου, καθώς και οι υπολογισθείσες τιμές τους, μέσω των προσεγγιστικών εκφράσεων της Ενότητας 2.6, ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους.



Σχ. 46. Χωρητικότητες δεξαμενών λιπαντελαίου συναρτήσεως του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker: Πραγματικές τιμές και υπολογισμοί μέσω προσεγγιστικών εκφράσεων.

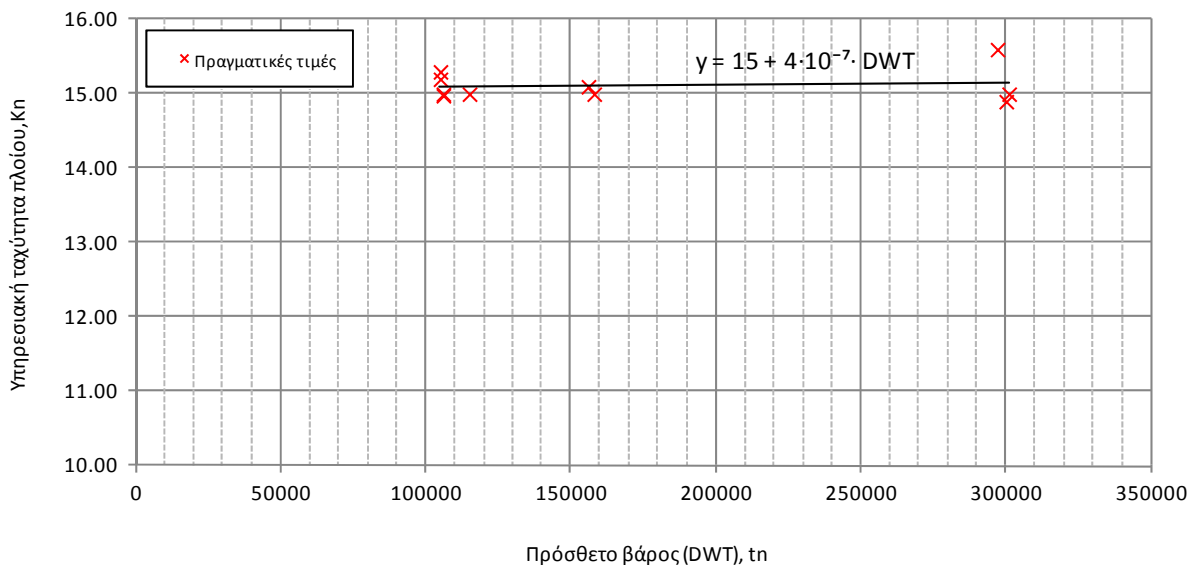
Υπενθυμίζεται οι υπολογισμοί έγιναν με βάση την Εξ.17:

$$W_{\text{Lub Oil}} = 3\div 5\% (W_{\text{Fuel Oil}} + W_{\text{Diesel oil}}).$$

Από το Σχ. 46 προκύπτει ότι με χρήση της Εξ.17 επιτυγχάνεται πολύ καλή προσέγγιση στις κατηγορίες Tanker τύπου Suezmax μεταξύ 156000÷158000 tons DWT. Στην περίπτωση όμως πλοίων τύπου VLCC (297000÷301000 tons DWT), φαίνεται να υπερεκτιμάται η πραγματική χωρητικότητα των δεξαμενών λιπαντελαίου, ενώ στην κατηγορία πλοίων τύπου Aframax (105000÷115000 tons DWT), η χωρητικότητα των δεξαμενών λιπαντελαίου γενικά υποεκτιμάται. Με βάση την προσέγγιση ότι η το βάρος $W_{\text{Diesel oil}}$, μπορεί να υπολογιστεί σαν ένα ποσοστό της τάξης του 5%-7% του βαρέος πετρελαίου, προκύπτει ότι για μια καλύτερη προσέγγιση του βάρους των λιπαντικών, η Εξ. (17), μπορεί να τροποποιηθεί ως εξής : $W_{\text{Lub Oil}} = 3.5\div 5\% (W_{\text{Fuel Oil}})$, όπου το ποσοστό 5% μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως σε πλοία VLCC.

ο Υπηρεσιακή ταχύτητα ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)

Στο Σχ. 47 παρουσιάζεται η υπηρεσιακή ταχύτητα ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, για τη σειρά των πλοίων Tanker που αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους.



Σχ. 47. Υπηρεσιακή ταχύτητα συναρτήσεως του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker.

Από το Σχ. 47 προκύπτει ότι ανεξαρτήτως χωρητικότητας του πλοίου, η ταχύτητα υπηρεσίας των σύγχρονων Tanker είναι μεταξύ 15 και 15.5 κόμβων, με τις μεγαλύτερες τιμές της ταχύτητας (πλησίον των 15.6 kn) να αντιστοιχούν σε πλοία τύπου VLCC.

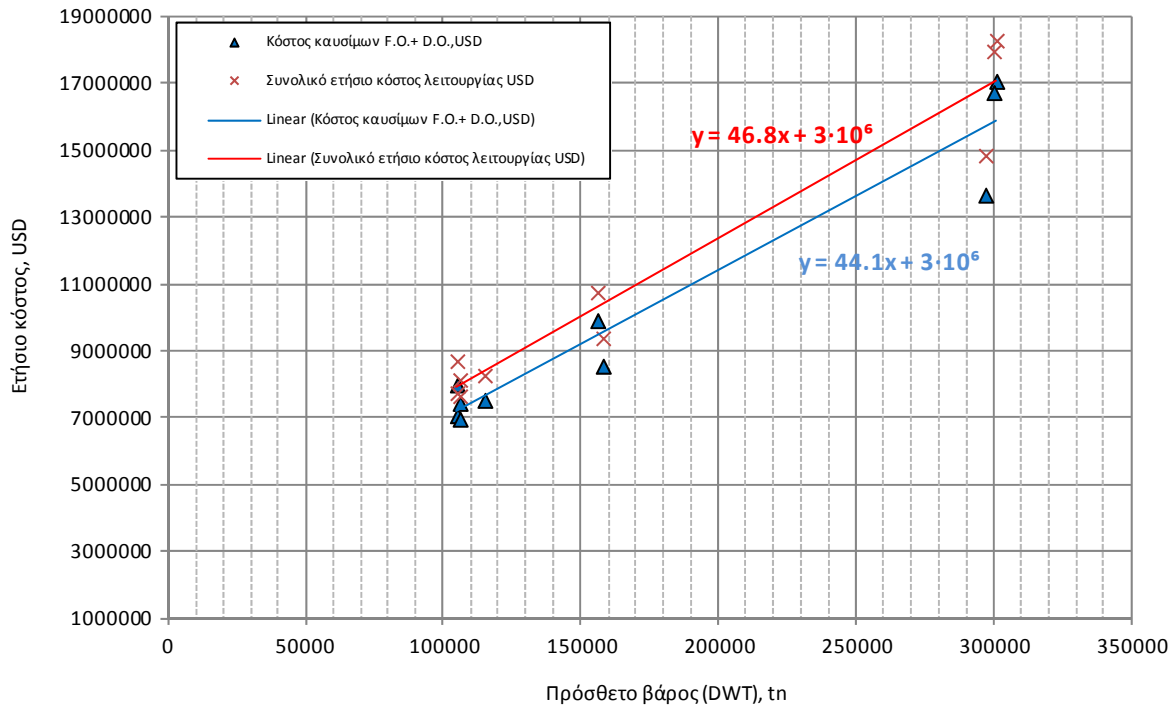
Με χρήση εξίσωσης πρώτου βαθμού, η ταχύτητα του πλοίου μπορεί να εκτιμηθεί ως συνάρτηση του μικτού βάρους του πλοίου από την επόμενη απλή σχέση:

$$V_s = 15 + 4 \times 10^{-7} \times DWT$$

όπου DWT το μικτό βάρος του πλοίου σε tons.

ο **Ετήσιο κόστος λειτουργίας και κόστος καυσίμου ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT)**

Στο Σχ. 48 παρουσιάζεται το συνολικό κόστος λειτουργίας και το κόστος καυσίμου ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, για τη σειρά των πλοίων Tanker που αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους.



Σχ. 48. Συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας και κόστος καυσίμου συναρτήσει του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker.

Από το Σχ. 48 προκύπτει ότι το κόστος καυσίμων (F.O.+ D.O.) συνεισφέρει πολύ σημαντικά στο συνολικό ετήσιο κόστος λειτουργίας του πλοίου. Με χρήση προσεγγίσεων πρώτου βαθμού, το συνολικό ετήσιο κόστος καυσίμων μπορούν να εκτιμηθούν ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου από τις ακόλουθες σχέσεις :

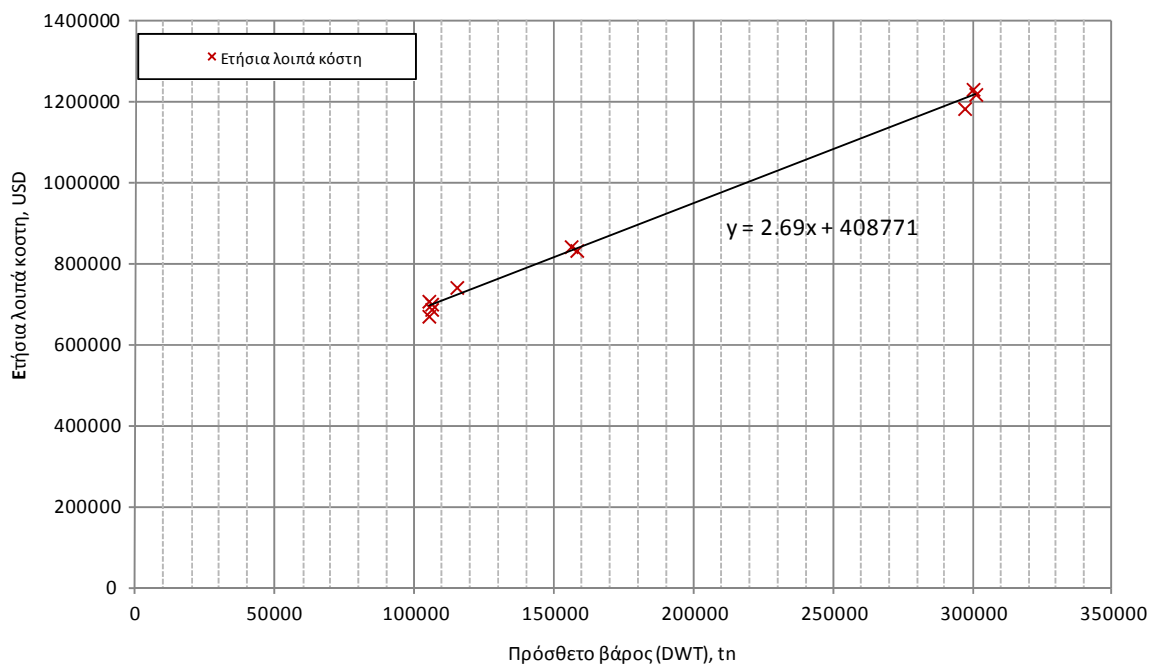
$$K = 3000000 + 46.8 \times DWT$$

$$K_{F.O.+D.O.} = 3000000 + 44.1 \times DWT \text{ όπου DWT το πρόσθετο βάρος του πλοίου σε tons.}$$

- ο **Ετήσια συνολικά λοιπά κόστη ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους (DWT), μη συμπεριλαμβανομένου του κόστους καυσίμων.**

Στο Σχ. 49 παρουσιάζονται τα ετήσια συνολικά λοιπά κόστη ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου, για τη σειρά των πλοίων Tanker που αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους

Σημειώνεται ότι στα λοιπά κόστη περιλαμβάνονται τα εξής: Κόστος λιπαντικών, κόστος υλικών συντήρησης (ανταλλακτικά μηχανημάτων, χρώματα, χημικά, αναλώσιμα μηχανοστασίου και καταστρώματος, έκτακτες επισκευές), κόστος ασφάλισης, και κόστος υπηρεσιών Νηογνώμωνων.



Σχ. 49. Ετήσια συνολικά λοιπά κόστη συναρτήσει του μικτού βάρους του πλοίου για σειρά πλοίων Tanker.

Από το Σχ. 49 προκύπτει ότι τα λοιπά κόστη είναι μια ασθενώς αύξουσα συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου. Με χρήση εξίσωσης πρώτου βαθμού, τα ετήσια λοιπά κόστη μπορούν να εκτιμηθούν ως συνάρτηση του πρόσθετου βάρους του πλοίου από την επόμενη σχέση:

$$K_{\text{various}} = 2.69 \times \text{DWT} + 408771 \text{ όπου DWT το μικτό βάρος του πλοίου σε tons.}$$

4.7 Συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα των προηγούμενων παραγράφων, μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω γενικά συμπεράσματα:

(α) Σχετικά με την εκτίμηση της μέγιστης ισχύος της Κ.Μ. παρατηρήθηκε ότι μέσω της Εξ. 4 μπορεί να επιτευχθεί ικανοποιητική προσέγγιση της πραγματικής ισχύος της Κ.Μ. σε όλες τις κατηγορίες των Tankers. Αντίθετα, με χρήση των Εξ. 1 και 2 καθώς και της Εξ. 4, υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις, κυρίως σε μικρά ή πολύ μεγάλα πλοία.

(β) Σχετικά με την εκτίμηση της ισχύος των Η/Γ, η Εξ. (7) δίνει πολύ καλή προσέγγιση στην κατηγορία πλοίων τύπου VLCC (297000÷301000 tons DWT), ενώ για όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες η υπολογιζόμενη ισχύς με χρήση των Εξ. 5÷7 είναι αρκετά χαμηλότερη από την πραγματική εγκατεστημένη ισχύ.

(γ) Με χρήση της Εξ. 15 μπορεί να εκτιμηθεί αρκετά ικανοποιητικά η χωρητικότητα των δεξαμενών βαρέος καυσίμου. Για την εκτίμηση της χωρητικότητας των δεξαμενών καυσίμου Diesel, η χρήση της Εξ. 16 δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα σε όλες τις κατηγορίες εκτός αυτής των VLCC όπου παρατηρείται υπερεκτίμηση της αναγκαίας χωρητικότητας των σχετικών δεξαμενών. Με βάση τα σημερινά δεδομένα, το βάρος του καυσίμου Diesel, μπορεί να υπολογιστεί σαν ένα ποσοστό της τάξης του 5%-7% του βαρέος πετρελαίου.

(δ) Με χρήση της Εξ.17 επιτυγχάνεται πολύ καλή προσέγγιση στις κατηγορίες Tanker τύπου Suezmax μεταξύ 156000÷158000 tons DWT, ενώ όσον αφορά τις υπόλοιπες κατηγορίες (Aframax, VLCC), η χρήση της Εξ.17 δεν δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

(ε) Η ταχύτητα υπηρεσίας των σύγχρονων Tankers κυμαίνεται μεταξύ 15 και 15.6 κόμβων, με τις μεγαλύτερες τιμές της ταχύτητας να αντιστοιχούν σε πλοία τύπου VLCC. Η ταχύτητα του πλοίου μπορεί να εκτιμηθεί ως συνάρτηση του μικτού βάρους του μέσω της σχέσης, $V_s=15+4 \times 10^{-7} \times DWT$.

(στ) Σε αναλογία με τα πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην, το κόστος καυσίμων των Tanker αντιπροσωπεύει το 90-95% του ετήσιου συνολικού λειτουργικού τους κόστους. Η παρατήρηση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, λόγω των υψηλών τιμών καυσίμων, και συγχρόνως των χαμηλών τιμών των ναύλων την τελευταία τριετία, έχουν υιοθετηθεί από την πλευρά των ναυλωτών (αλλά και των πλοιοκτητών), τάσεις σημαντικής μείωσης της ταχύτητας μεταφοράς (slow-steaming ή low load operation), με κύριο σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και κατ' επέκταση του ετήσιου λειτουργικού κόστους του πλοίου. Προς την κατεύθυνση της μειωμένης κατανάλωσης καυσίμου και της ανάγκης διαχείρισης πλοίων με μειωμένο λειτουργικό κόστος, τα ναυπηγεία έχουν επιδοθεί (ιδιαίτερα τον τελευταίο χρόνο) στη μελέτη και σχεδίαση πλοίων χαμηλής ημερήσιας κατανάλωσης καυσίμου, ανταποκρινόμενα στις ολοένα αυξανόμενες ανάγκες της παγκόσμιας ναυτιλιακής αγοράς για μείωση του συνολικού κόστους μεταφοράς.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία περιγράφηκαν και μελετήθηκαν τα κύρια χαρακτηριστικά των μηχανοστασίων σύγχρονων πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην (Bulk Carriers) και δεξαμενοπλοίων (Tankers). Περιγράφηκε η διάταξη και λειτουργία των βασικών δικτύων του μηχανοστασίου, και αναλύθηκε η επίδραση των νέων κανονισμών για χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο στον εξοπλισμό, τη διάταξη και τη λειτουργία του μηχανοστασίου.

Με τη βοήθεια της υπάρχουσας μεθοδολογίας προμελέτης πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί προεκτίμησης βασικών παραμέτρων σχεδιασμού, όπως οι απαιτήσεις ισχύος της κύριας μηχανής, οι απαιτήσεις ηλεκτρικής ισχύος, το είδος και ο αριθμός των ηλεκτρογεννητριών, οι ανάγκες σε καύσιμα και λιπαντικά, οι ανάγκες χωρητικότητας των δεξαμενών του μηχανοστασίου, ο όγκος του μηχανοστασίου, τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης του πλοίου, κ.α., σε μία σειρά δεξαμενοπλοίων και πλοίων μεταφοράς φορτίου χύδην διαφόρων μεγεθών. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών προμελέτης συγκρίθηκαν με τα πραγματικά δεδομένα σχεδίασης και λειτουργίας των πλοίων και εξήχθησαν συμπεράσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα των υπάρχουσων μεθοδολογιών. Σε αρκετές περιπτώσεις προτάθηκαν κατάλληλες τροποποιήσεις σε υπάρχοντες τύπους, ώστε να είναι δυνατή η ακριβέστερη προεκτίμηση βασικών παραμέτρων σχεδιασμού κατά τη φάση της προμελέτης. Επίσης, μέσω λεπτομερούς ηλεκτρικού ισολογισμού αναλύθηκε η σημασία της αέργου ισχύος κατά την επιλογή ηλεκτρογεννητριών ενός σύγχρονου πλοίου.

Επιπλέον, με βάση πραγματικά στοιχεία εν ενεργεία πλοίων, παρουσιάστηκαν συγκεντρωτικοί πίνακες και αντίστοιχα διαγράμματα που αφορούν το ετήσιο κόστος λειτουργίας και συντήρησης ενός σύγχρονου πλοίου. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το κόστος καυσίμων αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα κόστους, δεδομένου ότι και στις δύο κατηγορίες πλοίων (μεταφοράς φορτίου χύδην και δεξαμενοπλοίων) ξεπερνά το 90% του ετήσιου συνολικού κόστους λειτουργίας και συντήρησης του πλοίου.

Η παρούσα εργασία μπορεί να αποτελέσει τη βάση για περαιτέρω βελτίωση των μεθοδολογιών που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στάδια της προμελέτης του πλοίου, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιτυχώς για τη σχεδίαση σύγχρονων πλοίων. Η επίδραση των νέων κανονισμών (που έχουν ήδη τεθεί σε ισχύ) στη σχεδίαση, στον εξοπλισμό και την λειτουργία των μηχανοστασίων των πλοίων μπορεί επιπλέον να μελετηθεί σε συνδυασμό με τους κανονισμούς που προγραμματίζεται να τεθούν σε εφαρμογή στο άμεσο μέλλον (π.χ. ballast water treatment systems).

Επιπλέον η μελέτη του πραγματικού κόστους διαχείρισης και λειτουργίας ενός σύγχρονου πλοίου μπορεί να προσφέρει σημαντικά στοιχεία όσον αφορά την συνολική επένδυση ενός πλοίου. Η μελέτη του κόστους διαχείρισης και λειτουργίας μπορεί να επεκταθεί και σε άλλες βασικές κατηγορίες πλοίων όπως τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (Containers) και τα πλοία υγροποιημένου αερίου (LNG, LPG).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Εταιρεία Ναυπηγών & Ναυτικών Μηχανολόγων Η.Π.Α, «Μέθοδος Προμελέτης Ναυτικών Συστημάτων με κινητήρες Diesel», Μετάφραση: Χρήστος Ι. Παπαδόπουλος, Επιμέλεια: Χρίστος Αθ. Φραγκόπουλος, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜ.Π., Αθήνα 2008.
2. Κυρτάτος Ν.Π., «Σημειώσεις και βοηθήματα για το Μάθημα: Συστήματα και βοηθητικά Μηχανήματα πλοίου», Σημειώσεις Ε.Μ.Π., Σχ. Ναυπηγών Μηχ/γων Μηχ/κών, 1999.
3. Ιωαννίδης Ι.Π., Φραγκόπουλος Χ.Α., Προυσαλίδης Ι.Μ., «Ενεργειακά Συστήματα Πλοίου-Συμπληρωματικά Βοηθήματα και Ασκήσεις», Σημειώσεις Ε.Μ.Π., Σχ. Ναυπηγών Μηχ/γων Μηχ/κών, Αθήνα 1999.
4. Φραγκόπουλος Χ.Α., Προυσαλίδης Ι.Μ., «Ενεργειακά Συστήματα Πλοίου Τεύχος Α'- Ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, Εισαγωγή στον αυτοματισμό», Σημειώσεις Ε.Μ.Π., Σχ. Ναυπηγών Μηχ/γων Μηχ/κών, Αθήνα 2005.
5. Προυσαλίδης Ι.Μ., «Βασικές Αρχές Ηλεκτροτεχνίας», Σημειώσεις Ε.Μ.Π., Σχ. Ναυπηγών Μηχ/γων Μηχ/κών, Αθήνα 2005.
6. Ιωαννίδης Ι.Π., «Μέθοδοι για την κατάστροψη θερμικού ισολογισμού ναυτικών προωστηρίων εγκαταστάσεων ατμού», Σημειώσεις Ε.Μ.Π., Σχ. Ναυπηγών Μηχ/γων Μηχ/κών, Αθήνα 1998.
7. Παπανικολάου Α., «Μελέτη Πλοίου, Τόμος Α, Μεθοδολογία Προμελέτης», Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 1999.
8. Ιωαννίδης Ι.Π., «Ναυτικές Μηχανές», Σημειώσεις Ε.Μ.Π., Σχ. Ναυπηγών Μηχ/γων Μηχ/κών, 2005.
9. MAN B&W Diesel A/S, Propulsion Trends in Tankers, 2006.
10. MAN B&W Diesel A/S, Propulsion Trends in Bulk Carriers, 2004.
11. Lloyds Register, Bulk Carrier Focus, Issue 3, May 2006.
12. Maritech News, Τεύχος 1, Ιούνιος 2010.
13. Hunt E.C., «Modern Marine Engineer's Manual, Volume II», Cornel Maritime Press, 3rd Edition 2002.
14. Harington R.L., «Marine Engineering», SNAME, 1992.
15. Rowen A.L., Gardner R.F., Femenia J., Chapman D.S., Wiggins E.G., «Introduction to Practical Marine Engineering, Volume I », SNAME, 2004.
16. Cowley J., «The Running and Maintenance of Marine Machinery», IMAREST, 2008.
17. Republic Of Marshall Islands, Marine Notice No 2-013-8/SECA Areas Rev 12/08, «Implementation of Marpol Annex VI, Regulations for the prevention of Air Pollution from Ships».
18. Det Norske Veritas, «Mapol Annex VI - Operation in SOx Emmision Control Areas, how to comply», August 2009.
19. Det Norske Veritas, «EU Directive, how to comply», August 2009.
20. Lloyds Register, «Classification News», No 09/2009, April 2009.

21. MAN B&W Diesel, «Operation of MAN B&W two stroke engines on distillate fuels», Presentation in Athens, Oct. 2009.
22. Johnson Controls, «JCI Marine MDO - MGO cooling », Presentation in Athens, Oct. 2009.
23. www.sustainableshipping.com, «Briefing paper Emission Control Areas (ECAs) », August 2009.
24. MAN B&W Diesel A/S, Propulsion Trends in Bulk Carriers –last version
http://mandieselturbo.com/files/news/files/5479/5510-0007-02ppr_low.pdf
25. MAN B&W Diesel A/S, Propulsion Trends in Tankers –last version
<http://mandieselturbo.com/files/news/files/1535/Propulsion%20trends%20in%20tankers.htm.pdf>
26. United States Environmental Protection Agency (EPA) / EPA-420-F-10-015, « Designation of North America Emissions Control Area », March 2010.
27. Swedish Maritime Administration, Consequences of the IMO's new marine fuel sulphur regulations, 14/5/2009.
28. IMO official web site:
<http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/OilPollution/Pages/Crude-Oil-Washing.aspx>
29. <http://www.napcopumps.com>
30. Electric load analysis, Hudong Shipyard, China.
31. Electric load analysis, Jiangsu Rongsheng Heavy Industries Co, China.
32. Lloyds Register, «Classification News», FOBAS, January 2012.