



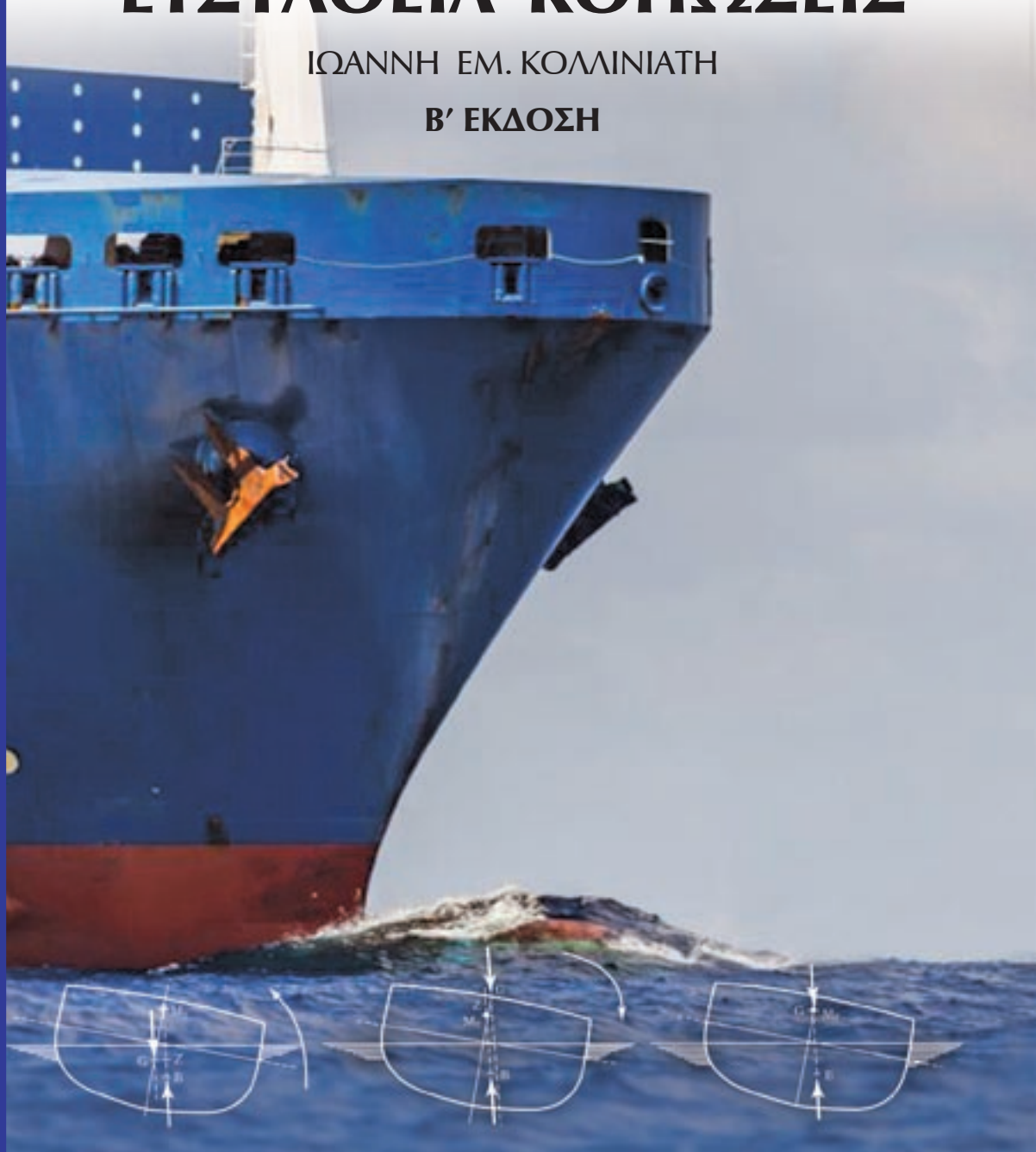
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ
ΑΚΑΔΗΜΙΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ-ΚΟΠΩΣΕΙΣ

ΙΩΑΝΝΗ ΕΜ. ΚΟΛΜΙΝΙΑΤΗ

Β' ΕΚΔΟΣΗ



ΑΘΗΝΑ 2016

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΚΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ: ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ – ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

1.1 Γενικά	1
1.2 Άξονες και επίπεδα αναφοράς του πλοίου.....	1
1.3 Απλοποιημένη μορφή πλοίου.....	2
1.4 Επιφάνεια και διαστάσεις αναφοράς	2
1.5 Ορισμοί βασικών διαστάσεων πλοίου	2
1.6 Βασική ονοματολογία	4
1.7 Σχέδιο γραμμών	5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

2.1 Μάζα και βάρος.	7
2.2 Πυκνότητα και ειδικό βάρος.	8
2.3 Συντελεστές στοιβασίας.	9
2.4 Η πυκνότητα του νερού.....	11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΤΕΡΕΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ – ΚΕΝΤΡΑ ΒΑΡΟΥΣ

3.1 Βασικοί ορισμοί	13
3.2 Αξιώματα της στατικής.	13
3.3 Συνισταμένη παραλλήλων δυνάμεων.....	14
3.4 Ανάλυση δυνάμεως σε συνιστώσες.	15
3.5 Ροπή δυνάμεως ως προς άξονα.	16
3.6 Ζεύγος δυνάμεων.	16
3.7 Ισορροπία δυνάμεων.	17
3.8 Εύρεση συνισταμένης παραλλήλων δυνάμεων.....	17
3.9 Κέντρο βάρους σώματος.....	18
3.10 Πρακτικοί τρόποι ευρέσεως του κέντρου βάρους επιπέδων σχημάτων.....	18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΩΝ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

4.1 Εισαγωγή.	21
4.2 Γεωμετρικές ιδιότητες επίπεδης επιφάνειας.	21
4.3 Γεωμετρικές ιδιότητες μη κανονικού (ακανόνιστου) όγκου.....	22
4.4 Τύποι και μεθοδολογία ευρέσεως γεωμετρικών ιδιοτήτων μη κανονικής επιφάνειας.	23
4.5 Τύποι και μεθοδολογία ευρέσεως γεωμετρικών ιδιοτήτων μη κανονικού όγκου.	27
4.6 Μονάδες που χρησιμοποιούνται στη διεθνή ναυτιλιακή πρακτική.....	27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ ΕΥΡΕΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

5.1 Εισαγωγή.....	28
5.2 Εύρεση ιδιοτήτων ισάλων πλοίου	28
5.3 Εύρεση ιδιοτήτων εγκαρσίων τομών του πλοίου.	31

5.4	Εύρεση ιδιοτήτων όγκου της γάστρας με διαμήκη ολοκλήρωση.....	31
5.5	Εύρεση ιδιοτήτων όγκου με κατακόρυφη ολοκλήρωση.....	31
5.6	Υδροστατικό διάγραμμα.....	32
5.7	Υδροστατικά στοιχεία πλοίου με διαγωγή.	36
5.8	Γεωμετρικές ιδιότητες χώρων του πλοίου.	39
5.9	Χωρητικότητα κυτών.....	42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΣΕΩΣ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

6.1	Γενικά.....	46
6.2	Εύρεση βάρους και θέσεως κέντρου βάρους άφορτου πλοίου.	46
6.3	Εύρεση βάρους και θέσεως κέντρου βάρους του πλοίου μετά από προσθαφαίρεση βαρών.	46
6.4	Εύρεση βάρους και θέσεως κέντρου βάρους πλοίου σε οποιαδήποτε κατάσταση φορτώσεώς του.	48
6.5	Μη ομοιόμορφο φορτίο σε κύτος.....	51
6.6	Επίδραση μεταφοράς φορτίου στη θέση του κέντρου βάρους.	52
6.7	Επιπτώσεις από αναρτημένα βάρη.....	54
6.8	Προσθαφαιρέσεις βαρών.	55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΑΝΩΣΗ – ΕΚΤΟΠΙΣΜΑ – ΠΛΕΥΣΤΟΤΗΤΑ

7.1	Ορισμός του εκτοπίσματος – Αρχή του Αρχιμήδη.	56
7.2	Προσδιορισμός της πυκνότητας του θαλάσσιου νερού – Όργανα μετρήσεώς της.....	57
7.3	Συσχετισμός εκτοπιζόμενου όγκου υγρού με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πλοίου.	58
7.4	Επίδραση της πυκνότητας στα βυθίσματα του πλοίου.	58
7.5	Πλευστότητα – Εφεδρική πλευστότητα – Ύψος εξάλων – Μέγιστο επιτρεπόμενο βύθισμα.	59
7.6	Ορισμός και χρήση της ανοχής γλυκού νερού.....	59
7.7	Ορισμός και χρήση της ανοχής υφάλμυρου νερού.....	60
7.8	Εύρεση εκτοπίσματος (βάρους) ισοβύθιστου πλοίου, που δεν έχει υποσθεί κάμψη.....	61
7.9	Τόνοι ανά cm ή ανά in βυθίσεως.....	62
7.10	Παράγοντες που επηρεάζουν το TPC και την ακρίβεια της χρήσεώς του.....	63
7.11	Εκτίμηση της μεταβολής του βυθίσματος με χρήση του TPC.....	63
7.12	Κλίμακα φορτώσεως.....	64

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ: ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΜΙΚΡΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΚΛΙΣΕΩΣ (ΑΡΧΙΚΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ)

8.1	Γενικά. Σκοπός μελέτης της ευστάθειας.	65
8.2	Ροπή υδροστατικής προελεύσεως. Η έννοια του εγκάρσιου μετακέντρου.....	66
8.3	Αιτίες δημιουργίας εγκαρσίων κλίσεων. Σημασία του εγκάρσιου μετακεντρικού ύψους.....	70
8.4	Προσδιορισμός του μετακεντρικού ύψους.....	71
8.5	Εύρεση στοιχείων άφορτου πλοίου. Το πείραμα ευστάθειας.....	71
8.5.1	Μέθοδος ευρέσεως στοιχείων του άφορτου πλοίου.	71
8.5.2	Θεωρία του πειράματος ευστάθειας.....	72
8.5.3	Προετοιμασία για την πραγματοποίηση του πειράματος ευστάθειας.	73
8.5.4	Εκτέλεση του πειράματος ευστάθειας.....	73
8.5.5	Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του πειράματος ευστάθειας.....	74
8.5.6	Αναφορά πειράματος ευστάθειας.	74
8.5.7	Συχνότητα πραγματοποίησεως του πειράματος.	75
8.5.8	Πρόχειρο πείραμα ευστάθειας.....	75
8.5.9	Πείραμα ευστάθειας με μηδενικό ή αρνητικό μετακεντρικό ύψος.....	76
8.6	Προσδιορισμός μετακεντρικού ύψους από την περίοδο διατοιχισμού.....	76
8.7	Διαγράμματα περιόδου διατοιχισμού - μετακεντρικού ύψους.	77
8.8	Εγκάρσια κλίση λόγω ασυμμετρίας στην εγκάρσια κατανομή βαρών. Μέθοδος διορθώσεως.....	79
8.9	Υπολογισμός εγκάρσιας κλίσεως κατά τη διάρκεια της φορτώσεως και από τη χρήση γερανών.	80
8.10	Λόγοι που οδηγούν στην διαφορετική εξέταση της ευστάθειας σε μικρές ή μεγάλες γωνίες.	83
8.11	Μέτρα διορθώσεως μικρών εγκαρσίων κλίσεων.....	84
8.12	Διόρθωση κλίσεως με φόρτωση-εκφόρτωση.....	84
8.13	Διόρθωση κλίσεως που οφείλεται σε αρνητικό μετακεντρικό ύψος.....	85

8.14	Αύξηση του βυθίσματος λόγω εγκάρσιας κλίσεως.....	87
8.14.1	Αύξηση του βυθίσματος λόγω εγκάρσιας κλίσεως σε πλοία χωρίς ανύψωση πυθμένα.....	87
8.14.2	Αύξηση του βυθίσματος λόγω εγκάρσιας κλίσεως σε πλοία με ανύψωση πυθμένα	88
8.15	Ειδικές εφαρμογές φορτώσεων.	89
8.15.1	Μηδενικό GM μετά από φόρτωση καταστρώματος.	89
8.15.2	Φορτίο στο κατάστρωμα σε πλοίο Handymax.	90

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΥΓΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ

9.1	Γενικά για τις ελεύθερες επιφάνειες υγρών.....	91
9.2	Επίδραση ελευθέρων επιφανειών υγρών στην ευστάθεια.	91
9.3	Τρόποι υπολογισμού ελευθέρων επιφανειών.	93
9.4	Προφυλάξεις και αντιμετώπιση του κινδύνου ελευθέρων επιφανειών.	95
9.5	Νομογράφημα για τον υπολογισμό της επιδράσεως ελευθέρων επιφανειών.	96
9.6	Φόρτωση δεξαμενοπλοίου με έλεγχο της εξελίξεως των ελευθέρων επιφανειών στις δεξαμενές φορτίου.....	96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΜΕΓΑΛΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΚΛΙΣΕΩΣ

10.1	Εισαγωγή.....	98
10.2	Μέθοδοι υπολογισμού των μοχλοβραχιόνων επαναφοράς.	98
10.2.1	Μέθοδος Atwood.	98
10.2.2	Μέθοδος Scribanti.....	100
10.2.3	Άλλες μέθοδοι υπολογισμού.....	100
10.3	Παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας.	100
10.4	Διεθνείς απαιτήσεις για τους υπολογισμούς των παραμετρικών καμπυλών ευστάθειας.	101
10.5	Πίνακες μοχλοβραχιόνων επαναφοράς.....	102
10.6	Καμπύλες ευστάθειας.....	102
10.7	Εύρεση στοιχείων της καμπύλης ευστάθειας από τις παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας.....	103
10.8	Ιδιότητες της καμπύλης ευστάθειας.	104
10.9	Διορθώσεις καμπυλών ευστάθειας.	106
10.10	Συσχετισμός της αρχικής ευστάθειας με την ευστάθεια μεγάλων γωνιών κλίσεως.....	112
10.11	Καμπύλη ευστάθειας πλοίου με αρνητικό μετακεντρικό ύψος.....	114
10.12	Συνδυασμός αρνητικού μετακεντρικού ύψους και ασύμμετρης κατανομής βαρών.	115
10.13	Συσκευές υπολογισμού και ενδείκτες ευστάθειας.	115

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ

11.1	Ορισμός. Πρακτική εξήγηση της έννοιας της δυναμικής ευστάθειας.	117
11.2	Γωνία εγκάρσιας κλίσεως του πλοίου κάτω από την επίδραση εξωτερικής ροπής.	117
11.3	Σημασία της δυναμικής ευστάθειας για την ασφάλεια του πλοίου.....	118
11.4	Υπολογισμοί της δυναμικής ευστάθειας. Η έννοια του μετροακινίου και της μετρομοίρας.....	118
11.5	Απομένονσα δυναμική ευστάθεια.....	120
11.6	Σύγχρονος διατοιχισμός και παραμετρικός συντονισμός.	120

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ

ΔΙΑΜΗΚΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ – ΔΙΑΓΩΓΗ

12.1	Διαμήκης ευστάθεια.....	122
12.2	Διαγωγή, ορισμός, σημασία της διαγωγής, επιπτώσεις στην εγκάρσια ευστάθεια.....	122
12.3	Διαμήκης θέση κέντρου βάρους (LCG).....	123
12.4	Διαμήκης θέση κέντρου ανώσεως (LCB).	124
12.5	Μεταβολές της θέσεως των ανωτέρω και λόγοι που τις προκαλούν.	124
12.6	Συνθήκες διαμήκους ευστάθειας και διαμήκους ισορροπίας.	124
12.7	Μεταβολές της διαγωγής.	125
12.8	Σημασία της σχετικής θέσεως των σημείων B και G.	126
12.9	Ροπή διαγωγής και ροπή που μεταβάλλει τη διαγωγή κατά μία μονάδα (MTC).....	126

12.10	Υπολογισμοί για τον προσδιορισμό του διαμήκους κέντρου βάρους, της διαγωγής και των βυθισμάτων, όταν δίνεται η άφορτη κατάσταση και τα διάφορα μεταβλητά φορτία, χωρίς να είναι γνωστά τα αρχικά βυθίσματα.	127
12.11	Υπολογισμός του LCG από τη διαγωγή.	128
12.12	Κέντρο ζυγοσταθμίσσεως, έννοια, θέση του, μετακινήσεις του, σημασία του για τη μεταβολή βυθισμάτων.	129
12.13	Σχετικοί υπολογισμοί επί των ανωτέρω.	130
12.14	Μέθοδοι υπολογισμού των τελικών βυθισμάτων όταν είναι γνωστά τα αρχικά βυθίσματα πλοίου και εκτελείται φορτοεκφόρτωση ενός ή πολλών βαρών. Χρήση σχετικών πινάκων.	131
12.15	Ολοκλήρωση φορτώσεως με επιθυμητή διαγωγή.	135
12.16	Προϋπολογισμός βυθισμάτων κατάπλου.	137
12.17	Κατάπλους με επιθυμητή διαγωγή.	139
12.17.1	Γενικά.	139
12.17.2	Ρύθμιση βυθισμάτων κατάπλου.	139
12.18	Μεταβολή βυθίσματος μόνο στο ένα άκρο.	139
12.19	Επίδραση της πυκνότητας στη διαγωγή.	140
12.20	Διορθώσεις διαγωγής με τη βοήθεια νομογραφημάτων που υπάρχουν στα πλοία.	141
12.21	Στοιχεία που χρειάζονται για την εύρεση της διαγωγής.	144
12.22	Ακριβής προσδιορισμός του εκτοπίσματος.	144
12.22.1	Γενικά.	144
12.22.2	Αναγωγή βυθισμάτων στις καθέτους.	144
12.22.3	Επίδραση της κάμψεως.	146
12.22.4	Διόρθωση εκτοπίσματος λόγω διαγωγής.	147
12.22.5	Διόρθωση λόγω μεταβολής ειδικού βάρους του νερού.	148
12.22.6	Σύνοψη διορθώσεων στο εκτόπισμα.	148
12.23	Εκτίμηση φορτίου που έχει παραληφθεί στη φόρτωση.	148
12.24	Έλεγχος φορτίου.	151

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΡΙΤΟ: ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΜΑΤΑ

13.1	Γενικά.	153
13.2	Αιτίες και επιπτώσεις εγκάρσιων κλίσεων.	153
13.3	Εγκάρσια κλίση λόγω αρνητικού μετακεντρικού ύψους.	154
13.4	Εγκάρσια κλίση λόγω εγκάρσιων ροπών.	154
13.4.1	Εύρεση μικρών γωνιών εγκάρσιας κλίσεως με χρησιμοποίηση του μετακεντρικού ύψους.	158
13.4.2	Εύρεση μικρών ή μεγάλων γωνιών εγκάρσιας κλίσεως με χρησιμοποίηση της καμπύλης ευστάθειας.	158
13.5	Αύξηση βυθίσματος με την εγκάρσια κλίση.	160
13.6	Πρακτικά στοιχεία σχετικά με τη διόρθωση εγκάρσιων κλίσεων.	161
13.7	Πρακτικά στοιχεία σχετικά με την ευστάθεια. Ερματισμός.	162
13.8	Το καλοθάλασσο του πλοίου και η ευστάθεια.	163
13.9	Δεξαμενισμός και προσάραξη.	163
13.9.1	Γενικά.	163
13.9.2	Δυνατότητα επαναπλεύσεως.	163
13.9.3	Η αντοχή του πλοίου κατά την προσάραξη.	164
13.9.4	Η ευστάθεια του πλοίου κατά την προσάραξη.	164
13.9.5	Η ευστάθεια του πλοίου κατά τον δεξαμενισμό.	167
13.10	Έλεγχος βλαβών – Απαιτήσεις στεγανής υποδιαιρέσεως.	169
13.10.1	Έλεγχος βλαβών. Γενικά.	169
13.10.2	Συνοπτικές απαιτήσεις στεγανής υποδιαιρέσεως φορτηγών πλοίων.	169
13.10.3	Συνοπτικές απαιτήσεις στεγανής υποδιαιρέσεως επιβατηγών πλοίων.	170
13.10.4	Πρακτικά μέτρα προστασίας από ενδεχόμενη διαρροή.	173
13.11	Επακόλουθα της κατακλύσεως.	174
13.12	Απώλεια πλευστότητας και πιθανότητα βυθίσεως του πλοίου μετά από κατάκλυση.	180
13.13	Προληπτικά μέτρα για την αντιμετώπιση διαρροής.	180
13.14	Γενικές αρχές για τα μέτρα αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κατακλύσεως.	180
13.15	Εκτίμηση καταστάσεως μετά την κατάκλυση.	181
13.16	Επιλογή διορθωτικών μέτρων.	182
13.17	Εφαρμογή διορθωτικών μέτρων.	183
13.18	Πρακτικά μέτρα για την αντιμετώπιση της κατακλύσεως.	183
13.19	Σχέδια και μελέτες για επιβατηγά πλοία σχετικά με την προστασία από διαρροή.	185

13.20	Σχέδια και μελέτες ειδικά για φορτηγά πλοία.....	188
-------	--	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΤΕΤΑΡΤΟ
ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ
ΤΗΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΚΑΙ ΣΤΕΓΑΝΗ ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΗ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

14.1	Γενικά.....	189
14.2	Απαιτήσεις ευστάθειας φορτηγών πλοίων.....	189
14.3	Απαιτήσεις στεγανής υποδιαίρεσης φορτηγών πλοίων.....	190
14.4	Απαιτήσεις ευστάθειας των ελληνικών επιβατηγών πλοίων στην άθικτη κατάσταση.....	190
14.5	Απαιτήσεις ευστάθειας επιβατηγών πλοίων στην άθικτη κατάσταση σύμφωνα με τον Κώδικας Άθικτης Ευστάθειας IMO Res MSC 267(85).....	192
14.6	Απαιτήσεις στεγανής υποδιαίρεσης και ευστάθειας επιβατηγών πλοίων σε κατάσταση βλάβης.....	192
14.7	Ενοποιημένες απαιτήσεις ευστάθειας.....	193
14.8	Απλοποιημένη προσέγγιση ευστάθειας.....	193

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΠΕΜΠΤΟ
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΎΨΟΥΣ ΕΞΑΛΩΝ ΓΙΑ ΠΛΟΙΑ ΤΥΠΟΥ Α ΚΑΙ Β

15.1	Γενικά.....	196
15.2	Καθορισμός ύψους εξάλων για πλοία τύπου Α και Β.....	196
15.3	Χάραξη των γραμμών φορτώσεως.....	197
15.4	Εφαρμογή κανονισμών γραμμής φορτώσεως.....	198
15.5	Υποχρεώσεις του πλοιάρχου ως προς την εφαρμογή της συμβάσεως περί Γραμμής Φορτώσεως.....	200
15.6	Διέλευση από περιορισμένο βάθος με μέγιστο φορτίο μετά από αλλαγή στο ειδικό βάρος της θάλασσας.....	201

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΚΤΟ
ΕΙΔΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ
ΚΑΤΑ ΤΗ ΦΟΡΤΩΣΗ ΚΑΙ ΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΙΔΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

16.1	Γενικά.....	202
16.2	Μεταφορά σιτηρών.....	202
16.2.1	Γενικές αρχές.....	202
16.2.2	Κανονισμοί φορτώσεως σιτηρών της SOLAS 1974.....	204
16.2.3	Υπολογισμοί που πραγματοποιούνται από τον πλοίαρχο.....	207
16.2.4	Διευθέτηση του φορτίου – Πλοία ειδικά διαρρυθμισμένα για μεταφορά σιτηρών.....	211
16.2.5	Ειδικές εφαρμογές φορτώσεως σιτηρών.....	212
16.3	Μεταφορά ξυλείας.....	221
16.3.1	Γενικά. Μονάδες μετρήσεως.....	221
16.3.2	Ύψος εξάλων για μεταφορά ξυλείας.....	222
16.3.3	Προϋποθέσεις για την εφαρμογή μειωμένου ύψους εξάλων.....	222
16.3.4	Η ξυλεία ως φορτίο πάνω στο κατάστρωμα.....	225
16.3.5	Προϋπολογισμός φορτίου ξυλείας που μπορεί να φορτωθεί στο πλοίο.....	225
16.4	Φορτία πάνω στο κατάστρωμα.....	230
16.4.1	Γενικά.....	230
16.4.2	Παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη μεταφορά φορτίων πάνω στο κατάστρωμα.....	230
16.4.3	Αντοχή του καταστρώματος.....	231
16.5	Μεταφορές ορυκτών και μεταλλευμάτων.....	231
16.5.1	Γενικά.....	231
16.5.2	Διατάξεις IMO ως προς τη μεταφορά φορτίων χύδην.....	232
16.5.3	Καθήκοντα πλοιάρχου.....	235
16.6	Κατάταξη και χαρακτηριστικά αργού πετρελαίου και προϊόντων πετρελαίου.....	236

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ: ΚΟΠΩΣΕΙΣ ΠΛΟΙΟΥ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΒΔΟΜΟ: Η ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΩΣ ΡΑΒΔΟΥ

17.1	Γενικά.....	239
17.2	Κριτήριο κατασκευαστικής ασοχίας του πλοίου.....	240
17.3	Στοιχεία από την αντοχή των υλικών.....	240

17.3.1 Ορισμοί.....	240
17.3.2 Ισορροπία ράβδου	241
17.3.3 Τάσεις εφελκυσμού και θλίψεως, λόγω κάμψεως της ράβδου.....	243
17.3.4 Διατμητικές τάσεις σε ράβδους που κάμπτονται.....	250
17.4 Η μελέτη της αντοχής του πλοίου ως ράβδου	252
17.4.1 Γενικά.....	252
17.4.2 Δυνάμεις βάρους.....	253
17.4.3 Δυνάμεις ανώσεως.....	255
17.4.4 Καμπύλη φορτίσεως.....	256
17.4.5 Καμπύλες τέμνουσας δυνάμεως και ροπής κάμψεως	256
17.5 Εύρεση των τάσεων.....	264
17.6 Συνθήκες υπολογισμού της αντοχής του πλοίου.....	264
17.7 Σημασία των υπολογισμών.....	264
17.8 Προσεγγιστικός τρόπος εκτιμήσεως της μέγιστης ροπής κάμψεως.....	264
17.9 Απαιτήσεις νηογνώμωνων για την αντοχή του πλοίου.....	265
17.10 Προσεγγιστική μέθοδος υπολογισμού μέγιστης ροπής Murray.....	265
17.11 Παραμορφώσεις του πλοίου ως ράβδου	267
17.12 Φόρτωση σιδηρομεταλλεύματος σε πλοίο τύπου carper με έλεγχο της εξελίξεως των κοπώσεων.....	267
17.13 Έλεγχος των τάσεων σε κατάσταση λιμένος και θάλασσας.....	268
17.14 Μείωση των τάσεων με μετακινήσεις φορτίου σε δεξαμενόπλοιο	269

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΟΓΔΩΟ

ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

18.1 Εγκάρσια αντοχή.....	272
18.2 Καταπονήσεις σε διατοχισμό και άλλες καταπονήσεις κατά την κίνηση του πλοίου.....	272
18.3 Τοπική αντοχή.....	273
18.4 Κοπώσεις από σφυροκρούσεις.....	273
18.5 Συσκευές υπολογισμού κοπώσεως.....	273
18.6 Παράδειγμα αποτελεσμάτων υπολογισμών αντοχής σε πλοίο container.....	274

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ ΕΝΑΤΟ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΩΔΙΚΑ ΑΘΙΚΤΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

19.1 Γενικά περί Κώδικα Άθικτης Ευστάθειας.....	277
19.2 Κριτήριο καιρού του Κώδικα Άθικτης Ευστάθειας.....	279
19.3 Οδηγίες του κώδικα άθικτης ευστάθειας σχετικά με το πείραμα ευστάθειας.....	280
19.3.1 Προετοιμασία για την πραγματοποίηση του πειράματος.....	280
19.3.2 Λεπτομερείς οδηγίες για την πραγματοποίηση του πειράματος.....	281
19.4 Διατάξεις για την περίπτωση που το πλοίο ταξιδεύει σε περιοχές όπου μπορεί να υπάρξει παγοποίηση.....	285
19.5 Οδηγίες προς τον Πλοίαρχο για την αποφυγή επικινδύνων καταστάσεων σε κακοκαιρία.....	285
19.5.1 Γενικά.....	285
19.5.2 Σημεία προσοχής.....	286
19.5.3 Επικίνδυνα φαινόμενα που μπορεί να παρουσιαστούν.....	286
19.5.4 Πώς μπορούν να μειωθούν οι παραπάνω κίνδυνοι.....	287
19.6 Απαιτήσεις άθικτης ευστάθειας για δεξαμενόπλοια.....	290
19.6.1 Απαιτήσεις εν όρμω.....	290
19.6.2 Απαιτήσεις στην θάλασσα.....	290
19.6.3 Απαιτήσεις άθικτης ευστάθειας για containers.....	290
19.7 Εφαρμογές Κώδικα Άθικτης Ευστάθειας σε πλοίο container.....	291
Παράρτημα Πρώτο.....	298
Παράρτημα Δεύτερο.....	299
Παράρτημα Τρίτο	301
Παράρτημα Τέταρτο	303
Παράρτημα Πέμπτο.....	305
Παράρτημα Έκτο	309
Ευρετήριο	313
Βιβλιογραφία.....	317



1.1 Γενικά.

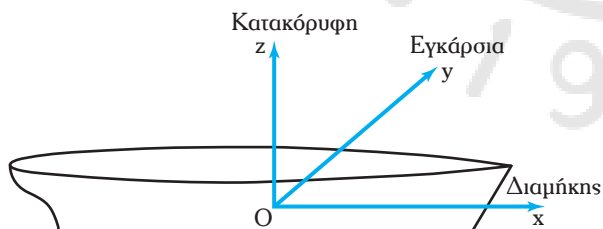
Η γεωμετρική μορφή του πλοίου και ιδιαίτερα του τμήματός του που ανάλογα με τη φόρτωσή του, βρίσκεται μέσα στο νερό, οι διαστάσεις του και οι αναλογίες αυτών, επηρεάζουν πολύ σημαντικά τη συμπεριφορά και τις επιδόσεις του, όπως είναι η ταχύτητα και η ισχύς των μηχανών του, η μεταφορική του ικανότητα, η ευστάθεια και η συμπεριφορά του στη θαλασσοταραχή.

Σημαντικό ρόλο επίσης παίζουν οι θέσεις διαφόρων χαρακτηριστικών ή ιδεατών (θεωρητικών) σημείων της γεωμετρίας του πλοίου όπως η θέση του κέντρου βάρους και άλλων σημείων για τα οποία θα μιλήσουμε σε επόμενα κεφάλαια.

Από τα παραπάνω καθίσταται προφανής η ανάγκη εξοικειώσεως με τον τρόπο περιγραφής της βασικής γεωμετρίας του πλοίου.

1.2 Άξονες και επίπεδα αναφοράς του πλοίου.

Για την περιγραφή της γεωμετρίας του πλοίου θεωρούμε σταθερά τοποθετημένο πάνω σ' αυτό ένα σύστημα ορθογωνίων συντεταγμένων (σχ. 1.2α).



Σχ. 1.2α

Σύστημα συντεταγμένων πλοίου.

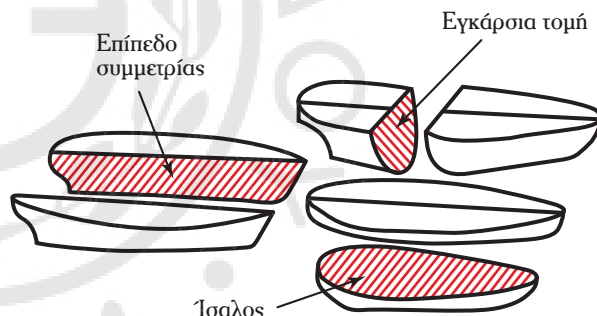
Οι διευθύνσεις που ορίζουν οι άξονες x , y και z χαρακτηρίζονται αντίστοιχα ως **διαμήκης** (longitudinal), **εγκάρσια** (transverse) και **κατακόρυφη** (vertical). Διαστάσεις, μήκη ή στοιχεία από τη μεταλλική κατασκευή του πλοίου χαρακτηρίζονται, από άποψη προσανατολισμού, με τα παραπάνω επίθετα, π.χ. διαμήκης φρακτή ή κατακόρυφη απόσταση. Με

ανάλογες ονομασίες χαρακτηρίζονται και διάφορα επίπεδα παράλληλα προς εκείνα που ορίζουν ανά ζεύγη οι άξονες x , y και z των συντεταγμένων. Έτσι:

1) Επίπεδα παράλληλα προς εκείνο που ορίζουν οι άξονες x - z ονομάζονται **διαμήκη επίπεδα** (longitudinal planes). Το ίδιο το επίπεδο που ορίζουν οι άξονες x - z (για συμμετρικά πλοία) ονομάζεται **διάμηκες επίπεδο συμμετρίας του πλοίου** (longitudinal plane of symmetry).

2) Επίπεδα παράλληλα προς εκείνο που ορίζουν οι άξονες z - y ονομάζονται **εγκάρσια επίπεδα** (transverse planes) ή εγκάρσιες τομές.

3) Επίπεδα παράλληλα προς εκείνο που ορίζουν οι άξονες x - y ονομάζονται **οριζόντια επίπεδα** (horizontal planes) ή **ίσαλοι** (waterplanes) (σχ. 1.2β).



Σχ. 1.2β

Χαρακτηριστικές τομές πλοίου.

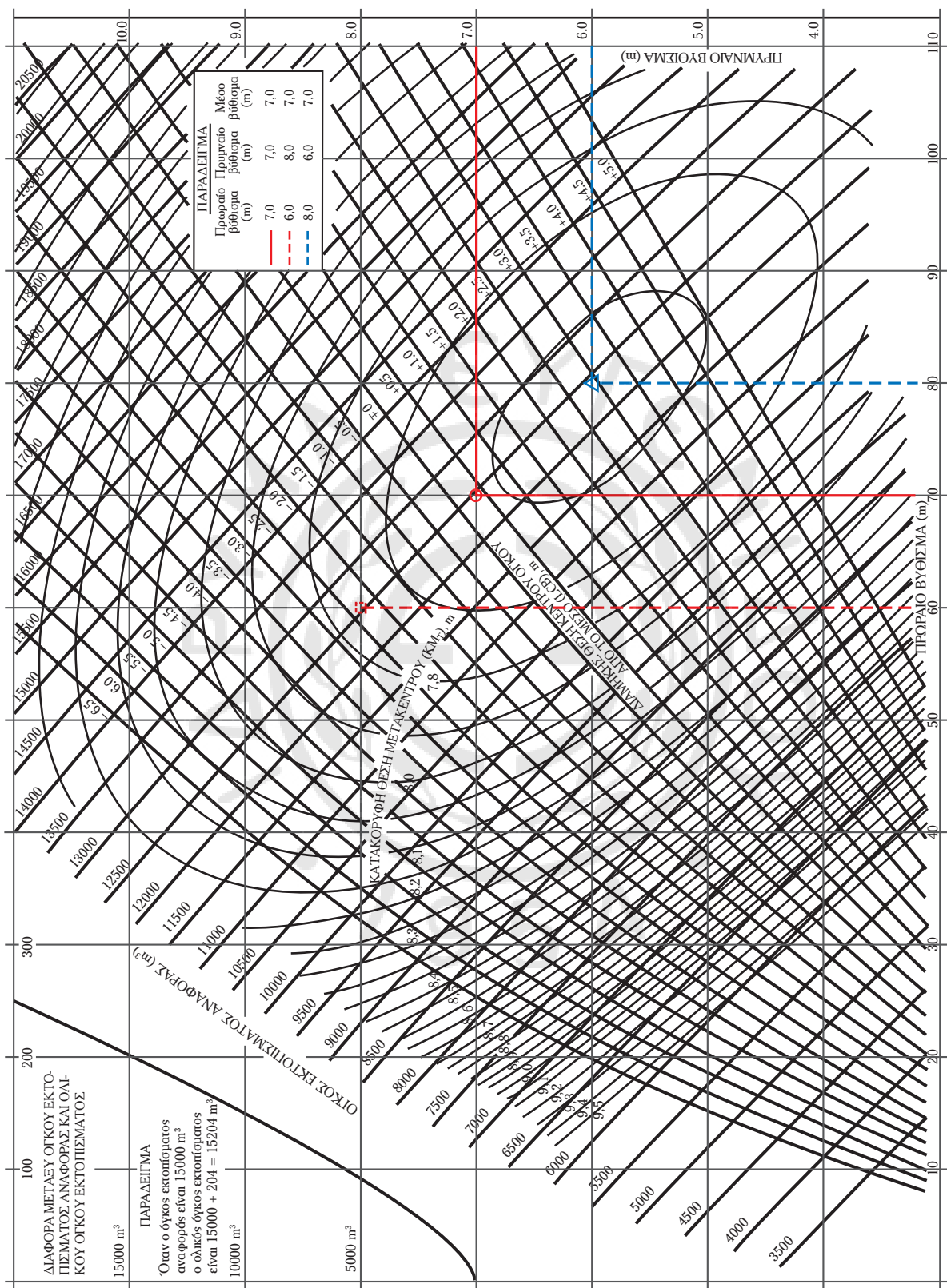
Οι χαρακτηρισμοί δεξιά ή αριστερά (π.χ. δεξιά πλευρά, δεξιά μηχανή) δίνονται πάντοτε σε συνδυασμό με παρατήρηση του πλοίου από την πρύμνη.

Ως προς τη θέση, όπου είναι τοποθετημένη η αρχή των συντεταγμένων θα πρέπει να σημειώσουμε ότι:

1) Εφόσον η δεξιά και αριστερή πλευρά του περιβλήματος του πλοίου είναι συμμετρικές, η αρχή του συστήματος συντεταγμένων τοποθετείται στο επίπεδο συμμετρίας.

2) Κατά τη διαμήκη διεύθυνση η αρχή των συντεταγμένων είναι τοποθετημένη είτε στο **μέσο** του πλοίου, είτε στην **πρυμναία κάθετο** (παράγρ. 1.5).

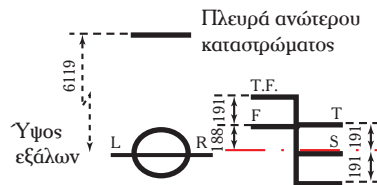
3) Κατά την κατακόρυφη διεύθυνση η αρχή των



Σχ. 5.7α

Εύρεση υδροστατικών στοιχείων πλοίου όταν υπάρχει διαφορά διαγωγής.

Σχ. 7.12
Κλίμακα φορτώσεως.



7.12 Κλίμακα φορτώσεως.

Τα πιο σημαντικά από τα υδροστατικά στοιχεία του πλοίου, εκτός από το υδροστατικό διάγραμμα και τον πίνακα υδροστατικών στοιχείων, δίνονται και με τη μορφή της **κλίμακας φορτώσεως** (deadweight scale).

Η κλίμακα φορτώσεως (σχ. 7.12) είναι μία γραφική απεικόνιση ορισμένων υδροστατικών στοιχείων του πλοίου, η χρήση της οποίας από τους χειριστές των πλοίων είναι συχνή και σχετικά εύκολη. Οι πληροφορίες που δίνονται σ' αυτήν είναι το ύψος εξάλων, το deadweight σε θάλασσα και γλυκό νερό σε MT, το βύθισμα σε ft και m, το εκτόπισμα σε θάλασσα και γλυκό νερό σε MT, το TPC σε θάλασσα και γλυκό νερό και το MCT1 cm σε (MT–m/cm).

Η ανάγνωση της κλίμακας φορτώσεως είναι πολύ εύκολη, όπως θα φανεί στο ακόλουθο παράδειγμα. Το σχέδιο δείχνει επίσης τις διάφορες γραμμές φορτώσεως.

Ο ορισμός του deadweight και επεξηγήσεις σχετικά με τις διάφορες γραμμές φορτώσεως θα δοθούν στο κεφάλαιο 15.

Παράδειγμα.

Να βρεθούν τα υδροστατικά στοιχεία του πλοίου που έχει κλίμακα φορτώσεως αυτή του σχήματος 7.12, όταν το μέσο βύθισμά του είναι 7 m.

Λύση:

Τα ζητούμενα στοιχεία βρίσκονται, αν φέρομε μια οριζόντια ευθεία από το μέσο βύθισμα 7 m, όπως φαίνεται στο σχήμα και διαβάσουμε σωστά τις αντίστοιχες κλίμακες. Θα έχουμε λοιπόν:

	Deadweight (MT)		Βύθισμα (m)		Εκτόπισμα (MT)		TPC MT/cm		MCT1 cm
	SW	FW	ft	m	SW	FW	SW	FW	
6	18000	17000	31		25000	24000	32	31	280
	17000	16000	30	9	24000	23000			270
	16000	15000	29		23000	22000	31		260
	15000	14000	28		22000	21000		30	250
7	14000	13000	27		21000	20000			240
	13000	12000	26	8	20000	19000	30		230
	12000	11000	25		19000	18000		29	220
6	11000	10000	24		18000	17000			210
	10000	9000	23	7	17000	16000	29		200
	9000	8000	22		16000	15000		28	190
5	8000	7000	21		15000	14000			180
	7000	6000	20		14000	13000		27	170
	6000	5000	19		13000	12000	28		160
4	5000	4000	18		12000	11000			150
	4000	3000	17	5	11000	10000	27		140
	3000	2000	16		10000	9000		26	130
3	2000	1000	15		9000	8000			120
	1000	0	14	4	8000	7000	26		110
	0	0	13		7000	6000		25	100
2			12		6000	5000			90
			11	3	5000	4000	25		80
			10		4000	3000			70
			9		3000	2000			60

Υψος εξάλων	8,28 m
Deadweight σε θάλασσα	10400 MT
Deadweight σε γλυκό νερό	10000 MT
Βύθισμα	23 ft
Εκτόπισμα σε θάλασσα	17320 MT
Εκτόπισμα σε γλυκό νερό	16880 MT
TPC σε θάλασσα	29,16 MT/cm
TPC σε γλυκό νερό	28,48 MT/cm
MCT1 cm	225 MT–m/cm

κάτω που είναι αναγκαία για την εξουδετέρωση της εγκάρσιας κλίσεως, θα πρέπει να αυξηθεί κατά το επιθυμητό θετικό μετακεντρικό ύψος.

Λύση:

Επομένως θα έχουμε:

$$GG_1 = 0,047 + 0,10 = 0,147 \text{ m.}$$

Δηλαδή:

$$w = \frac{(0,147) \times (12300)}{(10 - 6)} = 452,20 \text{ MT}$$

8.14 Αύξηση του βυθίσματος λόγω εγκάρσιας κλίσεως.

Στο σχήμα 1.5 φαίνεται ο ορισμός του βυθίσματος που ορίζεται για το πλοίο όταν πλέει σε κατακόρυφη θέση.

Το βύθισμα αυτό αποτελεί συμβατικό χαρακτηριστικό του πλοίου που σχετίζεται με τους διάφορους υπολογισμούς και την εφαρμογή κανονισμών.

Για τους ναυτικούς χειρισμούς του πλοίου, τους χειριστές απασχολεί το πραγματικό (ναυτιλιακό) βύθισμα του πλοίου τους, στην πραγματική κατάσταση που βρίσκεται κάθε στιγμή.

Το βύθισμα αυτό, όπως θα φανεί παρακάτω, εξαρτάται τόσο από την εγκάρσια όσο και από την διαμήκη κλίση που ενδέχεται να έχει το πλοίο.

Εδώ θα εξετάσουμε την επίδραση που έχει στο πραγματικό βύθισμα του πλοίου η εγκάρσια κλίση του. Η επίδραση της τυχόν διαμήκου κλίσεως που ενδέχεται να συνυπάρχει (διαγωγή) θα εξετασθεί στο κεφάλαιο 12.

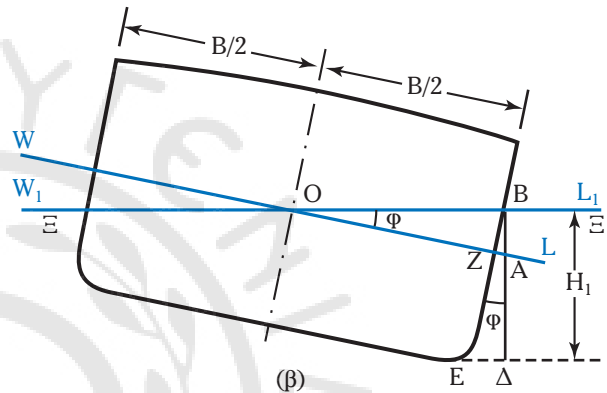
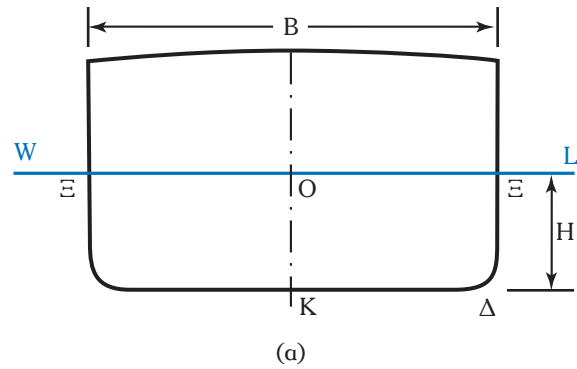
8.14.1 Αύξηση του βυθίσματος λόγω εγκάρσιας κλίσεως σε πλοία χωρίς ανύψωση πυθμένα (without rise of floor).

Στο σχήμα 8.14α(α) παρουσιάζεται μία ορθογωνικής διατομής φορτηγίδα που αρχικά πλέει στην ίσαλο WL χωρίς εγκάρσια κλίση.

Το βύθισμά της είναι όπως φαίνεται στο σχήμα, ίσο με H.

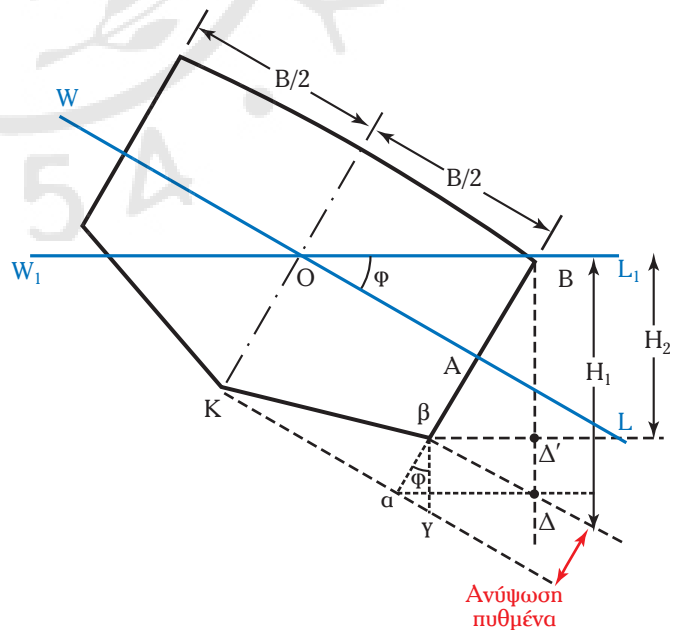
Αν η φορτηγίδα για οποιονδήποτε λόγο πάρει εγκάρσια κλίση με γωνία φ προς τα δεξιά (σχ. 8.14β) και πλεύσει στην ίσαλο W_1L_1 παρατηρούμε ότι το σημείο Δ του πυθμένα της θα βρεθεί σε μεγαλύτερο βάθος και θα αποκτήσει τιμή H_1 , δηλαδή θα γίνει μεγαλύτερο από H.

Από το τρίγωνο OBZ [σχ. 8.14α(β)] έχουμε



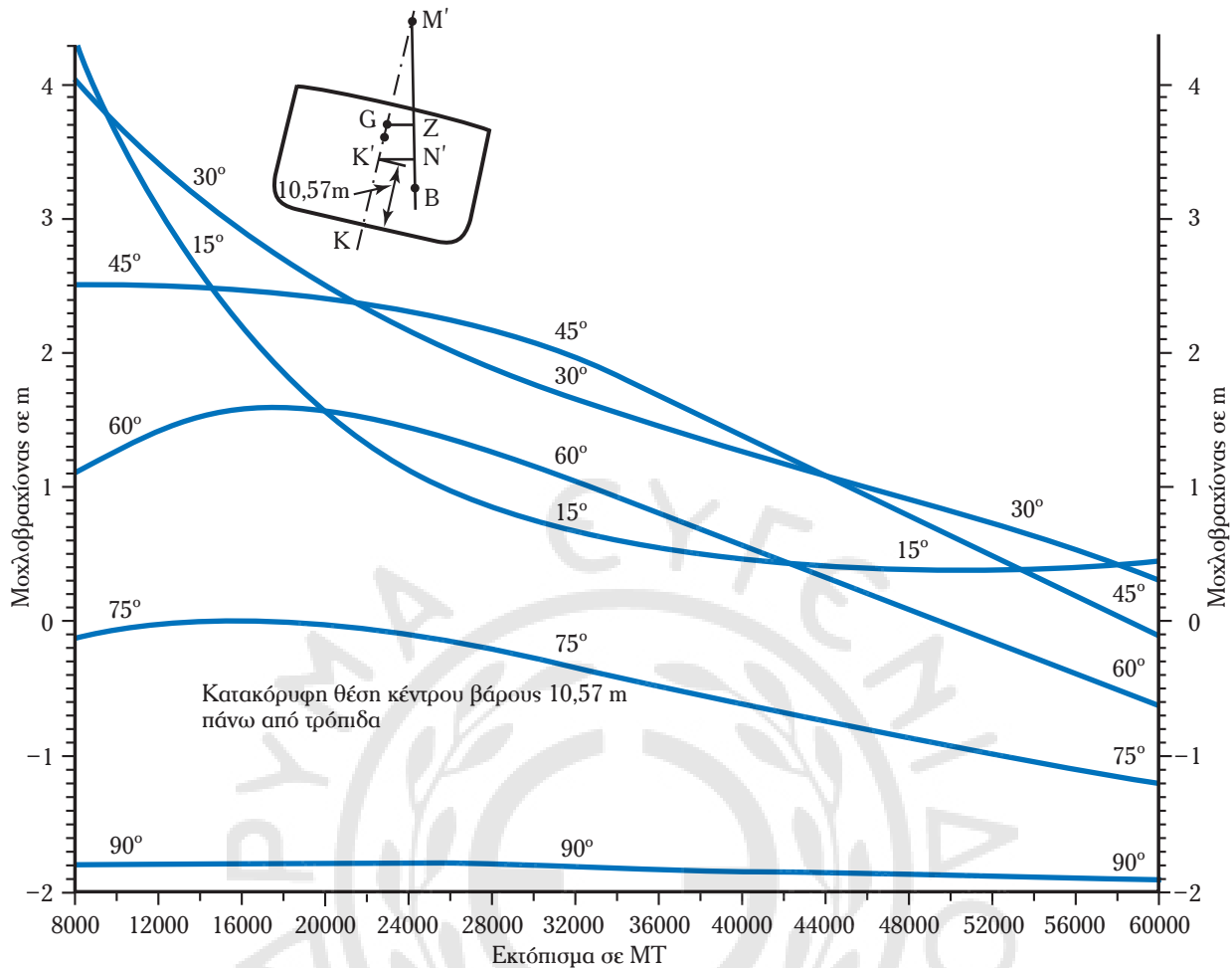
Σχ. 8.14α

Φορτηγίδα με και χωρίς κλίση.



Σχ. 8.14β

Φορτηγίδα με κλίση.



Σχ. 10.3

Παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας πλοίου Α.

καμπύλες ευστάθειας του πλοίου Α, στοιχεία του οποίου έχουν δοθεί ήδη. Οι καμπύλες δίνουν το μοχλοβραχίονα επαναφοράς $K'N'$, που αντιστοιχεί σε υποθετική θέση του κέντρου βάρους του πλοίου 10,57 m πάνω από την τρύπιδα. Ο οριζόντιος άξονας δίνει τη μεταβολή του εκτοπίσματος και ο κατακόρυφος την τιμή του $K'N'$. Καμπύλες (στην περίπτωση του σχ. 10.3) υπάρχουν για γωνίες εγκάρσιας κλίσεως 15°, 30°, 45°, 60°, 75° και 90°.

Ο τρόπος χρήσεως αυτών των καμπυλών για οποιαδήποτε κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους του πλοίου, θα επεξηγηθεί στην παράγραφο 10.5.

10.4 Διεθνείς απαιτήσεις για τους υπολογισμούς των παραμετρικών καμπυλών ευστάθειας.

Ο τρόπος υπολογισμού και χαράξεως των παραμετρικών καμπυλών ευστάθειας του πλοίου μπο-

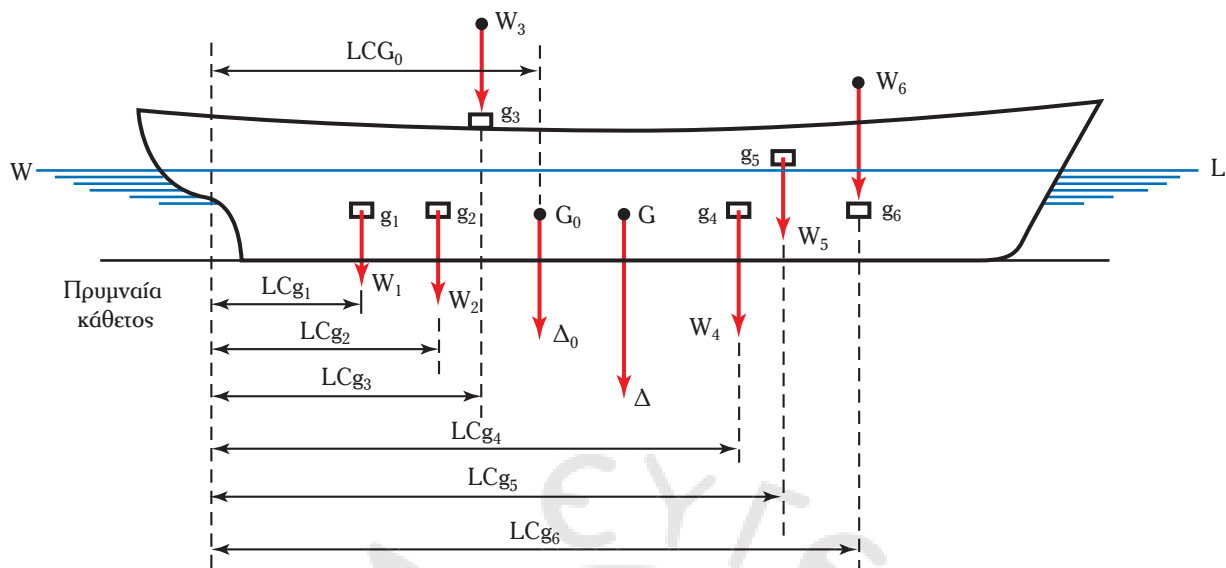
ρεί ιδιαίτερα να συντελέσει στην ακρίβεια όλων των υπολογισμών που σχετίζονται μ' αυτές. Για τον λόγο αυτό οι σχετικοί κανονισμοί καθορίζουν τόσο τον τρόπο υπολογισμού, όσο και τις λεπτομέρειες χαράξεως των παραμετρικών καμπυλών ευστάθειας.

Συνοπτικά οι σχετικοί κανονισμοί καθορίζουν:

1) Τον τρόπο με τον οποίο ορίζεται το υδατοστεγανό περίβλημα του πλοίου, για τον υπολογισμό των παραμετρικών καμπυλών ευστάθειας, (π.χ. ποιες υπερκατασκευές και υπερστεγάσματα πρέπει να περιλαμβάνονται στους υπολογισμούς των μοχλοβραχιόνων επαναφοράς).

2) Την αποδεκτή μεθοδολογία των σχετικών υπολογισμών.

3) Τις γωνίες εγκάρσιας κλίσεως για τις οποίες είναι απαραίτητο να γίνουν υπολογισμοί (π.χ. κατά τους κανονισμούς της SOLAS 1974 για τη φόρτωση σιτηρών, οι μοχλοβραχίονες επαναφοράς θα πρέπει να προκύπτουν από επαρκείς σε αριθμό παραμετρι-



Σχ. 12.10

Προσθαφαίρεση βαρών (διαμήκης διεύθυνση).

Από το υδροστατικό διάγραμμα του πλοίου βρίσκουμε στη συνέχεια τη θέση του κέντρου ανώσεως (LCB_0), το MCT 1 cm (ή το MCT 1 in) και το μέσο βύθισμα H , που αντιστοιχούν στο νέο εκτόπισμα του ισοβύθιστου πλοίου.

Η διαγωγή σε cm ή in (ανάλογα με το σύστημα μονάδων που χρησιμοποιούμε) υπολογίζεται στη συνέχεια από τις σχέσεις:

$$\text{Διαγωγή σε cm} = \frac{\Delta(LCB_0 - LCG)}{\text{MCT 1 cm}} \quad (115)$$

ή

$$\text{Διαγωγή σε in} = \frac{\Delta(LCB_0 - LCG)}{\text{MCT 1 in}} \quad (116)$$

1) Συνοψίζοντας, σε περίπτωση προσθαφαίρεσης βαρών:

α) Το νέο εκτόπισμα θα βρεθεί απ' τη σχέση (113).

β) Η θέση του κέντρου όγκου του ισοβύθιστου πλοίου θα υπολογισθεί με το εκτόπισμα από το υδροστατικό διάγραμμα ή τους υδροστατικούς πίνακες.

γ) Η νέα διαμήκης θέση του κέντρου βάρους θα βρεθεί από τη σχέση (114).

δ) Η διαγωγή θα υπολογισθεί από τη σχέση (115) (για το μετρικό σύστημα μονάδων) ή από τη σχέση (116) (για το αγγλικό).

2) Σε περίπτωση μετακινήσεως βαρών:

α) Το εκτόπισμα του πλοίου παραμένει σταθερό

όπως ήταν.

β) Η θέση του κέντρου όγκου του ισοβύθιστου πλοίου θα υπολογισθεί με το εκτόπισμα από το υδροστατικό διάγραμμα ή τους υδροστατικούς πίνακες.

γ) Η νέα διαμήκης θέση του κέντρου βάρους θα βρεθεί από τη σχέση (114).

δ) Η διαγωγή θα υπολογισθεί απ' τη σχέση (115) (για το μετρικό σύστημα μονάδων) ή από τη σχέση (116) (για το αγγλικό).

Και στις δύο περιπτώσεις τα νέα βυθίσματα του πλοίου H_A , στην πρυμναία κάθετο και H_F στην πωραία, όπως θα δούμε και σε επόμενο παράδειγμα, μπορούν να βρεθούν από τις σχέσεις:

$$H_A = H + (\text{Διαγωγή}) \times (LCF/LBP) \quad (117)$$

και

$$H_F = H - (\text{Διαγωγή}) \times (LBP - LCF)/LBP \quad (118)$$

Οι παραπάνω υπολογισμοί γίνονται ευκολότερα, όπως θα δούμε και στα παραδείγματα της παράγραφου 12.14, με τη μορφή πίνακα.

12.11 Υπολογισμός του LCG από τη διαγωγή.

Όταν γνωρίζουμε τα βυθίσματα του πλοίου στην πωραία και στην πρυμναία κάθετο ξέρομε και τη διαφορά διαγωγής. Εξάλλου από το υδροστατικό διάγραμμα (ή τους υδροστατικούς πίνακες) μπορούμε να βρούμε:

δείγματα, οι υπολογισμοί της διαγωγής του πλοίου, όταν προσθαφαιρούνται ή μεταφέρονται κατά τη διαμήκη έννοια διάφορα βάρη είναι σχετικά απλοί, αλλά για την πραγματοποίησή τους χρειάζεται κάποιος χρόνος και πείρα.

Αν φαντασθούμε ότι ένα συγκεκριμένο πλοίο πλέει ισοβύθιστο σε κάποιο βύθισμα, είναι δυνατό να γίνουν υπολογισμοί που δίνουν τη μεταβολή του πρωραίου και πρυμναίου βυθίσματος, όταν ένα σταθερό βάρος (συνήθως 100 tn) προστεθεί σε διάφορες θέσεις κατά μήκος του πλοίου. Την ίδια εργασία μπορούμε να επαναλάβουμε και σε διάφορα άλλα βυθίσματα.

Τέτοιοι μεθοδικοί υπολογισμοί γίνονται από τα ναυπηγεία και τα γραφεία μελετών, σχετικά εύκολα σήμερα με τη χρήση υπολογιστών και τα αποτελέσματά τους είναι διαθέσιμα σε πολλά πλοία απλοποιώντας έτσι, πολύ σημαντικά τις σχετικές υπολογιστικές δραστηριότητες των χειριστών.

Τα σχετικά αποτελέσματα βρίσκονται συγκεντρωμένα στο λεγόμενο **πίνακα διαγωγής** (trim table) ή παρουσιάζονται με τη μορφή μιας δέσμης από καμπύλες (**διάγραμμα διαγωγής** ή **trim diagram**).

Ένας τέτοιος πίνακας διαγωγής φαίνεται στο σχήμα 12.20α και ένα διάγραμμα διαγωγής (για ένα άλλο πλοίο) στο σχήμα 12.20β.

Ειδικά με τον πίνακα διαγωγής είναι πολύ εύκολο να βρούμε τις επιδράσεις από προσθαφαιρέσεις

ή μετατοπίσεις βαρών, αν λάβουμε υπόψη ότι:

1) Κάθε αφαίρεση βάρους σε κάποια θέση έχει στα βυθίσματα την αντίθετη επίδραση απ' ό,τι η προσθήκη ίσου βάρους στην ίδια διαμήκη θέση.

2) Το μέγεθος του βάρους που προσθέτουμε ή αφαιρούμε δημιουργεί γραμμικά ανάλογες μεταβολές στα βυθίσματα. Δηλαδή προσθήκη βάρους 200 MT δημιουργεί διπλάσιες μεταβολές στα βυθίσματα απ' ό,τι προσθήκη βάρους 100 MT στην ίδια διαμήκη θέση.

3) Κάθε μετατόπιση βάρους μπορεί να εξετασθεί σαν αφαίρεσή του από κάποια θέση και προσθήκη του σε κάποια άλλη.

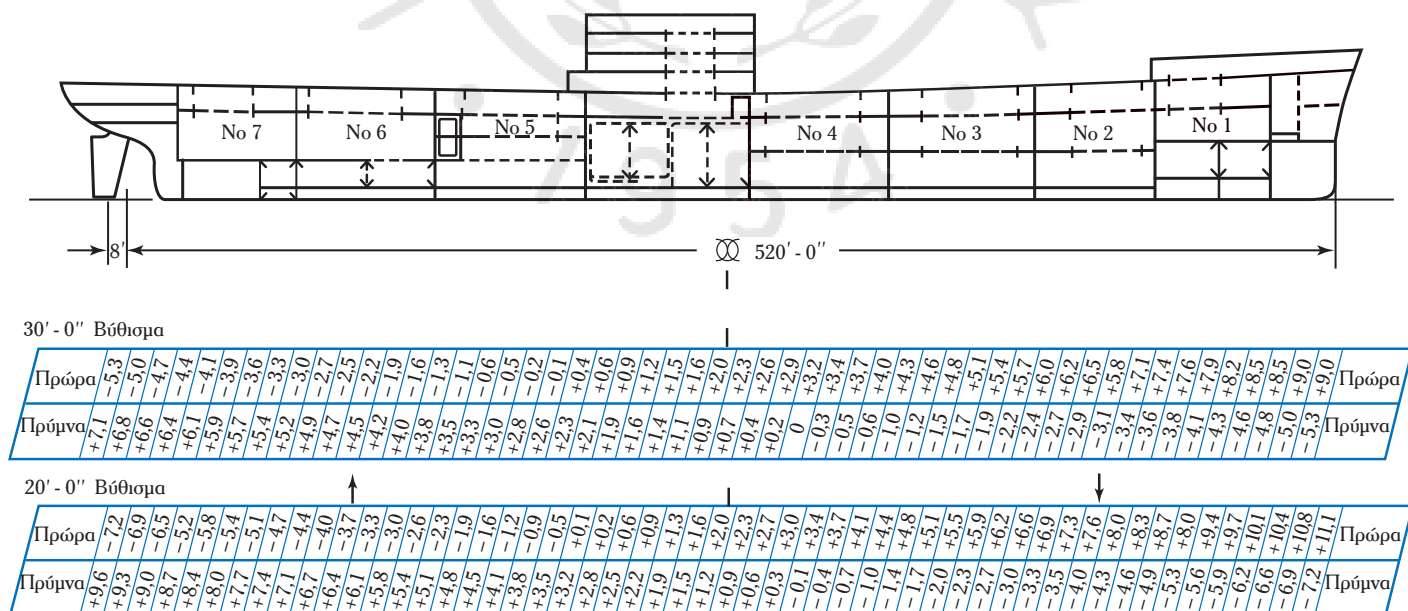
Παράδειγμα 1.

Το πλοίο, στο οποίο αντιστοιχεί ο πίνακας του σχήματος 12.20α έχει βυθίσματα 19 ft 6 in πρωραίο και 20 ft 6 in πρυμναίο. Ποια θα είναι τα βυθίσματά του, αν αφαιρεθούν 200 tn φορτίου από το μέσο του κύτους No 6 και στη συνέχεια, προστεθούν στο μέσο του κύτους No 2.

Λύση:

Το μέσο βύθισμα του πλοίου είναι 20 ft και επομένως θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί το κάτω μέρος του διαγράμματος του σχήματος 12.20α.

Οι σχετικές αναγνώσεις γίνονται όπως φαίνεται με τα βέλη στο σχήμα. Έτσι θα έχουμε:



Σχ. 12.20α

Πίνακας διαγωγής.

Πίνακας 13.4
Υπολογισμός μοχλοβραχιόνων
κλίσεως από επίδραση ανέμου.

Γωνία φ (μοίρες)	συν φ	(συν φ) ²	Βραχίονας κλίσεως $0,675 (\sigma\upsilon\nu\varphi)^2$
0	1,000	1,000	0,675
10	0,985	0,970	0,654
20	0,940	0,884	0,597
30	0,866	0,750	0,506
40	0,766	0,586	0,395
50	0,643	0,413	0,278
60	0,500	0,250	0,168
70	0,342	0,117	0,079
80	0,174	0,030	0,020
90	0,000	0,000	0,000

φ_2 είναι γωνία **ασταθούς ισορροπίας**. Μετρώντας τετραγωνάκια (ή με οποιοδήποτε άλλο τρόπο ολοκληρώσεως), μπορούμε να σχεδιάσουμε την κατακόρυφη ευθεία AB σε τέτοια θέση που να είναι $A_1 = A_2$. Έτσι προσδιορίζουμε ότι η γωνία δυναμικής εγκάρσιας κλίσεως στο παράδειγμα αυτό είναι 33° . Δηλαδή, αν ο άνεμος πνεύσει απότομα, το πλοίο μπορεί να πάρει κλίση μέχρι 33° , ενώ τελικά θα ισορροπήσει (εφόσον ο άνεμος συνεχίσει να πνέει σταθερός), σε γωνία $15,5^\circ$.

Παράδειγμα 6.

Το πλοίο Α, σε κάποια κατάσταση φορτώσεως σιτηρών, έχει εκτόπισμα 47652 MT και εγκάρσιο μετακεντρικό ύψος (περιλαμβανομένης και της διορθώσεως για ελεύθερες επιφάνειες) ίσο με 1,91 m. Λόγω εγκάρσιας μετατοπίσεως του φορτίου σιτηρών σε θαλασσοταραχή, δημιουργείται εγκάρσια ροπή ίση με 6957 MT-m. Να βρεθεί η γωνία εγκάρσιας κλίσεως του πλοίου και η δυναμική ευστάθειά του μέχρι γωνία 40° .

Λύση:

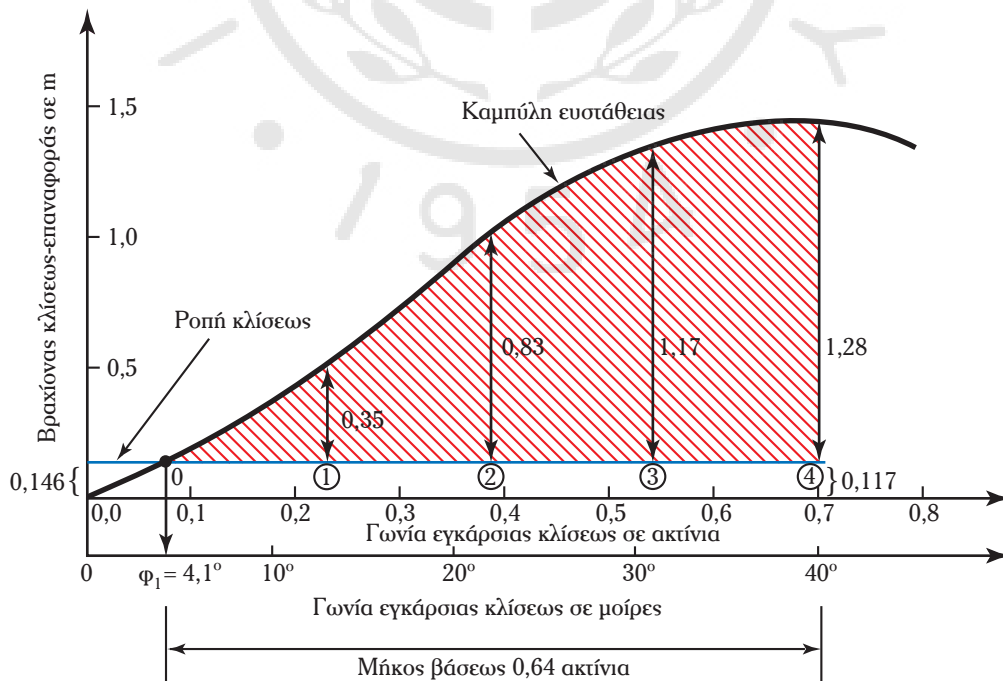
Με παρεμβολή στον πίνακα 5.6, έχουμε:

$$BM_T = 11,88 + \frac{11,87 - 11,88}{47908 - 46906} \times (47652 - 46906) = 11,872 \text{ m}$$

$$KG = KM_T - GMT = 11,872 - 1,91 = 9,962$$

Παίρνοντας στοιχεία για $\Delta = 47652$ από το σχήμα 10.3 που περιέχει τις παραμετρικές καμπύλες ευστάθειας του πλοίου Α για $KG = 10,67$ και αφού κάνουμε τη σχετική διόρθωση για τη νέα θέση του κέντρου βάρους ($KG = 9,962$), ακριβώς όπως στο δεύτερο παράδειγμα της παραγράφου 10.7, βρίσκομε στοιχεία για τη χάραξη της καμπύλης ευστάθειας (σχ. 13.4ε).

Όπως θα δούμε στο κεφάλαιο 16, η καμπύλη



Σχ. 13.4ε

Γωνία εγκάρσιας κλίσεως λόγω μετακινήσεως φορτίου σιτηρών.

και η εξασφάλιση ικανοποιητικής λειτουργικότητάς του, έχει επικρατήσει, άλλωστε προκύπτει και από την εφαρμογή των κανονισμών της Δ.Σ. SOLAS, ο καθορισμός μιας μέγιστης αποστάσεως μεταξύ των φρακτών του πλοίου.

Για τη στοιχειώδη κατανόηση των σχετικών κανονισμών είναι χρήσιμοι οι παρακάτω ορισμοί:

1) **Κατάστρωμα στεγανής υποδιαίρεσεως** (bulkhead deck) ονομάζεται το ανώτερο συνεχές κατάστρωμα, μέχρι το οποίο φθάνουν οι εγκάρσιες στεγανές φράκτες.

2) **Γραμμή ορίου βυθίσεως** (margin line) ονομάζεται μία νοητή γραμμή που βρίσκεται 76 mm κάτω από την ανώτερη όψη του καταστρώματος στεγανής υποδιαίρεσεως στην πλευρά του πλοίου.

3) **Διαχωρητικότητα** (permeability) **ενός χώρου** ονομάζεται το ποσοστό κατά το οποίο μπορεί να γεμίσει με νερό ο χώρος. Κενός χώρος (χωρίς εσωτερικές ενισχύσεις) έχει διαχωρητικότητα 100%, ενώ χώρος γεμάτος με υγρό έχει διαχωρητικότητα 0%. Οι κανονισμοί της SOLAS καθορίζουν τις τιμές της διαχωρητικότητας που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τους διάφορους χώρους στις σχετικές μελέτες κατακλύσιμου μήκους. Συνήθως τιμή για το μηχανοστάσιο είναι 0,85.

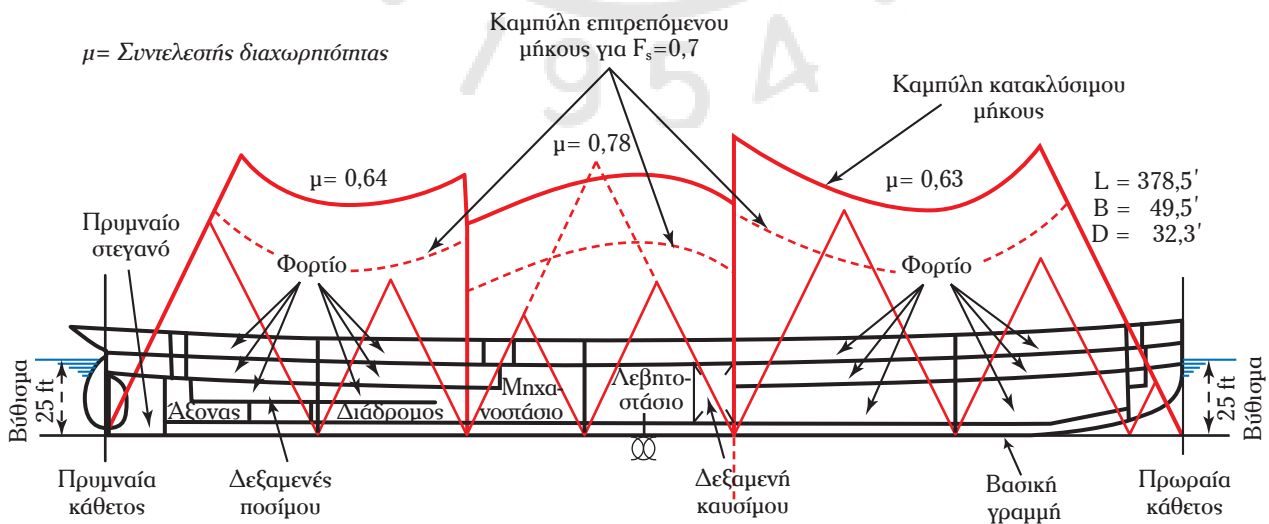
4) **Κατακλύσιμο μήκος** (floodable length) ονομάζεται το μήκος ενός θεωρητικού διαμερίσματος, η κατάκλυση του οποίου θα φέρει το πλοίο σε κάποια ίσαλο που θα εφάπτεται στη γραμμή ορίου βυθίσεως.

5) **Καμπύλη κατακλυσίμων μηκών** (floodable length curve) ονομάζεται μία καμπύλη που δείχνει,

κατά μήκος του πλοίου, την τιμή σε m του κατακλύσιμου μήκους θεωρητικών διαμερισμάτων με διαπερατότητες που καθορίζονται από τους κανονισμούς. Η καμπύλη κατακλυσίμων μηκών ενός πλοίου προκύπτει από μια σειρά ναυπηγικών υπολογισμών που ξεφεύγουν απ' τα όρια αυτού του βιβλίου.

6) **Καμπύλη επιτρεπομένων μηκών** (permissible length curve) ονομάζεται μία καμπύλη που προκύπτει από την καμπύλη κατακλυσίμων μηκών πολλαπλασιάζοντας τα ύψη των καμπυλών με τον συντελεστή στεγανής υποδιαίρεσεως, όπως προκύπτει από τους κανονισμούς. Η καμπύλη κατακλυσίμων μηκών ενός πλοίου φαίνεται στο σχήμα 13.10β **για τρεις διαφορετικές διαχωρητικότητες που καθορίζονται από τους κανονισμούς**. Στο σχήμα αυτό η καμπύλη κατακλύσιμου μήκους δεν είναι συνεχής γιατί στις τρεις περιοχές του σχήματος που βλέπουμε έχουν ληφθεί για το συγκεκριμένο πλοίο τρεις διαφορετικές διαχωρητικότητες (0,64 για την περιοχή της πρύμνης, 0,78 για την περιοχή του μηχανοστασίου και 0,63 για την περιοχή της πλώρης).

Στο ίδιο σχήμα με κόκκινη διακεκομμένη γραμμή φαίνεται η καμπύλη επιτρεπομένων μηκών που προκύπτει από την καμπύλη κατακλυσίμων μηκών πολλαπλασιάζοντας τις κατακόρυφες συντεταγμένες τους επί τον συντελεστή στεγανής υποδιαίρεσεως (για το σχήμα έστω $F_s = 0,7$). Τα ισόπλευρα τρίγωνα (με κόκκινες γραμμές) έχουν ως βάση το μήκος κάθε στεγανού διαμερίσματος. Οι πλευρές των τριγώνων σχηματίζουν με τη βάση γωνία της οποίας η τιμή βρίσκεται από τη σχέση $\phi = \text{τοξ} [\epsilon\phi(\phi)]$.



Σχ 13.10β

Καμπύλες κατακλυσίμων μήκους.

3) **WNA (Winder North Atlantic)**. Γραμμή φορτώσεως χειμώνα βόρειου Ατλαντικού. Βρίσκεται για πλοία με μήκος μέχρι 100 m, αν προσθέσουμε 50 mm στο ύψος εξάλων χειμώνα. Σε μεγαλύτερα πλοία οι γραμμές W και WNA συμπίπτουν.

4) **T (Tropical load line)**. Τροπική γραμμή φορτώσεως που βρίσκεται αν από το ύψος εξάλων θέρους αφαιρέσουμε $1/48$ του βυθίσματος θέρους.

5) **F (Fresh water load line)**. Γραμμή φορτώσεως σε γλυκό νερό. Προκύπτει αν από το ύψος εξάλων αφαιρέσουμε μήκος ίσο με $\Delta/40$ T (σε cm) ή ίσο με το FWA του πλοίου σε mm, όπου: α) Δ το εκτόπισμα σε tn στο βύθισμα θέρους και β) T οι tn/cm βυθίσματος στην ίσαλο θέρους (TPC).

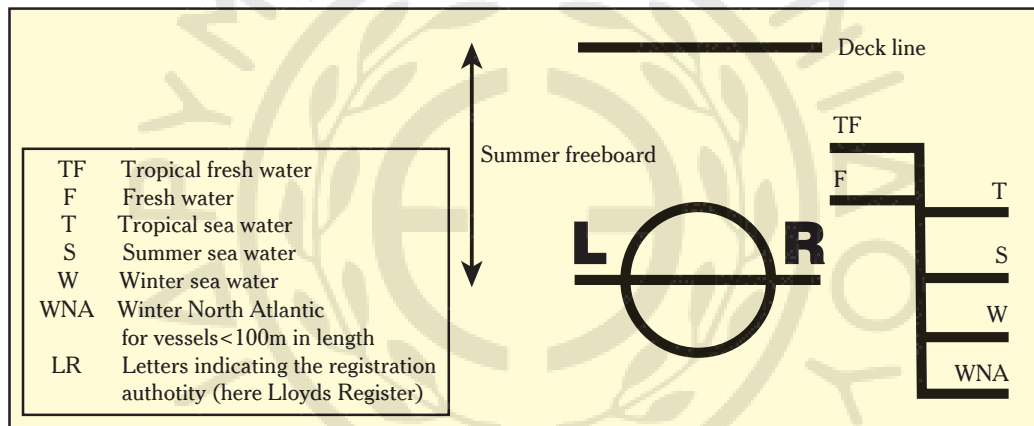
6) **TF (Tropical fresh water)**. Τροπική γραμμή φορτώσεως σε γλυκό νερό. Προκύπτει αν από το ύψος εξάλων, για γλυκό νερό, αφαιρέσουμε το $1/48$

του βυθίσματος θέρους.

Στην αριστερή πλευρά του κύκλου του σχήματος 15.3 σε μερικές ειδικές περιπτώσεις τοποθετούνται αντίστοιχες γραμμές, οι ονομασίες των οποίων αρχίζουν με το γράμμα L. Οι γραμμές αυτές ισχύουν στις περιπτώσεις φορτώσεως ξυλείας και η χάραξή τους προκύπτει από την εφαρμογή ειδικών κανονισμών που περιέχονται στη Δ.Σ. για τη Γραμμή Φορτώσεως για τέτοιες μεταφορές.

15.4 Εφαρμογή κανονισμών γραμμής φορτώσεως.

Για την επιλογή της γραμμής φορτώσεως μέχρι την οποία επιτρέπεται να φορτωθεί ένα πλοίο είναι απαραίτητο να ενταχθεί το ταξίδι του σε κάποια συγκεκριμένη **γεωγραφική** και **εποχιακή ζώνη** ή **περιοχή**.



Σχ. 15.3

Χάραξη γραμμής φορτώσεως.

Πίνακας 16.2.1
Μέγιστες επιτρεπόμενες ροπές κλίσεως (MT-m).

Εκτόπισμα (MT)	KG σε m														Μέγιστο KG (m)	Ελάχιστη ροπή (MT - m)
	6,095	6,171	6,248	6,324	6,400	6,477	6,552	6,629	6,705	6,781	6,857	6,933	7,010	7,086		
8500	2576	2433	2290	2147	2003	1860	1717	1574	1430	1287	1144	1001	857	–	7,055	771
9000	2548	2396	2245	1849	1942	1790	1638	1487	1335	1183	1031	878	–	–	6,994	758
9500	2551	2391	2231	2071	1911	1751	1591	1431	1270	1110	951	772	–	–	6,958	739
10000	2685	2516	2347	2179	2010	1842	1664	1489	1336	1168	999	830	–	–	6,943	811
10500	2797	2602	2444	2267	2090	1913	1735	1558	1412	1205	1028	851	–	–	6,933	848
11000	2937	2751	2566	2380	2195	1998	1825	1639	1454	1268	1113	–	–	–	6,921	927
11500	3078	2884	2690	2497	2303	2109	1915	1721	1527	1333	1140	–	–	–	6,924	969
12000	3267	3065	2862	2660	2458	2255	2053	1851	1649	1447	1245	–	–	–	6,930	1050
12500	3396	3185	2975	2764	2554	2343	2132	1922	1711	1469	1290	1079	–	–	6,943	1057
13000	3593	3374	3155	2936	2717	2498	2279	2060	1841	1621	1402	1183	–	–	6,964	1096
13500	3841	3613	3386	3158	2931	2703	2476	2248	2021	1793	1565	1338	–	–	7,000	1138
14000	4199	3963	3727	3491	3255	2897	2783	2547	2311	2075	1869	1603	1367	–	7,055	1225
14245	4409	4168	3928	3688	3447	3207	2966	2726	2486	2245	2004	1764	1524	–	7,071	1148

Πίνακας 16.2.2
Ογκομετρικές ροπές κλίσεως λόγω μετακινήσεως σιτηρών πλοίου B σε m⁴.

Περιγραφή χώρου	Πλήρες κύτος		Ημιπλήρες κύτος	
	Χωρίς διαχωριστική διαμήκη φρακτή κάτω από το άνοιγμα	Με διαμήκη διαχωρι- στική φρακτή κάτω από το άνοιγμα	Χωρίς διαχωριστική διαμήκη φρακτή	Με διαχωριστική διαμήκη φρακτή
No 1 Deeptanks	–	52,9	–	–
No 2 Deeptanks	–	134,5	–	–
No 1 κάτω κύτος	374,5	229,0	1879,0	675,1
No 1 κουραδόρος	470,7	250,4	3067,8	657,1
No 2 κάτω κύτος	497,8	300,7	3103,3	1076,6
No 2 κουραδόρος	682,3	295,7	4306,2	1076,6
No 3 κάτω κύτος	342,7	210,4	2108,4	742,5
No 3 κουραδόρος	499,7	208,0	2969,8	742,5
No 3 Deeptanks	–	85,4	–	297,0
No 4 κάτω κύτος	314,0	188,5	2242,1	668,2
No 4 κουραδόρος	467,7	230,4	3436,9	859,3
No 5 κάτω κύτος	363,6	219,1	2766,8	789,1
No 5 κουραδόρος	533,9	257,9	3156,5	789,1

- 1) Τα παραπάνω ισχύουν για χωριστή φόρτωση στα τμήματα κάθε κύτους και
2) **για ενιαία φόρτωση (με διαχωριστικές φρακτές παντού εκτός από τη θέση κάτω από το άνοιγμα του κατώτερου κύτους).**

No 1 Deeptanks, κάτω κύτος και κουραδόρος	607,2 m ⁴
No 2 κάτω κύτος και κουραδόρος	738,6 m ⁴
No 3 κάτω κύτος και κουραδόρος	528,0 m ⁴
No 4 Deeptanks, κάτω κύτος και κουραδόρος	545,0 m ⁴
No 5 κάτω κύτος και κουραδόρος	510,8 m ⁴
Σύνολο	2992,6 m⁴

νει η απόσταση y από την ουδέτερη γραμμή. Αυτό μπορεί να εκφραστεί με τη σχέση:

$$\sigma = \lambda \times y \quad (159)$$

Για να μπορεί να καθορισθεί η τιμή του σ , πρέπει και αρκεί να βρεθεί το λ .

Αν κόψουμε τη δοκό σε τυχαία θέση, στο σημείο αυτής της τομής, στην περίπτωση φορτίσεως μιας αμφιέριστης ράβδου, ενεργεί η ροπή κάμψεως M , όπως φαίνεται στο σχήμα 17.30.

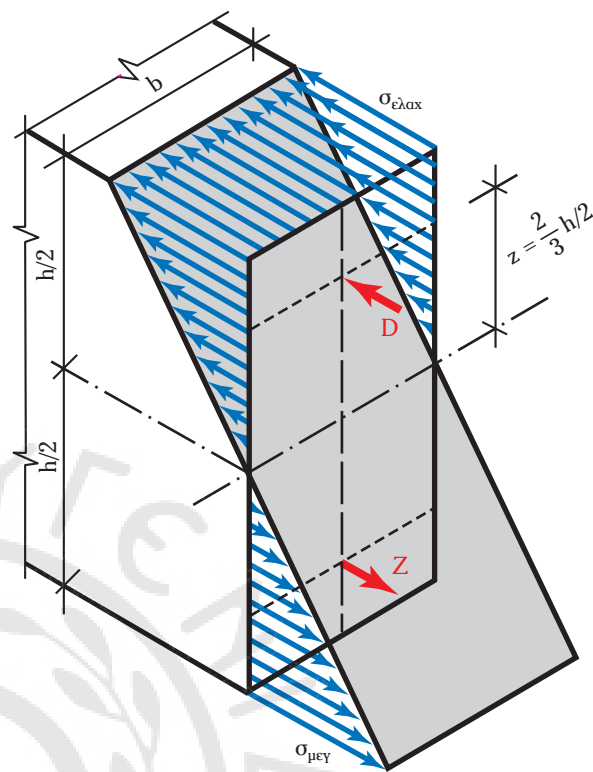
Παράλληλα, πάνω από την ουδέτερη γραμμή της διατομής επενεργεί η συνισταμένη των θλιπτικών τάσεων D και κάτω απ' αυτήν η συνισταμένη των εφελκυστικών τάσεων E . Για να ισορροπεί το αριστερό κομμάτι της ράβδου που θεωρούμε ότι προέκυψε μετά την τομή, πρέπει να ισχύουν οι τρεις συνθήκες ισορροπίας, δηλαδή πρέπει να έχουμε $\Sigma_x = 0$, $\Sigma_y = 0$ και $\Sigma M = 0$.

Η συνθήκη $\Sigma_x = 0$ σημαίνει επίσης ότι $D = E$ και επομένως η ουδέτερη γραμμή πρέπει να συμπίπτει με τον οριζόντιο άξονα συμμετρίας της ορθογωνικής διατομής.

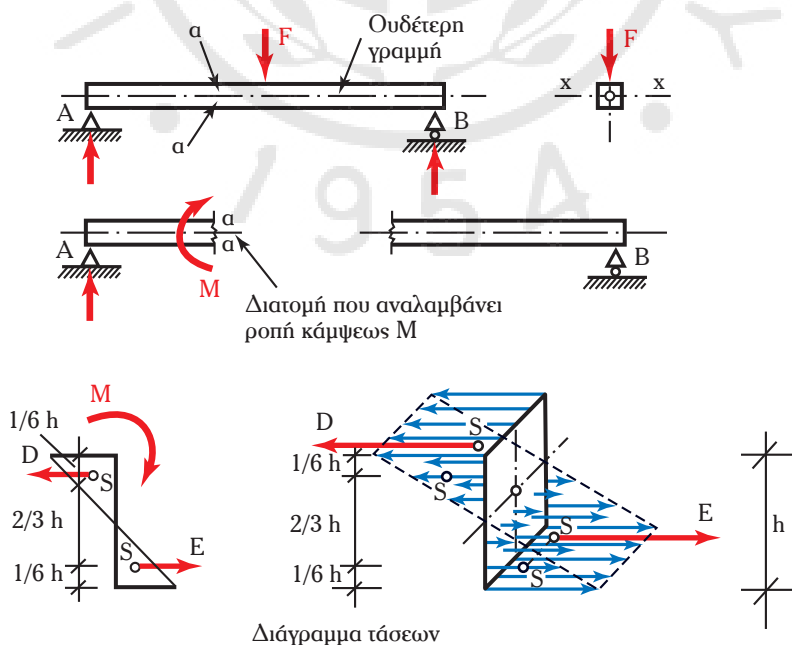
Οι θλιπτικές και εφελκυστικές τάσεις, διαμορφώνονται, πάνω και κάτω από την ουδέτερη γραμμή με την μορφή σφήνας με συνολικό (συνιστάμενο) εμβαδόν (η κάθε μία σχ. 17.31) ίσο με:

$$D = \frac{1}{2} \times \lambda \times \frac{h}{2} \times b \times \frac{h}{2} = \frac{1}{8} \lambda b h^2 - E$$

Η συνισταμένη αυτή δρα στο κέντρο βάρους κάθε



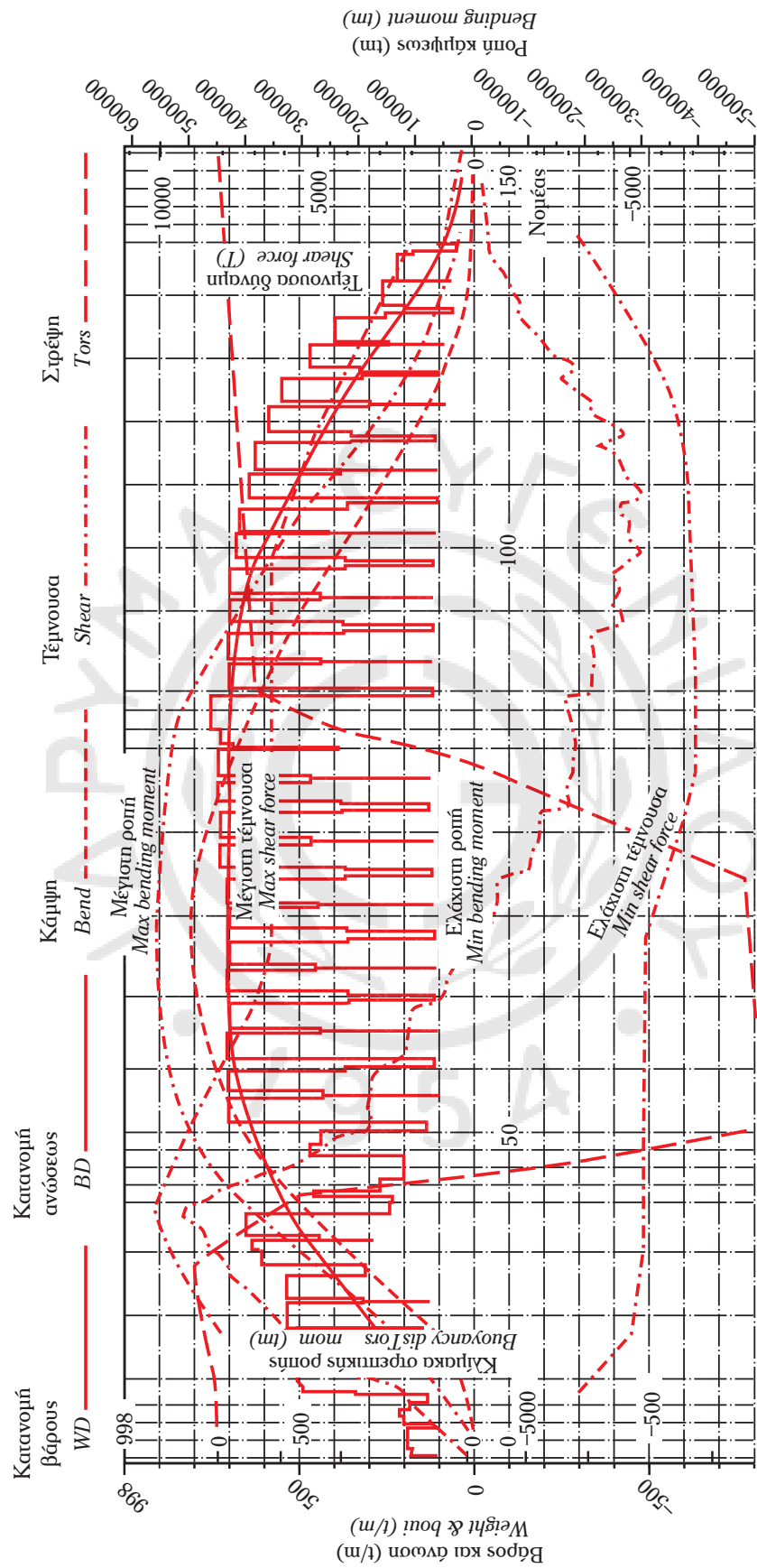
Σχ. 17.31
Κατανομή τάσεων.

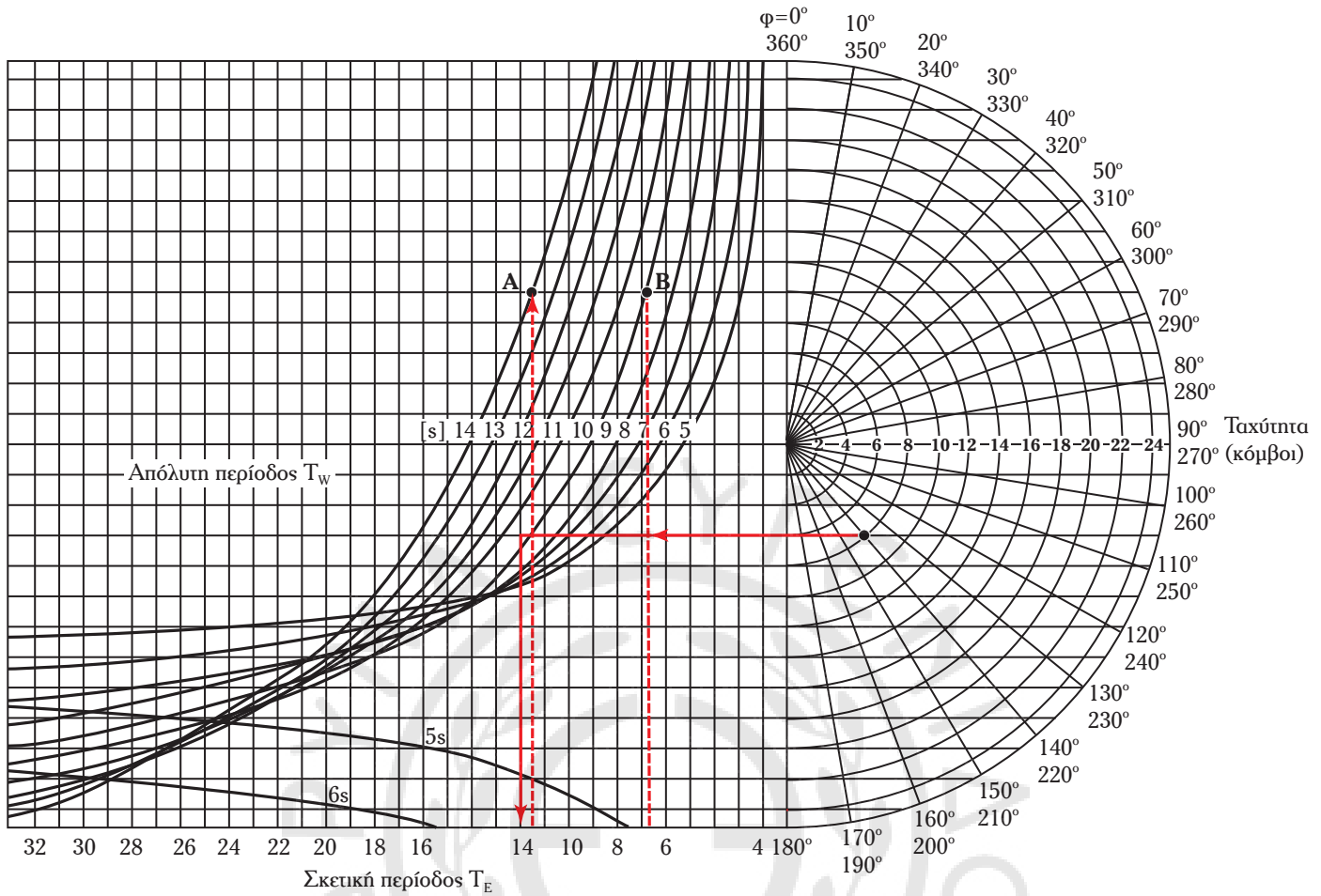


Διάγραμμα τάσεων

Σχ. 17.30

Παράδειγμα φορτίσεως αμφιέριστης ράβδου.





Σχ. 19.5α

Προσδιορισμός σχετικής περιόδου (period of encounter) κύματος, T_E .

γ) **Σύγχρονος διατοιχισμός** δηλαδή μεγάλες τιμές διατοιχισμού όταν η φυσική συχνότητα διατοιχισμού συμπίπτει με την σχετική συχνότητα του κύματος (βλ. και παράγρ. 11.6).

δ) **Παραμετρικός διατοιχισμός** που επίσης δημιουργεί μεγάλες γωνίες διατοιχισμού και παρουσιάζεται όταν η φυσική συχνότητα διατοιχισμού συμπίπτει με την σχετική συχνότητα του κύματος ή όταν η σχετική συχνότητα του κύματος συμπίπτει με το μισό της περιόδου διατοιχισμού του πλοίου.

2) Πρόσθετοι κίνδυνοι όταν ταυτόχρονα υπάρχει και προνευστασμός.

Επί πλέον, ο προνευστασμός (pitching) και η ταλάντωση εμβάπτισης (heaving) που μπορούν να παρουσιαστούν ταυτόχρονα επιδεινώνουν ή μπορούν να επιδεινώσουν περαιτέρω τον παραμετρικό συντονισμό.

Είναι προφανές ότι ο συνδυασμός όλων των ανωτέρω μπορεί να φέρει το πλοίο σε εξαιρετικά δύσκολη κατάσταση.

19.5.4 Πώς μπορούν να μειωθούν οι παραπάνω κίνδυνοι.

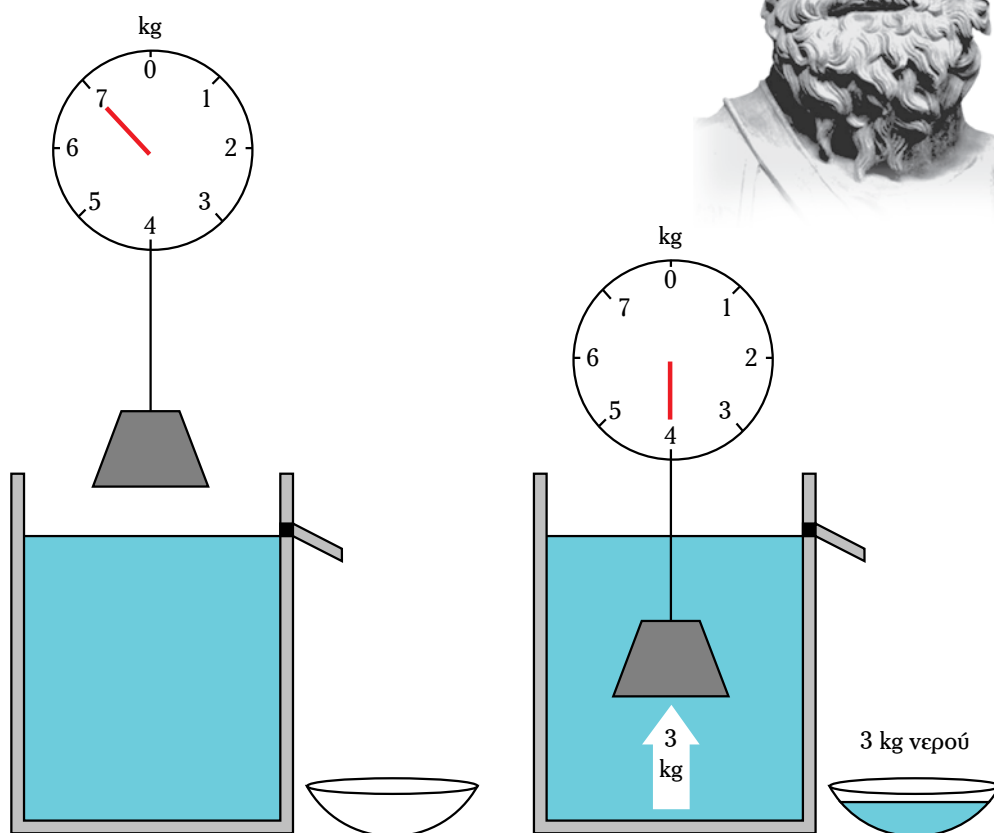
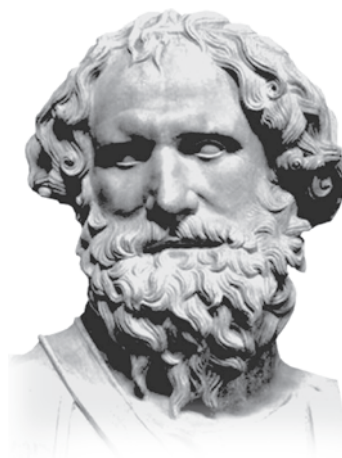
1) Κίνδυνος ανατροπής (surf-riding and broaching to).

Όπως προαναφέρθηκε, αυτός ο κίνδυνος μπορεί να παρουσιαστεί όταν η προσέγγιση του κύματος γίνεται υπό γωνία ϕ που κυμαίνεται μεταξύ 135° και 225° και η ταχύτητα του πλοίου είναι μεγαλύτερη από $(1.8 L)/\sin(180 - \phi)$ knots.

Προκειμένου να αποφευχθεί θα πρέπει η ταχύτητα ή η πορεία του πλοίου ή/και τα δύο να προσδιορίζουν ένα σημείο που να βρίσκεται έξω από την σκιασμένη περιοχή του σχήματος 19.5β.

2) Κίνδυνος από προσβολή από αλληπάλληλα κύματα μεγάλου ύψους.

Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες το μέσο μήκος κύματος είναι μεγαλύτερο από $0,8L$ και το σημαντικό ύψος κύματος είναι μεγαλύτερο από $L/20$ θα πρέπει, με κατάλληλους χειρισμούς η ταχύτητα ή η



*Αρχή του Αρχιμήδη
Η δύναμη της ανώσεως είναι ίση με
το βάρος του νερού που εκτοπίζεται*