

Α.Ε.Ν. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ

## ΘΕΜΑ: «Sea Diamond»



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: Καλπακίδης Δημήτριος**  
**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Λάμπουρα Στεφανία**

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ Α.Ε.Ν  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Λάμπουρα Στεφανία**

**ΘΕΜΑ: «Sea Diamond»**

**ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: Καλπακίδη Δημήτριου**

**Α.Γ.Μ: 3752**

**Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας:**

**Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας:**

<b>A/A</b>	<b>Όνοματεπώνυμο</b>	<b>Ειδικότητα</b>	<b>Αξιολόγηση</b>	<b>Υπογραφή</b>
<b>1</b>				
<b>2</b>				
<b>3</b>				
<b>ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ</b>				

**Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ :**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	2
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> .....	3
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	3
1.2 Η βύθιση του πλοίου Sea Diamond.....	4
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> .....	7
2.1 Περιβαλλοντικά ζητήματα ναυαγών.....	7
2.2 Ναυάγιο και φυσική.....	9
2.3 Λόγοι βύθισης πλοίων.....	11
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> .....	16
3.1 Πλευστότητα και Νόμοι Φυσικής.....	16
3.2 Άνοδος στο νερό.....	20
3.3 Γιατί δεν αναποδογυρίζονται τα σκάφη.....	20
3.4 Πόλοι και υλικά κατασκευής.....	22
Συμπεράσματα.....	26
Βιβλιογραφία.....	27

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τον Απρίλιο του 2007 το κρουαζιερόπλοιο "Sea-Diamond" βυθίστηκε στη θαλάσσια περιοχή της Καλντέρας της Σαντορίνης. Ένα μέρος των 450 τόνων καυσίμων του πλοίου διέρρευσε σταδιακά στο θαλάσσιο περιβάλλον, ενώ τα υπόλοιπα παραμένουν στις δεξαμενές του βυθισμένου σκάφους. Οι δραστηριότητες καθαρισμού με μηχανικά μέσα (δοχείο καθαρισμού λαδιού, μπούμα λαδιού) διαπιστώθηκαν από την πρώτη επίπτωση και συνεχίστηκαν καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης. Ένας αριθμός χημικών και βιολογικών παραμέτρων μελετήθηκαν σε ένα πλέγμα 10 σταθμών. Λόγω των άμεσων και εντατικών εργασιών καθαρισμού, οι συνολικές συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων πετρελαίου στη στήλη νερού ήταν φυσιολογικές στην περιοχή της καλντέρας έξι μήνες μετά το ατύχημα, με εξαίρεση την τοποθεσία πάνω στο ναυάγιο όπου εντοπίστηκαν υψηλές συγκεντρώσεις και ορατά ίχνη πετρελαίου στην επιφάνεια της θάλασσας ήταν εμφανείς ένα χρόνο μετά το ατύχημα.

Ως ναυάγιο ορίζεται είτε (α) η ενδεικτική αυτής της καταστροφής του σκάφους συνεπεία ναυτικού ατυχήματος είτε β) ως έννοια αυτού του ίδιου του σκάφους μετά την καταστροφή. Τα ναυάγια είναι ένα πολύπλοκο θέμα που οφείλεται σε πληθώρα παραγόντων όπως καιρικούς παράγοντες, παράγοντες που υπόκεινται στους νόμους της φυσικής αλλά και τον ανθρώπινο παράγοντα.

# Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

## 1. Ιστορική Αναδρομή

Το κρουαζιερόπλοιο, που ανήκει στη Louis Hellenic Cruises, βυθίστηκε στις 5 Απριλίου 2007, αφού προσέκρουσε σε έναν ύφαλο κοντά στο νησί της Σαντορίνης στο Αιγαίο με 1.195 επιβάτες και 391 άτομα ως πλήρωμα. Όλοι οι επιβάτες αποβιβάστηκαν με ασφάλεια εκτός από έναν Γάλλο άνδρα, τον Jean Christophe Allain (45 ετών) και την κόρη του Maud (16 ετών), που δεν βρέθηκαν ποτέ και αγνοούνται έως και σήμερα.

Αρχικά, το πλοίο ονομαζόταν *Birka Princess*, και κατασκευάστηκε από τη φινλανδική κρατική εταιρεία Valmet στο ναυπηγείο Vuosaari στο Ελσίνκι με κόστος 350 εκατομμύρια φινλανδικά μάρκο (58,9 εκατομμύρια ευρώ). Παραδόθηκε το 1986 και λειτούργησε για την Birka Line στην αγορά κρουαζιερόπλοιων της Βαλτικής Θάλασσας, ταξιδεύοντας σε 24ωρες κρουαζιέρες μεταξύ της Στοκχόλμης στη Σουηδία και των Νήσων Åland στη Φινλανδία. Μεταξύ του 1990 και του 2003 έκανε επίσης μεγαλύτερες κρουαζιέρες στη Βαλτική Θάλασσα κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου.

Μεταξύ 1992 και 2002, το εξωτερικό του πλοίου χρησιμοποιήθηκε για την απεικόνιση του φανταστικού πλοίου MS *Freja* στη σουηδική τηλεοπτική σαπουνόπερα *Rederiet*.

Όπως κατασκευάστηκε, είχε ένα μικρό κατάστρωμα αυτοκινήτου, με χώρο για 80 επιβατικά αυτοκίνητα και ράμπα στην πλευρά του λιμανιού στο πίσω μέρος. Όπως τα περισσότερα κρουαζιερόπλοια στη Βαλτική Θάλασσα, χτίστηκε στην κατηγορία πάγου 1Α.

Το 1999 ανακαινίστηκε εκτενώς στο Lloyd Werft της Γερμανίας με κόστος περίπου 26 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ. Η μπροστινή υπερκατασκευή επεκτάθηκε και απλοποιήθηκε και προστέθηκαν 62 νέες καμπίνες επιβατών, συμπεριλαμβανομένου ενός νέου καταστρώματος καμπινών πάνω από τη γέφυρα. Τον Οκτώβριο του 2004, όταν παραδόθηκε το νέο MS *Birka Paradise*, η *Birka Princess* άρχισε να πραγματοποιεί κρουαζιέρες δύο διανυκτερεύσεων από τη Στοκχόλμη στη Τουρκία, το Ελσίνκι και το Ταλίν, καθώς και μια εβδομαδιαία 24ωρη κρουαζιέρα από τη Στοκχόλμη στο Mariehamn. Τα νέα δρομολόγια αποδείχθηκαν σε μεγάλο βαθμό ανεπιτυχή, και στις 2 Ιανουαρίου 2006, το πλοίο εγκαταστάθηκε στο Mariehamn και τέθηκε προς πώληση.



Τον Φεβρουάριο του 2006, πουλήθηκε στην Louis Cruise Lines με έδρα την Κύπρο για 35 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ (29,4 εκατομμύρια ευρώ). Όπως κατασκευάστηκε, το πλοίο είχε μόνο εσωτερική πισίνα στο τμήμα σάουνας στο κατάστρωμα 2 στο τόξο του πλοίου. Εγκαταστάθηκε μια νέα εξωτερική πισίνα και ο χώρος ηλιοθεραπείας αυξήθηκε στο Turku Repair Yard, Naantali. Εισήχθη στη Μεσόγειο ως το δεύτερο πρώην πλοίο της Birka Line στο στόλο της Louis Cruise Lines, μετά την MS *Princesa Marissa*, την πρώην MS *Prinsessan / Finn hansa*. Μετά την πώληση, εγγράφηκε στη Βαλέτα της Μάλτας. Άλλαξε σημαίες στα τέλη του 2006. Τη στιγμή της βύθισής της ανήκε στην Elona Maritime Ltd, μια εταιρεία που εδρεύει στη Μάλτα, αλλά ήταν εγγεγραμμένη στον Πειραιά, Ελλάδα.



**Εικόνα 1.1: Το Sea Diamond την ώρα που βυθίζεται.**

## 1.2 Η βύθιση του πλοίου Sea Diamond

Στις 5 Απριλίου 2007, περίπου στις 16:00 EEST (13:00 UTC) το πλοίο βρέθηκε προσαραγμένο σε ένα καλά σηματοδεδειγμένο ηφαιστειακό ύφαλο ανατολικά της Νέας Καμένης, μέσα στην καλντέρα του νησιού της Σαντορίνης, άρχισε να παίρνει νερό και απαρτιθόσε έως και 12 μίρες στη δεξιά πλευρά, πριν κλείσουν οι υδατοστεγές πόρτες του (μια αναφορά που αργότερα διαψεύστηκε κατά την εξέταση του ναυαγίου). Οι 1.195 επιβάτες, κυρίως Αμερικανοί και 60 Καναδοί, αναφέρθηκαν ότι είχαν αποβιβαστεί με ασφάλεια σε τρεισήμισι ώρες, με τέσσερις τραυματισμούς. Μερικοί επιβάτες, συμπεριλαμβανομένης μιας ομάδας 77 μαθητών από τη Σχολή Paisley Magnet στη Βόρεια Καρολίνα, βγήκαν από τη ράμπα του αυτοκινήτου μέσω του πρώην καταστρώματος των αυτοκινήτων πάνω σε σκάφη, αλλά ορισμένοι επιβάτες έπρεπε να κατεβούν σκάλες από τα ψηλότερα καταστρώματα. Αργότερα, αναφέρθηκε ότι έλειπαν δύο Γάλλοι επιβάτες.

Η μεγάλη ποσότητα νερού που πήρε το πλοίο οδήγησε στο πλοίο να βυθιστεί λίγο πριν τις 7:00 EEST στις 6 Απριλίου 2007, μόλις μερικές εκατοντάδες μέτρα από την ακτή. Βιντεοσκοπημένα βίντεο δείχνουν ότι, προς το τέλος, το πλοίο αναστράφηκε εντελώς πριν εγκαταστήσει την πρύμνη πρώτα στον πυθμένα της θάλασσας. Αργότερα αναφέρθηκε ότι η άκρη του βολβοειδούς τόξου ήταν μόλις 62 μέτρα (203 πόδια) κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, αλλά η πρύμνη βρισκόταν σε νερό έως και 180 μέτρα (590 πόδια) βάθος. Υπάρχουν, μάλιστα φόβοι, ότι το ναυάγιο σύντομα θα γλιστρήσει βαθύτερα και θα βυθιστεί στην βυθισμένη καλντέρα του ηφαιστειακού νησιού.

Τον Απρίλιο του 2007, το κρουαζιερόπλοιο SEA DIAMOND βρέθηκε προσαραγμένο και βυθίστηκε στο ελληνικό νησί. Μόλις εξαφανίστηκε από την επιφάνεια της θάλασσας, το σκάφος βυθίστηκε πολύ γρήγορα. Το αποτέλεσμα ήταν ουσιαστικό, καθώς στιγμιαία διαρροή μαζούτ και οι μερικώς φορτωμένες δεξαμενές καυσίμου του σκάφους υποχώρησαν κάτω από το γρήγορη αλλαγή πίεσης. Το κρουαζιερόπλοιο ανατράπηκε καθώς βυθίστηκε και έπειτα χτύπησε τον πυθμένα της θάλασσας σχετικά σκληρά, κυλιόμενο πίσω του σε σχεδόν όρθια θέση. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα σημαντική εσωτερική και κάποια δομική ζημιά στο σκάφος. Το λάδι εξαπλώθηκε μέσα από τα ερειπωμένα καταστρώματα, καμπίνες και εσωτερικά συντρίμια. Έρευνες παρατήρησαν διαρροή λαδιού από σπασμένα παράθυρα ψηλά στο σκάφος, πολλά καταστρώματα πάνω από τις δεξαμενές.

Πάνω από τα μισά αποθέματα καυσίμων (περίπου 300 MT) παρατηρήθηκε ότι αυξήθηκαν από το ναυάγιο μέσα στις πρώτες ημέρες και εβδομάδες. Αυτά συλλέχθηκαν στη θάλασσα και στην ακτή εντός των πρώτων 2-3 μηνών. Σε όλη αυτή τη λειτουργία καθαρισμού η απελευθέρωση επιβραδύνθηκε και άλλαξε τη μορφή: Η περιεκτικότητα λαδιού στην απελευθέρωση μειώθηκε, ακολουθούμενη από το πετρέλαιο ντίζελ. Ως 3 μήνες ενεργού καθαρισμού και οι εργασίες ολοκληρώθηκαν στα μέσα του καλοκαιριού 2007, η απελευθέρωση βαρέως μαζούτ δεν διεκόπη. Το «ουρά - άκρο» της στιγμιαίας κυκλοφορίας αποδείχθηκε μια μικρή και ατυχής συνεχής ελευθέρωση. Ούτε εκείνη τη στιγμή, ούτε τώρα, είναι δυνατό να προβλεφθεί πότε αυτή η κυκλοφορία θα σταματήσει.

Στη συνέχεια, το καλοκαίρι του 2009 πραγματοποιήθηκε μια λειτουργία απομάκρυνσης της μόλυνσης, η οποία κατάφερε να αποστραγγίσει άλλα 150+MT μαζούτ από διάφορα φυσικά σημεία συλλογής στο ναυάγιο. Από την άνοιξη του 2010, η απελευθέρωση συνεχίζεται.



**Εικόνα 1.2: Το βυθισμένο Sea Diamond**



## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### 2.1 Περιβαλλοντικά ζητήματα ναυαγίων

Η βιβλιογραφία για τις πετρελαιοκηλίδες είναι απίστευτα άφθονη. Στην ενότητα αυτή συζητούνται πολλά έγγραφα τα οποία που περιέχουν ενδιαφέρουσες πληροφορίες και μπορεί τελικά να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση κινδύνου διαρροής σε λιμάνια.

Όταν το πετρέλαιο χύνεται στη θάλασσα, εξαπλώνεται και κινείται στην επιφάνεια του νερού ενώ υφίσταται μια σειρά από χημικές και φυσικές αλλαγές. Οι περισσότερες από τις διαδικασίες, όπως η εξάτμιση, η διασπορά, η διάλυση και η καθίζηση, οδηγούν στην εξαφάνιση του λαδιού από την επιφάνεια της θάλασσας, ενώ άλλες, ιδίως ο σχηματισμός γαλακτωμάτων του νερού σε λάδι και η συνοδευτική αύξηση του ιξώδους, προωθούν την παραμονή του πετρελαίου στην επιφάνεια. Η ταχύτητα και η σχετική σημασία των διεργασιών εξαρτώνται από παράγοντες όπως η ποσότητα και ο τύπος του λαδιού, οι επικρατούσες καιρικές συνθήκες και οι συνθήκες της θάλασσας, και εάν το λάδι παραμένει στη θάλασσα ή εκβάλλεται στην ξηρά. Τελικά, το θαλάσσιο περιβάλλον εξομοιώνει το χυμένο λάδι μέσω της μακροπρόθεσμης διαδικασίας βιοαποικοδόμησης.

Οι κύριες ιδιότητες που διέπουν τη συμπεριφορά του πετρελαίου που έχει χυθεί στη θάλασσα είναι συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όπως: (α) η απόσταξη βαρύτητας (η πτητικότητα του), (β) το ιξώδες (η αντίστασή του στη ροή) και (γ) το σημείο ροής (η θερμοκρασία κάτω από την οποία δεν θα ρέει). Δεδομένου ότι οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων καιρικών διεργασιών δεν είναι καλά κατανοητές, η εξάρτηση συχνά τοποθετείται σε εμπειρικά μοντέλα με βάση τις ιδιότητες διαφορετικών τύπων λαδιού.

Έχουν προταθεί εξισώσεις για το ρυθμό εξάπλωσης, γαλακτωματοποίησης, εξάτμισης, διασποράς και της μέγιστης έκτασης που επηρεάζεται από τη διαρροή.

Δύο πρωτοποριακά έργα δημοσιεύτηκαν από τους Fay (1969) και Fannelop & Waldman (1972). Αυτά ουσιαστικά ήταν στη βάση όλων των επακόλουθων ερευνών κατά τις επόμενες τρεις δεκαετίες, η οποία επαναλαμβάνεται από τον Brebbia (2001).



**Εικόνα 2.1: Μόλυνση πετρελαίου από το Sea Diamond.**

Η διδακτορική διατριβή του Mestres (2002) περιγράφει την ανάπτυξη, επικύρωση και εφαρμογή ενός τρισδιάστατου αριθμητικού μοντέλου για τη μεταφορά ρύπανσης (συμπεριλαμβανομένων των πετρελαιοκηλίδων) στα παράκτια ύδατα. Το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια ποικιλία καταστάσεων, από τις οποίες οι θαλάσσιες πετρελαιοκηλίδες είναι απλώς ένα παράδειγμα.

Ο Fay (2003) δημοσίευσε πρόσφατα ένα έγγραφο στο οποίο ένα πλήρες μοντέλο για την πρόβλεψη της δυναμικής των διαρροών από LNG (πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου) και πετρελαιοφόρα. Το μοντέλο κατασκευάζεται από αρχές μηχανικής ρευστού και εμπειρικές ιδιότητες πετρελαίου και διαρροών ΥΦΑ (Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου) στο νερό. Αυτό πρέπει να εξεταστεί ανάμεσα στις πιο ενημερωμένες και ενδιαφέρουσες συνεισφορές στο θέμα των φυσικών μοντέλων πετρελαιοκηλίδας.

Η ιστορική ανάλυση είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται ευρέως στον τομέα της ανάλυσης κινδύνων και της διερεύνησης ατυχημάτων για διάφορους σκοπούς. Στην περίπτωση πετρελαιοκηλίδων, χρησιμοποιείται κυρίως για τον προσδιορισμό των στατιστικών τάσεων ικανών να περιγράψουν τους παράγοντες που είναι πιο πιθανό να προκαλέσουν τυχαία διαρροή, καθώς και τις συχνότερες τοποθεσίες και συνέπειες των ατυχημάτων. Πολλά ιδρύματα, όπως το ΙΤΟΡΡ, δημοσιεύουν τακτικά δελτία στατιστικών πετρελαιοκηλίδων με βάση εσωτερικές ή δημόσιες βάσεις δεδομένων.

Ένα πρώιμο παράδειγμα εφαρμογής μιας βάσης δεδομένων που λαμβάνει υπόψη τη θαλάσσια μεταφορά HazMat περιγράφεται από τους Heinecke & Golchert (1989). Αυτό περιορίζεται στη μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων μέσω των χωρικών υδάτων της τότε Ομοσπονδιακής Δημοκρατίας της Γερμανίας.

Η Interagency Coordinating Committee on Oil Pollution Research, που ιδρύθηκε στις ΗΠΑ από τη σύμβαση OPA 90 δημοσίευσε μια ενδιαφέρουσα έκθεση όπου παρουσιάζονται και συζητούνται εκτεταμένα ιστορικά δεδομένα και πίνακες με βάση τα δεδομένα USCG (πριν από το 1993).

## 2.2 Ναυάγιο και φυσική

Τα πλοία και τα σκάφη είναι φτιαγμένα για να επιπλέουν πάνω από το νερό, αλλά υπάρχουν αρκετά πράγματα που μπορούν να πάνε στραβά για να μετατρέψουν το σκάφος σε υποβρύχιο. Η λήψη νερού είναι αναπόφευκτη - τα μεγάλα κύματα συχνά σπάνε στις πλευρές και μικρές διαρροές είναι συχνές. Αυτό το νερό συνήθως οδηγεί στο χαμηλότερο σημείο μιας βάρκας - στην περιοχή των υδροσυλλεκτών. Για το λόγο αυτό, τα σκάφη είναι εξοπλισμένα με αντλίες υδροσυλλεκτών για να οδηγούν το νερό πίσω όταν φτάσει σε ένα ορισμένο επίπεδο.

Συνήθεις λόγοι για τους οποίους ένα πλοίο μπορεί να βυθιστεί στη θάλασσα είναι:

1. **Χαμηλή τραβέρσα** - Το κιβώτιο είναι η επίπεδη κάθετη επιφάνεια που σχηματίζει το πίσω ή πτερύγιο άκρο του σκάφους. Για εξωλέμβια δοχεία, ο κινητήρας είναι τοποθετημένος στο κιβώτιο. Για μεγαλύτερα σκάφη εντός του σκάφους, θα βρείτε το όνομα του σκάφους στην αμαξοστοιχία. Η ιδέα είναι το κιβώτιο να είναι αρκετά υψηλό ώστε να μην παίρνει νερό. Μερικές φορές, οι απλές ατέλειες σχεδιασμού μπορούν να αφήσουν το κιβώτιο πολύ χαμηλά. Η ακατάλληλη κατανομή βάρους μπορεί επίσης να χαμηλώσει ένα σκάφος στο σημείο που τα κύματα μπορούν να περάσουν από αυτό και να πλημμυρίσουν το κατάστρωμα. Για να μην συμβεί αυτό, απαγορεύεται η αποθήκευση των βαριών εργαλείων στην πρύμνη του σκάφους. Τα εργαλεία ψαρέματος, τα ψυγεία, ο εξοπλισμός ψαρέματος και το δόλωμα πρέπει να κατανέμονται ομοιόμορφα κατά μήκος του πλοίου για να διατηρείται το κιβώτιο σε ασφαλές ύψος. Επίσης, δεν πρέπει ποτέ να αγκυρώνεται από την πρύμνη - θα μπορούσε να τραβήξει το κιβώτιο ακόμη πιο κάτω.
2. **Βύσματα αποστράγγισης** - Τα σκάφη βυθίζονται αρκετά συχνά λόγω έλλειψης βουλωμάτων αποστράγγισης. Όταν ένα σκάφος ταξιδεύει προς τα εμπρός, ολόκληρο το σκάφος κείται ψηλότερα στο νερό από ό, τι σε κατάσταση ηρεμίας, με το μέτωπο ψηλότερο από το πίσω μέρος. Το νερό που συλλέγεται από κύματα αφήνεται να εξέλθει από το σκάφος μέσω αποχέτευσης που βρίσκεται στο πίσω μέρος του σκάφους σε επίπεδο καταστρώματος περίπου. Όταν ταξιδεύει προς τα εμπρός, το σκάφος γέρνει προς τα πάνω και το νερό ρέει προς την αποχέτευση και επιστρέφει. Το πρόβλημα προκύπτει όταν ο καπετάνιος ξεχάσει να σταματήσει την αποστράγγιση όταν το σκάφος είναι σε ηρεμία με ένα μικρό, στεγανό βύσμα. Όταν το σκάφος σταματά να κινείται, βυθίζεται χαμηλότερα και αρχίζει να παίρνει νερό μέσω του αγωγού.

3. **Διαρροές συστήματος ψύξης** - Οι κινητήρες σκαφών ψύκονται με νερό, αντλούν περίπου 30 γαλιόνια νερού μέσω του συστήματος ανά λεπτό για κινητήρα 300 ίππων. Εάν ένας εύκαμπτος σωλήνας σκάσει ή δεν είναι αρκετά σφιχτός, αυτό το νερό μπορεί να μαζευτεί στο υδροσυλλεκτικό και θα μπορούσε να προκαλέσει την βύθιση του σκάφους.
4. **Σφάλμα πλοήγησης** Είναι ουσιαστικά η πρόσκρουση ενός αντικειμένου με το πλοίο. Θα μπορούσε να είναι βράχοι, πάγος, ύφαλοι, κορμοί, ή οτιδήποτε άλλο αρκετά μεγάλο ώστε να προκαλέσει ζημιά στο κύτος ή το σώμα του σκάφους. Ο καλύτερος τρόπος για την καταπολέμηση αυτού είναι να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός ο καπετάνιος. Τα ανθρώπινα λάθη που οδηγούν στη βύθιση ενός σκάφους σχετίζονται συνήθως με ζητήματα πλοήγησης. Ωστόσο, τα ατυχήματα του μηχανοστασίου, όπως η βλάβη του κινητήρα, η έκρηξη, η πυρκαγιά κ.λπ. ήταν επίσης ένας από τους λόγους βύθισης. Όσον αφορά την πλοήγηση, η παρανόηση μεταξύ πλοίων σχετικά με ζητήματα πλοήγησης και η αποτυχία τήρησης των διεθνών κανονισμών είναι οι δύο κύριοι λόγοι για ατυχήματα. Αυτοί οι λόγοι μπορούν να οδηγήσουν σε σύγκρουση πλοίων, με αποτέλεσμα να βυθιστεί ένα ή και τα δύο σκάφη. Εκτός από αυτό, τα σφάλματα πλοήγησης θα μπορούσαν επίσης να οδηγήσουν στη γείωση του πλοίου σε ρηχά νερά, να καταστρέψουν τον πυθμένα του πλοίου και να επιτρέψουν στο νερό να εισέλθει στο πλοίο.



## 2.3 Λόγοι βύθισης πλοίων

Όλοι οι τρόποι ρύθμισης της ασφάλειας αναλαμβάνονται από όλες τις ναυτιλιακές εταιρείες που ελέγχουν χιλιάδες πλοία που πετούν στους ωκεανούς. Αλλά για μια βιομηχανία με τόσο μεγάλες αναλογίες, τα ατυχήματα τείνουν να συμβαίνουν λόγω αποφευκτών αιτιών, απρόβλεπτων φυσικών στοιχείων ή από την ανεξέλεγκτη πειρατεία.

### 1. Πλημμύρες

Οι πλημμύρες είναι ο πιο κοινός λόγος για τον οποίο βυθίζονται τα πλοία. Η επιστημονική εξήγηση πίσω από το πώς επιπλέουν τα πλοία είναι ότι το βάρος ενός σκάφους στηρίζεται από το νερό που εκτοπίζει όταν επιπλέει.

***Βάρος του πλοίου = Όγκος εκτοπισμένου νερού × Πυκνότητα νερού***

Το νερό που εκτοπίζεται από το πλοίο ισούται με τον όγκο του πλοίου που βυθίζεται και μπορούμε να ξαναγράψουμε την εξίσωση ως,

***Βάρος του πλοίου = Βυθισμένος όγκος του πλοίου × Πυκνότητα νερού***

Όταν το νερό μπορεί να εισέλθει στο σκάφος μέσω ανοιγμάτων στο κύτος ή της υπερκατασκευής, οι περιοχές με νερό δεν θεωρούνται πλέον υδροστατικά ως μέρος του πλοίου. Ωστόσο, το βάρος του σκάφους παραμένει σταθερό.

Αυτό δημιουργεί μια ανισορροπία, όπου το βάρος του πλοίου είναι τώρα μεγαλύτερο από αυτό του εκτοπισμένου νερού. Ως αποτέλεσμα, το σκάφος βυθίζεται συνεχώς χαμηλότερα στο νερό μέχρι να βυθιστεί πλήρως. Λόγω της αυξανόμενης πίεσης του νερού, τα στηρίγματα, τα τοιχώματα και τα διαφράγματα ενδέχεται τελικά να σπάσουν, γεγονός που θα οδηγήσει στο ταχέως βυθισμένο σκάφος.

### 2. Γείωση και σύγκρουση

Τα πλοία προωθούνται από τεράστιους θαλάσσιους κινητήρες που οδηγούν την έλικα ενώ η κατεύθυνση ελέγχεται από το πηδάλιο. Έχουν αναφερθεί πολλές περιπτώσεις γείωσης, που είναι το κάτω μέρος του σκάφους που διαλύεται στο έδαφος ή σε βράχους κοντά στην ακτή. Ωστόσο,

το πλοίο μπορεί να βυθιστεί αφού προσγειωθεί σε βαρύ ή άσχημο έδαφος που θα προκαλέσει πρώτα ζημιά στη γάστρα του πλοίου και η βαριά διόγκωση θα μεταφέρει το πλοίο σε βαθύτερα νερά κάνοντάς το να βυθιστεί.

Επίσης, τα πλοία είναι μεγάλες κατασκευές που χρειάζονται χρόνο για να ανταποκριθούν στις εισροές ελιγμών από τη γέφυρα. Κατά μέσο όρο, μπορεί να χρειαστεί ένα πλοίο εκατοντάδες μέτρα για να φτάσει σε πλήρη στάση και χρόνο για να γυρίσει αποτελεσματικά. Δεδομένων αυτών των περιστάσεων, υπάρχει πάντα η πιθανότητα σύγκρουσης ενός σκάφους με άλλα πλοία, ρυμουλκά, βοηθητικά σκάφη ή πλωτές κατασκευές, όπως λιμενικές αποβάθρες, εάν δεν ληφθούν κατάλληλες προφυλάξεις.

Μόλις συμβεί σύγκρουση, το κύτος του σκάφους μπορεί να σπάσει, οδηγώντας σε επικείμενη πλημμύρα όπως συζητήθηκε προηγουμένως. Επιπλέον, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να προκληθεί ζημιά σε εξοπλισμό όπως τα πηδάλια ή οι έλικες .

Μια σύγκρουση μπορεί επίσης να οδηγήσει σε απώλεια φορτίου που μπορεί να αποσταθεροποιήσει το πλοίο οδηγώντας σε απώλεια σταθερότητας που εξηγείται στην επόμενη ενότητα.

### **3. Απώλεια σταθερότητας**

Όλα τα πλωτά σώματα έχουν μετακεντρικό ύψος , που ορίζεται ως η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ του μετακεντρικού κέντρου (M) και του κατακόρυφου κέντρου βάρους (G). Για τα πλοία, το ύψος θα παραμείνει σχετικά σταθερό όσο αυτή η ποσότητα παραμένει θετική. Σε περίπτωση που γίνει αρνητικό, το σκάφος μπορεί να ανατραπεί με τις μικρότερες δυνάμεις.

Τα σκάφη με πολύ μεγάλες τιμές GM θα φτάσουν αμέσως σε όρθια θέση, η οποία μπορεί να προκαλέσει ζημιά στον εξοπλισμό και τα μηχανήματα λόγω των μεγάλων δυνάμεων που ασκούνται.

Από την άλλη πλευρά, οι πολύ χαμηλές τιμές της GM θα έχουν εξαιρετικά υψηλές περιόδους κύλισης. Σε αυτήν την περίπτωση, το σκάφος έχει μεγάλες πιθανότητες να πάρει νερό μέσω του καταστρώματος. Έτσι, υπάρχει πιθανότητα βύθισης του σκάφους .

#### **4. Κακές καιρικές συνθήκες**

Ο κακός καιρός είναι εξαιρετικά κοινός για τα πλοία που βυθίζονται και συμβάλλει σχεδόν στο 75% όλων των άλλων τύπων ατυχημάτων. Λόγω του μεγάλου ανεμπόδιστου ανοιχτού χώρου που βρίσκεται στον ωκεανό, οι ταχύτητες του ανέμου μπορούν να φτάσουν στις περιοχές που σχετίζονται με τυφώνες ή ανεμοστρόβυλους. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει τεράστια κύματα που μπορούν να ανατρέψουν τα σκάφη.

Τα σκάφη μπορούν να βυθιστούν για αρκετούς λόγους λόγω καιρικών συνθηκών όπως: (α) άνεμος και άλλες δυνάμεις που αναγκάζουν το πλοίο να κλίνει σε επικίνδυνες γωνίες προς το λιμάνι ή τις δεξιά πλευρές, (β) κύματα στο κατάστρωμα προσθέτοντας βάρος στο σκάφος και αναγκάζοντάς το να πέσει κάτω στο νερό ή (γ) κύματα που συντρίβονται στην πλευρά του σκάφους και προκαλεί πλημμύρες.

#### **5. Αμέλεια και ανθρώπινο σφάλμα**

Η κόπωση, η αμέλεια και τα απλά λάθη συμβάλλουν σε μια σειρά καταστροφών στη θάλασσα. Αυτά συμβαίνουν όταν τα πλοία δεν είναι επανδρωμένα, έχουν πληρώματα που έχουν κουραστεί ή δεν διαχειρίζονται σωστά.

Ως αποτέλεσμα, είναι πιθανό να εμφανιστούν απλά σφάλματα που μπορούν να αποφευχθούν. Για παράδειγμα, τα εμπόδια που επιπλέον μπορούν να εμπλακούν στο πηδάλιο και τις έλικες ή να βλάψουν το κύτος.

#### **6. Ελαττωματικός εξοπλισμός**

Στον ανοιχτό ωκεανό, η ορατότητα μπορεί μερικές φορές να είναι χαμηλή λόγω ομίχλης ή κακοκαιρίας. Επιπλέον, τα κύματα μπορούν να δυσκολέψουν τον εντοπισμό πλωτών αντικειμένων που ενδέχεται να αποτελέσουν κίνδυνο για το σκάφος.

Εδώ μπαίνει ο σύγχρονος εξοπλισμός , για να καθοδηγήσει τους αξιωματικούς της γέφυρας στη διασφάλιση της σταθερότητας. Ωστόσο, ο λανθασμένα βαθμονομημένος εξοπλισμός είναι εξαιρετικά επικίνδυνος, καθώς το πλήρωμα μπορεί να τους χρησιμοποιήσει για να λάβει βασικές αποφάσεις.

## **7. Ακατάλληλη συντήρηση**

Τα πλοία παραμένουν στη θάλασσα για παρατεταμένα χρονικά διαστήματα, συχνά επιστρέφουν σε λιμάνια μία ή δύο φορές το μήνα περίπου για φόρτωση προμηθειών και ανεφοδιασμού . Η διάβρωση, η κόπωση μετάλλων και η παρατεταμένη έκθεση σε σκληρές συνθήκες μπορούν να παραμορφώσουν και να καταστρέψουν το σκάφος. Χωρίς τακτική συντήρηση, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να συμβεί ατύχημα.

Για παράδειγμα, οι θαλάσσιοι κινητήρες ντίζελ που τροφοδοτούν σύγχρονα σκάφη έχουν εξαιρετικά υψηλό εύρος στροφών λειτουργίας. Υπό αυτές τις συνθήκες, οι άξονες της έλικας , τα πηδάλια και οι ίδιοι οι έλικες μπορεί να υποστούν ζημιά. Εκτός από τα δονητικά φορτία , οι έλικες υψηλής ταχύτητας είναι ευαίσθητες σε σπηλαίωση, που συμβαίνει λόγω του βρασμού του νερού κοντά στην επιφάνεια της έλικας. Επομένως, απαιτούνται τακτικοί έλεγχοι, αλλιώς υπάρχει πιθανότητα να προκληθούν ζημιές στα συστήματα πρόωσης.

Σε γενικές γραμμές, τα μικρά εξαρτήματα είναι συχνά τα πρώτα που φθείρονται, και συνεπώς η συνολική συντήρηση πρέπει να πραγματοποιείται επιμελώς.

## **8. Ατυχήματα κατά τη διάρκεια του πολέμου**

Κατά τη διάρκεια των παγκόσμιων πολέμων στις αρχές και τα μέσα του εικοστού αιώνα, εκατοντάδες πλοία βυθίστηκαν . Οι τορπίλες, τα υποβρύχια ορυχεία, τα βάρη, το πυροβολικό κ.λπ. ήταν υπεύθυνα για την πλειονότητα αυτών των περιπτώσεων.

Εκτός από τις πραγματικές απώλειες κατά τη διάρκεια του πολέμου, εξακολουθούν να υπάρχουν ατυχήματα που συμβαίνουν λόγω μη ανακαλυφθέντων ναρκών ή κυμαινόμενων φορτίων που εξακολουθούν να είναι οπλισμένα και εξαιρετικά επικίνδυνα.

Στις περισσότερες περιπτώσεις βύθισης του πολέμου, τορπίλες ή εκρηκτικά χρησιμοποιήθηκαν για τη ρήξη του κύτους, επιτρέποντας στο νερό να πλημμυρίσει τα συγκρατήματα και να σύρει το δοχείο προς τα κάτω.

Για την καταπολέμηση αυτού, προστέθηκε προστασία κατά της τορπίλης, όπως σκληρυμένες καρίνες, σε πολεμικά πλοία και εμπορικά σκάφη που εκτελούν επικίνδυνες διαδρομές. Αυτά μείωσαν την πρόσκρουση της τορπίλης και μερικές φορές εκτρέπουν το κύριο κύμα μακριά από το πλοίο.

## **9. Αποτυχίες αποβάθρας**

Οι αποβάθρες είναι περιορισμένοι χώροι που επιδιώκουν τη μεγιστοποίηση της απόδοσης στις μικρότερες τοποθεσίες. Έτσι, τα πλοία πρέπει να είναι εξαιρετικά ακριβή κατά τον ελιγμό, ακόμη και με τη βοήθεια ρυμουλκών. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη το τεράστιο μέγεθος των σύγχρονων πλοίων, υπάρχει ένα πλήθος λιμενικών ατυχημάτων που συμβαίνουν και βυθίζουν τα πλοία.

Για παράδειγμα, εάν το λιμάνι δεν έχει κατασκευαστεί σωστά, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να συμπειστεί τεράστια ποσότητα νερού όταν ένα πλοίο προσπαθεί να αγκυροβολήσει. Η προκύπτουσα υδροστατική πίεση μπορεί να σπάσει το κύτος και να ανατρέψει το δοχείο. Επιπλέον, οι συγκρούσεις με ρυμουλκά, σκάφη στήριξης και η ίδια η αποβάθρα του λιμανιού μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στη χαλύβδινη επένδυση που κάνει το κύτος, το οποίο μπορεί να βυθίσει το πλοίο.

Εναπόκειται στις λιμενικές αρχές να διασφαλίσουν ότι υπάρχουν πρωτόκολλα ασφαλείας για τον έλεγχο των πλοίων και τα καθοδηγούν σε ελιγμούς γύρω από σφιχτές στροφές.

Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις ακατάλληλης φόρτωσης, που οδηγούν σε ανατροπή του πλοίου και βύθιση ακριβώς στην προβλήτα.



## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### 3.1 Πλευστότητα και Νόμοι της Φυσικής

Δεν μπορεί κανείς να περπατήσει στο νερό. Αλλά αυτός ο αερομεταφορέας μπορεί να επιπλέει, παρόλο που έχει μήκος πάνω από 300 μέτρα και μεταφέρει περίπου 70 αεροπλάνα και 4000 ναυτικούς. Τα πλοία και τα σκάφη (μικρότερα) είναι ένα λαμπρό παράδειγμα για το πώς η επιστήμη μπορεί να λειτουργήσει για την επίλυση ενός απλού προβλήματος.

Πάνω από τα δύο τρίτα της επιφάνειας της Γης είναι καλυμμένα με νερό, έτσι είναι εξίσου καλό που η επιστήμη μας βοηθά να φτάσουμε στα κύματα. Πώς ακριβώς τα πλοία επιπλέουν;

Μπορούμε να ευχαριστήσουμε τον Αρχιμήδη που ήταν ο πρώτος που εξήγησε την αρχή πίσω από αυτό το παζλ. Ο Αρχιμήδης ήταν Έλληνας επιστήμονας και μαθηματικός που γεννήθηκε το 287 π.Χ. Αυτή η αρχή είναι γνωστή ως πλευστότητα ή Αρχή του Αρχιμήδη και διατυπώθηκε από τον ίδιο κάποια στιγμή τον τρίτο αιώνα π.Χ. Σύμφωνα με τον δημοφιλή μύθο, του δόθηκε η δουλειά να ανακαλύψει εάν μια κορώνα που έγινε για έναν βασιλιά ήταν είτε συμπαγής χρυσός είτε φθηνή ψεύτικη εν μέρει από ένα μείγμα χρυσού και αργύρου. Μια εκδοχή της ιστορίας λέει ότι έκανε μπάνιο και παρατήρησε πώς η στάθμη του νερού αυξήθηκε καθώς βυθίστηκε το σώμα του. Συνειδητοποίησε ότι αν έριχνε μια χρυσή κορώνα σε ένα λουτρό, θα σπρώξει ή θα "εκτοπίσει" τον δικό του όγκο νερού στο πλάι, δίνοντάς του αποτελεσματικά έναν εύκολο τρόπο μέτρησης του όγκου ενός πολύ περίπλοκου αντικειμένου. Ζυγίζοντας το στέμμα, τότε μπορούσε εύκολα να υπολογίσει την πυκνότητά του (η μάζα του διαιρούμενη με τον όγκο του) και να το συγκρίνει με το χρυσό. Εάν η πυκνότητα ήταν χαμηλότερη από αυτήν του χρυσού, το στέμμα ήταν σαφώς ψεύτικο. Άλλες εκδοχές της ιστορίας της λένε έναν ελαφρώς διαφορετικό τρόπο - και πολλοί άνθρωποι πιστεύουν ότι ολόκληρη η ιστορία είναι πιθανότατα έτσι και αλλιώς!

Αργότερα, ήρθε ο περίφημος νόμος της φυσικής που είναι τώρα γνωστός ως Αρχή του Αρχιμήδη: όταν κάτι ακουμπά μέσα ή πάνω στο νερό, αισθάνεται μια ανοδική (πλευστή) δύναμη ίση με το βάρος του νερού που ωθεί στην άκρη (ή μετατοπίζεται). Εάν ένα αντικείμενο βυθιστεί πλήρως, αυτή η πλευστή δύναμη, πιέζοντας προς τα πάνω, μειώνει αποτελεσματικά το βάρος του: φαίνεται να ζυγίζει λιγότερο όταν είναι υποβρύχιο από ό, τι εάν ήταν σε ξηρά. Γι' αυτό κάτι σαν ένα καουτσούκ καταδυτικό τούβλο (ένα από αυτά τα τούβλα που εκπαιδεύετε με μια πισίνα) αισθάνεται ελαφρύτερο όταν το παίρνετε από υποβρύχια από ό, τι όταν το φέρετε στην

επιφάνεια και το σηκώνετε μέσω του αέρα: υποβρύχια, είστε να πάρει ένα χέρι βοήθειας από την πλευστή δύναμη.

Όλα αυτά εξηγούν γιατί το βάρος ενός πλοίου (και το περιεχόμενό του) επιπλέει στο νερό: εάν ο ωκεανός ήταν ένα μπολ με νερό γεμάτο μέχρι το χείλος, η μετατόπιση ενός πλοίου είναι το βάρος του νερού που θα χύνονταν πάνω από την άκρη όταν ξεκίνησε το πλοίο. Επειδή το γλυκό νερό είναι λιγότερο πυκνό από το αλμυρό νερό, το ίδιο πλοίο θα καθίσει χαμηλότερα σε ένα ποτάμι (ή μια εκβολή - που έχει ένα μείγμα γλυκού νερού και αλμυρού νερού) από ό, τι στη θάλασσα.

Η Αρχή του Αρχιμήδη δηλώνει ότι η δύναμη που ασκείται σε ένα αντικείμενο σε ένα ρευστό είναι ίση με το βάρος του υγρού που μετατοπίζεται (απομακρύνεται) από το αντικείμενο. Αυτή η δύναμη ονομάζεται ισχυρή δύναμη .

Η πλευστή δύναμη ωθεί προς τα πάνω το αντικείμενο. Η βαρύτητα ασκεί μια προς τα κάτω δύναμη στο αντικείμενο (το βάρος του ), η οποία καθορίζεται από τη μάζα του αντικειμένου. Έτσι, εάν η δύναμη που ασκείται προς τα κάτω στο αντικείμενο από τη βαρύτητα είναι μικρότερη από την πλευστή δύναμη, το αντικείμενο θα επιπλέει.

Εάν ένα τεμάχιο ξύλου διαστάσεων 1 κυβικού εκατοστόμετρου (1 cm x 1 cm x 1 cm) τοποθετηθεί σε ένα δοχείο νερού, η ποσότητα του νερού που μετατοπίζεται θα ισούται με το βάρος του ξύλου. Τι γίνεται όμως αν ένα μπλοκ του ίδιου μεγέθους είναι κατασκευασμένο από μόλυβδο; Ο μόλυβδος έχει πολύ μεγαλύτερη πυκνότητα από το ξύλο. Εάν ένα μπλοκ μολύβδου ενός κυβικού εκατοστού τοποθετείται σε ένα δοχείο νερού, η ποσότητα του νερού που μετατοπίζεται θα ισούται με το βάρος του μπλοκ του μολύβδου.

Στην περίπτωση του ξύλου, το βάρος του εκτοπισμένου νερού είναι μικρό. Η πλευστή δύναμη είναι μεγαλύτερη από τη βαρυτική δύναμη, έτσι το ξύλο επιπλέει. Ο μόλυβδος είναι πυκνότερος από το ξύλο. Αυτό σημαίνει ότι περιέχει περισσότερη μάζα στον ίδιο τόμο. Έτσι, περισσότερο νερό εκτοπίζεται από το μόλυβδο από το ξύλο. Η βαρυτική δύναμη στο μόλυβδο υπερβαίνει την πλευστή δύναμη, οπότε ο μόλυβδος βυθίζεται.

Πώς μπορεί να εφαρμοστεί αυτή η αρχή στα πλοία; Τα πλοία είναι τεράστια ατσάλινα δοχεία. Ένα πλοίο μπορεί να έχει μάζα εκατοντάδων χιλιάδων τόνων. Αυτό που βοηθά στη διατήρηση των πλοίων είναι το σχήμα τους και το εσωτερικό τους. Τα πλοία δεν είναι στερεά κομμάτια χάλυβα.

Αντίθετα, είναι κυρίως κοίλα κελύφη από χάλυβα. Υπάρχουν όλα τα είδη συστατικών μέσα στο πλοίο.

Ο αέρας που βρίσκεται μέσα σε ένα πλοίο είναι πολύ λιγότερο πυκνός από το νερό. Αυτό το κάνει να επιπλέει. Η μέση πυκνότητα του συνολικού όγκου του πλοίου και ό, τι στο εσωτερικό του (συμπεριλαμβανομένου του αέρα) πρέπει να είναι μικρότερη από τον ίδιο όγκο νερού. Καθώς το πλοίο βυθίζεται στο νερό, ωθεί προς τα κάτω και μετατοπίζει ποσότητα νερού ίση με το βάρος του.

Όσο πιο κοντά είναι η συνολική πυκνότητα του πλοίου με την πυκνότητα του ίδιου όγκου νερού, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του πλοίου που θα βρίσκεται στο νερό. Εάν η μέση πυκνότητα του πλοίου είναι ποτέ μεγαλύτερη από την πυκνότητα του νερού, τότε το πλοίο θα βυθιστεί κάτω από την επιφάνεια του νερού.

Όταν ένα πλοίο βυθίζεται, είναι επειδή το νερό εισέρχεται στο πλοίο. Αυτό εξαναγκάζει τον αέρα, καθιστώντας τη μέση πυκνότητα του πλοίου μεγαλύτερη από εκείνη του νερού. Μία από τις πιο διάσημες καταστροφές είναι η βύθιση του Τιτανικού RMS.

Το πλοίο έπληξε ένα παγόβουνο από τη νότια ακτή της Νέας Γης, τον Απρίλιο του 1912. Το παγόβουνο έσπασε πολλές μικρές τρύπες στο κύτος του πλοίου, αφήνοντας νερό στο τόξο. Καθώς όλο και περισσότερο νερό μπήκε στο πλοίο, ο αέρας εξαναγκάστηκε. Αυτό έκανε το πλοίο να βυθιστεί στον βυθό του ωκεανού.



**Εικόνα 3.1.: Η σύγκρουση του Τιτανικού με το παγόβουνο.**

Ένα πλοίο ή ένα σκάφος (θα τα ονομάσουμε όλα σκάφη από τώρα και στο εξής) είναι ένα όχημα που μπορεί να επιπλέει και να κινείται στον ωκεανό, σε ένα ποτάμι ή σε κάποιο άλλο υδατώδες μέρος, είτε μέσω της δικής του δύναμης είτε με τη χρήση ισχύος από άλλα στοιχεία (π.χ. άνεμος, κύματα ή ήλιος).

Τα περισσότερα σκάφη κινούνται εν μέρει πάνω από το νερό, αλλά μερικά (κυρίως αιωρούμενα σκάφη και ιπτάμενα δελφίνια) ανεβαίνουν και επιταχύνουν πάνω του, ενώ άλλα (υποβρύχια και υποβρύχια, τα οποία είναι μικρά υποβρύχια) πηγαίνουν εντελώς κάτω από αυτό. Αυτοί ακούγονται σαν πολύ σημαντικές διακρίσεις, αλλά αποδεικνύονται πολύ σημαντικές.

Όλα τα σκάφη μπορούν να επιπλέουν, αλλά το πλωτό είναι πιο περίπλοκο και μπερδεμένο από ό, τι ακούγεται και συζητείται καλύτερα μέσω μιας επιστημονικής έννοιας που ονομάζεται πλευστότητα, η οποία είναι η δύναμη που προκαλεί την επιπλέουσα.

Κάθε αντικείμενο είτε θα επιπλέει είτε θα βυθίζεται σε νερό ανάλογα με την πυκνότητά του (πόσο ζυγίζει ένας συγκεκριμένος όγκος). Εάν είναι πιο πυκνό από το νερό, συνήθως θα βυθιστεί. αν είναι λιγότερο πυκνό, θα επιπλέει. Δεν έχει σημασία πόσο μεγάλο ή μικρό είναι το αντικείμενο: ένα χρυσό δαχτυλίδι θα βυθιστεί στο νερό, ενώ ένα κομμάτι πλαστικό τόσο μεγάλο όσο ένα γήπεδο ποδοσφαίρου θα επιπλέει. Ο βασικός κανόνας είναι ότι ένα αντικείμενο θα βυθιστεί εάν ζυγίζει περισσότερο ή ακριβώς με τον όγκο νερού.

Αλλά αυτό δεν εξηγεί πραγματικά γιατί ένας αεροπλανοφόρος (κατασκευασμένος από πυκνό μέταλλο) μπορεί να επιπλέει.

Η πλευστότητα είναι πιο εύκολη στην κατανόηση της σκέψης ενός υποβρυχίου. Διαθέτει επίπεδα κατάδυσης (πτερύγια τοποθετημένα στο πλάι) και δεξαμενές έρματος που μπορεί να γεμίσει με νερό ή αέρα για να το κάνει να ανέβει ή να πέσει όπως χρειάζεται. Εάν οι δεξαμενές γεμίζουν εντελώς με αέρα, λέγεται ότι είναι θετικά επιπλέουσες: οι δεξαμενές ζυγίζουν λιγότερο από ίσο όγκο νερού και κάνουν το υποβρύχιο να επιπλέει στην επιφάνεια.

Εάν οι δεξαμενές γεμίζουν εν μέρει με αέρα, είναι δυνατό να επιπλέει το υποβρύχιο σε κάποιο μεσαίο βάθος του νερού χωρίς να ανεβαίνει ή να βυθιστεί. Αυτό ονομάζεται ουδέτερη πλευστότητα. Η άλλη επιλογή είναι να γεμίσετε εντελώς τις δεξαμενές με νερό. Σε αυτήν την περίπτωση, το υποβρύχιο είναι αρνητικά πλευστό, πράγμα που σημαίνει ότι βυθίζεται στον πυθμένα. Μάθετε περισσότερα για το πώς τα υποβρύχια ανεβαίνουν και πέφτουν.

## 3.2 Άνοδος στο νερό

Δυστυχώς, κανένα από αυτά δεν εξηγεί πραγματικά γιατί ένας αερομεταφορέας επιπλέει. Από πού προέρχεται αυτή η «μαγική» πλευστή δύναμη; Ένας αερομεταφορέας καταλαμβάνει τεράστιο όγκο, έτσι το βάρος του απλώνεται σε μια ευρεία περιοχή του ωκεανού. Το νερό είναι ένα αρκετά πυκνό υγρό που είναι σχεδόν αδύνατο να συμπιεστεί.

Η υψηλή πυκνότητά του (και συνεπώς βαρύ βάρος) σημαίνει ότι μπορεί να ασκήσει μεγάλη πίεση: ωθεί προς τα έξω προς κάθε κατεύθυνση (κάτι που μπορείτε εύκολα να αισθανθείτε κολύμβηση υποβρύχια, ειδικά καταδύσεις). Όταν ένας αερομεταφορέας κάθετα στο νερό, μερικώς βυθισμένος, η πίεση του νερού είναι ισορροπημένη προς κάθε κατεύθυνση εκτός από την προς τα πάνω. Με άλλα λόγια, υπάρχει μια καθαρή δύναμη (που ονομάζεται ανοδική ώθηση) που υποστηρίζει τη βάρκα από κάτω. Το σκάφος βυθίζεται στο νερό, τραβιέται κάτω από το βάρος του και ωθείται από την ανοδική ώθηση. Πόσο χαμηλό βυθίζεται; Όσο περισσότερο ζυγίζει (συμπεριλαμβανομένου του βάρους που μεταφέρει), τόσο χαμηλότερο βυθίζεται:

Εάν το σκάφος ζυγίζει λιγότερο από τον μέγιστο όγκο νερού που θα μπορούσε ποτέ να απομακρυνθεί (μετατοπιστεί), επιπλέει. Αλλά βυθίζεται στο νερό μέχρι να ισορροπήσει το βάρος και η ανοδική του πορεία.

Όσο περισσότερο φορτίσετε προσθέτετε σε ένα σκάφος, τόσο περισσότερο ζυγίζει και τόσο περισσότερο θα πρέπει να βυθιστεί για την ανύψωση για να εξισορροπήσει το βάρος του. Γιατί; Επειδή η πίεση του νερού αυξάνεται με βάθος: όσο πιο βαθιά μέσα στο νερό βυθίζεται το σκάφος, χωρίς να βυθίζεται, τόσο περισσότερο δημιουργείται η ανύψωση.

Εάν το σκάφος συνεχίσει να βυθίζεται μέχρι να εξαφανιστεί, αυτό σημαίνει ότι δεν μπορεί να παράγει αρκετή ανύψωση. Με άλλα λόγια, εάν το σκάφος ζυγίζει περισσότερο από τον συνολικό όγκο νερού που μπορεί να ωθήσει κατά μέρος (μετατοπίζεται), βυθίζεται.



### 3.3 Γιατί δεν αναποδογυρίζονται τα σκάφη

Τώρα το κέντρο βάρους δεν είναι πλέον πάνω από το κέντρο του σκάφους, και αυτό κάνει το όλο θέμα να περιστρέφεται προς εσάς. Ένα σκάφος μπορεί να αιωρείται από τη μία πλευρά στην άλλη σχετικά ελεύθερα. επειδή είναι θετικά ανθεκτικό, χρειάζεται μόνο μια μικρή δύναμη για να το κάνει να κινείται στο νερό. Όλα αυτά τα πράγματα σε συνδυασμό κάνουν ένα μικρό σκάφος σχετικά εύκολο να αναποδογυρισθεί (περιστρέφεται στο πλάι του και συχνά βυθίζεται).

Καθισμένος σε μια μικρή βάρκα, χαμηλώνετε το κέντρο βάρους και το καθιστά πιο σταθερό.

Η βαρύτητα είναι η δύναμη που πρέπει να καταπολεμήσει ένα σώμα όταν περπατάει στην ξηρά. Αλλά δεν είναι πραγματικά πρόβλημα όταν ένα ανθρώπινο σώμα κινείται στο νερό, επειδή είναι σχετικά πλευστό: παρόλο που το σώμα ενός ανθρώπου είναι κυρίως νερό, ένα μέρος του αποτελείται από άλλα συστατικά όπως ο άνθρακας (ζυγίζει λιγότερο από μια τσάντα νερό ακριβώς στο ίδιο μέγεθος). Η αντίσταση στο νερό (drag) είναι μακράν η μεγαλύτερη δύναμη που πρέπει να εργαστούν οι κολυμβητές - και αυτό ισχύει επίσης για τα σκάφη.

Όσο περισσότερο βάρος μεταφέρει ένα σκάφος, τόσο χαμηλότερα κάθεται στο νερό και τόσο μεγαλύτερη αντοχή στο νερό δημιουργεί. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο τα σκάφη έχουν αιχμηρά στενά τόξα (για να σπρώχνουν το νερό καθαρά εκτός δρόμου) και καμπύλες μπροστινές άκρες που επίπεδο (σηκώστε τα έξω από το νερό καθώς κινούνται). Τα ιπτάμενα δελφίνια ωθούν αυτήν την ιδέα στο όριο χρησιμοποιώντας υποβρύχια φτερά για να σηκώσουν τα κύτη τους και να καθαρίσουν το νερό καθώς κινούνται.



**Εικόνα 3.2.: Σκάφος με αιχμηρό στενό τόξο**

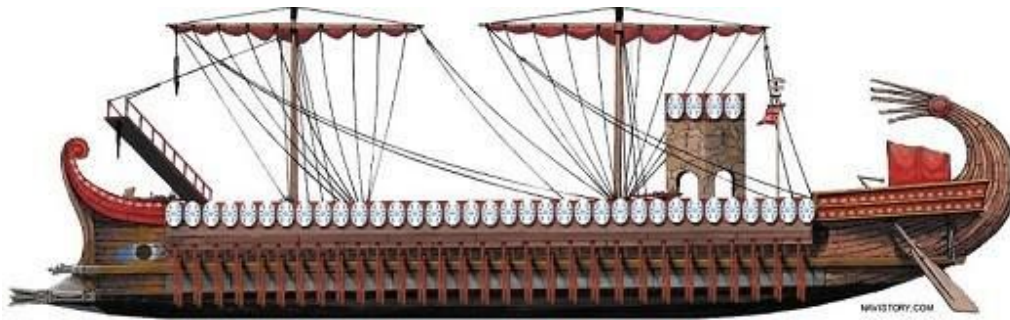
### 3.4 Πόλοι και υλικά κατασκευής

Η παλαιότερη μορφή προώθησης σκαφών είναι απλή ανθρώπινη δύναμη. Μπορείτε να κωπηλατήσετε μια βάρκα τραβώντας το νερό προς τα πίσω με μεγάλα κουπιά ή μπορείτε να τρυπήσετε κάτι σαν μια σχεδία προς τα εμπρός πιέζοντας προς τα έξω σε ένα ποτάμι ή βυθό. Αυτό έφτασε στο αποκορύφωμά του με τις καταπληκτικές γαλέρες που αναπτύχθηκαν στην ελληνική και ρωμαϊκή εποχή.

Το Biremes (ίσως χρονολογείται από τη δεύτερη χιλιετία π.Χ.) είχε δύο πλατφόρμες γεμάτες κωπηλάτες, ενώ τα τριήματα (εφευρέθηκαν μερικές εκατοντάδες χρόνια Π.Κ.Χ.) είχαν τρία, τα τετράγωνα είχαν τέσσερα και τα Quinqueremes πέντε (αν και είναι αβέβαιο εάν τα σκάφη με τόσα πολλά άτομα συσκευάστηκαν, σε τέτοιο ύψος, θα ήταν είτε σταθερό είτε αποτελεσματικό). Σε κάθε περίπτωση, σύντομα έδωσαν τη θέση τους στην ιστιοπλοΐα.



Εικόνα 3.3.: Biremes



**Εικόνα 3.4.: Quinqueremes**

Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι τα πανιά πρέπει να τοποθετηθούν υπό γωνία, αλλά ο άνεμος θα προσπαθήσει στη συνέχεια να φυσήσει το σκάφος σε αυτήν τη γωνία αντί για την κατεύθυνση που θέλετε να πάτε. Η δύναμη από τον άνεμο σάς ωθεί μονόδρομο, έτσι εσείς χρειάζεστε και άλλες δυνάμεις, σε άλλες κατευθύνσεις, για να την διορθώσετε και να δημιουργήσετε μια προκύπτουσα (συνδυασμένη) δύναμη προς την κατεύθυνση που πραγματικά θέλετε να πάτε. Δύο άλλες δυνάμεις βοηθούν. Το ένα είναι μια δύναμη από την καρίνα. Εάν ο άνεμος φυσάει το σκάφος μερικώς προς τα πλάγια, η καρίνα σπρώχνει προς το νερό και βοηθά στην τροφοδοσία του σκάφους προς τα εμπρός. Μπορεί επίσης μια γωνία το πηδάλιο στο πίσω μέρος του σκάφους, έτσι, καθώς το νερό το χτυπά, ρίχνει υπό γωνία, οδηγώντας το σκάφος στη μία πλευρά ή στην άλλη. (Οι πηδάλια ήταν τοποθετημένοι στα δεξιά του σκάφους και ονομάζονταν σανίδες, γι 'αυτό η δεξιά πλευρά ενός σκάφους, στραμμένη προς τα εμπρός, εξακολουθεί να αναφέρεται ως δεξιά μέχρι σήμερα. Η αριστερή πλευρά ονομάζεται λιμάνι.

Οι παλιοί ναυτικοί χάθηκαν χωρίς άνεμο, αλλά αυτό δεν είναι πρόβλημα που έχουμε τώρα, χάρη στους κινητήρες, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προπέλα. Τα πρώτα σκάφη με κινητήρα χρησιμοποίησαν ατμομηχανές υψηλής πίεσης που τροφοδοτούνται από άνθρακα. Οι σύγχρονοι κινητήρες είναι πάντα ντίζελ.

Το μόνο πραγματικό πρόβλημα με τη χρήση κινητήρων εσωτερικής καύσης σε ηλεκτρικά σκάφη είναι ότι χρειάζονται συνεχή παροχή οξυγόνου για την καύση του καυσίμου. αυτό σημαίνει ότι δεν μπορείτε να τα χρησιμοποιήσετε για να τροφοδοτήσετε υποβρύχια υποβρύχια.

Υπάρχει, ωστόσο, μια λύση: μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας κινητήρας ντίζελ κοντά στην επιφάνεια για να οδηγηθεί σε μια γεννήτρια και να φορτιστούν οι μπαταρίες, οι οποίες στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για την κίνηση ενός ηλεκτροκινητήρα και της έλικα όταν το

υποβρύχιο είναι υποβρύχιο. (Η πυρηνική ενέργεια είναι μια άλλη επιλογή και σημαίνει ότι ένα υποβρύχιο μπορεί να είναι υποβρύχιο για εβδομάδες ή μήνες κάθε φορά.)

Σχεδόν κάθε υλικό έχει χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή σκαφών κάποια στιγμή. Τα πρώτα σκάφη κατασκευάστηκαν από δέρμα ζώου, φλοιό και ξύλο. αργότερα ήρθαν σκαμνί φτιαγμένα με τη λήψη του ξύλου από έναν προσεκτικά επιλεγμένο κορμό δέντρου. Στην αρχαιότητα, οι ναυπηγοί τελειοποίησαν την τέχνη της κατασκευής σκαφών από ξεχωριστές σανίδες, είτε στερεώνοντας τις άκρες μιας σανίδας στις άκρες αυτών γύρω από αυτήν σαν τούβλα σε έναν τοίχο (το οποίο είναι γνωστό ως κτίσμα carvel) ή, ακόμα καλύτερα, από επικάλυψη των σανίδων από κάτω προς τα πάνω (μια τεχνική γνωστή ως κλίνκερ κτίριο), η οποία δημιουργεί ένα ισχυρότερο, ελαφρύτερο και ταχύτερο σκάφος.

Η Βιομηχανική Επανάσταση έφερε μια άλλη μεγάλη καινοτομία: την εποχή των ισχυρών πλοίων σιδήρου και χάλυβα. Τα περισσότερα σύγχρονα πλοία κατασκευάζονται ακόμη από χάλυβα σήμερα, αν και είναι σχετικά βαρύ. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο ορισμένα μεγαλύτερα σκάφη κατασκευάζονται τώρα από ισχυρά, ελαφριά μέταλλα όπως το αλουμίνιο, ενώ τα μικρότερα κατασκευάζονται συχνά από ελαφριά σύνθετα υλικά όπως υαλοβάμβακα ή εξαιρετικά ισχυρά πλαστικά όπως το Kevlar.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι επιπτώσεις της ρύπανσης του πετρελαίου στο θαλάσσιο περιβάλλον εξαρτώνται από τον τύπο, την ποσότητα και τη συγκέντρωση των υδρογονανθράκων στο χυμένο έλαιο, το ποσοστό υποβάθμισης, την απόσταση από την πηγή ρύπανσης (πετρελαιοκηλίδα), το χρονικό διάστημα μεταξύ του ατυχήματος και την εκτίμηση επιπτώσεων. Η περίπτωση του ναυαγίου SEA DIAMOND είναι ιδιαίτερη επειδή το κρουαζιερόπλοιο προσγειώθηκε στον πυθμένα της καλντέρας της Σαντορίνης, μια βαθιά και απότομη ηφαιστειακή λεκάνη. Οι άμεσες (βραχυπρόθεσμες) και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της πετρελαιοκηλίδας στις εθνικές κοινότητες της καλντέρας της Σαντορίνης μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

Η ανάκαμψη της εθνικής κοινότητας στον τόπο του ναυαγίου ξεκίνησε έξι μήνες μετά το ατύχημα και ακολούθησε μια συνεχώς αυξανόμενη τάση όλα αυτά τα χρόνια, όπως φαίνεται από την αύξηση α) στον αριθμό των ειδών και των ατόμων και β) στον βαθμό ομοιότητας αυτού του σταθμού με τους υπόλοιπους σταθμούς της καλντέρας. Κατά την τελευταία περίοδο δειγματοληψίας, άλλοι βιολογικοί δείκτες όπως η ποικιλομορφία και η ομαλότητα παρουσίασαν μια αυξανόμενη τάση στο σταθμό των ναυαγίων. Η αύξηση αυτών των δεικτών μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως η μακροπρόθεσμη επίπτωση ή διαδικασία ανάκαμψης αυτών των εθνικών κοινοτήτων.

Με την ολοκλήρωση πέντε ετήσιων κύκλων παρακολούθησης, συμπεριλαμβανομένων των θερμών και κρύων περιόδων, τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι σε μια τέτοια περίπτωση ρύπανσης, που προκαλείται από τη διαρροή πετρελαίου ενός κρουαζιερόπλοιου που βυθίζεται, το σχέδιο ανάκαμψης αντίδρασης των εθνικών κοινοτήτων περιγράφεται κυρίως από Διαδικασίες διαδοχής ειδών που βασίζονται στα χαρακτηριστικά της ιστορίας ζωής τους και στην αύξηση του πλούτου και της αφθονίας των ειδών.

Εν κατακλείδι, εκτός των προβλημάτων που προκαλούνται από την μόλυνση που επιφέρει ένα ναυάγιο πλοίου, προβλήματα προκαλούνται και πριν το ναυάγιο που οδηγούν σε αυτό. Τα υλικά κατασκευής ενός πλοίου, οι νόμοι τη φυσικής όσον αφορά την πλευστότητα ενός σώματος στο νερό και οι καιρικές συνθήκες μπορούν να συμβάλλουν στο ναυάγιο.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Γενικά Βιβλία**

- Ship by Brian Lavery. DK, 2017. A detailed, well-illustrated guide to the last 5000 years of maritime history.
- Ocean Ships by Allan Ryszka-Onions. Ian Allen, 2016. A detailed catalog of ocean-going ships currently working our seas. The focus is mostly on cargo and tanker ships, with a handful of cruise liners thrown in for good measure.
- The Great Passenger Ships of the World by Raoul Fiebig et al. Koehlers, 2016. A comprehensive guide to the world's cruise liners and other passenger ships.
- The History of the Ship by Richard Woodman. Conway Maritime Press, 2012. A very readable, accessible history that takes us from ancient times all the way to modern container shipping.

### **Πρακτικά Βιβλία**

- Know Your Boat: The Guide to Everything That Makes Your Boat Work by David Kroenke. McGraw-Hill Professional, 2002. A practical guide for boat owners.
- How Boat Things Work: An Illustrated Guide by Charlie Wing. International Marine, 2007. A practical DIY guide to the nitty gritty of how small powerboats and sailing boats work, covering such things as engines, propellers, compasses, sails, and rigging.
- First Book of Ships and Boats by Isabel Thomas. A &C Black, 2014. A 48-page introduction that covers each different type of boat in turn, with simply labeled illustrations (so you can compare their different functions and features). Ages 6–9.
- Why do Ships Float? by Susan Markowitz Meredith. Infobase/Chelsea House, 2010. A good little (32-page) introduction to the most basic question about ships, but also covering submarines, military ships, and related topics. Ages 8–10.



- Ships and Submarines by Chris Woodford. Facts on File, 2004. My own guide to the history of ship technology runs through chronologically from ancient times to the latest technologies. Although designed for ages 9–12, it's actually written at the same, general sort of level as this article and will be of interest to older readers too. Lots of photos and illustrations.
- Ships by Chris Oxlade. Lorenz, 1999. A very simple 64-page introduction with 16 projects for children to try. Ages 9–12.
- The Usborne Book of Cutaway Boats by Christopher Maynard. Usborne, 1996. An old but nevertheless wonderful introduction for ages 9–12 (relatively easy to find secondhand, if not new).
- HCMR (2007-2011). Study of the short-term effects from the accident of the cruise ship 'SEA DIAMOND' in Athinios Bay, Thera island. Ministry of Merchantile Marine. Dr. J. Hatzianestis (resp.).
- Olsgard, F. & J.S. Gray, 1995. A comprehensive analysis of the effects of offshore oil and gas exploitation and production on the benthic communities of the Norwegian continental shelf. *Marine Ecology Progress Series*, 122: 277-306.
- Simboura, N. & Zenetos A. 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new Biotic index. *Mediterranean Marine Science*, 3/2, 77-111.
- Simboura, N., Gotsis-Skretas, O., Zervoudaki, S., Reizopoulou, S., Assimakopoulou, G., Pancucci-Papadopoulou, M.A., Streftaris, N., Hatzianestis I. 2008. The impact of the cruise ship "Sea-Diamond" wreckage on the Santorini island (Aegean Sea, Eastern Mediterranean) Caldera ecosystem. Poster presentation in 43rd EMBS - European Marine Biology Symposium, University of the Azores, Ponta Delgada, (Sao Miguel, Azores) 8-12 September, 2008, Session: Marine Ecological Health. Book of Abstracts, p. 120.
- Ansari TM, Marr IL, Tariq N (2004) Heavy metals in marine pollution perspective-a mini review. *J Appl Sci* 4:1–20
- Boboti A, Stoffers P, Muller G (1985) Heavy metal pollution in the harbour area of Piraeus, Greece. *Heavy Met Environ* 2:407–410

- Bu-Olayan AH, Subrahmanyam MNV, Al Sarawi M, Thomas BV (1998) Effects of the Gulf War oil spill in relation to trace metals in water, particulate matter, and PAHs from the Kuwait Coast. *Environ Int* 24:789–797
- Burton GA (2002) Sediment quality criteria in use around the world. *Limnology* 3:65–75
- Christophoridis C, Dedepsidis D, Fytianos K (2009) Occurrence and distribution of selected heavy metals in the surface sediments of Thermaikos Gulf, N. Greece. Assessment using pollution indicators. *J Hazard Mater* 168:1082–1091
- Clark RB (2002) *Marine pollution*, 5th edn. Oxford University Press, New York
- Environmental Protection Engineering S.A. (2008) Cruise ship “Sea Diamond” Green Passport
- Fytianos K (1996) *The contamination of seas*. University Studio Press Pubs, Thessaloniki
- Gidarakos E, Dimitrakakis E, Nakos A, Nomikos G, Venieri D, Liliana SM, Chapman C, Varoschuk I, Xekoukoulotakis N, Kordonouri E (2011) Reporting the qualitative and quantitative characterization of hazardous and toxic substances released from the “Sea Diamond” shipwreck-Evaluation of current and long term impacts, Unpublished Environmental Study. Technical University of Crete, Chania
- Hakanson L (1980) Ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimentological approach. *Water Res* 14:975–1001
- Islam MS, Tanaka M (2004) Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. *Mar Pollut Bull* 48:624–649
- Johnston RK, Halkola H, George R, In C, Gauthier R, Wild W, Bell M, Martore M, (2003) Assessing the ecological risk of creating artificial reefs from ex-warships. In: *Oceans 2003 marine technology and ocean science conference*. San Diego, CA, pp 851–860
- Jones RJ (2007) Chemical contamination of a coral reef by the grounding of a cruise ship in Bermuda. *Mar Pollut Bull* 54:905–911

- Kapsimalis V, Panagiotopoulos I, Kanellopoulos T, Hatzianestis I, Antoniou P, Anagnostou C (2010) A multi-criteria approach for the dumping of dredged material in the Thermaikos Gulf, Northern Greece. *J Environ Manage* 91:2455–2465
- Leotsinidis M, Sazakli E (2008) Evaluating contamination of dredges and disposal criteria in Greek coastal areas. *Chemosphere* 72:811–818
- Lin CL, Hu JH (2007) SAMHO BROTHER benzene ship accident. *Mar Pollut Bull* 54:1285–1286
- Long ER, MacDonald DD (1998) Recommended uses of empirically derived sediment quality guidelines for marine and estuarine ecosystems. *Hum Ecol Risk Assess* 4:1019–1039
- Long ER, MacDonald DD, Smith SL, Calder FD (1995) Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environ Manage* 19:81–97
- MacLeod ID, Morrison P, Richards V, West N (2004) Corrosion monitoring and the environmental impact of decommissioned naval vessels as artificial reefs. In: *Metal 04: international conference on metals conservation*. Canberra, Australia, 4–8 October, pp 53–74
- McCready S, Birch GF, Long ER (2006) Metallic and organic contaminants in sediments of Sydney Harbour, Australia and vicinity—a chemical dataset for evaluating sediment quality guidelines. *Environ Int* 32:455–465