

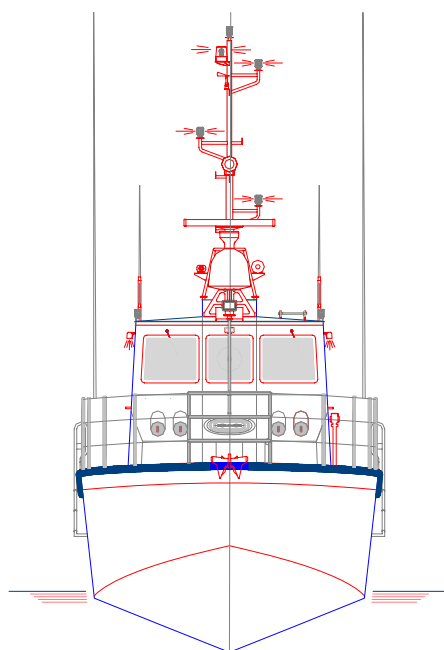


**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ

**«ΝΑΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΗ»**

Σχεδίαση - Τεχνολογία Κατασκευής και Βιομηχανοποίηση  
Παραγωγής Ολισθακάτων Αλουμινίου.



Μεταπτυχιακή Εργασία  
Σταύρος Β. Καραπατάκης

**Επιβλέπων Καθηγητής**

Β. Ι. Παπάζογλου

Αθήνα- Οκτώβριος 2008

## Ευχαριστίες

Με το πέρας της παρούσης εργασίας, που σηματοδοτεί και την ολοκλήρωση του κύκλου των Μεταπτυχιακών σπουδών μου στο πρόγραμμα της Ναυτικής και Θαλάσσιας Τεχνολογίας και Επιστήμης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, για την ευγενή διάθεση και τη δημιουργικά φιλική ατμόσφαιρα, όλους τους καθηγητές του προγράμματος.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βασίλειο Παπάζογλου, επιβλέποντα καθηγητή της παρούσης εργασίας, για την κατανόηση, την συμπαράσταση και συγκατάβασή του, να ασχοληθώ με ένα θέμα άμεσου ενδιαφέροντος μου, συμβάλλοντας καθοριστικά με την επιστημονική του καθοδήγηση, στην εξέλιξη και την τελική διαμόρφωση της εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Διευθυντή, Μελετών και Σχεδίασης των Ναυπηγείων Ελευσίνας, κόν Παναγιώτη Αλούρδα, για όλα τα στοιχεία τα οποία μου διέθεσε και την αμέριστη βοήθεια του, σε θέματα μελέτης και σχεδίασης, καθώς και τον κόν Σταύρο Χιονόπουλο Μηχανικό Συγκολλήσεων των Ναυπηγείων για την πολύπλευρη βοήθεια του σε θέματα υλικών και συγκολλήσεων.

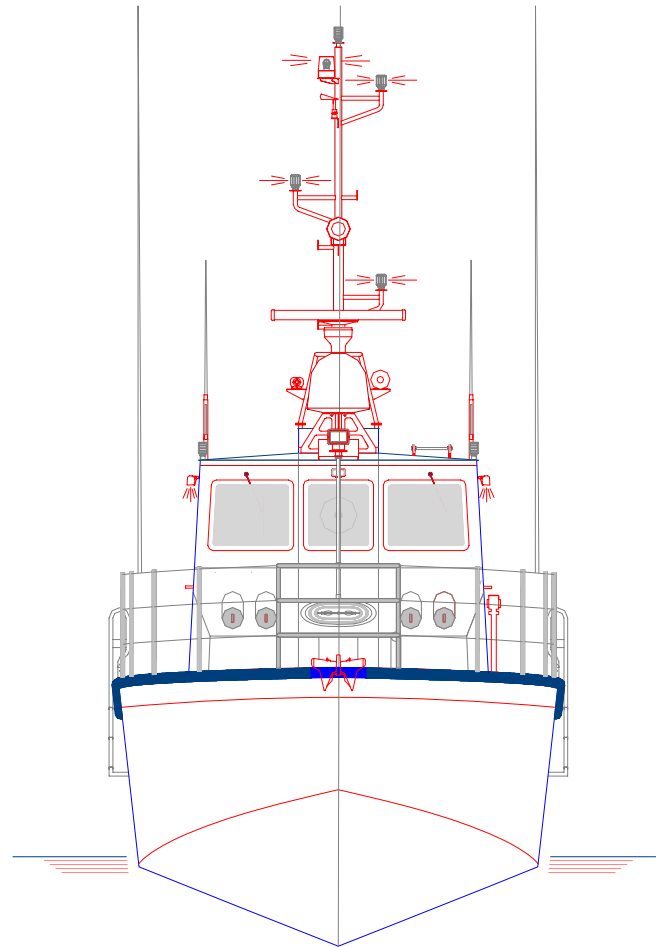
Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω, την Διοίκηση των Ναυπηγείων Ελευσίνας και την οικογένεια μου, για την ανοχή και την συμπαράσταση τους, στην προσπάθεια μου να ανταπεξέλθω, με τον καλύτερο δυνατό τρόπο στις υποχρεώσεις μου, ως μεταπτυχιακός φοιτητής.

Σ. Καραπατάκης

# Σχεδίαση - Τεχνολογία Κατασκευής & Βιομηχανοποίηση

## Παραγωγής

### Ολισθακάτων Αλουμινίου.



## Συνοπτικά Περιεχόμενα

Εισαγωγή

- Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> : Περιγραφή Σκάφους
- Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> : Αρχική Σχεδίαση
- Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> : Έγκριση σχεδίασης Νηογνώμονα
- Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> : Το Αλουμίνιο ως Πρώτη Ύλη Κατασκευής
- Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup> : Build Philosophy
- Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> : Κατασκευαστικά Σχέδια – Tribon System –  
Οργάνωση Παραγωγής
- Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup> : Τεχνολογία – Εργαλεία - Διαδικασίες Εργασίας -  
Προβλήματα και λύσεις
- Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup> : Τεχνολογία Βαφής.
- Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup> : Πυροπροστασία - Θερμομόνωση και Ηχομόνωση  
Σκάφους
- Κεφάλαιο 10<sup>ο</sup> : Τα Πλεονεκτήματα της Χρησιμοποίησης των Κραμάτων  
Αλουμινίου στη Ναυπηγική
- Κεφάλαιο 11<sup>ο</sup> : Το Παρελθόν το Παρόν και το Μέλλον του  
Αλουμινίου στη Ναυπηγική

# ***Αναλυτικά Περιεχόμενα***

## **0. Εισαγωγή**

### **Κεφάλαιο 1ο**

#### **1. Περιγραφή Σκάφους**

- 1.1 Προορισμός – Χρήση – Δραστηριότητα Σκαφών
- 1.2 Γενικές Προδιαγραφές κατασκευής
- 1.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά
- 1.4 Κατασκευαστικές Απαιτήσεις Γάστρας
- 1.5 Κατασκευαστικές Απαιτήσεις Καταστρώματος
- 1.6 Εξοπλισμός Χώρου Διακυβέρνησης .
- 1.7 Ραδιοεπικοινωνιακός και Ραδιοναυτιλιακός Εξοπλισμός
- 1.8 Χώροι Υπηρεσίας – Ενδιαίτησης – Εστίασης
- 1.9 Σύστημα Πρόωσης – Μηχανοστάσιο
- 1.10 Ηλεκτρολογική Εγκατάσταση
- 1.11 Βοηθητικά Μηχανήματα
- 1.12 Δεξαμενές – Δίκτυα
- 1.13 Πυροσβεστικός Εξοπλισμός
- 1.14 Ναυτιλιακός Εξοπλισμός

### **Κεφάλαιο 2ο**

#### **2. Αρχική Σχεδίαση**

- 2.1 Γενική Διάταξη Σκάφους (General Arrangement)
- 2.2 Υπολογισμός Αντοχής και Κύριων Κατασκευαστικών Διαστάσεων (Scantlings Calculation)
- 2.3 Υδροδυναμική Σχεδίαση και Μελέτη
  - 2.3.1 Υπολογισμός Αντίστασης Γυμνής Γάστρας
  - 2.3.2 Υπολογισμός Αντίστασης Παρελκομένων
  - 2.3.3 Υπολογισμός Αντίστασης Ανέμου
  - 2.3.4 Υπολογισμός Αντίστασης Κυματισμών Θαλάσσης
  - 2.3.5 Υπολογισμός Συντελεστών Αλληλεπίδρασης Έλικας Πλοίου
  - 2.3.6 Υπολογισμός Έλικας
  - 2.3.7 Υπολογισμός Αυτονομίας & Επιλογή Συστήματος Πρόωσης
- 2.4 Μελέτη Ευστάθειας
  - 2.4.1 Κανονισμοί
  - 2.4.2 Περιγραφή Μοντέλου Σκάφους
  - 2.4.3 Μελέτη Αθικτης Ευστάθειας
  - 2.4.4 Μελέτη Ευστάθειας μετά από Βλάβη
- 2.5 Υπολογισμός Βαρών

## **Κεφάλαιο 3ο**

### *3. Έγκριση σχεδίασης Νηογνώμονα*

## **Κεφάλαιο 4ο**

### *4. Το Αλουμίνιο ως Πρώτη Ύλη Κατασκευής*

- 4.1 Η παραγωγή του Αλουμινίου*
- 4.2 Οι ιδιότητες του Αλουμινίου*
- 4.3 Οι χρήσεις του αλουμινίου*
- 4.4 Τα κράματα του αλουμινίου*
- 4.5 Ονοματολογία Αλουμινίου*
- 4.6 Κράματα διαμόρφωσης του αλουμινίου*
  - 4.6.1 Κράματα αλουμινίου που δεν υφίστανται σκλήρυνση δομής με θερμική κατεργασία*
  - 4.6.2 Κράματα αλουμινίου που υπόκεινται σε σκλήρυνση δομής με θερμικές κατεργασίες*
- 4.7 Τα ναυπηγικά κράματα του αλουμινίου*
- 4.8 Συγκολλήσεις ναυπηγικών κραμάτων αλουμινίου*
  - 4.8.1 Μέθοδοι συγκόλλησης*
    - 4.8.1.1 Συγκόλληση με τριβή (Friction Stir Welding – FSW)*
    - 4.8.1.2 Συγκόλληση με δέσμη λέιζερ*
    - 4.8.1.3 Συγκόλληση με τόξο πλάσματος*
    - 4.8.1.4 Συγκόλληση με ηλεκτρόδιο βολφραμίου και προστασία αερίου (GTAW)*
    - 4.8.1.5 Συγκόλληση με τηκόμενο ηλεκτρόδιο και προστασία αερίου (GMAW)*
  - 4.8.2 Συγκολλησιμότητα*
  - 4.8.3 Χαρακτηριστικά συγκόλλησης*
  - 4.8.4 Κριτήρια επιλογής υλικού προσθήκης*
  - 4.8.5 Σφάλματα συγκολλήσεων και τρόποι αποφυγής*

## **Κεφάλαιο 5ο**

### *5. Build Philosophy*

- 5.1 Χώρος κατασκευής*
- 5.2 Υποτομείς σκάφους*
  - 5.2.1 Πρυμναίος Τομέας*
  - 5.2.2 Πρωραίος Τομέας*
  - 5.2.3 Τομέας Υπερκατασκευής*
- 5.3 Προκατασκευή και Ανέγερση Τομέων – Ιδιοσκευές Συναρμολόγησης*
  - 5.3.1 Προκατασκευή και ανέγερση του τομέα S01*
  - 5.3.2 Προκατασκευή και ανέγερση του τομέα S02*
  - 5.3.3 Προκατασκευή και ανέγερση του τομέα S03*
- 5.4 Χωροθέτηση Ιδιοσυσκευών Προκατασκευής και Ανέγερσης*
- 5.5 Σειρά Ανέγερσης Τομέων – Φάσεις Κατασκευής .*

## **Κεφάλαιο 6ο**

### **6. Κατασκευαστικά Σχέδια – Tribon System – Οργάνωση Παραγωγής.**

- 6.1 Σχέδια Μεταλλικής Κατασκευής - Tribon System
  - 6.1.1 Προσανατολισμός Κατασκευής – CAD Tribon System
  - 6.1.2 Κατασκευαστικά Σκίτσα βέλτιστης κοπής μορφοαλουμινίων ανα τομέα
  - 6.1.3 Κατασκευαστικά Σκίτσα βέλτιστης κοπής ελασμάτων ανα τομέα
  - 6.1.4 Κατασκευαστικά Σχέδια Συναρμολόγησης και Δέντρα Συναρμολόγησης
  - 6.1.5 Διατακτικά Σχέδια μεταλλικής κατασκευής Σχέδια Εξοπλισμού
  - 6.1.6 Σχέδια Εξοπλισμού
- 6.2 Οργάνωση Παραγωγής – Διοίκηση Έργου
- 6.3 Ανθρώπινοι Πόροι, Εκπαίδευση.

## **Κεφάλαιο 7ο**

### **7. Τεχνολογία – Εργαλεία - Διαδικασίες Εργασίας - Προβλήματα και λύσεις**

## **Κεφάλαιο 8ο**

### **8. Τεχνολογία Βαφής.**

- 8.1 Προετοιμασία επιφανειών Χρωματισμού
- 8.2 Σύστημα Χρωματισμού Σκάφους
- 8.3 Η σημασία του χρωματισμού και ο σωστός προγραμματισμός εκτέλεσης του.

## **Κεφάλαιο 9ο**

### **9. Πυροπροστασία - Θερμομόνωση και Ηχομόνωση Σκάφους**

- 9.1 Πυροπροστασία
- 9.2 Πυρόσβεση
- 9.3 Θερμομόνωση
- 9.4 Ηχομόνωση

## **Κεφάλαιο 10ο**

### **10. Τα Πλεονεκτήματα της Χρησιμοποίησης των Κραμάτων Αλουμινίου την Ναυπηγική**

## **Κεφάλαιο 11ο**

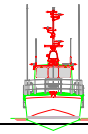
### **11. Το Παρελθόν το Παρόν και το Μέλλον του Αλουμινίου στη Ναυπηγική**

## **Βιβλιογραφία**

**Παράρτημα 1: Φωτογραφικό Υλικό Κατασκευής και Ανέγερσης Τομέα S02**

**Παράρτημα 2: Φωτογραφικό Υλικό Κατασκευής και Ανέγερσης Τομέα S01**

**Παράρτημα 3: Φωτογραφικό Υλικό Δοκιμών Πλου**



## 1. Περιγραφή Σκάφους

Οι προδιαγραφές των δυο αυτών σκαφών περιγράφονται συμβατικά στις υποχρεώσεις των Ναυπηγείων Ελευσίνας προς το Υπουργείο Οικονομικών στη μεταξύ τους σύμβαση και χαρακτηρίζονται ως Αντιλαθρεμπορικά Σκάφη, που θα χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη επιχειρησιακών αναγκών της Γενικής Διεύθυνσης Τελωνείων.

### 1.1 Προορισμός – Χρήση – Δραστηριότητα Σκαφών

Μέσα στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων τους θα είναι ο έλεγχος της εισόδου και εξόδου περιοχής λιμένος, ο εντοπισμός, η προσέγγιση και επιβίβαση για έλεγχο σε ύποπτα σκάφη, ο έλεγχος αγκυροβολίου, ο έλεγχος ευρύτερης περιοχής λιμένος, ο έλεγχος διακίνησης πετρελαιοειδών προϊόντων, ιδιαίτερα καυσίμων που προορίζονται για εφοδιασμό πλοίων, καθώς και υπηρεσίες για την προστασία των υδάτων, του περιβάλλοντος, καθώς και προστατευμένων περιοχών.

### 1.2 Γενικές Προδιαγραφές κατασκευής

Τα σκαφή θα είναι σχεδιασμένα και κατασκευασμένα σύμφωνα με τον Διεθνή αναγνωρισμένο Νηογνώμονα Lloyds και σύμφωνα με τη ναυτική τέχνη.

Ο Κατασκευαστής να είναι πιστοποιημένος κατά ISO 9001 : 2000 και να διαθέτει Σύστημα Διασφάλισης Ποιότητας (Quality Assurance System).

Η όλη κατασκευή των σκαφών να παρακολουθείται από τον Νηογνώμονα ο οποίος ανέλαβε και την έκδοση των απαιτούμενων πιστοποιητικών καταλληλότητας τα οποία θα πρέπει να συμμορφώνονται με τους ειδικούς κανόνες κατασκευής σκαφών της κατηγορίας αυτής.

Οι εγκαταστάσεις του Ναυπηγείου που θα κατασκευαστούν τα σκάφη (γάστρα, κατάστρωμα, υπερκατασκευές και εσωτερικές διαρρυθμίσεις, εγκαταστάσεις κυρίων μηχανών πρόωσης, εξοπλισμού, βοηθητικών μηχανημάτων, ηλεκτρολογικών και υδραυλικών συστημάτων κλπ.) όφειλαν, με βεβαίωση του Νηογνώμονα, να είναι κατάλληλες για τη ναυπήγηση σκαφών της κατηγορίας αυτής.

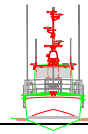
Ο εξοπλισμός πυρασφάλειας και πυρανιχνευσής τους να πληρεί τις απαιτήσεις πυροσβεστικών μέσων των πλοίων.

Τα σωστικά μέσα των σκαφών να πληρούν τις απαιτήσεις Διεθνών Κανονισμών.

Ο Νηογνώμονας ένταξε ως απαίτηση του πελάτη τα σκαφή αυτά στην ανώτατη κλάση του κύτους (hull) και ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (machinery) με κωδικό αριθμό :

**Lloyd's Register + 100A1 SSC Patrol Mono, +LMC, HSC G3.**





### 1.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Τα τεχνικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά τους ορίστηκαν ως :

Τύπος Γάστρας	:	μονή (MonoHull)
Ολικό Μήκος (m)	:	(~) 15.00 ± 5%
Μέγιστο Πλάτος (m)	:	(~) 4.5 ± 5%
Μέγιστο Βύθισμα (m)	:	(~) περί 1.30
Μέγιστη ταχύτητα (knots)	:	25 τουλάχιστον
Ελάχιστη Ακτίνα Ενεργείας (nautical miles)	:	200 ± 20%
Χωρητικότητα δεξαμενών νερού (λίτρα)	:	500

Όσον αφορά τις επιδόσεις ταχύτητας, αυτές ορίστηκαν σε κατάσταση φόρτωσης με οκτώ (8) άτομα και πλήρεις τις δεξαμενές αναλώσιμων, δηλαδή με έμφορτο ίσαλο και πλήρες εκτόπισμα.

Ως υπηρεσιακή ταχύτητα ορίστηκε η ταχύτητα του σκάφους υπό ομαλές καιρικές συνθήκες και στο 90% των ονομαστικών στροφών των κυρίων μηχανών τους.

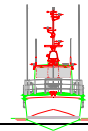
Ως μέγιστη ταχύτητα ορίστηκε η μέση επί δίωρο ταχύτητα του σκάφους στην ονομαστική ισχύ (rated power) των κυρίων μηχανών στο 100% των ονομαστικών στροφών τους .

Η χωρητικότητα των δεξαμενών καύσιμου στο 95% της πληρωσέως τους θα πρέπει να καλύπτουν την απαίτηση της αυτονομίας των κυρίων μηχανών και του Ηλεκτροπαραγωγικού ζεύγους υπό πλήρες φορτίο.

### 1.4 Κατασκευαστικές Απαιτήσεις Γάστρας

**Υλικό κατασκευής :** Το υλικό κατασκευής της γάστρας και της Υπερκατασκευής των σκαφών είναι από κατάλληλο κράμα αλουμινίου Ναυπηγικής χρήσης εγκεκριμένο από τον Νηογνώμονα και τα ελάσματα που θα χρησιμοποιηθούν να φέρουν την έγκριση έλεγχου του με ειδική από αυτόν σήμανση.

**Εξωτερική προστασία της γάστρας :** Ο υφαλοχρωματισμός θα πρέπει να έχει πραγματοποιηθεί με κατάλληλα χρώματα, τουλάχιστον διετούς αντοχής που δεν επηρεάζουν το αλουμίνιο να θα είναι ελεύθερα ψευδαργύρου και να συνοδεύονται από τα σχετικά πιστοποιητικά τους.



**Αποφυγή Ηλεκτρόλυσης :** Το σύστημα προστασίας από ηλεκτρόλυση θα πρέπει να προστατεύει όλα τα μεταλλικά μέρη και εξαρτήματα στα ύφαλα του σκάφους, στις δεξαμενές υγρών, στο πηδάλιο και στα αξονικά συστήματα.

**Γαλβανική Διάβρωση :** Για τα μεταλλικά εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται με υλικό κατασκευής διάφορο του αλουμινίου προκειμένου να αποφευχθεί γαλβανική διάβρωση θα πρέπει να λαμβάνετε ιδιαίτερη μέριμνα κατά την κατασκευή και να χρησιμοποιούνται μεταξύ των υλικών κατάλληλα υλικά, αποδεκτά από τον Νηογνώμονα.

**Υδατοστεγείς Φρακτές :**

Οι υδατοστεγείς φρακτές θα είναι :

- α) Πρωραία φρακτή συγκρούσεως
- β) Πρυμναία φρακτή συγκρούσεως
- γ) Πρωραία μηχανοστασίου
- δ) Πρυμναία μηχανοστασίου

**Ανθρωποθυρίδες :** Ανοιγματα (ανθρωποθυρίδες, θύρες) επί των στεγανών φρακτών δεν επιτρέπονται.

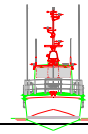
**Υδατοστεγείς χώροι :** Οι χώροι αυτοί πρέπει να είναι υδατοστεγείς, κενοί επισκέψιμοι και επιθεωρήσιμοι.

## 1.5 Κατασκευαστικές Απαιτήσεις Καταστρώματος

**Επιφάνεια :** Το κατάστρωμα θα είναι αντίστοιχου υλικού της γάστρας, ισχυρής κατασκευής και θα φέρει αντιολισθητική επίστρωση καθ' όλη την έκτασή του. Θα υπάρχουν ελεύθεροι διάδρομοι περιμετρικά για πρόσβαση του πληρώματος σε όλο το μήκος του καταστρώματος και στις εκατέρωθεν πλευρές θα φέρει ρέλια με τρεις (3) σειρές χειραγωγών για την προστασία του πληρώματος.

**Κατάστρωμα (πλευρικά) :** Περιμετρικά του καταστρώματος, στην ακμή και καθ' όλο το μήκος του σκάφους, θα υπάρχει προστατευτικό ζωνάρι (Fender).

**Υποδομή οπλισμού :** Το σκάφος θα διαθέτει στην περιοχή της πλώρης την κατάλληλη κατασκευαστική υποδομή, ώστε να είναι δυνατή η εγκατάσταση οπλικού συστήματος με εκτιμώμενο βάρος 50 kg.



## 1.6 Εξοπλισμός Χώρου Διακυβέρνησης .

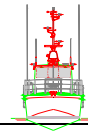
Η γέφυρα διακυβέρνησης θα περιλαμβάνει τον κάτωθι εξοπλισμό:

- Οιακοστρόφιο, συσκευή RADAR-X BAND, η οποία θα έχει τη δυνατότητα σύνδεσης (συμβατά) με το δέκτη GPS, την ηλεκτρονική γυροσκοπική πυξίδα και τον Σταθμό AIS.
- Δέκτη GPS με χαρτογραφικό plotter με χάρτη της Ελληνικής Επικράτειας.
- Βυθόμετρο.
- Ηλεκτρονική γυροσκοπική πυξίδα.
- Μαγνητική πυξίδα.
- Ορμιδιοβόλο.
- Σταθμό AIS (Αυτόματο Σύστημα Προσδιορισμού Ταυτότητας Πλοίων)
- Ανεμολόγιο.
- Κλινόμετρο.
- Βαρόμετρο.
- Θερμόμετρο (ξηρού - υγρού).
- Ρολόι ναυτικού τύπου.
- Monitor CCTV με δυνατότητα σύνδεσης τουλάχιστον τεσσάρων ταυτοχρόνων λήψεων.
- Πίνακα με διακόπτες εκκίνησης – κράτησης κυρίων μηχανών και Ηλεκτρομηχανής με ενδεικτικά όργανα λειτουργίας και συναγερμού
- Πίνακες με όλους τους απαραίτητους διακόπτες (φανών ναυσιπλοΐας, περιστρεφόμενου φανού κυανού χρώματος, προβολέα έρευνας, σειρήνας για θάλασσα αστυνομικού τύπου, φώτων μηχανοστασίου, εξωτερικών φώτων, ανεμιστήρων – εξαεριστήρων, αντλιών κ.λ.π),
- Πίνακα πυρανίχνευσης.
- Όργανα ένδειξης στάθμης δεξαμενών καύσιμου και δεξαμενής κατάλοιπων, καθώς και υψηλής στάθμης υδάτων στα στεγανά

## 1.7 Ραδιοεπικοινωνιακός και Ραδιοναυτιλιακός Εξοπλισμός

Ο Ραδιοεπικοινωνιακός και Ραδιοναυτιλιακός Εξοπλισμός θα περιλαμβάνει :

- VHF/DSC CLASS B με δυνατότητα σύνδεσης με τον δέκτη GPS.
- MF/HF/DSC ο οποίος θα έχει τη δυνατότητα σύνδεσης με τον δέκτη GPS.
- Δορυφορικό Σταθμό (S.E.S.) INMARSAT-FLEET 55.
- Δέκτης NAVTEX.



- Ραδιοφάρο ένδειξης θέσης κινδύνου αυτόματης ενεργοποίησης.
- Φορητούς VHF (κινδύνου) σωστικών μέσων
- Εφεδρική πηγή ενέργειας GMDSS (συσσωρευτές – μόνο για τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα 24 VDC/200 AH) με ανεξάρτητο φορτιστή (Battery Charger).

## 1.8 Χώροι Υπηρεσίας – Ενδιαίτησης – Εστίασης

### **Χώροι Υπηρεσίας ( Υπερκατασκευή)**

Οι χώροι να είναι κατάλληλοι για την άνετη παραμονή και λειτουργία τουλάχιστον οκτώ (8) επιβαινόντων και τα καθίσματα να είναι άνετης και στερεάς κατασκευής, με αντικραδασμική βάση και αυξομειούμενο ύψος.

Οι χώροι θα πρέπει να αερίζονται και να φωτίζονται επαρκώς, ενώ τα εξωτερικά κρύσταλλα που χρησιμοποιούνται στα παράθυρα και η όλη κατασκευή των παραθύρων να είναι σύμφωνα με τους κανονισμούς του Νηογνώμονα και να συνοδεύονται από τα σχετικά πιστοποιητικά τους.

### **Χώροι ενδιαίτησης**

Οι ενδιαίτησεις των σκαφών αποτελούνται από (2) ιδιαίτερες καμπίνες για τον κυβερνήτη και τον μηχανικό του σκάφους με κρεβάτι, γραφείο, και ερμάρια.

Όλοι οι χώροι ενδιαίτησης θα είναι υπενδεδυμένοι μονωμένοι θερμικά και ηχητικά με κατάλληλο υλικό. Το ύψος των χώρων θα είναι τουλάχιστον 2.10 μέτρα καθαρό ύψος για άνετη παραμονή και διακίνηση στο εσωτερικό του.

Οι κλίμακες, που θα χρησιμοποιηθούν, θα πρέπει να έχουν ελάχιστο καθαρό πλάτος 0,75m, κλίση μέχρι 45° και θα φέρουν χειραγωγούς και στις δύο πλευρές με αντιολισθητικού τύπου σκαλοπάτια.

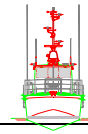
### **Χώροι εστίασης**

Στο σκάφος θα υπάρχει χώρος εστίασης των επιβαινόντων με τραπέζι για την κάλυψη όλων των επιβαινόντων ηλεκτρική κουζίνα 220 V, ηλεκτρικό ψυγείο, νεροχύτης με παροχή νερού (ζεστού – κρύου) μέσω θερμοσίφωνα

### **Χώροι Υγιεινής**

Ο χώρος υγιεινής βρίσκεται στον χώρο ενδιαίτησης με λεκάνη ναυτικού τύπου και με λειτουργία κενού, νιπτήρα, εξαεριστήρα και καταιωνιστήρα (ντουζ).

Ο χώρος θα είναι εφοδιασμένος με χειρολαβές από ανοξείδωτο χάλυβα σε κατάλληλες θέσεις για την ασφάλεια των χρηστών και η απορροή των λυμάτων θα καταλήγουν σε δοχείο συστήματος βιολογικού καθαρισμού.



## 1.9 Σύστημα Πρόωσης – Μηχανοστάσιο

### **Μηχανολογική εγκατάσταση:**

Η πρόωση θα επιτυγχάνεται με δύο κύριες μηχανές θαλάσσης Diesel, εσωλέμβιες, με κλειστό κύκλωμα ψύξεως γλυκού νερού και φυγείο θαλάσσης.

Οι κύριες μηχανές να είναι εγκεκριμένου τύπου από τον Νηογνώμονα και θα συνοδεύονται από πιστοποιητικό έγκρισης τύπου (type approval). Οι κ. μηχανές θα πρέπει να τοποθετηθούν στο μηχανοστάσιο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει εύκολη πρόσβαση περιμετρικά τους και ο κεντρικός διάδρομος θα πρέπει να διαθέτει ικανό ύψος για την άνετη διακίνηση και εργασία του πληρώματος.

Η εκκίνηση θα είναι ηλεκτρική από συστοιχία συσσωρευτών.

**Καύσιμο :** Πετρέλαιο Diesel.

### **Οι οχετοί εξαγωγής καυσαερίων :**

Θα είναι κατασκευασμένοι από ανοξείδωτο χάλυβα ελαχίστου πάχους 3mm και θα συνδεόνται με την εξαγωγή των μηχανών με διάταξη απόσβεσης κραδασμών και θερμικών διαστολών (σιγαστήρας).

Θα υπάρχει κατάλληλη διάταξη, με την οποία θα εξασφαλίζεται η μη εισροή θάλασσας από τους οχετούς προς τις κ. μηχανές, για όλες τις συνθήκες πλεύσης και κράτησης των μηχανών.

### **Επίπεδο θορύβου :**

Η μέγιστη τιμή θορύβου εξωτερικά του σκάφους δεν θα είναι μεγαλύτερη των 75 ντεσιμπέλ (dB) .

### **Θερμική μόνωση :**

Η θερμική μόνωση του μηχανοστασίου θα είναι επαρκής και από κατάλληλο υλικό ώστε να μην επιτρέπει την απόδοση θερμότητας στον περιβάλλοντα χώρο, απ' όπου διέρχονται.

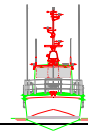
### **Κύριες Μηχανές**

Οι κ. μηχανές τηλεχειρίζονται από τη γέφυρα, όπου υπάρχουν όλα τα απαραίτητα όργανα εκκίνησης – κράτησης, τηλεχειρισμού, και ένδειξεων λειτουργίας.

### **Μετάδοση – Πρόωση**

Η μετάδοση της κίνησης – πρόωσης πραγματοποιείται από σύστημα με άξονες και έλικες πλήρως βυθισμένες (fully submerged), συμβατό δε με τις κύριες μηχανές, να λειτουργεί τουλάχιστον με την ονομαστική ισχύ λειτουργίας των κυρίων μηχανών.

Το υλικό των αξόνων είναι από κατάλληλο κράμα και διαθέτουν υδρολιπανόμενη έδραση, όπως και τα πηδάλια θα είναι κατασκευασμένα σύμφωνα με την έγκριση του Νηογνώμονα. Η ψύξη του άξονα επιτυγχάνεται με νερό θάλασσας.



## **Μηχανοστάσιο**

Στην οροφή του μηχανοστασίου υπάρχει αφαιρετό άνοιγμα, με μονίμου κλειστού τύπου υδατοστεγανό κάλυμμα (τύπου ανθρωποθυρίδας) καταλλήλων διαστάσεων, απ' όπου θα αφαιρούνται ευχερώς οι κ. μηχανές και τα βοηθητικά μηχανήματα.

Η έδραση των κ. Μηχανών εδράζει σε κατάλληλα αντικραδασμικά (resilient mountings).

Τα πανιόλα του μηχανοστασίου είναι αφαιρετά από κράμα αλουμινίου αντιολισθητικής διαμόρφωσης και αναλόγου αντοχής.

### **1.10 Ηλεκτρολογική Εγκατάσταση**

#### **Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος**

Το σκάφος είναι εφοδιασμένο με ένα Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος (H/Z) μονοφασικό 220V AC/50 Hz το οποίο καλύπτει όλες τις απαιτήσεις ισχύος των ηλεκτρονικών, ηλεκτρικών συσκευών και μηχανημάτων με 25% επιπλέον περιθώριο ισχύος, σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας του.

Το H/Z στηρίζεται σε αντικραδασμικές βάσεις, ο κινητήρας του είναι υδρόψυκτος και τροφοδοτείται από τις δεξαμενές πετρελαίου diesel των κυρίων μηχανών.

Η εκκίνηση του H/Z διενεργείται μέσω ηλεκτρικού εκκινήτη ο οποίος τροφοδοτείται μέσω ανεξάρτητου πίνακα εκκίνησης / κρατησής του, τοποθετημένου τοπικά (ηλεκτροστάσιο) και με ικανότητα να υφίσταται τηλεχειρισμό από τη γέφυρα.

Επιπροσθέτως, υπάρχει ανεξάρτητη συστοιχία συσσωρευτών για την τροφοδότηση του ηλεκτρικού εκκινήτη και σύστημα χειροκίνητης εκκίνησης. Η ανεξάρτητη συστοιχία συσσωρευτών εκκίνησης φορτίζεται αυτομάτως μέσω του πίνακα εκκίνησης του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους από εναλλακτήρα / ανορθωτή, εξαρτημένο στον κινητήρα του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους.

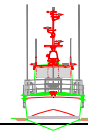
#### **Κύριος Ηλεκτρολογικός Πίνακας - Σύνδεση Ξηράς (shore connection)**

Ο Κύριος Ηλεκτρολογικός Πίνακας 220V AC / 50 Hz θα μπορεί να τροφοδοτείται επιπροσθέτως από μονοφασικό δίκτυο ξηράς 220V AC / 50 Hz, μέσω κατάλληλου καλωδίου, με στεγανό ρευματολήπτη.

Ο κύριος ρόλος του είναι να τροφοδοτεί τις εξής κύριες καταναλώσεις.

A) Μετασχηματιστές / ανορθωτές 220V AC / 24V DC και, μέσω αυτών, την εκκίνηση των κυρίων μηχανών, τον κύριο πίνακα 24V DC και τη συστοιχία συσσωρευτών ανάγκης.

B) Το ηλεκτρικό μαγειρείο, τον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα, τον εξοπλισμό κλιματισμού, τις συστοιχίες των συσσωρευτών εκκίνησης κυρίων μηχανών.



### **Ηλεκτρολογικός Πίνακας 24 V DC**

Μέσω του πίνακα 24 V DC, θα τροφοδοτούνται :

A) Ο Πίνακας ανάγκης 24 V DC.

B) Οι λοιπές καταναλώσεις του σκάφους (δηλαδή πλην αυτών που τροφοδοτούνται από τον πίνακα 220V AC/50 Hz και από τον πίνακα ανάγκης 24 V DC) και η συστοιχία συσσωρευτών ανάγκης.

### **Πίνακας ανάγκης 24 V DC :**

Ο πίνακας αυτός τροφοδοτείται από τον κύριο πίνακα 24 V DC και από συστοιχία συσσωρευτών ανάγκης (2 X 12 V) και τροφοδοτεί τους πομποδέκτες , το radar, τους φανούς ναυσιπλοΐας, τον φωτισμό ασφαλείας, το σύστημα πυρανίχνευσης, και τις αντλίες πυρκαϊάς.

### **Καλώδια :**

Όλα τα καλώδια είναι ναυτικού τύπου, βραδύκαυστα εγκεκριμένα από τον Νηογνώμονα για τη χρήση για την οποία προορίζονται και είναι εγκατεστημένα μέσα σε κατάλληλα κανάλια με υδατοστεγείς διακλαδωτήρες.

### **Ηλεκτρικός φωτισμός / ρευματοδότες.**

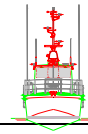
Τα φωτιστικά σώματα είναι ναυτικού τύπου με προφυλακτήρες (πλαφονιέρες) με ιδιαίτερους διακόπτες και θα είναι τοποθετημένα στις οροφές κάθε χώρου καθώς και σε κάθε κρεβάτι. Το μηχανοστάσιο είναι εξοπλισμένο με 4 ειδικά φωτιστικά σώματα στεγανού τύπου, και ο χώρος του πηδαλίου με ένα. Τα φωτιστικά αυτά θα ενεργοποιούνται και από τον πίνακα της γέφυρας.

Το εξωτερικό του σκάφους είναι εξοπλισμένο με δύο ειδικά στεγανά φωτιστικά σώματα: ένα φωτίζει το πρωραίο τμήμα του σκάφους και ένα το πρυμναίο κατάστρωμα, τα οποία θα ενεργοποιούνται και από τον πίνακα της γέφυρας.

Δύο επιπλέον φωτιστικά σώματα στεγανού τύπου μεγάλης έντασης τοποθετούνται δεξιά και αριστερά της γέφυρας ώστε να παρέχουν τη δυνατότητα ικανοποιητικού φωτισμού στις πλευρές του πλοίου σε απόσταση τουλάχιστον 10 μέτρων, τα οποία και αυτά θα ενεργοποιούνται από τον πίνακα της γέφυρας.

Το σκάφος είναι εφοδιασμένο με Φανούς ναυσιπλοΐας και ένας περιστρεφόμενος περιβλεπτός φανός κυανού χρώματος τοποθετείται στον ιστό της γέφυρας.

Ένα ξεχωριστό ηλεκτρικό δίκτυο τροφοδοτεί τον φωτισμό ασφαλείας στη γέφυρα, στο διάδρομο των χώρων ενδιάτησης, στο μηχανοστάσιο και στο χώρο του πηδαλίου, καθώς και έναν ρευματοδότη ασφαλείας εντός της υπερκατασκευής, πλησίον της θύρας εξόδου.



## 1.11 Βοηθητικά Μηχανήματα

Το σκάφος διαθέτει :

### **Αντλίες κυτών / πυρκαϊάς**

A) Δύο αντλίες κυτών – πυρκαϊάς ηλεκτρικές 24V DC, συνδεδεμένες παράλληλα μεταξύ τους και σε κοντινή απόσταση σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Νηογνώμονα για κάθε μία από τις δύο χρήσεις.

B) Σε κάθε στεγανό διαμερίσμα θα είναι εγκατεστημένη μία βυθιζόμενη ηλεκτρική αντλία για ανεξάρτητη άντληση των κυτών εκάστου διαμερίσματος.

### **Ηλεκτρικός εργάτης άγκυρας**

24 V DC, κατάλληλης ισχύος, που μπορεί να λειτουργεί και χειροκίνητα.

### **Ανεμιστήρες / Αερισμός / Εξαεριστήρες**

Στο σκάφος τοποθετούνται Ανεμιστήρες / Εξαεριστήρες 24V DC για το μηχανοστάσιο. Η θέση τους και η παροχή αέρα είναι επαρκής για την ομαλή λειτουργία των κινητήρων σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κατασκευαστή. Οι ανεμιστήρες – εξαεριστήρες υφίστανται χειρισμό, καθένας με ιδιαίτερο διακόπτη, από τον κύριο πίνακα 24V DC, στη γέφυρα, καθώς και από το μηχανοστάσιο.

Όλοι οι αεραγωγοί φυσικής και εξαναγκασμένης κυκλοφορίας προστατεύονται με κατάλληλες υδατοπαγίδες τοποθετημένες στη κεφαλή αναρρόφησης / κατάθλιψης στο κατάστρωμα και φέρουν αεροφράκτες ανοξειδωτους για την αντιμετώπιση πυρκαϊάς, οι οποίοι θα κλείνουν από χώρο εκτός του μηχανοστασίου.

Ανεμιστήρες 24V DC εισαγωγής / εξαγωγής θα τοποθετηθούν σε κατάλληλες θέσεις στους χώρους ενδίαιτησης, στο μαγειρείο και στην τουαλέτα.

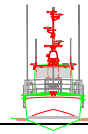
### **Σύστημα θέρμανσης – ψύξης.**

Το σκάφος είναι εφοδιασμένο με κεντρική κλιματιστική μονάδα θέρμανσης/ψύξης ικανοποιητικής απόδοσης η οποία εξασφαλίζει κατάλληλη θερμοκρασία και υγρασία των χώρων ενδίαιτησης και γέφυρας, σε χειμερινή και θερινή περίοδο, και με ρυθμό εναλλαγών αέρα τέτοιο ώστε να εξασφαλίζεται η εύρυθμη λειτουργία του οργανισμού (τουλάχιστον 3 ανά ώρα).

## 1.12 Δεξαμενές – Δίκτυα

Οι δεξαμενές καυσίμου / λιπαντικών και γλυκού νερού θα είναι δοκιμασμένες σύμφωνα με τους κανονισμούς του Νηογνώμονα. Οι δεξαμενές γενικά θα είναι απολύτως στεγανές (με υδραυλική δοκιμή, όπως αυτή απαιτείται από τους κανονισμούς).





### **Δεξαμενές Καυσίμου**

Οι δεξαμενές καυσίμου είναι επαρκούς χωρητικότητας για την κάλυψη των απαιτήσεων αυτονομίας και φέρουν σύστημα διακοπής παροχής καυσίμου χειριζόμενο από εξωτερικό χώρο.

Φέρουν αντιδιατοχιστικές φρακτές και όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό πλήρωσεως, τροφοδοσίας, αερισμού και ελέγχου στάθμης στη γέφυρα και εξαιρεστικά, τα οποία βρίσκονται σε σημεία τα οποία αποκλείουν την πιθανότητα εισόδου νερού στις δεξαμενές.

Η διάμετρος των αγωγών πλήρωσης όσο και εξαέρωσης είναι κατάλληλη ώστε να επιτυγχάνεται σε σύντομο χρόνο η πλήρωση των δεξαμενών.

### **Δεξαμενή πόσιμου νερού**

Η δεξαμενή πόσιμου νερού είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο χάλυβα AISI 316.

### **Δίκτυα – γενικά**

Οι σωληνώσεις του μηχανοστασίου και τα εξαρτήματα των δικτύων θα είναι γενικά από κατάλληλα κράματα, ανάλογα με τη χρήση τους. Επίσης, για τις σωληνώσεις των δικτύων καυσίμου, ψύξεως, κυτών και πυρκαϊάς και όπου οι πιέσεις και οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ελαστικός ή πλαστικός σωλήνας ενισχυμένος με υλικά αναγνωρισμένης αντοχής σε θάλασσα και πετρελαιοειδή και πιστοποιημένα από τον Νηογνώμονα

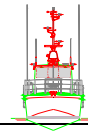
Τα διάφορα δίκτυα σωληνώσεων θα χρωματιστούν με διαφορετικά χρώματα. Για την ευχερή αναγνώρισή τους θα σημειώνεται η φορά της ροής και θα υπάρχει ένδειξη που να φαίνεται η θέση ανοικτό – κλειστό.

Ιδιαίτερα για τα δίκτυα καυσίμου, κυτών και πυρκαϊγιάς θα τοποθετηθούν σε κατάλληλα σημεία σύνδεσμοι ενώσεων για την ευχερή επιθεώρηση και επισκευή ή αντικατάσταση των τμημάτων του δικτύου.

### **Δίκτυο Καύσιμου**

Ειδικοί σωλήνες παροχής (μαρκούτσια) θα είναι εγκεκριμένου τύπου (κατά DIN ή άλλο ισοδύναμο) εύκαμπτοι ελαστικοί, πολύ μικρού μήκους, ενισχυμένοι με κατάλληλο μεταλλικό οπλισμό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά και μόνο σε θέσεις όπου απαιτείται απορρόφηση κραδασμών.

Η εξυδάτωση της δεξαμενής πετρελαίου θα γίνεται με χειροκίνητη αντλία ή με κατάλληλο επιστόμιο. Για τη μεταφορά του καυσίμου στις δεξαμενές ημερήσιας κατανάλωσης (daily tanks) θα υπάρχει κατάλληλη ανεξάρτητη αντλία μεταγγίσεως 24 V DC (Transfer Fuel Pump). Κάθε κλάδος δικτύου καυσίμου θα διαθέτει δύο επιστόμια (ένα στην αρχή και ένα στο τέλος), ώστε να μπορεί να απομονωθεί ο συγκεκριμένος κλάδος όταν αυτό απαιτηθεί.



### **Δίκτυο ψύξεως**

Η σύνδεση των μεταλλικών σωλήνων ψύξης με τις κύριες μηχανές και το Η/Ζ, θα γίνεται με κατάλληλους ελαστικούς εύκαμπτους σωλήνες υψηλής πίεσης κατάλληλων προδιαγραφών, που θα εξασφαλίζουν την ομαλή παροχή νερού στο σύστημα ψύξης θάλασσας. Επίσης το αναρροφούμενο νερό θα φιλτράρεται από κατάλληλα διαφανή φίλτρα εύκολα συντηρούμενα και θα υπάρχει κατάλληλη διάταξη για τον έλεγχο του δικτύου.

### **Δίκτυο κυτών**

Το δίκτυο κυτών θα είναι μόνιμα εγκατεστημένο και θα καλύπτει όλους τους στεγανούς χώρους, οι δε αναρροφήσεις θα φέρουν ανεπίστροφες βαλβίδες και κατάλληλη διάταξη φίλτρων. Κάθε αντλία θα διαθέτει δικό της δίκτυο κατάθλιψης εκτός σκάφους με ανεπίστροφη βαλβίδα. Η αναρρόφηση των δικτύων κυτών στο πρωραίο στεγανό σύγκρουσης (FP) θα ευρίσκεται πλώραθεν της πρωραίας φρακτής συγκρούσεως και θα τηλεχειρίζεται πάνω από το κύριο κατάστρωμα με ένδειξη για τη θέση ανοικτή – κλειστή.

### **Δίκτυο πόσιμου και υγιεινής**

Τα δίκτυα πόσιμου και υγιεινής θα φέρουν αντλία ικανής παροχής. Θα εγκατασταθεί ηλεκτρικός θερμοσίφοντας, τροφοδοτούμενος από τον πίνακα των 220 V AC, επαρκούς χωρητικότητας για την παροχή θερμού νερού στους νιπτήρες, τον καταϊωνιστήρα και το μαγειρείο.

## **1.13 Πυροσβεστικός Εξοπλισμός**

Το σκάφος διαθέτει πυροσβεστικό εξοπλισμό ως εξής :

### **Πυροσβεστικές φωλιές.**

Θα υπάρχουν τουλάχιστον δύο πυροσβεστικές φωλιές στο πρωραίο και πρυμναίο τμήμα του πλοίου, δεξιά και αριστερά, χιαστή, με λήψεις από το δίκτυο πυρκαγιάς με σωλήνες, μήκους ίσου με το μήκος του σκάφους προβολής 7 m.

### **Πυρόσβεση μηχανοστασίου.**

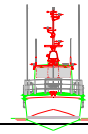
Η πυρόσβεση του μηχανοστασίου θα καλύπτεται με μόνιμο σύστημα κατάσβεσης πυρκαγιάς, χειροκίνητο από προσιτή θέση, σε ποσότητα επαρκή για πλήρη κατάκλυση με CO<sub>2</sub>. Οι φιάλες CO<sub>2</sub> θα βρίσκονται εκτός των μηχανοστασίου και εκτός των χώρων ενδιαίτησης. Θα υπάρχει συναγερμός προειδοποίησης για την ενεργοποίηση του συστήματος.

### **Φορητοί Πυροσβεστήρες**

Στο Μηχανοστάσιο

- i) Έναν φορητό αφρού 10 λίτρων και ii) Έναν ξηράς κόνεως 6 λίτρων

Στους χώρους ενδιαίτησης



- i) Έναν CO<sub>2</sub> στην γέφυρα και έναν CO<sub>2</sub> στο μαγειρείο
- ii) Έναν ξηράς κόνεως στο σαλόνι
- iii) Έναν ξηράς κόνεως στο διάδρομο για τις καμπίνες

### **Ανιχνευτές πυρκαγιάς**

Θα υπάρχει σύστημα ανίχνευσης πυρκαγιάς που θα τροφοδοτείται με ρεύμα 24 V DC και το οποίο θα ενεργοποιείται και σε περίπτωση που το σκάφος βρίσκεται εν όρμω.

Στο μηχανοστάσιο και στους χώρους ενδιαίτησης, θα υπάρχουν εγκατεστημένοι ανά ένας ανιχνευτής θερμότητας και ανιχνευτής καπνού με οπτικοακουστική ένδειξη στη γέφυρα.

Θα υπάρχει σύστημα τηλεοπτικής επιτήρησης του H/Z, των κυρίων μηχανών και των χώρων ενδιαίτησης σε μόνιτορ στη γέφυρα.

### **Πυροπροστασία Μηχανοστασίου**

Επιπλέον των ανωτέρω θα υπάρχει και κατασκευή πυροπροστασίας η οποία θα καλύπτει την εσωτερική πλευρά της οροφής και όπου αυτή γειτνιάζει με κλειστό χώρο και της πωραίας φρακτής, εάν και όπου αυτή γειτνιάζει με χώρο ενδιαίτησης.

## **1.14 Ναυτιλιακός Εξοπλισμός**

Το σκάφος θα συνοδεύεται από το παρακάτω μόνιμο και κινητό εξοπλισμό / εξαρτισμό και θα παραδίδεται με αυτόν :

### **Άγκυρες – Αλυσίδα – Σχοινιά (κάβοι)**

- 1) Δύο άγκυρες (κύρια - εφεδρική), βάρους, μήκους και διαστάσεων αλυσίδας σύμφωνα με την κλάση του Νηογνώμονα.
- 2) Σχοινιά πρόσδεσης και ρυμούλκησης σύμφωνα με την κλάση του Νηογνώμονα.
- 3) Η στοιβασία της άγκυρας θα επιτυγχάνεται με στορέα, φρεάτιο αλυσίδας και συναφών εξαρτημάτων, αποστραγγιζόμενο.
- 4) Η άγκυρα θα προεξέχει κατά το ελάχιστο δυνατόν από το περίγραμμα του σκάφους.

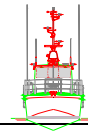
### **Τονοδέτες (Δέστρες).**

Από δύο τονοδέτες :  
Στην πλώρη με τονοδηγούς, κατάλληλα ενισχυμένοι για ενδεχόμενη ρυμούλκηση του σκάφους,  
Στην πρύμνη με τονοδηγούς  
Στο μέσο του σκάφους με τονοδηγούς  
Στην πρύμνη με τονοδηγό.

Το μέγεθος των τονοδετών θα είναι ικανό για ταυτόχρονη πρόσδεση δύο σχοινιών.

### **Γάντζοι.**

Δύο γάντζοι μετά κόρακος, μήκους τουλάχιστον 3 μέτρα.



### **Σωστικά Μέσα**

Όλος ο εξοπλισμός θα είναι εγκεκριμένου τύπου και σύμφωνα με τους Κανονισμούς.

### **Πρυμναία σχάρα**

Σχάρα τοποθετημένη στην πρύμνη με στηρίγματα, εφοδιασμένη με κατάλληλη πτυσσόμενη κλίμακα, με σκοπό την ασφαλή επιβίβαση ατόμων από τη θάλασσα στο σκάφος.

### **Κλίμακα Ξηράς**

Θα υπάρχει σκάλα ασφαλείας (πασαρέλα) για την επικοινωνία με την ξηρά, μήκους τουλάχιστον 2,5 μέτρων.

Η σκάλα θα είναι κατάλληλα φωτιζόμενη από το φωτιστικό του πρυμναίου καταστρώματος του σκάφους.

### **Ελαστικά παραβλήματα**

Θα τοποθετηθούν οκτώ (8) ελαστικά παραβλήματα (Fenders), διαμέτρου 10", ισχυρής κατασκευής. Θα τοποθετηθούν σε ειδικές θέσεις (μπαλονοθήκες), που θα είναι κατανεμημένες σε ανάλογες θέσεις στο κατάστρωμα.

### **Στυλίδια σημαιών – Ιστός**

Θα τοποθετηθούν αφαιρετά στυλίδια σημαίας (πλώρης και πρύμνης) σε μόνιμες κατάλληλες βάσεις. Θα κατασκευαστεί ισχυρός ιστός, κατάλληλων διαστάσεων, σε κατάλληλη θέση ώστε να εξασφαλίζονται οι απαιτήσεις των P/E (RADARS) και των φώτων ναυσιπλοΐας, σύμφωνα με τους κανονισμούς.



## 2.0 Αρχική Σχεδίαση

Η αρχική σχεδίαση αποτελεί και την ουσιαστική Ναυπηγική μελέτη της όλης κατασκευής, η οποία είναι προσανατολισμένη στο να ικανοποιήσει και να ελέγξει τα κύρια χαρακτηριστικά του ζητούμενου σκάφους.

Οι βασικές μελέτες οι οποίες πρέπει να πραγματοποιηθούν είναι :

1. Αρχική Γ.Δ. Γενική Διάταξη Σκάφους ( G.A. General Arrangement )
2. Υπολογισμός Αντοχής και Κύριων Κατασκευαστικών Διαστάσεων (Scantlings Calculation)
3. Υδροδυναμική Σχεδίαση
4. Μελέτη Ευστάθειας
5. Υπολογισμός Βαρών

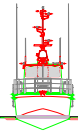
### 2.1 Γενική Διάταξη Σκάφους (General Arrangement)

Η γενική διάταξη ξεκινά από τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά του σκάφους όπως αυτά αναφέρθηκαν και στο κεφάλαιο 1 είναι :

Τύπος Γάστρας	:	μονή (MonoHull)
Ολικό Μήκος (m)	:	(-) 15.00 ± 5%
Μέγιστο Πλάτος (m)	:	(-) 4.5 ± 5%
Μέγιστο Βύθισμα (m)	:	(-) περί 1.30
Μέγιστη ταχύτητα (knots)	:	25 τουλάχιστον
Ελάχιστη Ακτίνα Ενεργείας (nautical miles)	:	200 ± 20%
Χωρητικότητα δεξαμενών νερού (λίτρα)	:	500

Η γενική διάταξη παράλληλα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των χώρων υπηρεσίας, ενδιαίτησης και εστίασης καθώς και όλες τις απαιτήσεις συστημάτων αγκυροβολίας και πρόσδεσης. Ο μελετητής πρέπει να λάβει υπόψη του επίσης τον απαραίτητο χώρο που χρειάζεται η γεωμετρία του συστήματος πρόωσης με τις Κύριες Μηχανές και τον λοιπό μηχανολογικό εξοπλισμό ώστε να οριοθετήσει με βέλτιστο τρόπο όλα τα διαμερίσματα του σκάφους υπό τους πιο πάνω περιορισμούς.

Η γενική διάταξη η οποία αποφασίστηκε σύμφωνα με τα ανωτέρω για τα σκάφη του υπουργείου οικονομικών παρουσιάζεται στο επόμενο σχέδιο.





## 2.2 Υπολογισμός Αντοχής και Κύριων Κατασκευαστικών Διαστάσεων (Scantlings Calculation)

Ο υπολογισμός των κατασκευαστικών διαστάσεων (scantlings) του σκάφους, έγινε σύμφωνα με τους κανονισμούς SSC Rules (Special Service Craft Rules) του Lloyd's Register of Shipping.

Το σκάφος κατατάχθηκε στην κατηγορία SSC Patrol Monohull High Speed Craft G3. Η κατηγορία patrol επιλέχθηκε γιατί στην κατηγορία αυτή υπάγονται και τα αντι-λαθρεμπορικά σκάφη (Customs - Craft).

Το σκάφος κατασκευάστηκε από κράμα αλουμινίου εγκεκριμένου από τον Νηογνώμονα και συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε:

1. Κράμα αλουμινίου 5083-H111 για όλα τα ελάσματα και όλα τα κατασκευασμένα (build-up) ενισχυτικά
2. Κράμα αλουμινίου 6082-T5 για τα υπόλοιπα ενισχυτικά.

Το σύστημα ενίσχυσης του σκάφους είναι διάμηκες, με διαμήκη ενισχυτικά για το έλασμα περιβλήματος (side shell-bottom shell) και εγκαρσίως ενισχυμένους νομείς (transverse web frames) ανά 700 mm.

Η ισαπόσταση νομέων (frame spacing) είναι **700 mm** και η ισαπόσταση των διαμήκων ενισχυτικών (stiffeners) είναι **300 mm**.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται από τους κανονισμούς των Νηογνώμωνων για τον υπολογισμό των κατασκευαστικών διαστάσεων των πλοίων υψηλών ταχυτήτων (High Speed Crafts – HSC) είναι:

- A. Επιλογή συνθηκών υπηρεσίας του σκάφους.
- B. Υπολογισμός των επιταχύνσεων (accelerations) συναρτήσει των συνθηκών υπηρεσίας και των διαστάσεων του σκάφους.
- Γ. Υπολογισμός των φορτίων (loads) συναρτήσει των επιταχύνσεων και των διαστάσεων του σκάφους. Συνήθως τα φορτία υπολογίζονται ως πιέσεις.
- Δ. Υπολογισμός των κατασκευαστικών διαστάσεων (scantlings) συναρτήσει των πιέσεων.

Τα αντι-λαθρεμπορικά σκάφη υπάγονται στην κατηγορία υπηρεσίας G3 (Group 3) και το σημαντικό ύψος κύματος (significant wave height) που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των επιταχύνσεων και των φορτίων είναι δύο (**2**) μέτρα.

Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό του Lloyd's SSC Software Version 5.04.

Οι υπολογισμοί που έγιναν έδωσαν τα αναγκαία πάχη ελασμάτων και τα είδη των ενισχυτικών του σκάφους όπως παρουσιάζονται στη συνέχεια.


**ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΥΡΙΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ – Principal Structural Dimension**
**ΠΛΑΧΗ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ – Shell Plating**

Πυθμένας -Bottom	:	7 mm
Πλευρά -Side	:	5 mm
Κατάστρωμα -Deck	:	5 mm
Στεγανές Φρακτές-W.T. Bulkheads	:	5 mm
Καθρέπτης-Transom	:	6 mm
Υπεροστέγασμα-Deck House	:	4 mm
Οροφή Υπεροστεγάσματος -Deck house Top	:	4 mm

**ΔΙΑΜΗΚΗ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΑ- Longitudinal Stiffeners**

Ισαπόσταση Πυθμένα- Bottom Spacing	:	300 mm
Ισαπόσταση Πλευράς – Side Spacing	:	300 mm
Ισαπόσταση Καταστρώματος- Deck Spacing	:	375 mm
Ισαπόσταση Υπεροστεγάσματος – DeckHouse Spacing	:	375 mm

**Πυθμένας - Bottom**

Πρωραία περιοχή - For	:	FB 80x8
Μέση περιοχή- Mid	:	FB 80x8
Πρυμναία περιοχή - Aft	:	FB 80x8

**Πλευρά - Side**

Πρωραία περιοχή- For	:	FB 80x8
Πρυμναία περιοχή - Aft	:	FB 60x6

**Κατάστρωμα - Deck** : FB 60x6

**Στεγανές Φρακτές - W.T. Bulkheads** : FB 80x8

**Καθρέπτης- Transom** : FB 80x8

**Υπεροστέγασμα - DeckHouse**

Πρυμναία φρακτή – Aft Bulkhead	:	FB 60x6
Πρωραία Περιοχή - For	:	FB 50x5
Πλευρές - Side	:	FB 50x5
Οροφή - Top	:	FB 50x5

**ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΙ ΝΟΜΕΙΣ – Transverse Web Frame**

Ισαπόσταση - Spacing	:	700 mm
Πυθμένας - Bottom	:	T 150x75x8
Πλευρά - Side	:	T 150x75x8
Κατάστρωμα- Deck	:	T 150x75x8
Υπεροστέγασμα – Deckhouse	:	Γ 80x50x6

**ΆΛΛΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ - OTHER**

Κεντρική Σταθμίδα – Bottom Central Keelson	:	T 300x8-120x8
Πλευρικές Σταθμίδες – Bottom Side Keelson	:	T 375x8-120x8
Ζυγά Καταστρώματος – Deck Girders	:	T 150x75x8





## 2.3 Υδροδυναμική Σχεδίαση και Μελέτη

Η Υδροδυναμική σχεδίαση και μελέτη του αντι-λαθρεμπορικού σκάφους περιλαμβάνει τους παρακάτω υπολογισμούς:

1. Αντίστασης γυμνής γάστρας (bare hull resistance).
2. Αντίστασης παρελκομένων (appendage resistance).
3. Αντίστασης ανέμου (wind resistance).
4. Αντίστασης κυματισμών θαλάσσης (sea wave resistance).
5. Συντελεστών αλληλεπίδρασης έλικας πλοίου (propulsion coefficients).
6. Έλικας (propeller).
7. Αυτονομίας

Το αντι-λαθρεμπορικό πλοίο έχει γάστρα **ολισθακάτου** (planing hull) και τα ναυπηγικά χαρακτηριστικά του φαίνονται στον ΠΙΝΑΚΑ 2.1.

Τα σκάφη με γάστρα ολισθακάτου χρησιμοποιούνται όπου υπάρχει απαίτηση για υψηλές ταχύτητες. Οι γάστρες αυτές είναι καλύτερες για την περιοχή ταχυτήτων που αντιστοιχεί σε αριθμό Froude άνω του 0.9, όπως στην περίπτωση αυτή. Στα σκάφη τοποθετήθηκαν πτερύγια πρύμνης (stern flaps) για τη μείωση της αντίστασης του πλοίου.

### 2.3.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΓΥΜΝΗΣ ΓΑΣΤΡΑΣ

Ο υπολογισμός της αντίστασης της γυμνής γάστρας του πλοίου έγινε με δοκιμές προτύπου (**Model Tests**) στην δεξαμενή δοκιμών SVA [1]. Το μοντέλο (No. 1205 S 300) έχει προβεβλημένο μήκος ακμής **2.04 m** και ο λόγος ομοιότητας πλοίου/μοντέλου είναι **6.77:1.0**.

Οι δοκιμές αντίστασης της γυμνής γάστρας έχουν γίνει για τέσσερα εκτοπίσματα που αντιστοιχούν σε τέσσερις τιμές του λόγου της προβεβλημένης επιφάνειας ολισθήσεως AP (Planning area projected) προς τον όγκο εκτοπίσματος (Vol), **AP / Vol 2/3 = 6.9 – 6.3 – 5.9 – 5.5**.

Ο λόγος της προβεβλημένης επιφάνειας ολισθήσεως προς τον όγκο εκτοπίσματος, θεωρείται συντελεστής φόρτισης της γάστρας και για μία νέα σχεδίαση η τιμή του πρέπει να είναι περίπου **6 (AP / Vol 2/3 ≈ 6.0)**. Για τη σχεδίαση των αντι-λαθρεμπορικών πλοίων το εκτόπισμα σχεδίασης καθορίστηκε στους **24 tn**, που αντιστοιχεί σε συντελεστή φόρτισης γάστρας **0.9**.



ΝΑΥΠΗΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΛΙΣΘΑΚΑΤΟΥ ΑΝΤΙΛΑΘΡΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΣΚΑΦΩΝ		
$\Delta$	=24 tn	Εκτόπισμα σχεδίασης (Design Displacement)
$L_{OA}$	=15.70 m	Μήκος ολικό (Length overall)
$L_P$	=13.81 m	Μήκος ακμής προβεβλημένο (Length chine projected)
$L_{WL}$	=13.25 m	Μήκος ισάλου (Length waterline)
$L_{BP}$	=12.61 m	Μήκος μεταξύ καθέτων (Length between perpendiculars)
$B_{OA}$	=4.45 m	Πλάτος ολικό (Breadth overall)
$B_{PX}$	=4.00 m	Πλάτος ακμής μέγιστο (Breadth chine maximum)
$B_{WL}$	=4.03 m	Πλάτος ισάλου (Breadth waterline)
$D$	=2.90 m	Ύψος στη μέση (Depth at midship)
$T_{DES}$	=0.90 m	Βύθισμα σχεδίασης από τη βασική γραμμή (Design draft from baseline)
$\beta_M$	=21.40 deg.	Γωνία ανυψώσεως πυθμένα στη μέση (Deadrise angle at midship)
$\beta_T$	=19.0 deg.	Γωνία ανυψώσεως πυθμένα στο καθρέπτη (Deadrise angle at transom)
$C_B$	=0.5024	Συντελεστής γάστρας (Block coefficient)
$C_P$	=0.9214	Πρισματικός συντελεστής (Prismatic coefficient)
$C_W$	=0.9075	Συντελεστής ισάλου επιφανείας (Waterplane coefficient)
$C_M$	=0.5452	Συντελεστής μέσης τομής (Midship section coefficient)
$A_P$	=48.40 m <sup>2</sup>	Επιφάνεια ολισθήσεως προβεβλημένη (Planing area projected)
$LCG$	=5.00 m	Διαμήκης θέση του κέντρου βάρους πλώραθεν του Νομέα 0
$A_P/Vol^{2/3}$	=5.92	*Όπου Vol Όγκος εκτοπίσματος (Displacement volume)
$L_P/Vol^{1/3}$	=4.83	(Longitudinal center of gravity forward of Frame 0)
$L_P/B_{PX}$	=3.45	
$LCG/L_P$	=0.414	
$WS$	=53.10 m <sup>2</sup>	Βρεχόμενη επιφάνεια (Wetted surface)
$A_F$	=17.50 m <sup>2</sup>	Μετωπική επιφάνεια άνωθεν ισάλου (Frontal area above waterline)

Πίνακας 2.1: Ναυπηγικά Χαρακτηριστικά Σκάφους

### 2.3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΩΝ

Ο υπολογισμός της αντίστασης των παρελκόμενων του πλοίου έγινε με τη μέθοδο Blount [2]

. Τα παρελκόμενα είναι:

**A. Οι άξονες (shafts).**

**B. Τα στηρίγματα αξόνων (struts).**

**Γ. Οι στορείς των αξόνων (barrels).**

**Δ. Τα πηδάλια (rudders).**

**E. Τα υπόλοιπα παρελκόμενα, όπως αναρροφήσεις, ανόδια κλπ.**



### 2.3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΑΝΕΜΟΥ

Ο υπολογισμός της αντίστασης λόγω του ανέμου για το πλοίο έγινε με τη μέθοδο **Savitsky [3]** . Ο υπολογισμός έγινε για ταχύτητα ανέμου **3 knots**, που αντιστοιχεί στη κατάσταση θαλάσσης **1 Beaufort**.

### 2.3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ ΘΑΛΑΣΣΗΣ

Ο υπολογισμός της προστιθέμενης αντίστασης λόγω των κυματισμών θαλάσσης έγινε με τη μέθοδο **Hoggard [4]** . Ο υπολογισμός έγινε για σημαντικό ύψος κύματος **0.10 m** που αντιστοιχεί στη κατάσταση θαλάσσης **1 Beaufort**.

### 2.3.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΕΛΙΚΑΣ ΠΛΟΙΟΥ

Ο υπολογισμός της αντίστασης των συντελεστών αλληλεπίδρασης έλικας πλοίου (κλάσμα ομόρου, κλάσμα μείωσης ώσης και σχετικός περιστροφικός βαθμός απόδοσης έλικας) έγινε με τη μέθοδο **Blount [5]**.

### 2.3.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΛΙΚΑΣ

Ο υπολογισμός των ελίκων του πλοίου έγινε με το πρόγραμμα **PSOP (Propeller Selection and Optimization Program No.7-6) του SNAME [6]**. Χρησιμοποιήθηκαν οι έλικες της σειράς **Gawn AEW** που είναι κατάλληλες για ταχύπλοα σκάφη. Επίσης, έγινε έλεγχος για σπηλαιώση και βρέθηκε ότι οι έλικες αποδίδουν χωρίς προβλήματα σε όλη την περιοχή λειτουργίας τους.

## ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ

Από τον υπολογισμό της αντίστασης του πλοίου προκύπτει, όπως φαίνεται στα αποτελέσματα, ότι για την ταχύτητα των 25 knots η **ισχύς ρυμούλκησης** (effective horsepower bare hull) γυμνής γάστρας είναι **390.60 kW**, ενώ για την ίδια ταχύτητα η **ολική ισχύς ρυμούλκησης** (total effective horsepower), που περιλαμβάνει και την ισχύ για τα παρελκόμενα τον άνεμο και τον κυματισμό θαλάσσης, είναι **471.63 kW**.

Η αύξηση της ισχύος είναι **20.75%** και είναι αναμενόμενη για πλοία αυτού του τύπου και μεγέθους. Επίσης, ο λόγος αντίστασης γυμνής γάστρας προς βάρος πλοίου (bare hull resistance to weight ratio) είναι περίπου **0.13** για όλη την περιοχή ταχυτήτων ενδιαφέροντος που είναι εξαιρετικά χαμηλή για το πλοίο αυτό.

## ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΡΩΩΣΗΣ

Από τον υπολογισμό των ελίκων του πλοίου προκύπτει ότι:

**A.** Στο **89%** των στροφών των μηχανών (2070 RPM - 1004 RPM άξονα) επιτυγχάνεται υπηρεσιακή ταχύτητα **22 knots** με ισχύ πέδης (brake horsepower) κάθε μηχανής **373.34 kW**, δηλαδή περιθώριο ισχύος (**24.1%**) σε σχέση με την ισχύ των **492 kW** που μπορεί να δώσει η μηχανή σε αυτές τις στροφές.



**Β.** Στο **94.5%** των στροφών των μηχανών (2175 RPM - 1066 RPM άξονα) επιτυγχάνεται ταχύτητα **25 knots** με ισχύ πέδης κάθε μηχανής **404.98 kW**, δηλαδή περιθώριο ισχύος (**17.7%**) σε σχέση με την ισχύ των **492 kW** που μπορεί να δώσει η μηχανή σε αυτές τις στροφές.

**Γ.** Στο 100% των στροφών των μηχανών (2300 RPM - 1127 RPM άξονα) επιτυγχάνεται μέγιστη ταχύτητα **27.7 knots** με ισχύ πέδης κάθε μηχανής **451 kW**, δηλαδή περιθώριο ισχύος (**8.3%**) σε σχέση με την ισχύ των **492 kW** που μπορεί να δώσει η μηχανή σε αυτές τις στροφές.

### 2.3.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΥΤΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΩΣΗΣ

Ο υπολογισμός της αυτονομίας έγινε για την ταχύτητα των 25 knots και για τα 240 nm με βάση τα παρακάτω στοιχεία:

A. Ειδική κατανάλωση καυσίμου (specific fuel consumption) για τις κύριες μηχανές 0.220 kg/kWh και για την μηχανή του H/Z 0.245 kg/kWh, σύμφωνα με τα δεδομένα των κατασκευαστών.

B. Η ισχύς των κυρίων μηχανών για την ταχύτητα των 25 knots είναι 2 X 405 kW και η ισχύς της μηχανής του H/Z είναι 25 kW.

Γ. Δεν ελήφθη υπόψη στον υπολογισμό η μείωση της ισχύος των κυρίων μηχανών λόγω της κατανάλωσης του καυσίμου και της επακόλουθης ελάττωσης του εκτοπίσματος.

Δ. Ελήφθη ως περιθώριο το 95% του καυσίμου.

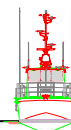
Υπολογισμός αυτονομίας για ταχύτητα 25 knots και 200 nm.

$$(200 \text{ nm} / 25 \text{ knots}) \times 2 \times 405 \text{ kW} \times 0.220 \text{ kg/kWh} = 1425.6 \text{ kg} / 0.95 = 1500.6 \text{ kg}$$

$$(200 \text{ nm} / 25 \text{ knots}) \times 1 \times 25 \text{ kW} \times 0.245 \text{ kg/kWh} = 49.0 \text{ kg} / 0.95 = 51.6 \text{ kg}$$

Απαιτούμενη ποσότητα καυσίμου **1552.2 kg**.

Οι δεξαμενές του πλοίου έχουν καθαρή περιεκτικότητα **2.642 m<sup>3</sup>**, επομένως η χρήσιμη ποσότητα καυσίμου που χωρούν είναι **2003 kg** (2642X0.95X0.95X0.84). Το πλοίο έχει σχεδιασθεί με **1600 kg**, ποσότητα που υπερκαλύπτει την αυτονομία των **200 nm** με ταχύτητα **25 knots**.



## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΩΩΣΗΣ

Η προωστήριος εγκατάσταση του πλοίου αποτελείται από δύο κύριες μηχανές, δύο μειωτήρες, αναστροφείς τύπου V, δύο έλικες σταθερού βήματος (FPP) πλήρως βυθισμένες και δύο αξονικά συστήματα.

Τα βασικά στοιχεία μηχανών, μειωτήρων και ελίκων είναι :

Μηχανές	: CATERPILLAR C12 ACERT
Μέγιστη ισχύς (rated power)	: 492 kW
Μέγιστες στροφές	: 2300 RPM
Μειωτήρες TWIN DISC MGX-5114 IV (τύπου V)	
Λόγος μειώσεως	: 1.98 : 1.0
Βαθμός απόδοσης μειωτήρα	: 0.970
Βαθμός απόδοσης άξονα	: 0.970
Έλικες Σειράς KCA	
Αριθμός πτερυγίων (Z)	: 4
Διάμετρος (D)	: 0.75 m (29.5 in)
Βήμα (P)	: 0.94 m (37 in)
Λόγος βήματος προς διάμετρο (P/D)	: 1.255
Λόγος εκτεταμένης επιφανείας (EAR)	: 0.95

## 2.4 Μελέτη Ευστάθειας

### ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΚΑΦΟΥΣ

Τα αντι-λαθρεμπορικά σκάφη έχουν τα εξής κύρια χαρακτηριστικά:

Ολικό μήκος	$L_{OA}$ = 15.70m	(Length overall)
Μήκος μεταξύ καθέτων	$L_{BP}$ = 12.61m	(Length btw Perpendiculars)
Μήκος ισάλου	$L_{WL}$ = 13.246m	(Length waterline)
Βύθισμα σχεδίασης	$T_{DES}$ = 0.90m	(Design Draught)
Μέγιστο πλάτος (mld)	$B_{MAX}$ = 4.45m	(Moulded Breadth overall)
Πλάτος ισάλου (mld)	$B_{WL}$ = 4.03m	(Moulded Breadth waterline)
Αριθμός επιβαινόντων	8 άτομα.	



### 2.4.1 Κανονισμοί

Οι μελέτες Ευστάθειας έγιναν σύμφωνα με την οδηγία **2002/25/ΕΚ** [7] της Επιτροπής των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, η οποία τροποποιεί την προηγούμενη οδηγία 98/18/ΕΚ [8] για τους κανόνες και τα πρότυπα ασφαλείας επιβατηγών πλοίων.

Τα αντι-λαθρεμπορικά σκάφη ανήκουν στην κατηγορία σχεδιασμού **Γ-‘Ακτοπλοϊκά’** σύμφωνα με την οδηγία 94/25/ΕΚ [9]. Τα σκάφη της κατηγορίας αυτής επιτρέπεται να ταξιδεύουν σε περιοχές όπου οι συνθήκες ανέμου που μπορεί να εμφανισθούν είναι ισχύος έως και **6 Μποφόρ** (Beaufort) και σημαντικού ύψους κύματος έως και **2 μέτρα** (significant wave height,  $H_{1/3} = 2$  m).

Η ευστάθεια του σκάφους μετά από βλάβη εξετάστηκε σύμφωνα με τα κριτήρια της οδηγίας **2002/25/ΕΚ**. Στην εν λόγω οδηγία, για τα νέα πλοία των κατηγοριών Β, Γ και Δ και μήκους μικρότερου των 24 μέτρων, δεν περιλαμβάνονται κριτήρια Άθικτης Ευστάθειας και για τον λόγο αυτό η Άθικτη Ευστάθεια εξετάστηκε σύμφωνα με τα κριτήρια που αναφέρονται στον κώδικα **HSC 2000 Annex 8** [10] για σκάφη υψηλών ταχυτήτων (High Speed Craft).

### 2.4.2 Περιγραφή Μοντέλου Σκάφους

Η μοντελοποίηση του σκάφους, καθώς και όλοι οι ναυπηγικοί υπολογισμοί (υδροστατικά, καμπύλες ευστάθειας, καταστάσεις φόρτωσης, έλεγχος άθικτης κατάστασης και κατάσταση μετά από βλάβη κλπ), έγιναν με χρήση του προγράμματος **NAPA** (Naval Architectural Package) [11] το οποίο αποτελεί ένα ολοκληρωμένο ναυπηγικό λογισμικό πακέτο.

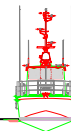
#### **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΦΟΡΤΟΥ**

Οι καταστάσεις φόρτου που εξετάστηκαν στο πλαίσιο της αξιολόγησης της ευστάθειας του σκάφους (άθικτης και μετά από βλάβη ευστάθειας) είναι οι εξής δύο:

1. **Κατάσταση Φόρτου Αναχώρησης ‘departure’.**
2. **Κατάσταση Φόρτου Άφιξης ‘arrival’.**

Η κατάσταση φόρτου Αναχώρησης περιγράφεται ως κατάσταση στη οποία το σκάφος μεταφέρει τον μέγιστο αριθμό επιβαίνοντων με τις αποσκευές τους, καθώς και πλήρες βάρος καυσίμων, γλυκού νερού και εφοδίων.

Η κατάσταση φόρτου Άφιξης περιγράφεται ως κατάσταση στη οποία το σκάφος μεταφέρει τον μέγιστο αριθμό επιβαίνοντων με τις αποσκευές τους, όμως τα καύσιμα, το γλυκό νερό και τα εφόδια ανέρχονται στο 10% του πλήρους βάρους τους. Στην κατάσταση αυτή ένα ποσοστό της δεξαμενής των λυμάτων, περίπου 50%, θεωρείται ότι έχει γεμίσει.



### 2.4.3 Μελέτη Άθικτης Ευστάθειας

Σύμφωνα με τον κώδικα σκαφών υψηλής ταχύτητας (HSC 2000, ANNEX 8) [10] το υπό μελέτη σκάφος πρέπει να πληρεί τα παρακάτω κριτήρια άθικτης ευστάθειας:

#### **A. ΓΕΝΙΚΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ (GENERAL CRITERION)**

1. Η επιφάνεια κάτω από την καμπύλη στατικής ευσταθείας (GZ curve) δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0.07 μέτρα-ακτίνια (meter-radian) μέχρι τη γωνία κλίσης  $\theta=15$  μοίρες  $\theta_{max}$  όταν ο μέγιστος μοχλοβραχίονας GZ βρίσκεται σε γωνία  $\theta=15$  μοίρες (degrees) και δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0.055 μέτρα-ακτίνια (meter-radian) μέχρι τη γωνία κλίσης  $\theta=30$  μοίρες (degrees) όταν ο μέγιστος μοχλοβραχίονας GZ βρίσκεται σε γωνία  $\theta=30$  μοίρες (degrees) και μεγαλύτερη. Όταν ο μέγιστος μοχλοβραχίονας GZ βρίσκεται μεταξύ  $\theta=15$  μοίρες (degrees) και  $\theta=30$  μοίρες (degrees), η αντίστοιχη επιφάνεια κάτω από την καμπύλη στατικής ευσταθείας (GZ curve) πρέπει να είναι:

$$A = 0.055 + 0.001(30^\circ - \theta_{max}) \text{ μέτρα-ακτίνια (meter-radian), όπου}$$

$\theta_{max}$  είναι η γωνία εγκάρσιας κλίσης σε μοίρες (degrees) στην οποία η καμπύλη στατικής ευσταθείας (GZ curve) παρουσιάζει το μέγιστό της.

2. Η επιφάνεια κάτω από την καμπύλη στατικής ευσταθείας μεταξύ των γωνιών κλίσης  $\Theta = 30$  μοίρες και  $\Theta = 40$  μοίρες, ή μεταξύ των γωνιών κλίσης  $\Theta = 30$  και την γωνία κατάκλισης  $\Theta_f$  εάν η γωνία αυτή είναι μικρότερη από 40 μοίρες, δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 0.03 μέτρα-ακτίνια.

3. Ο μοχλοβραχίονας επαναφοράς GZ πρέπει να είναι τουλάχιστον 0.20 μέτρα σε γωνία κλίσης ίση ή μεγαλύτερη από 30 μοίρες.

4. Ο μέγιστος μοχλοβραχίονας επαναφοράς πρέπει να βρίσκεται σε γωνία κλίσης όχι μικρότερη των 15 μοιρών.

5. Το αρχικό μετακεντρικό ύψος  $GM_0$  δεν πρέπει να είναι μικρότερο των 0.15 μέτρων.

#### **B. ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΛΕΥΡΙΚΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΥ (WEATHER CRITERION)**

Σύμφωνα με το κριτήριο ευσταθείας με πλευρικό άνεμο και κυματισμό, η πίεση ανέμου λαμβάνεται ίση με  $P = [500(V_w/26)^2]$  N/m<sup>2</sup>, όπου

$V_w$  είναι η ταχύτητα ανέμου που αντιστοιχεί στις δυσμενέστερες καιρικές συνθήκες που δύναται να αντιμετωπίσει το σκάφος. Επειδή το υπό μελέτη σκάφος ανήκει στην κατηγορία Γ, όπου οι συνθήκες ανέμου που μπορεί να εμφανισθούν είναι ισχύος έως και 6 Μποφόρ, που αντιστοιχούν σε πλευρικό άνεμο ταχύτητας  $V_w = 13.8$  m/sec, η πίεση ανέμου λαμβάνεται ίση με  $P = 141$  N/m<sup>2</sup> = 141 Pa.

Ο υπολογισμός των μοχλοβραχιόνων ανατροπής για τον πλευρικό άνεμο γίνεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$Lw1 = P A Z / 1000 \text{ g } \Delta$$

$$Lw2 = 1.5 Lw1$$



Όπου

**Lw1** = Ο μοχλοβραχίονας ανατροπής λόγω σταθερού πλευρικού ανέμου, σε m.

**Lw2** = Ο μοχλοβραχίονας ανατροπής λόγω πλευρικού ανέμου με αύξηση έντασης σε m.

**P** = Η πίεση του ανέμου, σε Pa (Pascal).

**A** = Η πλευρική επιφάνεια των εξάλων του σκάφους, σε m<sup>2</sup>.

**Z** = Ο μοχλοβραχίονας από το μέσο του βυθίσματος μέχρι το κέντρο της πλευρικής επιφάνειας των εξάλων, σε m.

**Δ** = Το εκτόπισμα του σκάφους, σε tonnes.

**g** = Η επιτάχυνση της βαρύτητας 9.81 m/sec<sup>2</sup>

### Οριζοντας ως

**Θ<sub>0</sub>** = Τη γωνία κλίσης, σε μοίρες (degrees), λόγω της δράσης του ανέμου με μοχλοβραχίονα ανατροπής Lw1.

**Θ<sub>c</sub>** = Τη γωνία κλίσης, σε μοίρες (degrees) στο δεύτερο σημείο τομής του μοχλοβραχίονα ανατροπής Lw2 και του μοχλοβραχίονα επαναφοράς.

**Θ<sub>f</sub>** = Τη γωνία κατάκλισης (downflooding) σε μοίρες (degrees).

**Θ<sub>1</sub>** = Τη γωνία κλίσης, σε μοίρες (degrees), λόγω της δράσης του κυματισμού.

### Η γωνία Θ<sub>1</sub> δίδεται από τον τύπο:

$$\Theta_1 = 109 k X_1 X_2 (r s)^{1/2}$$

**Θ<sub>2</sub>**: Η μικρότερη γωνία κλίσης, σε μοίρες (degrees), από τις γωνίες Θ = 50 μοίρες ή Θ<sub>c</sub> ή Θ<sub>f</sub>.  
 $r = 0.73 \pm 0.6 OG/d$ .

### όπου

**OG**: Η κατακόρυφη απόσταση του κέντρου βάρους του σκάφους από την ίσαλο πλεύσης, σε m

**d**: Το βύθισμα του σκάφους, σε m

Για το σκάφος ισχύει επίσης ότι η γωνία **Θ<sub>2</sub> = 50.0** μοίρες και ο συντελεστής **k = 0.70**. Οι συντελεστές **X1**, **X2**, και **s** δίνονται στους Πίνακες 1, 2 και 3 αντίστοιχα της επόμενης σελίδας, όπου

**T**: η περίοδος διατοιχισμού σε sec και  $T = \frac{2CB}{\sqrt{GM}}$

**B**: το πλάτος του σκάφους στην αντίστοιχη ίσαλο σε m

**GM**: το μετακεντρικό ύψος της κατάστασης σε m

**C** = 0.373 + 0.023 (B/d) - 0.043(L/100)

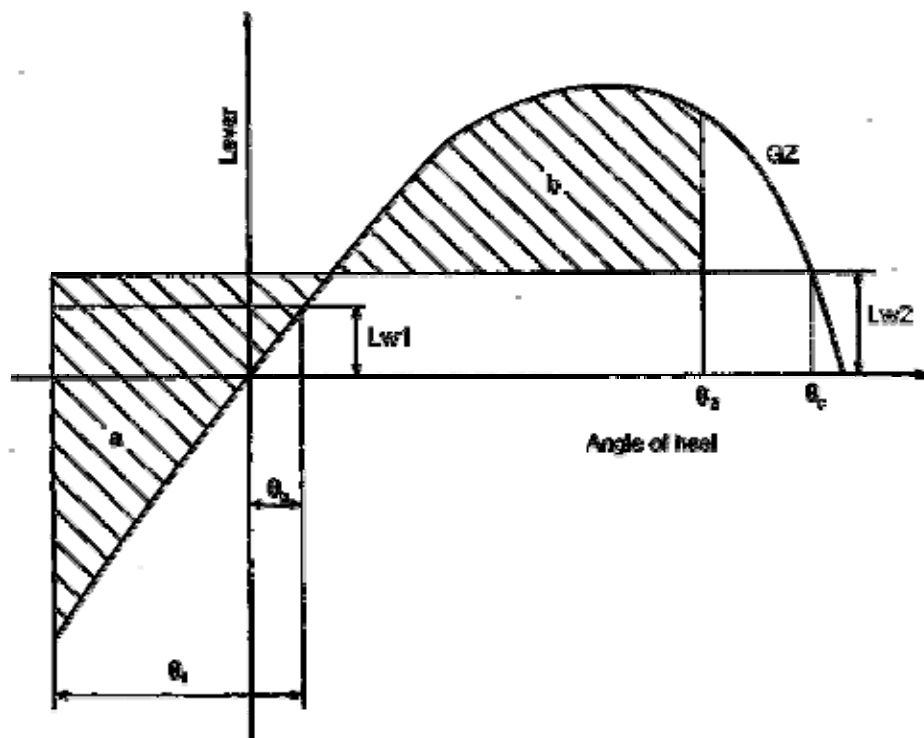
**L**: το μήκος ισάλου σε m

Σύμφωνα με το εν λόγω κριτήριο η ευστάθεια θεωρείται ικανοποιητική όταν όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.2 η επιφάνεια b είναι μεγαλύτερη ή ίση της επιφάνειας a.





ΠΙΝΑΚΑΣ 1		ΠΙΝΑΚΑΣ 2		ΠΙΝΑΚΑΣ 3	
Τιμές συντελεστή $X_1$		Τιμές συντελεστή $X_2$		Τιμές συντελεστή $s$	
B/d	$X_1$	$C_B$	$X_2$	T	s
≤ 2.4	1.00	≤ 0.45	0.75	≤ 6	0.100
2.5	0.98	0.5	0.82	7	0.098
2.6	0.96	0.55	0.89	8	0.093
2.7	0.95	0.60	0.95	12	0.065
2.8	0.93	0.65	0.97	14	0.053
2.9	0.91	≥ 0.70	1.00	16	0.044
3.0	0.90			18	0.038
3.1	0.88			≥ 20	0.035
3.2	0.86				
3.3	0.84				
3.4	0.82				
≥ 3.5	0.80				

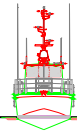


Εικόνα 2.2

Για το υπό μελέτη σκάφος έχει θεωρηθεί σταθερή πλευρική επιφάνεια εξάλλων  $A = 45m^2$ , η οποία αντιστοιχεί στο βύθισμα της κατάστασης φόρτου άφιξης που είναι και η δυσμενέστερη κατάσταση φόρτου για το κριτήριο του πλευρικού ανέμου.

Η κατακόρυφη θέση του κέντρου της επιφάνειας A είναι ίση με  $VCA = 2.636 m$  από την βασική γραμμή αναφοράς. Επομένως, η ροπή του πλευρικού ανέμου είναι σταθερή και ίση με:

$$MOM_{wind} = 1.5 * P * A * (VCA - d/2) = 1.5 * 141 * 45 * (2.636 - 0.43) = 20996 \text{ Nxm} = 2.14 \text{ txm.}$$



Στους υπολογισμούς έχει θεωρηθεί ροπή πλευρικού ανέμου  $MOM_{wind} = 2.20 \text{ tkm}$ .

Για ένα εύρος βυθισμάτων  $T = 0.85\text{m} \div 0.95\text{m}$  καθώς και  
για τρεις τιμές διαγωγής  $trim = +0.10\text{m}$ , (έμπρωρη),  
 $trim = 0.00\text{m}$  και  
 $trim = -0.10\text{m}$  (έμπρυμνη)

υπολογίζεται, σύμφωνα με τους παραπάνω τύπους ότι η μέγιστη γωνία εγκάρσιας κλίσης  $\Theta_1$  λόγω κυματισμού δεν ξεπερνά τις 20 μοίρες.

Για τις δύο καταστάσεις φόρτωσης, ο υπολογισμός δίνει τις παρακάτω τιμές για τους μοχλοβραχίονες ανατροπής  $Lw1$  και  $Lw2$ :

Κατάσταση Φόρτου Αναχώρησης	$Lw1 = 0.0595 \text{ m}$	$Lw2 = 0.0892 \text{ m}$
	με $Z = 2.206 \text{ m}$	
	$A = 45 \text{ m}^2$	
	$\Delta = 24.0 \text{ t}$ .	

Κατάσταση Φόρτου Άφιξης	$Lw1 = 0.0638 \text{ m}$	$Lw2 = 0.0957 \text{ m}$
	με $Z = 2.206 \text{ m}$	
	$A = 45 \text{ m}^2$	
	$\Delta = 22.36 \text{ t}$ .	



## 2.4.4 Μελέτη Ευστάθειας μετά από Βλάβη

### **ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΒΛΑΒΗ**

Για την αξιολόγηση της ευστάθειας του υπ' όψη σκάφους μετά από βλάβη εφαρμόζονται τα κριτήρια που αναφέρονται στην παράγραφο **II-1/B/8 της οδηγίας 2002/25/ΕΚ[7]**.

1. Η καμπύλη του απομένοντα θετικού μοχλοβραχίονα ανόρθωσης πρέπει να έχει μία ελάχιστη περιοχή τιμών **15°** πέραν της γωνίας ισορροπίας. Η περιοχή αυτή δύναται να μειώνεται σε **10°** κατ' ελάχιστο όριο σε περίπτωση κατά την οποία η επιφάνεια κάτωθεν του θετικού μοχλοβραχίονα είναι εκείνη που προσδιορίζεται στο επόμενο κριτήριο πολλαπλασιασμένη επί τον λόγο 15/περιοχή, όπου η περιοχή εκφράζεται σε μοίρες.
2. Η επιφάνεια κάτωθεν της καμπύλης του μοχλοβραχίονα ανόρθωσης πρέπει να είναι τουλάχιστον **0.015 m-rad**, μετρούμενα από τη γωνία ισορροπίας έως τη μικρότερη μεταξύ:
  - της γωνίας στην οποία σημειώνεται προοδευτική κατάκλιση
  - των 22° (που μετρούνται από την όρθια θέση)
3. Πρέπει να επιτυγχάνεται ένας απομένων μοχλοβραχίονας ανόρθωσης εντός της περιοχής θετικής ευστάθειας, λαμβανομένης υπόψη της μέγιστης των κατωτέρω ροπών κλίσεως που προκύπτει:
  - όταν υπάρξει συγκέντρωση όλων των επιβατών προς τη μία πλευρά.

### **Στο υπό μελέτη πλοίο έχουμε:**

**Αριθμός επιβαινόντων: 8 άτομα**

**Μάζα 75kg ανά επιβάτη**

**Μοχλοβραχίονας μετακίνησης επιβατών: 2m**

**Άρα  $MOM_{PASS} = 8 * 0.075 * 2.0 = 1.20 \text{ txm}$**

- λόγω της πίεσεως του ανέμου όπως υπολογίζεται βάσει του τύπου:

$$GZ = \frac{MOM_{WIND}}{\Delta} + 0.04, \text{ m}$$

όπου,

$\Delta$ : το εκτόπισμα του σκάφους, σε τόννους

$MOM_{WIND} = P * A * Z$ , σε txm

$P = 80 \text{ N/m}^2 = 0.00815 \text{ t/m}^2$  (κατηγορία Γ'-Ακτοπλοϊκά Σκάφη)

Σύμφωνα με την οδηγία **94/25/ΕΚ η κατηγορία Γ [7]** περιλαμβάνει ακτοπλοϊκά σκάφη σχεδιασμένα για ταξίδια σε παράκτια ύδατα, μεγάλους κόλπους, εκβολές ποταμών, λίμνες και ποτάμια όπου μπορεί να εμφανισθούν συνθήκες ανέμου ισχύος έως και 6 μποφόρ και κύματος χαρακτηριστικού ύψους έως **2 μέτρων**.

**A = 45 m<sup>2</sup>**: Πλευρική επιφάνεια εξάλων (έχει θεωρηθεί σταθερή για ένα εύρος βυθισμάτων)

**T = 0.85m ÷ 0.95m** και για τιμές διαγωγής **trim = -0.10m ÷ 0.10m**

**Z = 2.206m**: ο μοχλοβραχίονας ροπής ανέμου που ορίζεται ως η κατακόρυφη απόσταση από το μέσο του μέσου βυθίσματος έως το κέντρο βάρους της πλευρικής επιφάνειας.

Επομένως, η ροπή λόγω πλευρικού ανέμου είναι  **$MOM_{WIND} = 0.81 \text{ txm}$**



4. Σε καμία περίπτωση, ο θετικός μοχλοβραχίονας ανόρθωσης δεν πρέπει να είναι μικρότερος των 0.10m. Στα ενδιάμεσα στάδια κατακλύσεως, ο μέγιστος μοχλοβραχίονας πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,05m και η περιοχή τιμών των θετικών μοχλοβραχιόνων ανόρθωσης πρέπει να είναι τουλάχιστον 7°.
5. Η μέγιστη γωνία κλίσης του σκάφους μετά την κατάκλυση και πριν από την εξισορρόπηση δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 15°. Στην τελική κατάσταση μετά τη βλάβη και στην περίπτωση ασύμμετρης κατάκλυσης, η γωνία κλίσης για την κατάκλυση ενός διαμερίσματος να μην υπερβαίνει τις 12° για τα νέα πλοία της κατηγορίας 'Γ'.
6. Στην περίπτωση συμμετρικής κατάκλυσης, το απομένον μετακεντρικό ύψος πρέπει να είναι θετικό και τουλάχιστον ίσο προς 50 χιλιοστόμετρα, όπως υπολογίζεται με τη μέθοδο του σταθερού εκτοπίσματος.
7. Σε καμία περίπτωση η γραμμή ορίου βυθίσσεως (Marginline) δεν μπορεί να βυθίζεται κατά το τελικό στάδιο κατάκλυσης.

### **ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΛΑΒΗΣ**

**Το υπό μελέτη σκάφος θεωρείται ενός διαμερίσματος.** Το σκάφος έχει 4 ζώνες οι οποίες ορίζονται από τις στεγανές εγκάρσιες φρακτές. Επομένως, οι περιπτώσεις βλάβης εξετάστηκαν θεωρώντας βλάβη καθενός κύριου στεγανού διαμερίσματος.

Στις καταστάσεις βλάβης που αφορούν τα διαμερίσματα του χώρου πηδαλιουχίας και του μηχανοστασίου αντίστοιχα, η διαχωρητικότητα είναι ίση με 0.85, ενώ στις καταστάσεις βλάβης που αφορούν τα διαμερίσματα των χώρων ενδιαίτησης και του πρωραίου στεγανού σύγκρουσης αντίστοιχα, η διαχωρητικότητα είναι ίση με 0.95.

#### **Η υποτιθέμενη έκταση ζημιάς είναι η εξής:**

- Διαμήκης έκταση:  $\min \{ 3.0m+3\%L, 11.0m, 10\%L \} =$   
 $\min \{ 3.397m, 11.0m, 1.325m \} = 1.325m$
- Εγκάρσια έκταση (μετρώμενη από το εσωτερικό της πλευράς του πλοίου καθέτως προς τον άξονα συμμετρίας στο ύψος της ανώτατης εμφόρτου ισάλου γραμμής υποδιαίρεσης): το ένα πέμπτο του πλάτους του πλοίου
- Κάθετη έκταση: από την άνω ακμή της τρόπιδας προς τα άνω απεριορίστως.

Για τον έλεγχο της ευστάθειας του σκάφους, έχουν ληφθεί υπόψη και τα ενδιάμεσα στάδια κατάκλυσης για καθεμία από τις εξεταζόμενες καταστάσεις βλάβης.



### **ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΜΕΤΑΚΕΝΤΡΙΚΟ ΥΨΟΣ GM**

Τα σκάφη ικανοποιούν με επαρκές περιθώριο ασφαλείας, όλα τα κριτήρια Ευστάθειας των κανονισμών τόσο στην Άθικτη όσο και στη μετά από Βλάβη κατάσταση.

Αυτό φαίνεται συνοπτικά στα παρακάτω αποτελέσματα για το ελάχιστο απαιτούμενο μετακεντρικό ύψος GM και την αντίστοιχη μέγιστη επιτρεπόμενη κατακόρυφη θέση KG του κέντρου βάρους του σκάφους, όπως αυτά προέκυψαν για την ικανοποίηση των κριτηρίων άθικτης ευστάθειας και ευστάθειας μετά από βλάβη.

<p><b>T = 0.85m ÷ 0.95m</b> <b>TRIM = -0.1 m</b></p> <p>-----</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>T</th> <th>TR</th> <th>MINGM</th> <th>MAXKG</th> </tr> <tr> <th>M</th> <th>m</th> <th>m</th> <th>m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.850</td><td>-0.100</td><td>1.063</td><td>2.000</td></tr> <tr><td>0.860</td><td>-0.100</td><td>1.032</td><td>2.003</td></tr> <tr><td>0.870</td><td>-0.100</td><td>1.007</td><td>2.001</td></tr> <tr><td>0.880</td><td>-0.100</td><td>0.984</td><td>1.999</td></tr> <tr><td>0.890</td><td>-0.100</td><td>0.962</td><td>1.998</td></tr> <tr><td>0.900</td><td>-0.100</td><td>0.941</td><td>1.996</td></tr> <tr><td>0.910</td><td>-0.100</td><td>0.916</td><td>1.994</td></tr> <tr><td>0.920</td><td>-0.100</td><td>0.890</td><td>1.993</td></tr> <tr><td>0.930</td><td>-0.100</td><td>0.866</td><td>1.992</td></tr> <tr><td>0.940</td><td>-0.100</td><td>0.842</td><td>1.990</td></tr> <tr><td>0.950</td><td>-0.100</td><td>0.819</td><td>1.989</td></tr> </tbody> </table>	T	TR	MINGM	MAXKG	M	m	m	m	0.850	-0.100	1.063	2.000	0.860	-0.100	1.032	2.003	0.870	-0.100	1.007	2.001	0.880	-0.100	0.984	1.999	0.890	-0.100	0.962	1.998	0.900	-0.100	0.941	1.996	0.910	-0.100	0.916	1.994	0.920	-0.100	0.890	1.993	0.930	-0.100	0.866	1.992	0.940	-0.100	0.842	1.990	0.950	-0.100	0.819	1.989	<p><b>T = 0.85m ÷ 0.95m</b> <b>TRIM = 0.0 m</b></p> <p>-----</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>T</th> <th>TR</th> <th>MINGM</th> <th>MAXKG</th> </tr> <tr> <th>m</th> <th>m</th> <th>m</th> <th>m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.850</td><td>0.000</td><td>1.140</td><td>1.991</td></tr> <tr><td>0.860</td><td>0.000</td><td>1.105</td><td>1.996</td></tr> <tr><td>0.870</td><td>0.000</td><td>1.073</td><td>2.000</td></tr> <tr><td>0.880</td><td>0.000</td><td>1.048</td><td>1.999</td></tr> <tr><td>0.890</td><td>0.000</td><td>1.020</td><td>1.997</td></tr> <tr><td>0.900</td><td>0.000</td><td>0.991</td><td>1.995</td></tr> <tr><td>0.910</td><td>0.000</td><td>0.962</td><td>1.994</td></tr> <tr><td>0.920</td><td>0.000</td><td>0.934</td><td>1.993</td></tr> <tr><td>0.930</td><td>0.000</td><td>0.909</td><td>1.991</td></tr> <tr><td>0.940</td><td>0.000</td><td>0.884</td><td>1.990</td></tr> <tr><td>0.950</td><td>0.000</td><td>0.860</td><td>1.989</td></tr> </tbody> </table>	T	TR	MINGM	MAXKG	m	m	m	m	0.850	0.000	1.140	1.991	0.860	0.000	1.105	1.996	0.870	0.000	1.073	2.000	0.880	0.000	1.048	1.999	0.890	0.000	1.020	1.997	0.900	0.000	0.991	1.995	0.910	0.000	0.962	1.994	0.920	0.000	0.934	1.993	0.930	0.000	0.909	1.991	0.940	0.000	0.884	1.990	0.950	0.000	0.860	1.989
T	TR	MINGM	MAXKG																																																																																																						
M	m	m	m																																																																																																						
0.850	-0.100	1.063	2.000																																																																																																						
0.860	-0.100	1.032	2.003																																																																																																						
0.870	-0.100	1.007	2.001																																																																																																						
0.880	-0.100	0.984	1.999																																																																																																						
0.890	-0.100	0.962	1.998																																																																																																						
0.900	-0.100	0.941	1.996																																																																																																						
0.910	-0.100	0.916	1.994																																																																																																						
0.920	-0.100	0.890	1.993																																																																																																						
0.930	-0.100	0.866	1.992																																																																																																						
0.940	-0.100	0.842	1.990																																																																																																						
0.950	-0.100	0.819	1.989																																																																																																						
T	TR	MINGM	MAXKG																																																																																																						
m	m	m	m																																																																																																						
0.850	0.000	1.140	1.991																																																																																																						
0.860	0.000	1.105	1.996																																																																																																						
0.870	0.000	1.073	2.000																																																																																																						
0.880	0.000	1.048	1.999																																																																																																						
0.890	0.000	1.020	1.997																																																																																																						
0.900	0.000	0.991	1.995																																																																																																						
0.910	0.000	0.962	1.994																																																																																																						
0.920	0.000	0.934	1.993																																																																																																						
0.930	0.000	0.909	1.991																																																																																																						
0.940	0.000	0.884	1.990																																																																																																						
0.950	0.000	0.860	1.989																																																																																																						
<p><b>T = 0.85m ÷ 0.95m ΚΑΙ TRIM = 0.1 m</b></p> <p>-----</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>T</th> <th>TR</th> <th>MINGM</th> <th>MAXKG</th> </tr> <tr> <th>m</th> <th>m</th> <th>m</th> <th>m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.850</td><td>0.100</td><td>1.222</td><td>1.981</td></tr> <tr><td>0.860</td><td>0.100</td><td>1.185</td><td>1.987</td></tr> <tr><td>0.870</td><td>0.100</td><td>1.147</td><td>1.992</td></tr> <tr><td>0.880</td><td>0.100</td><td>1.105</td><td>1.998</td></tr> <tr><td>0.890</td><td>0.100</td><td>1.071</td><td>1.997</td></tr> <tr><td>0.900</td><td>0.100</td><td>1.040</td><td>1.995</td></tr> <tr><td>0.910</td><td>0.100</td><td>1.010</td><td>1.993</td></tr> <tr><td>0.920</td><td>0.100</td><td>0.982</td><td>1.992</td></tr> <tr><td>0.930</td><td>0.100</td><td>0.954</td><td>1.991</td></tr> <tr><td>0.940</td><td>0.100</td><td>0.927</td><td>1.990</td></tr> <tr><td>0.950</td><td>0.100</td><td>0.899</td><td>1.989</td></tr> </tbody> </table>	T	TR	MINGM	MAXKG	m	m	m	m	0.850	0.100	1.222	1.981	0.860	0.100	1.185	1.987	0.870	0.100	1.147	1.992	0.880	0.100	1.105	1.998	0.890	0.100	1.071	1.997	0.900	0.100	1.040	1.995	0.910	0.100	1.010	1.993	0.920	0.100	0.982	1.992	0.930	0.100	0.954	1.991	0.940	0.100	0.927	1.990	0.950	0.100	0.899	1.989																																																					
T	TR	MINGM	MAXKG																																																																																																						
m	m	m	m																																																																																																						
0.850	0.100	1.222	1.981																																																																																																						
0.860	0.100	1.185	1.987																																																																																																						
0.870	0.100	1.147	1.992																																																																																																						
0.880	0.100	1.105	1.998																																																																																																						
0.890	0.100	1.071	1.997																																																																																																						
0.900	0.100	1.040	1.995																																																																																																						
0.910	0.100	1.010	1.993																																																																																																						
0.920	0.100	0.982	1.992																																																																																																						
0.930	0.100	0.954	1.991																																																																																																						
0.940	0.100	0.927	1.990																																																																																																						
0.950	0.100	0.899	1.989																																																																																																						

Τα αποτελέσματα δίνονται για επαρκή περιοχή τιμών βυθισμάτων και διαγωγής ώστε να περιλαμβάνονται όλες οι συνθήκες υπηρεσίας του σκάφους.

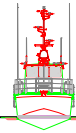


## 2.5 Υπολογισμός Βαρών

Ο υπολογισμός βαρών πραγματοποιήθηκε διεξοδικά και κατά την εξέλιξη της κατασκευής του σκάφους για πάνω από 500 items ώστε να υπάρχει καταγεγραμμένη και ελεγχόμενη η διασπορά των βαρών του σκάφους, η οποία τελικά έδωσε συγκεντρωτικά τα κάτωθι αποτελέσματα.

<i>ΝΟ</i>	<i>ΟΜΑΔΑ ΒΑΡΟΥΣ GROUP</i>	<i>ΒΑΡΟΣ (τόνοι)</i>
100	ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	8.200
200	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΡΟΩΣΗΣ	4.550
300	ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ	1.950
400	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ	0.250
500	ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ	1.500
600	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	4.550
<b>ΦΟΡΤΙΑ</b>		<b>3.000</b>
	<b>ΑΦΟΡΤΟ ΣΚΑΦΟΣ</b>	<b>21.000</b>
	<b>ΠΛΗΡΗΣ ΦΟΡΤΟΣ</b>	<b>24.000</b>

***Πίνακας 2.3. Ανάλυση Βάρους Σκάφους***



### 3.0 Έγκριση Σχεδίασης Νηογνώμονα

Πριν ακόμα αναφέρουμε τα σχέδια και τις μελέτες που απαιτείται να κατατεθούν προς έγκριση στο Νηογνώμονα για την πιστοποίηση της κλάσης του σκάφους, καλό είναι να ορίσουμε ποια πεδία κατασκευής καλύπτει η Πιστοποίηση αυτή.

Όπως αναφέρει και ο Νηογνώμονας στο εδάφιο Scope of Classification των κανονισμών του, η πιστοποίηση αυτή καλύπτει:

- A) Τα κατασκευαστικά δομικά σχέδια (Structural Design) του σκάφους
- B) Την υδατοστεγανότητα του περιβλήματος (Hull) και την κατασκευή
- Γ) Την εγκατάσταση, ρύθμιση και τους έλεγχους του συστήματος πρόωσης
- Δ) Όλα τα σημαντικά μηχανήματα, σωληνώσεις και ηλεκτρικά συστήματα του σκάφους

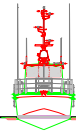
Όσο άπλα και αν παρουσιάζονται οι κανονισμοί, ανάλογα με την κατηγορία του σκάφους, διαφοροποιούνται ανάλογα και απαιτείται λεπτομερής μελέτη και γνώση τους ώστε να διαπιστώσει κάποιος και να βρει του κανονισμούς και τις απαιτήσεις που αφορούν καθαρά τη δική του περίπτωση. Αυτό είναι πολύ σημαντικό διότι μια λανθασμένη επιλογή κανονισμού μπορεί να θέσει σε αδιέξοδο την όλη κατασκευή και σχεδίαση.

Βάσει των ανωτέρω, τα σχέδια τα οποία κατατέθηκαν για έγκριση Νηογνώμονα είναι τα κάτωθι :

Όσον αφορά στην αρτιότητα της δομικής κατασκευής του σκάφους (Hull)

1. GENERAL ARRANGEMENT
2. MIDSHIP SECTION
3. PROFILE & DECKS
4. SHELL EXPANSION
5. SUPERSTRUCTURE
6. TRANSVERSE SECTIONS
7. MAIN DECK & TANK TOP 600&750 above B.L.
8. SHELL EXPANSION AND DETAILS FOR LONGITUDINALS (at bottom and side)
9. LONGITUDINAL SECTION AT C.L. AND 570 & 1330 from C.L.
10. ENGINE FOUNDATION
11. INSULATIONS
12. STRUT FOUNDATION SB SIDE (PS IMAGE)

Συνοπτικά αναφέρουμε ότι όλα τα ανωτέρω σχέδια, εκτός από όλη τη δομική κατασκευή του σκάφους (Hull), περιείχαν και την υποδομή της κατασκευής των βάσεων των κυριών μηχανών, των ενισχυτικών συγκράτησης των αξόνων και τη διάταξη μόνωσης όλων των διαμερισμάτων του .



Όσον αφορά στην εγκατάσταση του συστήματος πρόωσης και ηδάλιουχίας

1. ENGINE INSTALLATION
2. P BRACKET CONSTRUCTION
3. STRUT ALIGNMENT AND INSTALLATION SB SIDE (PS IMAGE)
4. OUTERTUBE PERMISSIBLE TOLERANCES
5. INSTALLATION OF LINE SHAFTING (PORT&STBD)
6. PROPELLER'S SHAFT (PORT & STBD)
7. PROPELLER BOSS
8. PROPELLER'S NUT
9. FLANGE
10. PROPELLER'S KEY (PORT & STBD)
11. COVER
12. COUPLING KEY
13. NUT FOR COUPLING CONE
14. BOLT
15. WASHER
16. STEERING GEAR AND RUDDER INSTALLATION

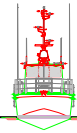
Όσον αφορά στα κύρια δίκτυα του σκάφους, όπως το δίκτυο κυτών, δίκτυο πετρελαίου κλπ.

1. Bilge Schematic
2. Sea Water Cooling Diagram (MainEngines&DieselGenerator)
3. Fuel Oil Schematic (Supply&Venting)
4. Fuel Oil Schematic (Transfer Line)

Για το ηλεκτρολογικό μέρος του σκάφους κατατέθηκαν τα ηλεκτρολογικά σχέδια των κάτωθι συστημάτων .

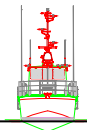
1. AIR CONDITIONING SYSTEM
2. MAIN POWER 220 VAC
3. AUX. POWER 24 VDC
4. BILGE SYSTEM
5. BRIDGE WINDOWS SYSTEM
6. CAPSTAIN
7. ENGINE FAN SYSTEM
8. ELECTRONIC NAVIGATION SYSTEMS & RADIO (AIS)
9. ELECTRONIC NAVIGATION SYSTEMS & RADIO (VHF)
10. ELECTRONIC NAVIGATION SYSTEMS & RADIO (MF/HF)
11. ELECTRONIC NAVIGATION SYSTEMS & RADIO (FLEET)
12. ELECTRONIC NAVIGATION SYSTEMS & RADIO (GYROCOMPASS)
13. ELECTRONIC NAVIGATION SYSTEMS & RADIO (G.P.S.)
14. ELECTRONIC NAVIGATION SYSTEMS & RADIO (ECHO SOUNDER)
15. ELECTRONIC NAVIGATION SYSTEMS & RADIO (NAVTEX)
16. FIRE DETECTION
17. FUEL OIL SYSTEM
18. FLAPS
19. LIGHTING SYSTEM
20. MAIN ENGINES GEAR BOXES AND GENERATOR
21. MACHINERY MONITORING
22. NAVIGATION LIGHTING AND SIGNALING
23. PUBLIC ADDRESS
24. RADAR
25. STEERING GEAR SYSTEM
26. TENOR
27. CCTV
28. WIND SYSTEM
29. BATTERY INSTALLATION ARRANGEMENT PLAN
30. FIRE DETECTION GENERAL ARRANGEMENT PLAN





Τα ανωτέρω, εκτός από όλα σχεδόν τα συστήματα των ραδιοηλεκτρονικών του σκάφους, περιέγραφαν και την όλη ηλεκτρολογική εγκατάσταση και των βοηθητικών μηχανημάτων όπως το σύστημα πηδαλιουχίας, το σύστημα πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης, το σύστημα φωτισμού, το σύστημα άντλησης ακάθαρτων, το σύστημα προσαγωγής και εξαγωγής αέρα του μηχανοστασίου κλπ.

Η έγκριση των σχεδίων είναι μια δυναμική διαδικασία η οποία μπορεί να διαρκέσει αρκετό καιρό έτσι ώστε, αφενός να εξασφαλιστεί η κατασκευαστική αρτιότητα βάσει των κανονισμών, αφετέρου δε να οριστικοποιηθεί η όλη σχεδίαση του σκάφους πριν την κατασκευή.



## 4.0 Το Αλουμίνιο ως Πρώτη Ύλη Κατασκευής [12] [13] [14]

Το αλουμίνιο, σύμβολο *Al*, είναι το μεταλλικό εκείνο στοιχείο που βρίσκεται σε μεγαλύτερη αφθονία στο φλοιό της γης. Ο ατομικός του αριθμός είναι 13 και βρίσκεται στη στήλη IIIα του περιοδικού πίνακα.



### 4.1 Η παραγωγή του Αλουμινίου

Είναι το πιο άφθονο στον πλανήτη μετά τα μη μεταλλικά οξυγόνο και πυρίτιο. Δεν συναντάται ποτέ ως ελεύθερο μέταλλο, αλλά συνήθως σε μορφές αλάτων αναμεμιγμένο με άλλα μέταλλα όπως το νάτριο, τον σίδηρο, το μαγνήσιο κ.α. Τα ορυκτά στα οποία συναντάται το αλουμίνιο μπαίνουν σε διαδικασία χημικού καθαρισμού, από τα οποία προκύπτει ο βωξίτης ένα ένυδρο μη καθαρό οξείδιο του αλουμινίου, το οποίο αποτελεί και την εμπορική πηγή του καθαρού αλουμινίου και των κραμάτων του.

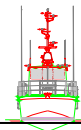
#### Η διαδικασία παραγωγής του

Το 1886 οι Charles Martin Hall στις Ε.Π.Α. και Paul L. T. Héroult στη Γαλλία, σχεδόν ταυτόχρονα, ανακάλυψαν ότι η αλούμινα (ή οξείδιο του αλουμινίου), διαλύεται σε τηγμένο κρυόλιθο ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) και, στη συνέχεια, ηλεκτρολυτικά δίνει ένα ακατέργαστο τηγμένο καθαρό μέταλλο, το αλουμίνιο. Η χαμηλού κόστους τεχνική αυτή αναφέρεται ως Hall-Héroult και παρ' όλο που νέες τεχνικές βρίσκονται συνεχώς υπό μελέτη, αποτελεί μέχρι σήμερα την κυρίαρχη διαδικασία για την εμπορική παραγωγή του αλουμινίου. Περίπου δύο με τρεις τόνοι βωξίτη απαιτούνται για την παραγωγή ενός τόνου αλουμίνιας και από δύο περίπου τόνους αλουμίνιας προκύπτει ένας τόνος μετάλλου αλουμινίου. Η καθαρότητα του προϊόντος μπορεί να φτάσει το 99,5%, ενώ με περαιτέρω διεργασίες μπορεί να φτάσει και το 99,9%.

### 4.2 Οι ιδιότητες του Αλουμινίου

Το αλουμίνιο είναι ένα ελαφρύ αργυρόχρωμο μέταλλο. Το ατομικό του βάρος είναι **26.9815**, λιώνει σε θερμοκρασία **660° C (1220° F)**, εξατμίζεται σε θερμοκρασία **2467° C (4473° F)**, και έχει ειδικό βάρος **2,7**. Είναι ισχυρά ηλεκτροθετικό ως μέταλλο και εξαιρετικά αντιδρόν.

Στην επαφή του με τον ατμοσφαιρικό αέρα οξειδώνεται ταχέως, δίνοντας ένα λεπτό συνεχές επιφανειακό στρώμα  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , το οποίο είναι αδιαπέραστο από το οξυγόνο και προσφέρει



στο μέταλλο αντισειδωτική προστασία. Είναι εξαιρετικός αγωγός του ηλεκτρισμού, ενώ είναι μη μαγνητικό, μη αναφλέξιμο και μη τοξικό. Επιπλέον είναι πολύ καλός αγωγός της θερμότητας αλλά ταυτόχρονα έχει και μεγάλη αντανακλαστικότητα. Μπορεί να ανακυκλωθεί, ενώ μορφοποιείται, χυτεύεται και κατεργάζεται εύκολα. Κράματα αυτού με μικρά ποσοστά χαλκού, μαγνησίου, μαγγανίου και πυριτίου, αλλά και άλλων στοιχείων, έχουν ιδιαίτερα χρήσιμες ιδιότητες. Η αντοχή του εξαρτάται από την καθαρότητά του. Έτσι, καθαρό αλουμίνιο σε ποσοστό **99,996%** έχει αντοχή σε εφελκυσμό περίπου **49 MPa**, η οποία όμως μπορεί να φτάσει τα **700 MPa** μετά από κραμάτωση και κατάλληλη θερμική κατεργασία. Στον πίνακα που ακολουθεί, φαίνονται μερικές από τις φυσικές ιδιότητες του καθαρού αλουμινίου.

Πυκνότητα / ειδικό βάρος ( $g/cm^3$ στους $20\text{ }^\circ C$ )	2,70
Σημείο τήξης ( $^\circ C$ )	660
Ειδική θερμότητα στους $100\text{ }^\circ C$ , cal/g (J/kg)	0,2241 (938)
Λανθάνουσα θερμότητα τήξης, cal/g (kJ/kg)	400.0 (1.67)
Ηλεκτρική αγωγιμότητα στους $20\text{ }^\circ C$	64.94
Θερμική αγωγιμότητα (cal/sec/cm <sup>2</sup> /cm/ $^\circ C$ )	0.5
Θερμική απορρόφηση στους $100\text{ }^\circ F$ , %	3.0
Αντανακλαστικότητα φωτός, %	90.0

**Πίνακας 4.1 - Φυσικές ιδιότητες καθαρού αλουμινίου**

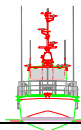
### 4.3 Οι χρήσεις του αλουμινίου

Μια συγκεκριμένη ποσότητα μάζας αλουμινίου, ζυγίζει περίπου το 1/3 της ίδιας μάζας από χάλυβα. Μόνο το λίθιο, το μαγνήσιο και το βηρύλλιο είναι πιο ελαφριά μέταλλα από το αλουμίνιο.

Ο συνδυασμός του υψηλού λόγου αντοχής προς βάρος με την υψηλή αντιδιαβρωτική αντοχή του, κάνουν το αλουμίνιο χρήσιμο κατασκευαστικό υλικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη δομική και αρχιτεκτονική (τόσο ως δομικό, όσο και ως διακοσμητικό υλικό), αλλά και στην κατασκευή αυτοκινήτων, τρένων, αεροπλάνων, πλοίων και γενικότερα σε εφαρμογές, όπου απαιτείται μεγάλο ωφέλιμο φορτίο και ταυτόχρονα εξοικονόμηση ενέργειας (π.χ. για τη μεταφορά υγρών καυσίμων).

Επιπλέον, εξ' αιτίας της μεγάλης θερμικής αγωγιμοτητάς του, το αλουμίνιο χρησιμοποιείται στην κατασκευή σκευών μαγειρικής, ως περιτύλιγμα τροφίμων, αλλά και στην κατασκευή πιστονιών για κινητήρες εσωτερικής καύσης.

Έχει το 63% της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του χαλκού, αλλά μόνο το μισό βάρος ενός ίδιου αγωγού. Κατά συνέπεια, ένας αγωγός αλουμινίου είναι πιο μεγάλος σε διάμετρο από έναν



αντίστοιχο από χαλκό, αλλά εξακολουθεί να είναι πιο ελαφρύς και θεωρείται καταλληλότερος για μεγάλο μήκους γραμμές μεταφοράς ρεύματος υψηλής τάσης (αγωγοί αλουμινίου χρησιμοποιούνται πλέον για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας αντίστοιχης των 700,000 V ή και περισσότερο). Ακόμα, χρησιμοποιείται σε χαμηλής θερμοκρασίας πυρηνικούς αντιδραστήρες (εξ αιτίας του γεγονότος ότι απορροφά σχετικά λίγα νετρόνια) και σε κρουγονικές θερμοκρασίες, επειδή διατηρεί την αντοχή του και αυξάνει τη σκληροτητά του όσο μειώνεται η θερμοκρασία.

#### 4.4 Τα κράματα του αλουμινίου

Όπως ακριβώς συμβαίνει και με κάθε μέταλλο, έτσι και στην περίπτωση του καθαρού αλουμινίου, η χρησιμότητά του διευρύνεται σημαντικά έπειτα από την κραματώσή του με άλλα στοιχεία σε συγκεκριμένες ποσότητες. Με αυτόν τον τρόπο, δημιουργούνται ' νέα μέταλλα ' που έχουν ως βάση το αλουμίνιο και που η χρησιμότητά τους σε διάφορες εφαρμογές είναι μεγαλύτερη από αυτή του καθαρού αλουμινίου.

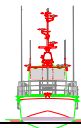
Τα κύρια πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την κραμάτωση του αλουμινίου είναι, η αύξηση της αντοχής και η βελτίωση της κατεργασιμότητας και της συγκολλησιμότητας, ενώ καίριες ιδιότητες του καθαρού αλουμινίου, όπως η χαμηλή πυκνότητα, η καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα και η υψηλή αντοχή σε διάβρωση, διατηρούνται.

Τα βασικότερα κραματικά στοιχεία του αλουμινίου είναι ο σίδηρος, το πυρίτιο, ο ψευδάργυρος, ο χαλκός, το μαγγάνιο και μαγνήσιο, ενώ υπάρχουν και άλλα στοιχεία που χρησιμοποιούνται. Στον Πίνακα 4.2 φαίνονται οι κύριες προσθήκες κραμάτωσης του αλουμινίου και η επίδραση που έχουν αυτές.

<b>Προσθήκη</b>	<b>Επίδραση στις ιδιότητες του αλουμινίου</b>
Χαλκός	Σε ποσοστό ως 12%, προκαλεί βελτίωση της μηχανικής αντοχής και της κατεργασιμότητας. Η σκλήρυνση επιτυγχάνεται με κατακρήμνιση.
Σίδηρος	Σε μικρά ποσοστά βελτιώνει την αντοχή και τη σκληρότητα και ταυτόχρονα, μειώνει τις πιθανότητες θερμής ρωγμάτωσης κατά τη χύτευση.
Μαγγάνιο	Βελτιώνει την ολκιμότητα και, σε συνδυασμό με το σίδηρο, τη χυτευσιμότητα
Μαγνήσιο	Βελτιώνει τη μηχανική αντοχή και την αντοχή σε διάβρωση. Σε ποσοστό μεγαλύτερο από 6%, προκαλεί σκλήρυνση με κατακρήμνιση.
Πυρίτιο	Βελτιώνει κατά πολύ τη χυτευσιμότητα και την αντοχή σε διάβρωση.
Ψευδάργυρος	Μειώνει τη χυτευσιμότητα αλλά, σε συνδυασμό με άλλα στοιχεία προσθήκης, βελτιώνει τη μηχανική αντοχή.

#### Πίνακας 4.2 - Οι κύριες προσθήκες κραμάτωσης του αλουμινίου

Τα κράματα του αλουμινίου διακρίνονται σε κράματα διαμόρφωσης και κράματα χύτευσης. Τα κράματα των δύο αυτών κατηγοριών υποδιαιρούνται σε κράματα που μπορούν να υποστούν θερμική κατεργασία και σε κράματα των οποίων η θερμική κατεργασία είναι αδύνατη. Οι



ιδιότητες των πρώτων εξαρτώνται από τη θερμική κατεργασία που ακολουθείται, ενώ οι ιδιότητες των δεύτερων εξαρτώνται από το ποσοστό ενδοτράχυνσης που έχουν υποστεί.

#### 4.5 Ονοματολογία Αλουμινίου

Οι κωδικές ονομασίες των κραμάτων αλουμινίου, σύμφωνα με την Aluminium Association, αποτελούνται από δύο μέρη, τα οποία χωρίζονται με παύλα. Το πρώτο μέρος αποτελείται από τέσσερις αριθμούς, των οποίων η σημασία εξαρτάται από το εάν πρόκειται για κράμα διαμόρφωσης ή για κράμα χύτευσης:

##### **Κράματα Διαμόρφωσης**

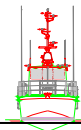
Ο πρώτος αριθμός υποδηλώνει το κύριο στοιχείο προσθήκης (Πίνακας 4.3). Ο δεύτερος χρησιμοποιείται για να δηλώσει τροποποιήσεις των ορίων περιεκτικότητας των ακαθαρσιών. Τέλος, οι δύο τελευταίοι αριθμοί, στην περίπτωση της σειράς 1xxx, δίνουν τα δεκαδικά ποσοστά, για περιεκτικότητες αλουμινίου υψηλότερες του 99,00%, ενώ στην περίπτωση κραμάτων αλουμινίου άλλων σειρών, οι δύο τελευταίοι αριθμοί χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τον προσδιορισμό της ειδικής κατηγορίας του κράματος της οικείας ομάδας.

<b>Βασικό Μέταλλο</b>	<b>Κυρίαρχο κραματικό στοιχείο</b>	<b>Κωδικός</b>
Αλουμίνιο	Καθαρότητα από 99,00% και πάνω	1xxx
Αλουμίνιο	Χαλκός (Cu)	2xxx
Αλουμίνιο	Μαγγάνιο (Mn)	3xxx
Αλουμίνιο	Πυρίτιο (Si)	4xxx
Αλουμίνιο	Μαγνήσιο (Mg)	5xxx
Αλουμίνιο	Μαγνήσιο και Πυρίτιο (Mg, Si)	6xxx
Αλουμίνιο	Ψευδάργυρος (Zn)	7xxx
Αλουμίνιο	Άλλα κραματικά στοιχεία π.χ. ως 2,5% Li	8xxx

**Πίνακας 4.3 - Οι κωδικές ονομασίες των κραμάτων διαμόρφωσης του αλουμινίου**

##### **Κράματα Χύτευσης**

Ο πρώτος αριθμός υποδηλώνει, επίσης, το κύριο στοιχείο προσθήκης (Πίνακας 4.4). Ο δεύτερος και ο τρίτος δείχνουν την ειδική κατηγορία του κράματος της οικείας ομάδας. Ο τέταρτος αριθμός, ο οποίος χωρίζεται με τελεία από τους τρεις πρώτους, αφορά τη μορφολογία του προϊόντος της χύτευσης: Με μηδέν (0), υποδηλώνεται ότι πρόκειται για χυτό, το οποίο έχει αποκτήσει την τελική μορφολογία του με κατευθείαν χύτευση, ενώ με ένα (1), υποδηλώνεται ότι πρόκειται για πλίνθωμα. Μετατροπή της αρχικής χημικής σύστασης, υποδηλώνεται με ένα γράμμα μπροστά από τον κωδικό.



Βασικό Μέταλλο	Κυρίαρχο κραματικό στοιχείο	Alloy No.
Αλουμίνιο	Αλουμίνιο ελάχιστης καθαρότητας 99,00%	1xx.x
Αλουμίνιο	Χαλκός (Cu)	2xx.x
Αλουμίνιο	Πυρίτιο και χαλκός ή Μαγνήσιο (Si και Cu ή Mg)	3xx.x
Αλουμίνιο	Πυρίτιο (Si)	4xx.x
Αλουμίνιο	Μαγνήσιο (Mg)	5xx.x
Μη χρησιμοποιούμενη σειρά	-	6xx.x
Αλουμίνιο	Ψευδάργυρος (Zn)	7xx.x
Αλουμίνιο	Κασσίτερος (Sn)	8xx.x
Αλουμίνιο	Άλλα στοιχεία	9xx.x

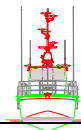
**Πίνακας 4.4 - Οι κωδικές ονομασίες των κραμάτων χύτευσης του αλουμινίου**

Καθώς, πλέον, ολοένα και περισσότερο τείνει να καθιερωθεί διεθνώς ο συμβολισμός των κραμάτων αλουμινίου κατά το πρότυπο ISO, για λόγους πληρότητας, παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας αντιστοιχιών ονοματολογίας για μερικά από τα κράματα του αλουμινίου (Πίνακας 4.5)

AA	ISO
2024	AlCuMg2
4043	AlSi5
5052	AlMg2,5Mn
5083	AlMg4,5Mn
5086	AlMg4
5454	AlMg3Mn
6061	AlMg1SiCu
6063	AlMgSi0,5
7075	AlZnMgCu1,5

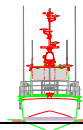
**Πίνακας 4.5 - Αντιστοιχίες ονοματολογίας κραμάτων Αλουμινίου  
(Aluminum Association – ISO)**

Το δεύτερο μέρος της κωδικής ονομασίας, τόσο για τα κράματα διαμόρφωσης όσο και για τα κράματα χύτευσης, αναφέρεται στην κατεργασία, μηχανική ή θερμική, την οποία έχουν υποστεί. Στον Πίνακα 4.6 που ακολουθεί, φαίνεται η κωδικοποίηση σύμφωνα με την Aluminium Association, των κραμάτων αλουμινίου, ανάλογα με τις κατεργασίες που έχουν υποστεί.



<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b>
<b>F</b>	Προϊόν όπως παρήχθη, χωρίς μηχανική ή θερμική κατεργασία
<b>O</b>	Ανόπτηση
<b>H</b>	Ενδοτράχυνση, μόνο για τα κράματα διαμόρφωσης
<b>H1X</b>	Μόνο ενδοτράχυνση, (το X αναφέρεται στο βαθμό ενδοτράχυνσης): H11: Κράμα ελάχιστης σκληρότητας H12: Κράμα σκληρυμένο κατά 25% H14: Κράμα σκληρυμένο κατά 50% H16: Κράμα σκληρυμένο κατά 75% H18: Κράμα σκληρυμένο κατά 100% H19: Υπέρσκληρο κράμα
<b>H2X</b>	Ενδοτράχυνση ακολουθούμενη από ανόπτηση αποκατάστασης. Το X κυμαίνεται από 1 έως 8, υποδηλώνοντας το βαθμό σκλήρυνσης μετά από ανόπτηση.
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b> (συνέχεια)
<b>H3X</b>	Ενδοτράχυνση, ακολουθούμενη από θερμική κατεργασία σταθεροποίησης σε χαμηλή θερμοκρασία, προκειμένου να αποφευχθεί σκλήρυνση λόγω γήρανσης. Το X κυμαίνεται από 1 έως 8, υποδηλώνοντας το βαθμό σκλήρυνσης πριν από τη σταθεροποίηση.
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>	<b>ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ</b> (συνέχεια)
<b>T</b>	Θερμική κατεργασία σκλήρυνσης με γήρανση
<b>T1</b>	Βαφή από τη θερμοκρασία θερμής μορφοποίησης και φυσική γήρανση.
<b>T2</b>	Βαφή από τη θερμοκρασία θερμής μορφοποίησης, μηχανική κατεργασία εν ψυχρώ και φυσική γήρανση.
<b>T3</b>	Θερμική κατεργασία ομογενοποίησης, βαφή, κατεργασία εν ψυχρώ και φυσική γήρανση.
<b>T4</b>	Θερμική κατεργασία ομογενοποίησης, βαφή και φυσική γήρανση
<b>T5</b>	Βαφή από τη θερμοκρασία θερμής μορφοποίησης και τεχνητή γήρανση, σε θερμοκρασία υψηλότερη αυτής του περιβάλλοντος.
<b>T6</b>	Θερμική κατεργασία ομογενοποίησης, βαφή και τεχνητή γήρανση, σε θερμοκρασία υψηλότερη αυτής του περιβάλλοντος.
<b>T7</b>	Θερμική κατεργασία ομογενοποίησης, βαφή, θερμική κατεργασία σταθεροποίησης
<b>T8</b>	Θερμική κατεργασία ομογενοποίησης, βαφή, κατεργασία εν ψυχρώ και τεχνητή γήρανση.
<b>T9</b>	Θερμική κατεργασία ομογενοποίησης, βαφή, τεχνητή γήρανση και κατεργασία εν ψυχρώ.
<b>T10</b>	Βαφή από τη θερμοκρασία θερμής μορφοποίησης, κατεργασία εν ψυχρώ και τεχνητή γήρανση.
<b>W</b>	Θερμική κατεργασία ομογενοποίησης. Χρησιμοποιείται μόνο για τα κράματα, που υφίστανται σκλήρυνση με γήρανση.

**Πίνακας 4.6 Κωδικοποίησης των κραμάτων αλουμινίου, ανάλογα με τις κατεργασίες που αυτά έχουν υποστεί**



## 4.6 Κράματα διαμόρφωσης του αλουμινίου

### 4.6.1 Κράματα αλουμινίου που δεν υφίστανται σκλήρυνση δομής με θερμική κατεργασία

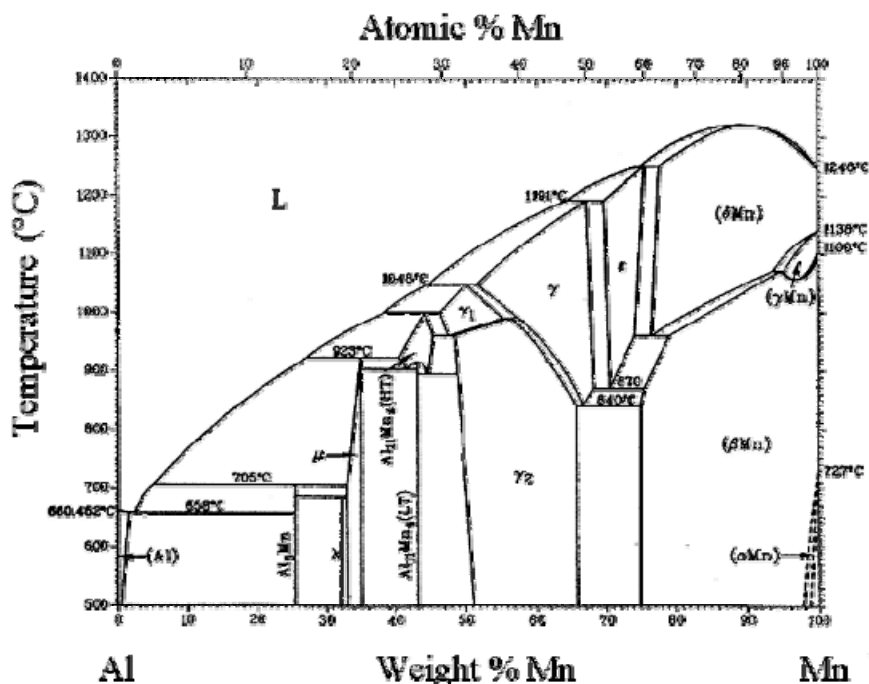
Τα κράματα αυτά, δεν υφίστανται σκλήρυνση δομής με θερμική κατεργασία. Πρόκειται για κράματα των σειρών 1000, 3000 και 5000. Είναι μονοφασικά, με μικρά ποσοστά εγκλεισμάτων ή μεσομεταλλικών ενώσεων. Οι μηχανικές τους ιδιότητες ρυθμίζονται με κατεργασίες σκλήρυνσης, με τη δημιουργία οριακών στερεών διαλυμάτων και, κυρίως, με την επακολουθούσα ενδοτράχυνση.

#### ✚ Σειρά κραμάτων αλουμινίου 1000

Τα κράματα αυτής της σειράς περιέχουν τουλάχιστο 99% Al. Οι τιμές των μηχανικών τους ιδιοτήτων είναι χαμηλές, αλλά βελτιώνονται με ενδοτράχυνση. Είναι κατάλληλα για κατεργασία εν ψυχρώ και αντέχουν σημαντικά σε υγρή και θαλάσσια ατμόσφαιρα. Παρουσιάζουν άριστη ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα και καλή αντοχή σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Οι κυριότερες ακαθαρσίες που περιέχονται στα κράματα αυτά είναι ο σίδηρος και το πυρίτιο, σε συνολικό ποσοστό 1% (κράμα 1100). Μερικές από τις εφαρμογές τους είναι: η κατασκευή συρμάτων και αγωγών ηλεκτρικού ρεύματος, η κατασκευή θερμαντικών σωμάτων κ.α.

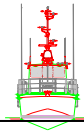
#### ✚ Σειρά κραμάτων αλουμινίου 3000

Πρόκειται για κράματα αλουμινίου με κύρια προσθήκη το μαγγάνιο. Η μέγιστη διαλυτότητα του Mn στο Al, που είναι 1,8% στους 659° C, ελαττώνεται γρήγορα με τη θερμοκρασία (Σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1 - Διάγραμμα ισορροπίας των φάσεων του διμερούς κράματος Al-Mn [12]





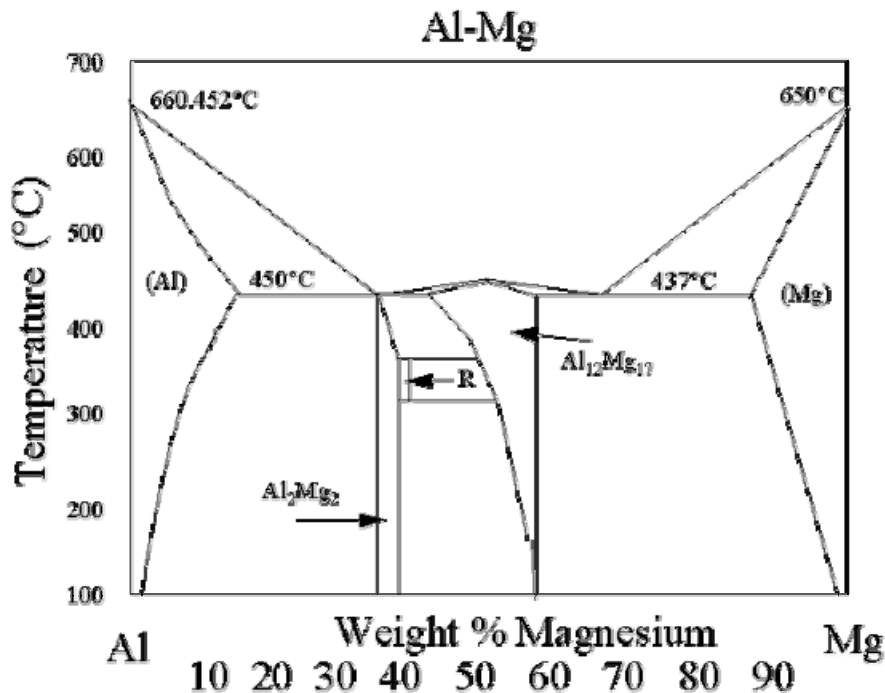
Το Mn ενώνεται με το Al, σχηματίζοντας τη μεσομεταλλική ένωση  $Al_6Mn$ . Η σκλήρυνση του Al με προσθήκη Mn, σε ποσοστά μικρότερα από 1,5%, οφείλεται στη διασπορά της ένωσης αυτής μέσα στη μεταλλική μήτρα του αλουμινίου. Συγχρόνως, η παρουσία της  $Al_6Mn$  προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας ανακρυστάλλωσης του κράματος. Η προσθήκη χαλκού, σε ποσοστό 0,12%, προκαλεί αύξηση της μηχανικής τους αντοχής. Η προσθήκη Mg, σε ποσοστά μικρότερα από 1,2%, επιφέρει δευτερογενή σκλήρυνση, λόγω του σχηματισμού στερεού διαλύματος.

Τα κράματα Al-Mn μορφοποιούνται εύκολα, αντέχουν στην ατμοσφαιρική διάβρωση και συγκολλώνται εύκολα. Αντικαθιστούν τα κράματα της σειράς 1000, σε εφαρμογές όπου απαιτούνται βελτιωμένες μηχανικές ιδιότητες.

#### ✚ Σειρά κραμάτων αλουμινίου 5000

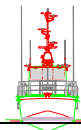
Πρόκειται για κράματα αλουμινίου, με κύρια προσθήκη το μαγνήσιο. Σε αυτά (Σχήμα 4.2), το μεγαλύτερο μέρος του Mg βρίσκεται στο στερεό διάλυμα και το υπόλοιπο μετέχει στη μεσομεταλλική ένωση  $Mg_2Al_3$  (φάση β), η οποία είναι σκληρή και εύθραυστη.

Τα κράματα της σειράς 5000, παρουσιάζουν μέτρια μηχανική αντοχή, που όμως βελτιώνεται με ενδοτράχυνση, σε βάρος όμως, της ολκιμότητας τους.



**Σχήμα 4.2 - Διάγραμμα ισορροπίας των φάσεων του διμερούς κράματος Al-Mg [12]**

Όταν βρίσκονται στη μεταλλουργική κατάσταση O, μπορούν να διαμορφωθούν εν ψυχρώ ή εν θερμώ. Συγκολλώνται εύκολα, έχουν υψηλή αντοχή σε θαλάσσια διάβρωση και παρουσιάζουν επιφάνεια καλής ποιότητας μετά από λείανση και ανοδίωση. Στην περίπτωση που πρόκειται να υποστούν τέτοιες επιφανειακές κατεργασίες, θα πρέπει τα ποσοστά του σιδήρου και του πυριτίου να διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα.



#### 4.6.2 Κράματα αλουμινίου που υπόκεινται σε σκλήρυνση δομής με θερμικές κατεργασίες

Τα κράματα αυτά υφίστανται σκλήρυνση δομής με θερμική κατεργασία. Πρόκειται για κράματα των σειρών 2000, 6000 και 7000.

##### **✚ Σειρά κραμάτων αλουμινίου 2000**

Πρόκειται για κράματα Al-Cu, όπου ο χαλκός περιέχεται σε ποσοστά 2,6 – 6,3% και για κράματα Al – Cu – Mg, όπου το μαγνήσιο κυμαίνεται μεταξύ 0,5 – 1,5%. Η σκλήρυνση της δομής επιτυγχάνεται με κατακρήμνιση των ενώσεων  $\text{CuAl}_2$  και  $\text{CuMgAl}_2$ , που προσδίδουν στο κράμα εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες.

Η προσθήκη Si και Mn, σε ποσοστά μικρότερα του 0,8%, ευνοεί τον σχηματισμό τετραμερών συστατικών τα οποία βρίσκονται σε διασπορά και βελτιώνουν τις ιδιότητες της μεταλλικής μήτρας.

Η παρουσία Fe συχνά αποδεικνύεται βλαβερή, εξαιτίας του σχηματισμού της ένωσης  $\text{Cu}_2\text{FeAl}_7$ , η οποία στερεί από το στερεό διάλυμα μέρος του χαλκού, ελαττώνοντας τη δυνατότητα σκλήρυνσης της δομής. Ωστόσο, αν προστεθεί συγχρόνως και Ni, σχηματίζεται η ένωση  $\text{Al}_9\text{FeNi}$ , που προσδίδει στο κράμα πολύ καλή μηχανική αντοχή, μέχρι τους 230° C.

Τα κράματα της σειράς 2000, μετά από βαφή και γήρανση, έχουν μέτρια αντοχή στη διάβρωση και συγκολλώνται δύσκολα διότι οι ζώνες, οι γειτονικές προς την περιοχή της συγκόλλησης, υπόκεινται σε ανόπτηση εξαιτίας του επιβαλλόμενου από τη συγκόλληση θερμικού κύκλου, με αποτέλεσμα, οι μηχανικές τους ιδιότητες να εξασθενούν σημαντικά.

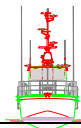
Η ανάπτυξη των κραμάτων αυτών ως αρχικό στόχο είχε τη μείωση του βάρους των αεροσκαφών και των δομικών στοιχείων των διαστημοπλοίων, λόγω της μικρής τους πυκνότητας, της υψηλής μηχανικής τους αντοχής και του υψηλού ειδικού μέτρου ελαστικότητας. Σήμερα πλέον, βρίσκουν και άλλες εφαρμογές λόγω της πολύ καλής αντοχής τους σε κόπωση και της υψηλής μηχανικής αντοχής τους σε χαμηλές θερμοκρασίες (π.χ. δεξαμενές υγρού υδρογόνου).

##### **✚ Σειρά κραμάτων αλουμινίου 6000**

Πρόκειται για κράματα Al – Mg – Si. Η σκλήρυνση της δομής τους οφείλεται στο σχηματισμό της ένωσης  $\text{Mg}_2\text{Si}$ , στην οποία, συνήθως μετέχει το σύνολο της μάζας των στοιχείων Mg και Si, με λόγο μαζών (Mg/Si) ίσο προς 1,73. Κάποια περίσσεια Si βελτιώνει σε μερικά κράματα της σειράς τις μηχανικές τους ιδιότητες, σε βάρος όμως της αντοχής τους σε διάβρωση.

Ορισμένα κράματα της σειράς αυτής, περιέχουν προσθήκες Mn, σε ποσοστό μικρότερο του 0,8%, και Cr, σε ποσοστό μικρότερο του 0,3%. Αυτές οι προσθήκες, συντελούν στη βελτίωση της μηχανικής αντοχής, της δυσθραυστότητας και υποβοηθούν την εκλέπτυνση των κόκκων.

Η προσθήκη χαλκού βελτιώνει, επίσης, τις μηχανικές ιδιότητες του κράματος, ωστόσο το ποσοστό του θα πρέπει να παραμείνει μικρότερο του 0,5%, λόγω της ταυτόχρονης μείωσης της αντοχής σε διάβρωση που προκαλεί.



Τα κράματα της σειράς 6000 μορφοποιούνται εν θερμώ και συγκολλώνται εύκολα, συγχρόνως δε παρουσιάζουν καλή μηχανική συμπεριφορά σε χαμηλές θερμοκρασίες, αλλά η χρήση τους περιορίζεται μέχρι τους 150° C. Τέλος, παρουσιάζουν εξαιρετική αντοχή σε ατμοσφαιρική διάβρωση και σε διάβρωση υπό μηχανική καταπόνηση.

#### **✚ Σειρά κραμάτων αλουμινίου 7000**

Πρόκειται για κράματα Al – Zn – Mg και για κράματα Al – Zn – Mg – Cu. Αυτά, μετά από κατάλληλες θερμικές κατεργασίες, παρουσιάζουν τις καλύτερες μηχανικές ιδιότητες από όλα τα κράματα αλουμινίου. Το ποσοστό του Zn μεταβάλλεται από 4 – 8% και αυτό του Mg από 1 – 3%.

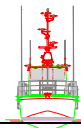
Η επιτυγχανόμενη σκλήρυνση δομής οφείλεται κυρίως στην κατακρήμνιση της ένωσης MgZn<sub>2</sub>. Προσθήκη χαλκού, σε ποσοστό μικρότερο του 2%, προκαλεί σκλήρυνση λόγω της δημιουργίας στερεού διαλύματος και κατακρήμνισης. Ωστόσο, η παρουσία χαλκού, μειώνει την εμβαπτότητα, τη συγκολλησιμότητα και τη δυσθραυστότητα των κραμάτων Al – Mg – Zn. Παρουσία χρωμίου, σε ποσοστό μικρότερο του 0,3% βελτιώνει την αντοχή των κραμάτων αυτών σε διάβρωση υπό μηχανική καταπόνηση, ενώ η παρουσία Zr βελτιώνει τη συγκολλησιμότητα τους.

Τα κράματα της σειράς 7000 υποβάλλονται εύκολα σε θερμικές κατεργασίες, λόγω του μεγάλου θερμοκρασιακού εύρους της περιοχής ομογενοποίησής τους, της καλής τους εμβαπτότητας - ενίοτε η βαφή πραγματοποιείται στον αέρα – και των σχετικά χαμηλών θερμοκρασιών γήρανσης, - από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος στους 160° C. Λόγω του συνόλου των ιδιοτήτων αυτών, τα χαρακτηριστικά των κραμάτων της σειράς 7000 δεν αλλοιώνονται κατά τη συγκολλησή τους. Ωστόσο, η συγκολλησιμότητα τους παραμένει μέτρια. Το κυριότερο μειονέκτημα των κραμάτων της σειράς αυτής είναι η μειωμένη αντοχή εν θερμώ, έτσι, η θερμοκρασία χρήσης τους παραμένει χαμηλή (έως 120° C).

Τα κράματα του αλουμινίου της σειράς 7000 χρησιμοποιούνται, κυρίως, στην κατασκευή δομικών στοιχείων αεροσκαφών και τμημάτων κατασκευών που υφίστανται ισχυρή καταπόνηση, όπου απαιτούνται υψηλή μηχανική αντοχή και αντοχή σε διάβρωση.

### **4.7 Τα ναυπηγικά κράματα του αλουμινίου**

Στις ναυπηγικές κατασκευές, ο πιο σημαντικός παράγοντας για την επιλογή του υλικού είναι το ξεχωριστό περιβάλλον στο οποίο αυτές θα λειτουργήσουν. Το θαλάσσιο περιβάλλον, όπως είναι γνωστό, είναι ιδιαίτερα διαβρωτικό. Έτσι, και στην περίπτωση των κραμάτων του αλουμινίου, οι αυξημένες απαιτήσεις για υψηλή μηχανική αντοχή και για αντοχή σε διάβρωση επιβάλουν την επιλογή, κυρίως, των κραμάτων διαμόρφωσης των σειρών 5000 (Al-Mg) και 6000 (Al-Mg-Si). Τα κράματα αυτά οφείλουν τον καλό – ως εξαιρετικό – αντιδιαβρωτικό τους χαρακτήρα, στα βασικά κραματικά τους στοιχεία (Mg και Si). Ορισμένα από τα κράματα των



σειρών αυτών που βρίσκουν εφαρμογές στη ναυπηγική είναι τα 5083, 5383, 5086, 5454, 5456, 6061, 6063 κ.α..

Για κατασκευές που θα αντιμετωπίσουν υπηρεσιακές θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 65°C χρησιμοποιείται το κράμα 5454, το οποίο είναι ανθεκτικό στη διάβρωση με μηχανική καταπόνηση που οδηγεί σε ρωγμάτωση. Τέλος, τα κράματα 5086, 5083 και 5456 στην κατεργασία H-116 χρησιμοποιούνται εκεί που απαιτούνται υψηλές αντοχές, καλή συγκολλησιμότητα και εξαιρετική αντοχή σε διάβρωση. Τυπικές εφαρμογές είναι γάστρες πλοίων, καταστρώματα, φράκτες, ιστοί, πύργοι, δεξαμενές, αμφίβια σκάφη κτλ.

Από τα θερμικά κατεργασμένα κράματα αλουμινίου αυτά που χρησιμοποιούνται κυρίως στη ναυπηγική είναι τα 6061, 6082, 6069, 6111 κ.α., σε κατεργασίες κυρίως T4 και T6. Από το κράμα αυτό κατασκευάζονται διάφοροι μορφοδοκοί που χρησιμοποιούνται ως ενισχυτικά των ελασμάτων. Τέλος, η εφαρμογή των κραμάτων αλουμινίου σε άλλους τομείς της βιομηχανίας εκτός της ναυπηγικής βιομηχανίας είναι εκτεταμένη.

## 4.8 Συγκολλήσεις ναυπηγικών κραμάτων αλουμινίου

### 4.8.1 Μέθοδοι συγκόλλησης

Οι κυριότερες από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται στις συγκολλήσεις των ναυπηγικών κραμάτων αλουμινίου είναι:

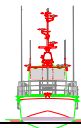
- Συγκόλληση με ηλεκτρόδιο βολφραμίου και προστασία αερίου (GTAW)
- Συγκόλληση με τηκόμενο ηλεκτρόδιο και προστασία αερίου (GMAW)
- Συγκόλληση με τόξο πλάσματος
- Συγκόλληση με δέσμη λέιζερ
- Συγκόλληση με τριβή

#### 4.8.1.1 Συγκόλληση με τριβή (Friction Stir Welding – FSW)

Προκειμένου για τη συγκόλληση με τριβή των κραμάτων του αλουμινίου χρησιμοποιείται μια νέα τεχνική, η οποία επινοήθηκε και κατοχυρώθηκε από το Welding Institute. Πρόκειται για μια τεχνική συγκόλλησης στερεής κατάστασης, κατά την οποία ένα περιστρεφόμενο εργαλείο περνά κατά μήκος των ακμών των τεμαχίων που πρόκειται να συγκολληθούν. Η θερμότητα, που αναπτύσσεται λόγω τριβής, μαλακώνει το υλικό των ακμών του κάθε τεμαχίου το οποίο παρασύρεται από το περιστρεφόμενο εργαλείο, στροβιλίζεται, αναμιγνύεται και τελικά δημιουργεί τη ραφή μεταξύ των δύο κομματιών.

#### 4.8.1.2 Συγκόλληση με δέσμη λέιζερ

Η συγκόλληση με δέσμη λέιζερ γίνεται με τη βοήθεια της θερμότητας που παράγεται από μια ισχυρή δέσμη φωτός που προσκρούει πάνω στις επιφάνειες των υπό συγκόλληση μετάλλων. Όταν η δέσμη προσκρούει στην επιφάνεια του μετάλλου, μέρος αυτής απορροφάται και μέρος της ανακλάται. Το ποσοστό της ενέργειας που απορροφάται από το μέταλλο εξαρτάται από τα



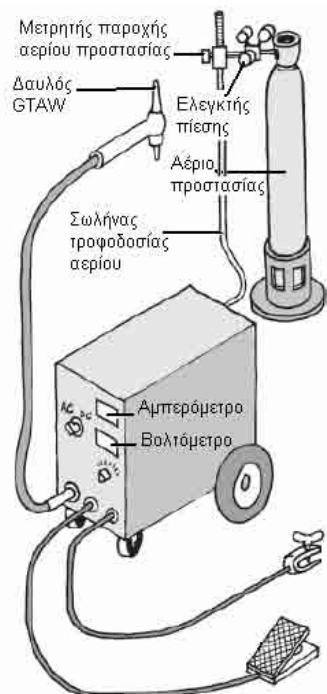
αντανακλαστικά χαρακτηριστικά του προς συγκόλληση μετάλλου, την κατάσταση και προετοιμασία της επιφάνειας του μετάλλου και τη γωνία πρόσπτωσης της δέσμης. Το αλουμίνιο έχει υψηλή αντανακλαστικότητα (περίπου 90%) στην ορατή και υπέρυθη ακτινοβολία. Για αυτό το λόγο η δέσμη λέιζερ απαιτείται να είναι πολύ υψηλής συχνότητας για να συγκολλήσει αλουμίνιο.

#### 4.8.1.3 Συγκόλληση με τόξο πλάσματος

Η συγκόλληση με τόξο πλάσματος εξελίχθηκε από τη συγκόλληση με ηλεκτρόδιο βολφραμίου και προστασία αερίου. Στην συγκόλληση με τόξο πλάσματος το τόξο δεν δημιουργείται ελεύθερα μεταξύ του μη τηκόμενου ηλεκτροδίου και του υπό συγκόλληση μετάλλου, αλλά περιορίζεται από μια επιπρόσθετη ροή ενός αλλού αερίου. Το αέριο αυτό ονομάζεται πλάσμα ή κεντρικό αέριο, είναι ιονισμένο αέριο και έχει πολύ μεγάλη πυκνότητα ενέργειας λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών που διατηρεί, εξ' αιτίας της διοχέτευσης του ηλεκτρικού ρεύματος, της τάξης των 15.000 – 20.000 K.

#### 4.8.1.4 Συγκόλληση με ηλεκτρόδιο βολφραμίου και προστασία αερίου (GTAW)

Κατά τη μέθοδο συγκόλλησης GTAW το ηλεκτρόδιο είναι από μη τηκόμενο βολφράμιο, ενώ χρησιμοποιείται και αέριο προστασίας διαφορετικό ανάλογα με το προς συγκόλληση υλικό. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και προστιθέμενο μέταλλο.



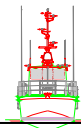
(α) (β)



**Σχήμα 4.3**

**α) Σκαρίφημα της διάταξης που χρησιμοποιείται στη μέθοδο συγκόλλησης GTAW**

**β) Συγκολλητής την ώρα που κολλά με τη μέθοδο συγκόλλησης GTAW**

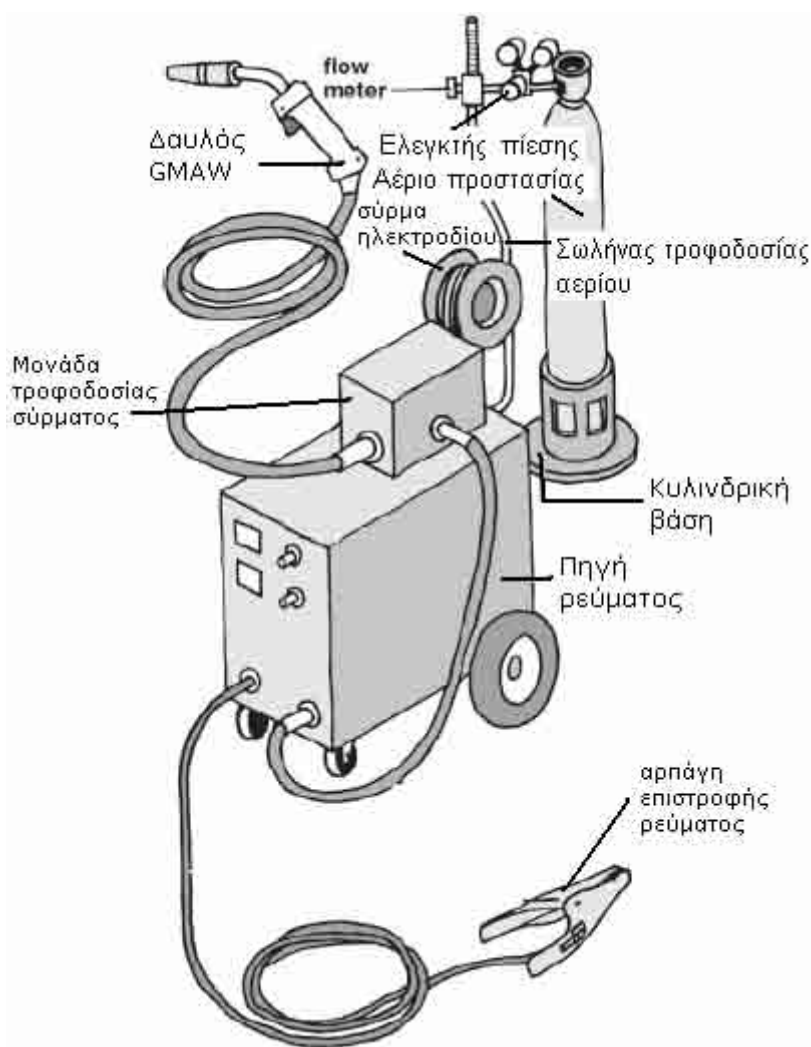


Υπάρχουν διάφορα πιστόλια συγκόλλησης, όπως τα αερόψυκτα, τα υδρόψυκτα και αλλά που διαθέτουν ρυθμιστή της παροχής του αερίου προστασίας.

Η συγκόλληση με ηλεκτρόδιο βολφραμίου και προστασία αερίου μπορεί να γίνει τόσο με συνεχές όσο και με εναλλασσόμενο ρεύμα. Τα αέρια που χρησιμοποιούνται είναι το αργό και το ήλιο. Για πάχη μεγαλύτερα των 10 mm χρησιμοποιούνται και μείγματα αργού και ήλιου, τόσο μόνα τους όσο και σε συνδυασμό με υδρογόνο.

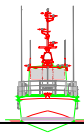
#### 4.8.1.5 Συγκόλληση με τηκόμενο ηλεκτρόδιο και προστασία αερίου (GMAW)

Η μέθοδος χρησιμοποιεί αέριο για την προστασία της συγκόλλησης και η απαιτούμενη θερμότητα παρέχεται από το ηλεκτρικό τόξο που σχηματίζεται μεταξύ ενός τηκόμενου ηλεκτροδίου και των προς συγκόλληση τεμαχίων.



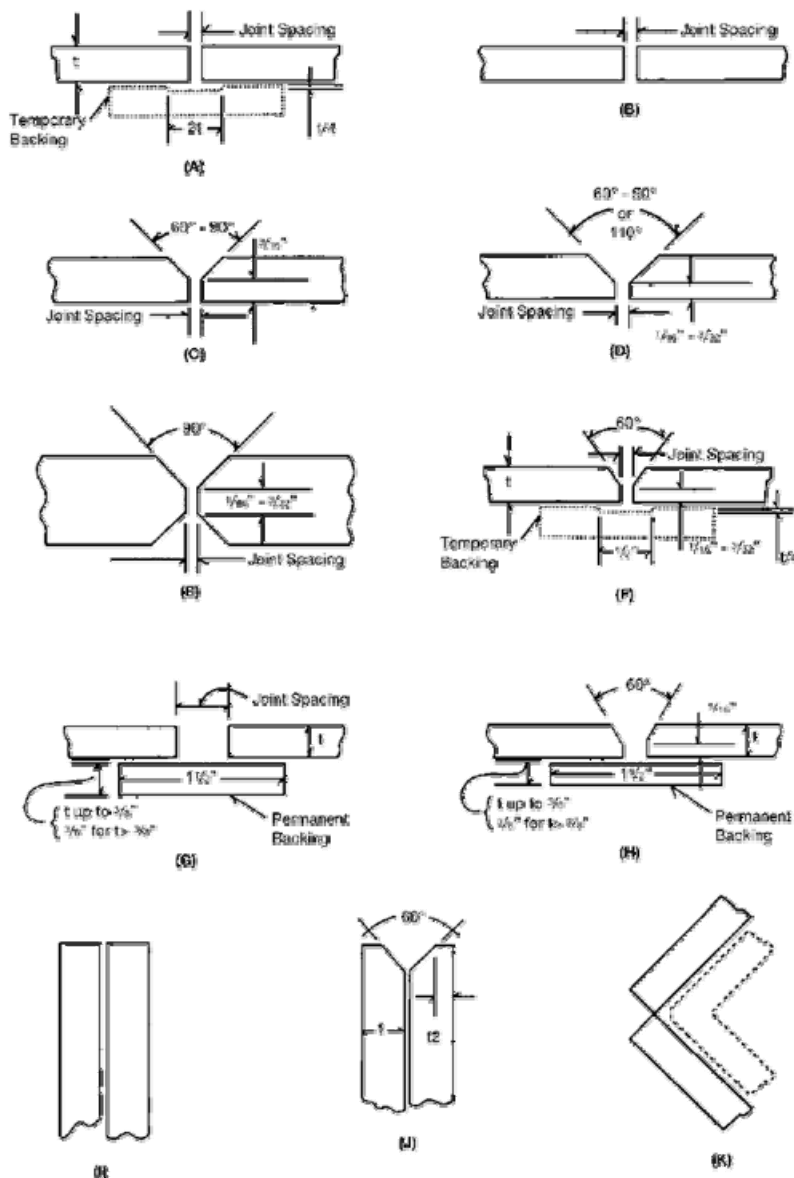
**Σχήμα 4.4 - Σκαρίφημα της διάταξης που χρησιμοποιείται στη μέθοδο συγκόλλησης GMAW**

Για συγκολλήσεις αλουμινίου με χρήση αυτής της μεθόδου, το αέριο αργό, το ήλιο, αλλά και μείγματα αέριων αργού / ήλιου έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικά.

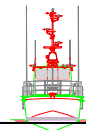


Για την προετοιμασία των ακμών της συγκόλλησης για τη μέθοδο GMAW (όπως και για την GTAW) υπάρχουν συγκεκριμένες προδιαγραφές. Σε συγκολλήσεις μιας στρώσης, για καλύτερο σχηματισμό της ρίζας της συγκόλλησης θα πρέπει να γίνεται διαμόρφωση της ακμής, εάν αυτό είναι δυνατό.

Ακόμη οι ακμές της συγκόλλησης θα πρέπει να είναι απαλλαγμένες από λαδιά ή γράσα, το στρώμα οξειδίου του αλουμινίου θα πρέπει να αφαιρείται ακριβώς πριν τη διενέργεια της συγκόλλησης και μάλιστα το υλικό της βούρτσας θα πρέπει να είναι από λευκό μέταλλο (π.χ. ανοξείδωτος χάλυβας). Είναι γνωστό πως αμέσως μετά την αφαίρεση του στρώματος οξειδίου νέο στρώμα δημιουργείται. Βέβαια, είναι πολύ μικρού πάχους και δεν επηρεάζει τη διενέργεια συγκολλήσεων. Στο Σχήμα 4.5 παρακάτω δίνονται οι τυπικές γεωμετρίες συγκόλλησης για τη μέθοδο GMAW.



Σχήμα 4.5- Τυπικές γεωμετρίες συγκόλλησης για τη μέθοδο GMAW [17]



Η προθέρμανση είναι απαραίτητη, εάν δεν παρουσιάζεται η απαραίτητη διείσδυση, εξαιτίας της υψηλής θερμικής αγωγιμότητας του αλουμινίου. Έχει παρατηρηθεί πως το στρώμα οξειδίου του αλουμινίου στις διαμορφωμένες ακμές της συγκόλλησης δεν αυξάνεται υπερβολικά από μεγάλους χρόνους προθέρμανσης ή παρουσία οξυγόνου στο αέριο θέρμανσης. Ακόμη, η επίδραση της θερμοκρασίας προθέρμανσης και του αντίστοιχου χρόνου στις μηχανικές ιδιότητες του υλικού παρατηρείται συγκεκριμένα στα θερμικά κατεργασμένα κράματα και τα κράματα που περιέχουν υψηλά ποσοστά Mg.

Υπάρχουν πιστόλια για χειροκίνητη και ημιαυτόματη συγκόλληση GMAW. Η απαιτούμενη ψύξη του πιστολιού γίνεται ή με το αέριο προστασίας ή με κλειστό κύκλωμα νερού ή και με τα δυο.

Με τη χρήση συνεχούς ρεύματος, το μέταλλο προσθήκης μεταφέρεται διαμέσου του τόξου ως ένα ρεύμα μικρών υπέρθερμων σταγόνων όταν η ένταση και η τάση του ρεύματος βρίσκονται πάνω από ένα όριο. Το όριο αυτό εξαρτάται από το κράμα του μετάλλου προσθήκης, το πάχος και τον ρυθμό τροφοδοσίας. Ο τρόπος αυτός μεταφοράς του υλικού ονομάζεται 'μεταφορά με σταγονίδια (spray transfer)'. Είναι ο πλέον χρησιμοποιούμενος τρόπος μεταφοράς υλικού σε συγκόλληση GMAW.

## 4.8.2 Συγκολλησιμότητα

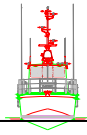
### *Το οξείδιο του αλουμινίου*

Το αλουμίνιο έχει μεγάλη τάση για οξειδωση και οξειδώνεται αμέσως μόλις έρθει σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα σχηματίζοντας επιφανειακό στρώμα  $Al_2O_3$ . Θερμικές κατεργασίες και συνθήκες αποθήκευσης παρουσία υγρασίας αυξάνουν το πάχος του στρώματος οξειδίου. Στην περίπτωση των συγκολλήσεων, το φυσικό οξείδιο, όταν είναι αρκετά λεπτό σε πάχος, μπορεί να απομακρυνθεί εύκολα επιλέγοντας ανάστροφη πολικότητα. Όμως, παχύτερα στρώματα οξειδίου αφαιρούνται είτε με χημικές είτε με μηχανικές μεθόδους πριν τη διενέργεια της συγκόλλησης.

### *Ηλεκτρική αγωγιμότητα*

Η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα των κραμάτων αλουμινίου έχει ως αποτέλεσμα να είναι εφικτή η συγκόλληση των κραμάτων αυτών έχοντας σχετικά μεγάλο μήκος τόξου (σημαντική απόσταση μεταξύ του υλικού και του πιστολιού συγκόλλησης), κάτι που επιτρέπει τη χρήση πιστολιών με σχετικά μακριά κάνη, που οδηγεί καλύτερα το αέριο προστασίας στην περιοχή της συγκόλλησης. Οι μη μαγνητικές ιδιότητες του αλουμινίου ελαχιστοποιούν τα προβλήματα, όπως «φύσημα τόξου», και κάνουν το αλουμίνιο ιδανικό υλικό για σφιχτήρες και εργαλεία όταν γίνονται συγκολλήσεις άλλων υλικών.





### Θερμικά χαρακτηριστικά

Η θερμική αγωγιμότητα του αλουμινίου είναι περίπου 6 φορές υψηλότερη από αυτή του χάλυβα. Παρόλο που η θερμοκρασία τήξης των κραμάτων αλουμινίου είναι χαμηλότερη των σιδηρούχων κραμάτων, υψηλότερες θερμικές παροχές είναι απαραίτητες ώστε να πραγματοποιηθούν οι συγκολλήσεις αλουμινίου, εξαιτίας της μεγάλης θερμικής διάχυσης. Εάν οι συγκολλήσεις αλουμινίου πραγματοποιηθούν με έναν χαμηλό ρυθμό προχώρησης του τόξου, τότε η θερμότητα θα διαχυθεί μπροστά από το τόξο με αποτέλεσμα να απαιτείται συνεχής αλλαγή των παραμέτρων συγκόλλησης. Οι περισσότερες συγκολλήσεις αλουμινίου απαιτούν υψηλή θερμική παροχή με γρήγορη ταχύτητα προχώρησης.

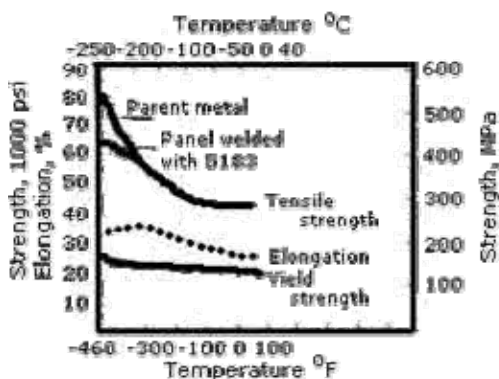
Η θερμική διαστολή του αλουμινίου είναι περίπου διπλάσια από τη διαστολή του χάλυβα και οι συγκολλήσεις αλουμινίου συρρικνώνονται περίπου 6% κατ' όγκο κατά τη διάρκεια της στερεοποίησης. Λεπτά ελάσματα θα πρέπει να πακτώνονται ή να πονταρίζονται, ώστε να διατηρούνται οι ακμές τους στις αρχικές αποστάσεις. Ακόμη, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην αποφυγή δημιουργίας κρατήρα στο πέρας της συγκόλλησης, ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία ρωγμής κρατήρα.

Τέλος, το αλουμίνιο δεν αλλάζει το χρώμα του κατά τη διάρκεια της θερμανσής του. Έτσι, ο συγκολλητής θα πρέπει να έχει την ικανότητα να παρατηρεί την τήξη που δημιουργείται από το τόξο και να ελέγχει το βαθμό τήξης και τη διάρκεια της συγκόλλησης.

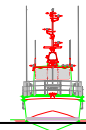
Η συγκολλησιμότητα των κραμάτων του αλουμινίου δεν εξαρτάται από τη μορφή που αυτά βρίσκονται (φύλλα, ράβδοι, σωλήνες, κτλ), αλλά από τη χημική τους σύσταση.

Τα κράματα του αλουμινίου χάνουν ένα μέρος από την αντοχή τους σε θερμοκρασίες πάνω από 200 °C. Τα κράματα της σειράς 2xxx παρουσιάζουν την καλύτερη αντοχή σε θερμοκρασιακές μεταβολές. Με μείωση της θερμοκρασίας τα κράματα αλουμινίου και τα συγκολλημένα τεμάχια κερδίζουν σε αντοχή. Ακόμη, τα κράματα αλουμινίου είτε διατηρούν είτε αυξάνουν την ολκιμότητα τους όσο οι θερμοκρασίες μειώνονται κάτω από τους 50°C.

Τυπικές ιδιότητες του κράματος AA5083 συγκολλημένο με υλικό προσθήκης 5183 φαίνονται στο Σχήμα 4.6. Τα κράματα της σειράς 5xxx (Al-Mg) έχουν ευρύτατη εφαρμογή σε κρυογενικές εφαρμογές και, λόγω του ότι παρουσιάζουν εξαιρετική συγκολλησιμότητα, χρησιμοποιούνται σε δεξαμενές μεταφοράς υγροποιημένων αερίων (LPG carriers και LNG carriers).



**Σχήμα 4.6 - Τυπικές ιδιότητες του κράματος AA5083 συγκολλημένο με υλικό προσθήκης 5183 [18]**



### 4.8.3 Χαρακτηριστικά συγκόλλησης

Όταν τα μη θερμικά κατεργασμένα κράματα αλουμινίου, όπως αυτά της σειράς 5000, συγκολλούνται, συμβαίνουν μεταλλουργικές αλλαγές στη θερμικά επηρεασμένη ζώνη τους που έχει ως συνέπεια, την πτώση της αντοχής στην περιοχή αυτή κατά ένα ποσοστό περίπου 20%. Η μικροδομή της περιοχής αυτής αποτελείται από κιονοειδείς μεγεθυμένους κόκκους με κυψελοειδή ή κιονοειδή δενδριτική δομή, που έχει ενδιάμεσα στους δενδρίτες ευτηκτικά κατακρημνίσματα, κυρίως  $Mg_3Al_2$  για κράματα της σειράς 5xxx.

Τα χαρακτηριστικά διάφορων μη θερμικώς κατεργασμένων κραμάτων φαίνονται στον Πίνακα 4.7 Από τον πίνακα αυτό φαίνεται η επίδραση της σύνθεσης και του είδους της ψυχρής κατεργασίας στις μηχανικές τους ιδιότητες. Τα δυο κράματα της σειράς 5xxx παρουσιάζουν βελτίωση της αντοχής τους σε σχέση με τα κράματα των σειρών 1xxx και 3xxx, χαρακτηριστικό παράδειγμα της επίδρασης του μαγνησίου. Επιπρόσθετα, τα κράματα της σειράς 5xxx με υψηλότερο ποσοστό μαγνησίου έχουν και υψηλότερη αντοχή (για παράδειγμα το κράμα 5083 σε σχέση με το κράμα 5050). Η ίδια παρατήρηση ισχύει και στο συγκολλημένο κράμα. Για παράδειγμα, η συγκόλληση ενός υψηλής περιεκτικότητας σε μαγνήσιο κράματος όπως είναι το κράμα 5083 (4% Mg), είναι ανθεκτικότερη από την συγκόλληση ενός αλλού κράματος της ίδιας σειράς, όπως το 5050 (1% Mg).

Βασικό Μέταλλο	Όριο Διαρροής (MPa)	Όριο Ελαστικότητας (MPa)	Επιμήκυνση σε 50mm %	Υλικό προσθήκης	Όριο Διαρροής (MPa)	Όριο Ελαστικότητας (MPa)	Επιμήκυνση σε 50mm %	Δυναμικότητα συγκόλλησης
1100-0	34	90	35	1100	41	93	23	100
				4043	41	90	21	100
3003-0	41	110	30	1100	41	90	20	81
				4043	48	91	17	83
3003-H18	186	200	4	1100	59	110	15	55
5050-0	55	145	24	5356	55	45	20	100
5050-H32	145	172	9	5356	97	159	15,5	92
				4043	90	152	15	88
5050-H38	200	221	6	5356	97	162	14,5	73
5083-0	145	290	22	5356	145	283	17	98
5083-H32	228	317	16	5356	145	276	16	87
				5183	152	300	12	95

**Πίνακας 4.7 - Χαρακτηριστικά διάφορων μη θερμικώς κατεργασμένων κραμάτων αλουμινίου**



#### 4.8.4 Κριτήρια επιλογής υλικού προσθήκης

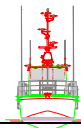
Παράγοντες για την επιλογή του βέλτιστου υλικού προσθήκης αποτελούν η ποιότητα και η αντοχή των συγκολλούμενων υλικών. Στον Πίνακα 4.8 φαίνονται οι χημικές συστάσεις και τα σημεία τήξης των ευρέως χρησιμοποιούμενων υλικών προσθήκης.

Οι κύριοι παράγοντες που τίθενται υπόψη στην επιλογή του κατάλληλου υλικού προσθήκης είναι οι εξής:

- Ευκολία συγκόλλησης και απουσία ρωγμών
- Αντοχή του συγκολλούμενου τεμαχίου
- Ολκιμότητα συγκόλλησης (ductility)
- Θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ζωής της κατασκευής
- Αντίσταση στη διάβρωση
- Χρωματική τακτική βασικού μετάλλου και υλικού προσθήκης μετά την ανοδίωση (anodizing)

Κράμα	Χημική σύσταση % κ.β.								Σημείο τήξης °C
	Al	Si	Cu	Mn	Mg	Cr	Ti	άλλα	
1100	Υπόλ.	-	0.12	-	-	-	-	-	643-657
1188	Υπόλ.	-	-	-	-	-	-	-	657-660
2319	Υπόλ.	-	6.3	0.3	-	-	0.15	0.18Zr,0.1V	543-643
4009	Υπόλ.	5	1.25	-	0.5	-	-	-	546-621
4010	Υπόλ.	7	-	-	0.35	-	-	-	557-613
4011	Υπόλ.	7	-	-	0.58	-	0.12	0.55Be	557-313
4043	Υπόλ.	5.25	-	-	-	-	-	-	574-632
4047	Υπόλ.	12	-	-	-	-	-	-	577-582
4145	Υπόλ.	10	4	-	-	-	-	-	521-585
4643	Υπόλ.	4.1	-	-	0.2	-	-	-	574-635
5183	Υπόλ.	-	-	0.75	4.75	0.15	-	-	579-638
5356	Υπόλ.	-	-	0.12	5	0.12	0.13	-	571-635
5554	Υπόλ.	-	-	0.75	2.7	0.12	0.12	-	602-646
5556	Υπόλ.	-	-	0.75	5.1	0.12	0.12	-	568-635
5654	Υπόλ.	-	-	-	3.5	0.25	0.1	-	593-643
C355.0	Υπόλ.	5	1.25	-	0.5	-	-	-	546-621
A356.0	Υπόλ.	7	-	-	0.35	-	-	-	557-613
A357.0	Υπόλ.	7	-	-	0.58	-	0.12	0.55Be	557-613

**Πίνακας 4.8 - Χημικές συστάσεις & σημεία τήξης, ευρέως χρησιμοποιούμενων υλικών προσθήκης [18]**



Η τελική επιλογή του βέλτιστου υλικού προσθήκης για τη συγκόλληση κραμάτων αλουμινίου ή συνδυασμό κραμάτων θα πρέπει να γίνει μετά από ανάλυση της επιθυμητής συμπεριφοράς σε χρήση της συγκολλητής κατασκευής.

Στον Πίνακα 4.9 δίνονται στοιχεία για την επιλογή του κατάλληλου υλικού προσθήκης για τη συγκόλληση τόσο κραμάτων όσο και συνδυασμού κραμάτων.

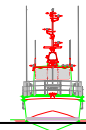
5454	5154-5254	5086	5083	5052-5652	5005-5050	3004	2219-2519	2014-2036	1100-3003	1060-1070-1080-1350
4043	4043	5356	5356	4043	1100	4043	4045	4145	1100	1188
4043	4043	5356	5356	4043	4043	4043	4145	4145	1100	-
-	-	-	-	-	-	-	4145	4145	-	-
4043	4043	4043	4043	4043	4043	4043	2319	-	-	-
5654	5654	5356	5356	4043	4043	4043	-	-	-	-
5654	5654	5356	5356	4043	4043	-	-	-	-	-
5654	5654	5356	5356	5654	-	-	-	-	-	-
5356	5356	5356	5183	-	-	-	-	-	-	-
5356	5356	5356	-	-	-	-	-	-	-	-
5654	5354	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5554	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Πίνακας 4.9 - Επιλογή υλικού προσθήκης για την συγκόλληση κραμάτων [19]**

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί πως το υλικό προσθήκης αποθηκεύεται σε πλαστικές θήκες κλεισμένες αεροστεγώς. Το καλύτερο μέρος για αποθήκευση είναι σε ξηρό και θερμαινόμενο μέρος. Εάν αποθηκευθεί σε μη θερμαινόμενο μέρος, θα πρέπει να μεταφερθεί στον χώρο παραγωγής και να αφηθεί ώστε να έρθει στην ίδια θερμοκρασία προτού ανοιχθεί. Εάν η θερμοκρασία του ηλεκτροδίου είναι πάνω από 9°C χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του χώρου και ανοιχθεί από την αεροστεγή συσκευασία, τότε υγρασία από την ατμόσφαιρα θα προσκολληθεί στο ηλεκτρόδιο, σχηματίζοντας ενυδατωμένο οξείδιο. Τα κράματα Al-Mg είναι περισσότερο ευαίσθητα σε αυτή την περίπτωση και μάλιστα μπορεί να προκαλέσουν εκτεταμένο πορώδες στη συγκόλληση. Ως λύση για το παραπάνω πρόβλημα συνιστάται η θέρμανση και ο έλεγχος της υγρασίας του χώρου με ειδικές συσκευές.

Η αντοχή της συγκόλλησης είναι άλλος ένα κύριος παράγοντας επιλογής υλικού προσθήκης. Η θερμότητα κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης «μαλακώνει» το κράμα στην περιοχή που άπτεται της ζώνης τήξης. Στα μη θερμικά κατεργασμένα κράματα η ζώνη που άπτεται της συγκόλλησης ανακρυσταλλώνεται πλήρως. Λίγα δευτερόλεπτα παραμονής σε θερμοκρασία πάνω από 345 °C αφαιρεί οποιαδήποτε κατεργασία σκλήρυνσης έχει υποστεί το κράμα σε περιοχή από 25 mm έως 38 mm από τη συγκόλληση σε οποιαδήποτε κατεύθυνση.

Η μέθοδος και η διαδικασία συγκόλλησης επηρεάζουν ελάχιστα την αντοχή της συγκόλλησης. Απλά επηρεάζουν το πλάτος της θερμικά επηρεασμένης ζώνης.



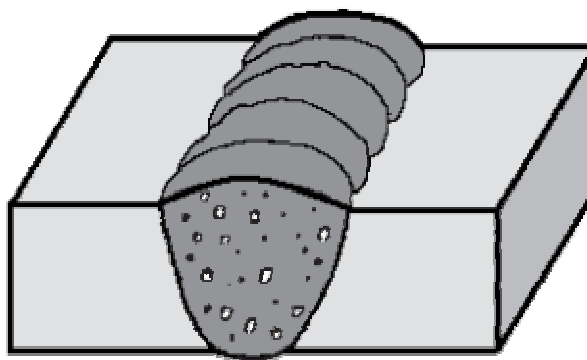
### Σφάλματα συγκολλήσεων και τρόποι αποφυγής

Τα κυριότερα σφάλματα που παρατηρούνται στην περιοχή της συγκόλλησης είναι επιγραμματικά τα παρακάτω:

- Πορώδες (porosity)
- Ατελής τήξη (lack of fusion)
- Ατελής διείσδυση (incomplete penetration)
- Ρωγμές (cracks)
- Στέρεα εγκλείσματα (inclusions)
- Υποκοπές (undercut)

#### Πορώδες

Το πορώδες είναι ένα από τα πιο κοινά προβλήματα σε μια συγκόλληση. Η αιτία εμφάνισης πορώδους σε μια συγκόλληση είναι η εισχώρηση υδρογόνου στο τηγμένο μέταλλο.



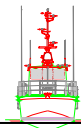
**Σχήμα 4.7 Πορώδες σε τομή συγκόλλησης**

Καθώς το μέταλλο στερεοποιείται, πόροι δημιουργούνται όταν διαλυμένα αέρια εξακολουθούν να υπάρχουν σε ποσότητες μεγαλύτερες από αυτές που τους επιτρέπει η διαλυτοτητά τους στο στερεό πια μέταλλο. Μάλιστα η διαλυτότητα του υδρογόνου στο στερεό μέταλλο μειώνεται δραστικά σε σχέση με τη διαλυτοτητά του στο τήγμα.

Το υδρογόνο προέρχεται από ακαθαρσίες (λάδια ή γράσο) ή υγρασία κοντά ή μέσα στη ζώνη συγκόλλησης κατά τη διάρκεια αυτής. Υδρογόνο μπορεί να υπάρχει και σε ακαθαρσίες του προστιθέμενου μετάλλου, εάν αυτό δεν έχει καθαριστεί επιμελώς πριν από τη συγκόλληση.

Για να αποφευχθεί το πορώδες σε μια συγκόλληση θα πρέπει:

- Να γίνει επιμελής καθαρισμός των προς συγκόλληση επιφανειών με αλκοόλη ή άλλο καθαριστικό πριν τη διενέργεια της συγκόλλησης
- Να χρησιμοποιηθεί αέριο προστασίας υψηλής καθαρότητας

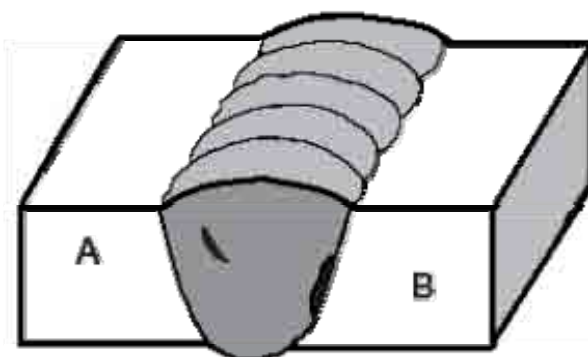


Το πορώδες μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ανάλογα με το μέγεθος του πόρου και την περιοχή της συγκόλλησης που βρίσκεται. Μικροί και διασκορπισμένοι πόροι είναι λιγότερο επιβλαβείς από μεγάλους σε μέγεθος πόρους που βρίσκονται συγκεντρωμένοι ή ευθυγραμμισμένοι. Οι συγκεντρωμένοι πόροι οφείλουν το λόγο υπάρξής τους, κατά κύριο λόγο, σε μεταβολές στις παραμέτρους συγκόλλησης. Οι ευθυγραμμισμένοι πόροι συνδέονται κυρίως με άλλα προβλήματα, όπως την ατελή διείσδυση και την ατελή τήξη.

Το πορώδες μπορεί εύκολα να εντοπιστεί με καταστροφικές και μη μεθόδους. Κυρίως χρησιμοποιείται ο ραδιογραφικός έλεγχος.

### Ατελής τήξη

Με τον όρο ατελής τήξη εννοείται η μη επίτευξη πλήρους τήξης του μετάλλου συγκόλλησης με το βασικό μέταλλο, ή των στρώσεων μετάλλου συγκόλλησης μεταξύ τους.



**Σχήμα 4.8 Ατελής τήξη (Α) στο μέταλλο συγκόλλησης (Β) στις παρυφές με το μέταλλο βάσης**

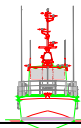
Τα σφάλμα αυτό μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε σημείο της συγκόλλησης. Με άλλα λόγια, όταν παρατηρείται ατελής τήξη σημαίνει ότι το απόθεμα συγκόλλησης δεν «γέμισε» εντελώς όλο το χώρο μεταξύ των διαμορφωμένων ακμών, ή ότι υπάρχει κενό μεταξύ αποθεμάτων ή στρώσεων, ή ότι υπάρχει κενό στη ρίζα της συγκόλλησης.

Ατελής τήξη μπορεί να προκληθεί από:

- Ανεπαρκή πρόσδοση θερμότητας λόγω χαμηλής έντασης ρεύματος
- Ανεπαρκή προετοιμασία ακμών
- Λανθασμένη τοποθέτηση του πιστολιού συγκόλλησης
- Προσπάθεια συγκόλλησης πάνω σε υπερβολικά οξειδωμένες επιφάνειες
- Συγκόλληση όπου οι ακμές έχουν πολύ μικρό διάκενο
- Ανεπαρκής αφαίρεση του στρώματος οξειδίου
- Ανεπαρκής προστασία με αέριο
- Τρέξιμο τηγμένου μετάλλου μπρος από τη συγκόλληση
- Λόγω κακής τοποθέτησης των προς συγκόλληση τεμαχίων

Η αποφυγή ατελούς τήξης μπορεί να γίνει με:

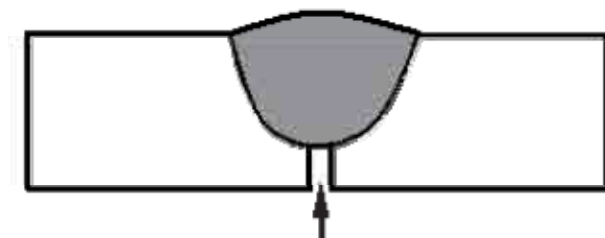
- Πολύ καλό καθαρισμό των επιφανειών που θα συγκολληθούν



- Μηχανουργική κατεργασία των επιφανειών που θα συγκολληθούν πριν τη συγκόλληση
- Αύξηση της γωνίας κατά το φρεζάρισμα των ακμών

#### Ατελής διείσδυση

Ατελής διείσδυση σημαίνει ότι η διείσδυση που επιτεύχθηκε είναι μικρότερη από την απαιτούμενη και επομένως η συγκόλληση δεν είναι επαρκής για την προοριζόμενη εφαρμογή.



**Σχήμα 4.9 Ατελής διείσδυση**

Από καθαρά τεχνική σκοπιά το σφάλμα αυτό μπορεί να συμβεί μόνο στην περίπτωση που η προδιαγραφή της συγκόλλησης απαιτεί διείσδυση του μετάλλου συγκόλλησης πέραν της αρχικής διαμόρφωσης των ακμών των υπό συγκόλληση ελασμάτων. Όταν η συγκόλληση αποτύχει στο να διεισδύσει στην περιοχή της ένωσης, που για την τήξη της απαιτεί διείσδυση, τότε η περιοχή αυτή λέγεται ότι έχει ατελή διείσδυση.

Η ατελής διείσδυση μπορεί να προκληθεί από:

- Λανθασμένη γεωμετρία συγκόλλησης
- Ανεπαρκή πρόσδοση θερμότητας, λόγω χαμηλής έντασης ρεύματος ή υψηλής ταχύτητας συγκόλλησης
- Λανθασμένη διάμετρο ηλεκτροδίου
- Μη ευθυγράμμιση στη συγκόλληση της δεύτερης πλευράς

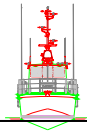
Η αποφυγή ατελούς διείσδυσης μπορεί να γίνει με:

- Αύξηση της έντασης του ρεύματος
- Μείωση της ταχύτητας συγκόλλησης
- Μείωση του πάχους της διαμόρφωσης της ρίζας και, εάν είναι αναγκαίο, χρήση επικαλύπτρας

Το φαινόμενο της ατελούς διείσδυσης είναι πολύ σημαντικό σε περιοχές όπως η ρίζα. Στη ρίζα δημιουργούνται περιοχές συγκέντρωσης τάσεων που μπορούν να προκαλέσουν αστοχία. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο στην περίπτωση που η συγκόλληση πρόκειται να καταπονηθεί με εναλλασσόμενα φορτία, γιατί έτσι μπορεί να προκληθεί ρωγμή που να οδηγήσει σε ταχεία αστοχία.

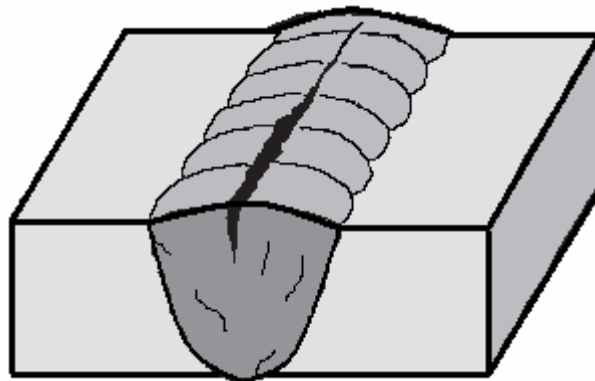
Η ατελής διείσδυση μπορεί να ανιχνευθεί με ραδιογραφικό έλεγχο. Ακόμη μπορεί να ανιχνευθεί με υπερήχους, αρκεί το πάχος του ελάσματος να είναι μικρότερο από 10 mm.

#### Ρωγμές



Η ρωγμή ορίζεται ως μια ασυνέχεια υλικού οφειλόμενη σε θραύση και χαρακτηριζόμενη από οξύ άκρο και μεγάλους λόγους μήκους και πλάτους προς το άνοιγμα της. Οι ρωγμές αποτελούν την πιο επικίνδυνη μορφή σφάλματος στις συγκολλήσεις αλουμινίου αλλά και γενικότερα, γιατί κάτω από κατάλληλες συνθήκες μπορούν να επεκταθούν με μεγάλη ταχύτητα και να προκαλέσουν κατάρρευση της κατασκευής. Οι περισσότερες ρωγμές δημιουργούνται κατά τη διαδικασία της σταθεροποίησης και ψύξης. Κάποιες ρωγμές μπορεί να δημιουργηθούν σε μεταγενέστερο στάδιο, συνήθως όταν εφελκυστικές τάσεις (παροδικές ή μόνιμες) υψηλής έντασης είναι παρούσες. Είναι χρήσιμο να διαχωρίσουμε τα διάφορα είδη ρωγμών σε:

- Ρωγμές στη ζώνη τήξης
- Ρωγμές στη θερμικά επηρεασμένη ζώνη
- Ρωγμές στον κρατήρα



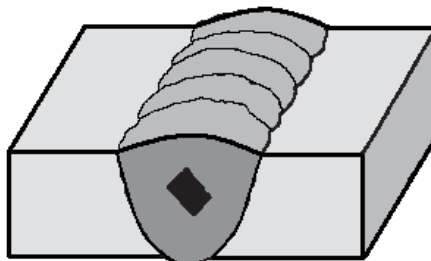
**Σχήμα 4.10 Ρωγμές στη ζώνη τήξης**

#### Στερεά εγκλείσματα

Στερεά εγκλείσματα μπορεί να εμφανιστούν σε συγκολλήσεις αλουμινίου. Στη μέθοδο GTAW το πιο κοινό στερεό έγκλεισμα είναι εγκλείσματα βολφραμίου, που προέρχονται από το ηλεκτρόδιο του πιστολιού συγκόλλησης. Τα εγκλείσματα βολφραμίου οφείλονται σε:

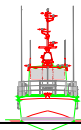
- Πολύ υψηλή ένταση ρεύματος για το συγκεκριμένο ηλεκτρόδιο
- Ασταθές τόξο
- Επαφή του ηλεκτροδίου με το τηγμένο λουτρό ή με το μέταλλο προσθήκης

Στη μέθοδο GMAW εγκλείσματα χαλκού μπορεί να βρεθούν στη ζώνη τήξης από το ακροφύσιο της συγκόλλησης. Τέλος, εγκλείσματα σιδήρου εμφανίζονται όταν κομμάτια από μεταλλικές βούρτσες σπάσουν και εγκλωβιστούν στις διαμορφωμένες ακμές. Τα στέρεα εγκλείσματα εντοπίζονται εύκολα με ραδιογραφία.



**Σχήμα 4.11 Στερεά εγκλείσματα**





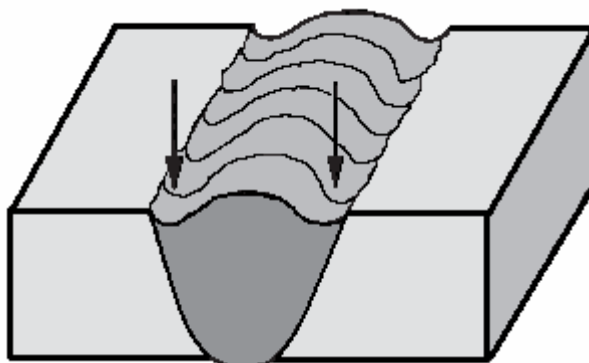
### Υποκοπές

Οι υποκοπές είναι ο σχηματισμός αυλακώσεων στη μια ή και στις δυο πλευρές της συγκόλλησης παράλληλα προς την ένωση του μετάλλου συγκόλλησης και του βασικού μετάλλου.

Οι λόγοι δημιουργίας υποκοπών είναι οι:

- Λανθασμένη τεχνική συγκόλλησης
- Υπερβολικά χαμηλή ένταση ρεύματος ή πολύ χαμηλή ταχύτητα συγκόλλησης

Το σφάλμα της υποκοπής δημιουργεί οξείες εγκοπές στην επιφάνεια των συγκολλήσεων. Αυτό σημαίνει ότι δημιουργούνται περιοχές υψηλής συγκέντρωσης τάσεων, με αποτέλεσμα την πιθανότητα έναρξης ρωγματώσεων που μπορούν να οδηγήσουν σε αστοχία της συγκόλλησης.



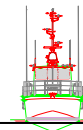
**Σχημα 4.11 Υποκοπές**

### **Προετοιμασία πριν τη συγκόλληση**

#### Επιφανειακή προετοιμασία της συγκόλλησης

Όλα τα επιφανειακά λάδια και λιπαντικά θα πρέπει να αφαιρεθούν από την επιφάνεια των προς συγκόλληση τεμαχίων, ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία πορώδους. Οποιαδήποτε καθαριστικά και χλωριούχα διαλύματα πρέπει να απομονώνονται από την περιοχή της συγκόλλησης, διότι η ακτινοβολία του τόξου μπορεί να δημιουργήσει με αυτές τις ουσίες τοξικά αέρια. Βούρτσες από ανοξείδωτο χάλυβα είναι προτιμητέες για τον καθαρισμό του επιφανειακού οξειδίου του αλουμινίου, διότι αποφεύγεται η εισχώρηση σκουριάς στο υλικό. Εάν χρησιμοποιηθεί μηχανική βούρτσα, θα πρέπει η πίεση που ασκείται να είναι πολύ μικρή, διότι με την υπερβολική πίεση το οξείδιο δεν αφαιρείται αλλά εισχωρεί στο μέταλλο περισσότερο, αυξάνοντας τις ατέλειες της συγκόλλησης. Η επιφανειακή υγρασία μπορεί να απομακρυνθεί με ελαφρά θέρμανση πριν τη συγκόλληση. Η βέλτιστη συγκόλληση συναντάται όταν το βασικό μέταλλο είναι καθαρό και στεγνό με μια ελάχιστη ποσότητα οξειδίου.

Τέλος, σε συγκολλήσεις με πολλαπλές στρώσεις συνιστάται να καθαρίζεται επιφανειακά η συγκόλληση με βούρτσα ανοξείδωτου χάλυβα, ώστε να απομακρύνονται όλες οι ακαθαρσίες πριν από την επόμενη στρώση.



### Προθέρμανση

Το αλουμίνιο είναι πολύ καλός αγωγός της θερμότητας. Για την αποφυγή λαθών στη συγκόλληση και / ή εμφάνιση πορώδους, εξαιτίας της έντονης διαρροής θερμότητας κατά τη συγκόλληση, απαιτείται ενδεχομένως προθέρμανση – κατά κανόνα με ακετυλένιο και οξυγόνο ή με ακετυλένιο και πεπιεσμένο αέρα.

Η θερμότητα και ο χρόνος προθέρμανσης εξαρτώνται από το κράμα και το πάχος του υλικού του εξαρτήματος, καθώς και από το είδος του αερίου προστασίας. Η πολύ υψηλή θερμοκρασία και ο πολύ μεγάλος χρόνος προθέρμανσης μπορούν να οδηγήσουν, ανάλογα με την κατάσταση παράδοσης, στην αλλοίωση των ιδιοτήτων του υλικού.

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας προθέρμανσης επιτυγχάνεται κατάλληλα με αισθητήρες θερμότητας ή έγχρωμα μολυβδοκόνδυλα, με έγχρωμα καλύμματα σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες.



## 5. Σειρά Ανέγερσης και Προκατασκευής - Build Philosophy

Με τον όρο Build philosophy εννοούμε τον τρόπο και τις διαδικασίες που ακολουθεί ο κατασκευαστής προκειμένου να πραγματοποιήσει όλες τις εργασίες προκατασκευής και ανέγερσης του σκάφους υπό τους περιορισμούς του έργου και του Ναυπηγείου στο οποίο κατασκευάζεται.

Οι παράγοντες οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψη, για ένα κατά το δυνατό άρτιο Build Philosophy, ενός σκάφους είναι πάρα πολλοί και συχνά αντικρουόμενοι μεταξύ τους.

Τα πιο βασικά δεδομένα τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη από τον κατασκευαστή πριν τον σχεδιασμό του Build Philosophy προέρχονται αρχικά από το έργο και είναι :

- Ο χρόνος παράδοσης του έργου
- Το χρονοδιάγραμμα εργασιών που θα ακολουθηθεί για το έργο.
- Οι απαιτήσεις τεχνολογίας οι οποίες απαιτούνται για το έργο .
- Οι απαιτήσεις κατέλκυσης του σκάφους.
- Η πρόβλεψη για κατασκευαστικές αστοχίες κατά τη συναρμολόγηση.
- Το συμβατικό τίμημα κατασκευής και το προβλεπόμενο κέρδος.

Οι παραπάνω απαιτήσεις πρέπει να ικανοποιηθούν υπό τους κάτωθι γενικούς περιορισμούς :

- Της δυναμικότητας του εργοστασίου για κατεργασία της πρώτης ύλης ( Ελάσματα – Μορφοσίδηρα )
- Τον διαθέσιμο χώρο και χρόνο για της εργασίες προκατασκευής
- Τον διαθέσιμο χώρο και χρόνο για τις ανεγέρσεις των υποτομέων
- Ο εξοπλισμός του χώρου και η ανυψωτική ικανότητα των γερανών στο χώρο ανέγερσης- προκατασκευής.
- Η ελαχιστοποίηση του κόστους κατασκευής.
- Η διαθεσιμότητα ανθρώπινων πόρων ανα ειδικότητα

Η διαδικασία μελέτης του Build Philosophy κάθε έργου είναι δεδομένη, καταγράφοντας όσον το δυνατόν σε λεπτομέρεια τις απαιτήσεις του έργου. Πραγματοποιείται ένα αρχικό χρονοδιάγραμμα των βασικών εργασιών που απαιτούνται έως την ανέγερση του σκάφους, μέσα από το οποίο, στη συνέχεια, καταγράφονται ποσοτικά και προσδιορίζονται χρονικά οι απαιτήσεις του έργου ανα φάση κατασκευής σε :

A) Υλικά και πρώτες ύλες

B) Μηχανήματα

Γ) Ανθρώπινους πόρους

Έχοντας για όλα τα ανωτέρω μια εκτίμηση ποσότητας ανα φάση κατασκευής, εξετάζεται η διαθεσιμότητα που δύναται το Ναυπηγείο να παρέχει τους ανωτέρω πόρους ανά φάση κατασκευής και, ανάλογα τον βαθμό που αυτοί ικανοποιούνται, εμμένει στο αρχικό πλάνο κατασκευής, με τον αντίστοιχο χρονοπρογραμματισμό των εργασιών, ή επαναπροσανατολίζεται σε κάποιο άλλο εναλλακτικό σενάριο κατασκευής.



Η διαδικασία αυτή είναι συνεχής και δεν παγιώνετε με την έναρξη του έργου διότι συχνά απρόσμενοι παράγοντες κάνουν τις αρχικές εκτιμήσεις να αστοχούν και ένα νέο Build Philosophy κάνει απαραίτητη την εμφανισή του για τη συνέχεια του έργου.

Τα αρχικά δεδομένα για το συγκεκριμένο έργο ήταν τα κάτωθι:

- A) Η ταυτόχρονη ολοκλήρωση και παράδοση 2 ιδίων σκαφών μέσα σε 6 μήνες κατασκευής.
- B) Η ιδιομορφία τους και οι απαιτήσεις τεχνολογίας, οι οποίες πηγάζουν από την πρώτη ύλη κατασκευής τους (Αλουμίνιο).
- Γ) Ανυψωτική ικανότητα χώρου ανέγερσης – προκατασκευής (min 5 Tn)
- Δ) Ανυψωτική ικανότητα για την καθέλκυση τους (min 23 Tn)

### 5.1 Χώρος κατασκευής

Η κατασκευή τέτοιου μεγέθους αλουμινένιων σκαφών πραγματοποιείται κατά κανόνα σε χώρο κλειστό, άρα αρχικά πρέπει να αποφασιστεί ποιος διαθέσιμος κλειστός χώρος είναι κατάλληλος για τις απαιτήσεις του έργου.

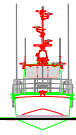
Τα Ναυπηγεία Ελευσίνας διέθεσαν για την κατασκευή έναν πρώην Βιομηχανικό χώρο τους, στον οποίο κατασκευάζονταν τρένα, πλάτους 25m και μήκους 145m συνολικής επικαλυπτόμενης επιφάνειας 3.625 m<sup>2</sup>, ο οποίος και κρίθηκε κατάλληλος για την προκατασκευή και ανέγερση των εν λόγω σκαφών για τους κάτωθι λόγους.

Ο χώρος ήταν κλειστός, στεγανός, με κατάλληλο και επαρκή φωτισμό, παρείχε λήψεις ηλεκτρισμού, αέρα και βιομηχανικών αερίων καθ' όλο το μήκος του κτιρίου για τις εργασίες συγκόλλησης του αλουμινίου, διέθετε στην οροφή του 2 γερανογέφυρες δυναμικότητας 20 tn, μια 5 tn και 3 πλευρικούς γωνιακούς γερανούς 3 tn, 2 στην μια πλευρά του κτιρίου και έναν στην άλλη.

Η κτιριακή αυτή υποδομή εκτιμήθηκε ότι επαρκούσε για την κατεργασία της πρώτης ύλης, την προκατασκευή των σκαφών, άλλα και την τελική ανεγερσή τους χωρίς καμία ουσιαστική δυσκολία, με δεδομένο του ότι το συνολικό βάρος του σκάφους 22 tn θα μπορούσε να ανεγερθεί και να μεταφερθεί με τους υπάρχοντες γερανούς εντός του κτιρίου χωρίς κανένα πρόβλημα.

Η μεταφορά του σκάφους εκτός κτιρίου ήταν δυνατή να πραγματοποιηθεί με υπάρχουσα αυτοκινούμενη κατάλληλη πλατφόρμα που διέθετε το Ναυπηγείο χωρίς κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα.

Το πρόβλημα της γειτνίασης του κτιρίου με χώρο πολύ επιβαρημένο από ρινίσματα σιδήρου μπορούσε να λυθεί με κατάλληλη επικάλυψη, ώστε να διατηρείται κατά το δυνατόν απαλλαγμένος από ρινίσματα και καθαρός. Διέθετε άμεση επικοινωνία με τις μηχανές κοπής για τη μεταφορά της πρώτης ύλης και χώρο ικανό να αποθηκεύσει με ασφάλεια τόσο τις πρώτες ύλες όσο και τα λοιπα υλικά – εξαρτήματα – μηχανισμούς που απαιτούσε η κατασκευή ολόκληρου του σκάφους.



## 5.2 Υποτομείς σκάφους

Με δεδομένη την υποδομή του χώρου τους περιορισμούς και τις δυνατότητες που πηγάζουν από αυτή, το δεύτερο και επίσης σημαντικό στάδιο της μελέτης του *Build Philosophy* ήταν να αποφασιστεί από την παραγωγή ο τρόπος που οι μελετητές θα χωρίσουν το σκάφος σε υποτομείς και ποια μέρη αυτού θα κατασκευαστούν μακρύτερα για την αρτιότητα της τελικής συναρμολογησής του.

Οι λόγοι οι οποίοι οδηγούν τον εκάστοτε κατασκευαστή να αποφασίσει να χτίσει το ναυπήγημα σε μέρη, τα οποία στην συνέχεια θα συναρμολογηθούν σε μεγαλύτερα κομμάτια μέχρι την ολική ανέγερση του σκάφους είναι πολλοί και ποικίλουν από ναυπήγημα σε ναυπήγημα.

Το χρονοδιάγραμμα του παρόντος έργου, η δυναμική της κτιριακής υποδομής, οι διαθέσιμοι πόροι σε μηχανήματα – ανθρώπινο δυναμικό και ο απαραίτητος εξοπλισμός σε ιδιοσκευές που έπρεπε να κατασκευαστούν για την αρτιότητα των σκαφών οδήγησαν στην απόφαση η μεταλλική κατασκευή να χωριστεί σε 3 υποτομείς ως κάτωθι:

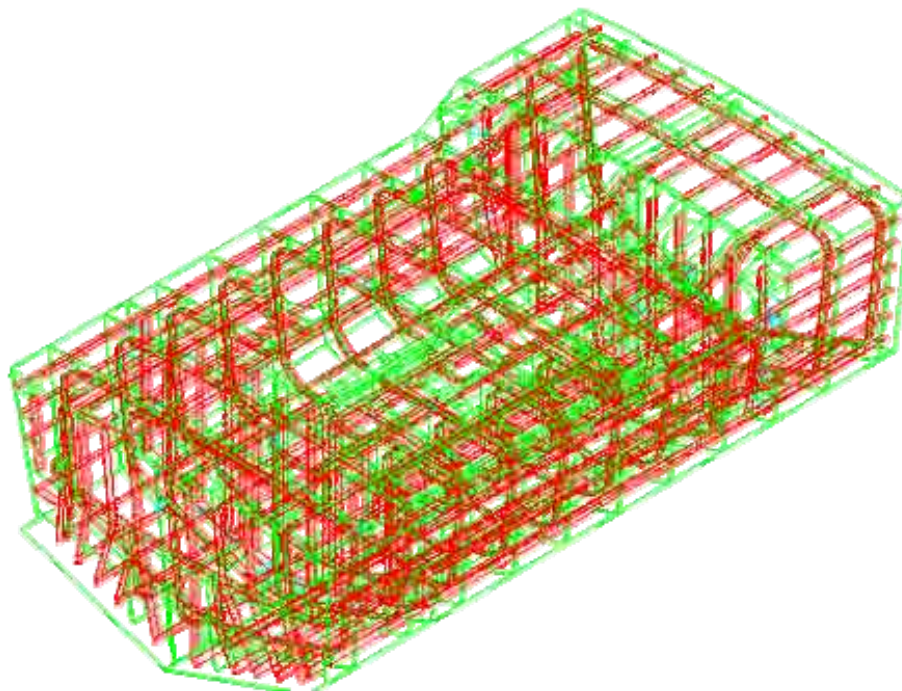
- *S01 ΠΡΥΜΝΑΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ*
- *S02 ΠΛΩΡΑΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ*
- *S03 ΤΟΜΕΑΣ ΥΠΕΡΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ*

Σε συνεργασία με το μελετητικό τμήμα σχεδίασης του σκάφους ορίστηκαν αυτοί οι τομείς διαστασιολογικά, καθορίστηκε ο τρόπος συναρμολογησής τους και αποφασίστηκε ποιοι υποτομείς θα προκατασκευαστούν μακρύτεροι, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα συμμόρφωσης οποιασδήποτε πιθανής κατασκευαστικής αστοχίας.



### 5.2.1 Πρυμναίος Τομέας

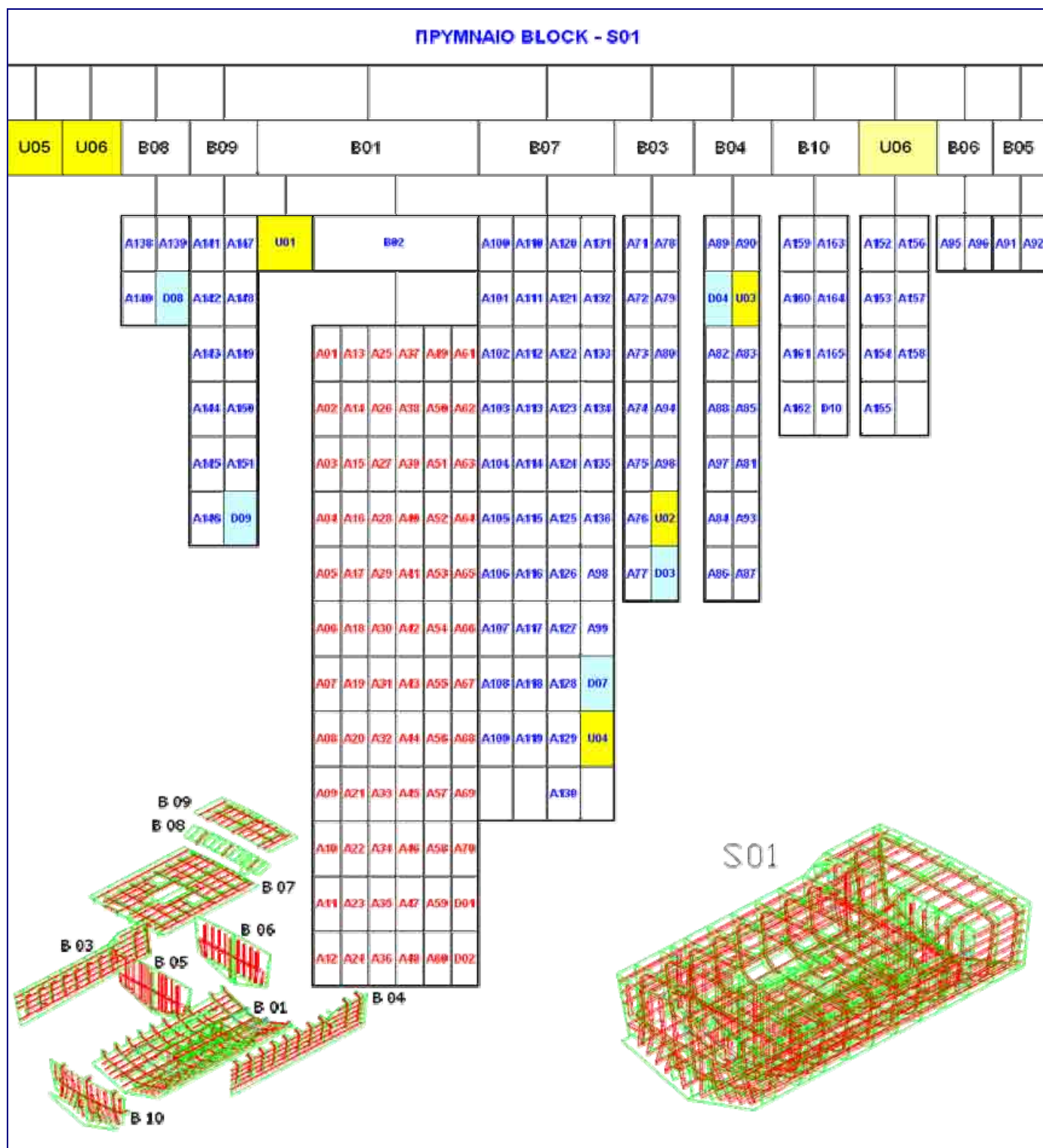
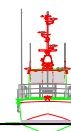
Ο πρυμναίος τομέας περιλάμβανε τον χώρο του μηχανοστάσιου, τον χώρο του συστήματος πηδαλιουχίας και το πρυμναίο κατάστρωμα του σκάφους όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 5.1.



**Σχήμα 5.1 : 3D Μοντέλο Τομέα S01**

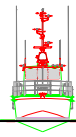
Αυτός με τη σειρά του χωρίστηκε σε υποσυναρμολογήματα με τη βοήθεια του προγράμματος Tribon, για τα οποία, ανάλογα με τη σειρά συναρμολογησής τους, απαιτήθηκε να προκατασκευάσουν μεγαλύτερα ώστε στην τελική συναρμολογησή του με τον πρωραίο τομέα να υπάρχει η δυνατότητα να αποσβεστούν οι διακυμάνσεις του μήκους του από τις συγκολλήσεις. Έτσι τα ελάσματα του εξωτερικού περιβλήματος στο πρωραίο μέρος ήταν κατά 30 mm μακρύτερα ώστε κατά τη συνδεσή του με τον πρωραίο τομέα να κοπούν ανάλογα για την επίτευξη ακρίβειας του ολικού μήκους του σκάφους.

Όπως κάθε υποτομέας, έτσι και αυτός αποτελεί ένα αυτόνομο κατασκεύασμα με το δικό του δέντρο συναρμολόγησης και τα υπο-συγκροτηματά (υπο-συναρμολογηματά) του. Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 5.2) παρουσιάζεται ο κατακερματισμός όλων αυτών των υποσυγκροτημάτων που αποτελούν τον τομέα σε μέρη τα οποία πρέπει η παραγωγή να προκατασκευάσει ολικώς ή μερικώς για τη συναρμολόγηση του.



**Σχήμα 5.2 : Δέντρο Συναρμολόγησης Τομέα S01**

Στο Σχήμα 5.2 παρουσιάζεται το δέντρο συναρμολόγησης, το οποίο επιλέχτηκε για την κατασκευή του υποτομέα S01 με όλα τα υποσυγκροτηματά του. Που θα περιγράψουμε παρακάτω σε λεπτομέρεια.

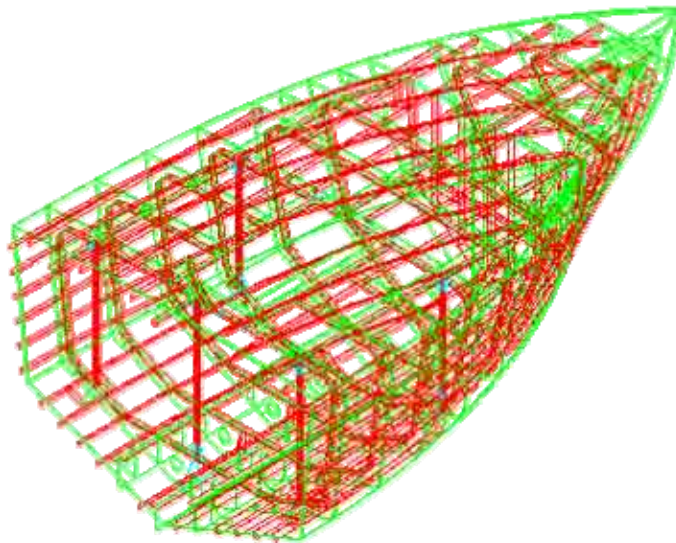


Τα κύρια υπο-συγκροτήματα του τομέα S01 είναι :

1. B01 : Πρυμναίος πυθμένας ( Bottom )
2. B03 & B04 : Πρυμναία Αριστερά και Δεξιά πλευρά ( Port & Starboard Shell )
3. B05 : Πρυμναία Φρακτή Μηχανοστασίου ( Aft Bulkhead of Engine Room )
4. B06 : Πρωραία Φρακτή Μηχανοστασίου
5. B10 : Πρυμναίος Καθρέπτης ( Transom )
6. B07 : Πρυμναίο Κατάστρωμα ( Aft Deck )
7. B08 : Επικλινές Κατάστρωμα ( Angle Deck )
8. B09 : Πρωραίο Κατάστρωμα ( For Deck )

### 5.2.2 Πρωραίος Τομέας

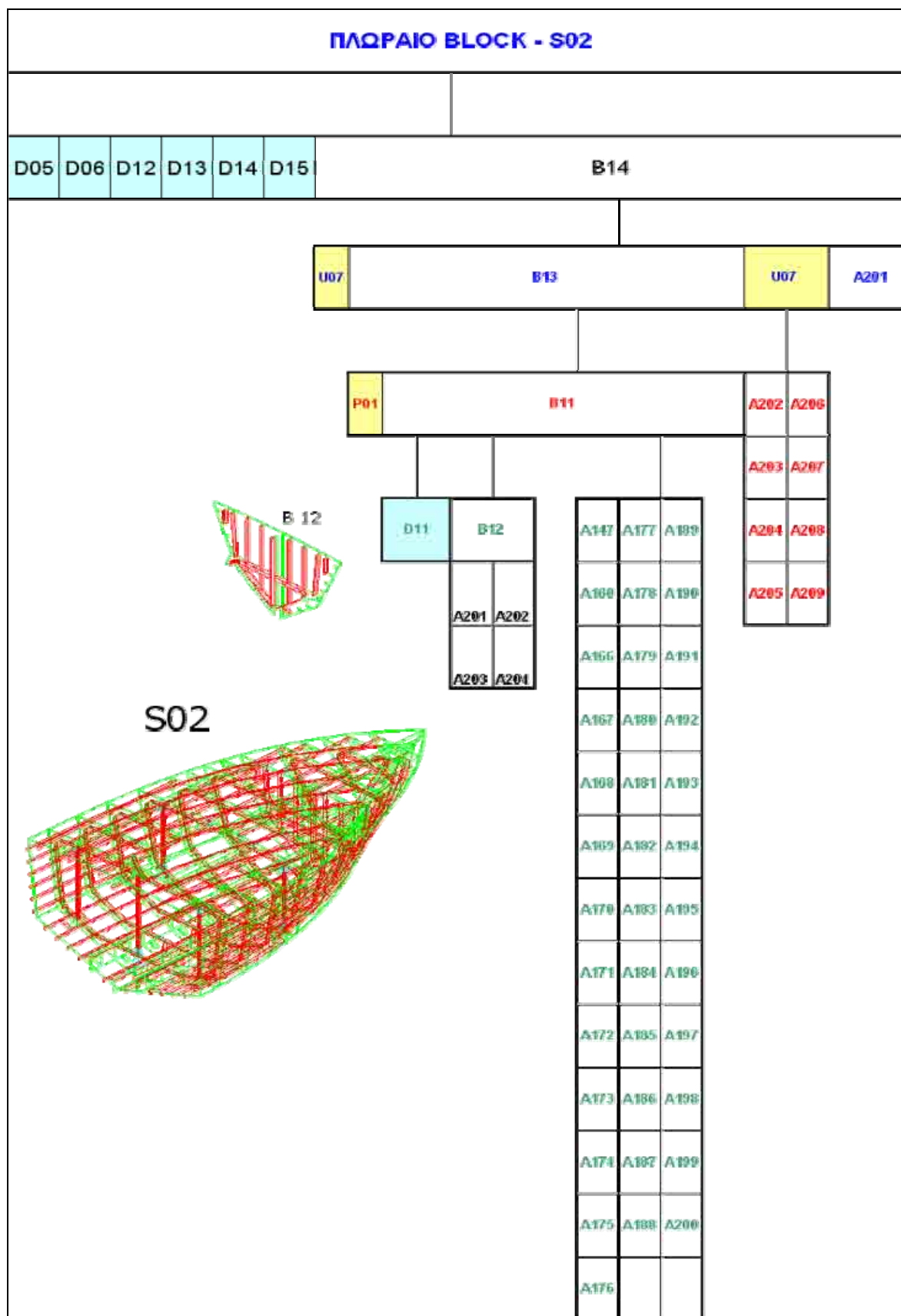
Ο πρωραίος τομέας περιλάμβανε τον χώρο των ενδιστοιχίσεων και τον χώρο του συστήματος αγκυροβολίας όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 5.3



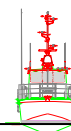
**Σχήμα 5.3 : 3D Μοντέλο Τομέα S02**

Το αντίστοιχο δέντρο συναρμολόγησης για τον πρωραίο τομέα παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.4 με όλα τα υποσυγκροτήματα τα οποία το αποτελούν.





**Σχήμα 5.4 : Δέντρο Συναρμολόγησης Τομέα S02**

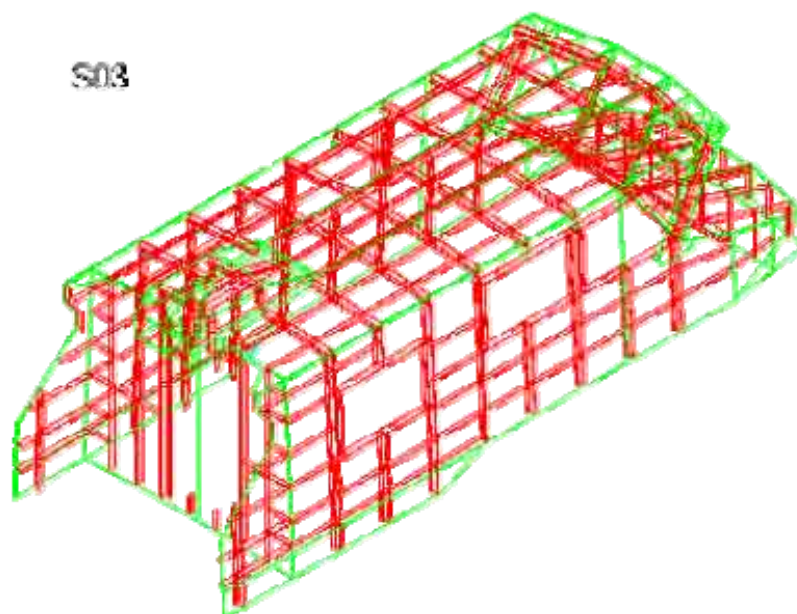


Τα κύρια υπο-συγκροτήματα του τομέα S02 είναι :

1. D11 : Πρωραίο Κατάστρωμα ( For Deck )
2. B12 : Πρωραία Φρακτή ( For Bulkhead )
3. B11 : Οι εγκάρσιοι Τομείς ( Webs )
4. D5-D6-D12-D13-D14-D15: Εξωτερικό Κέλυφος ( External Plate Shell )

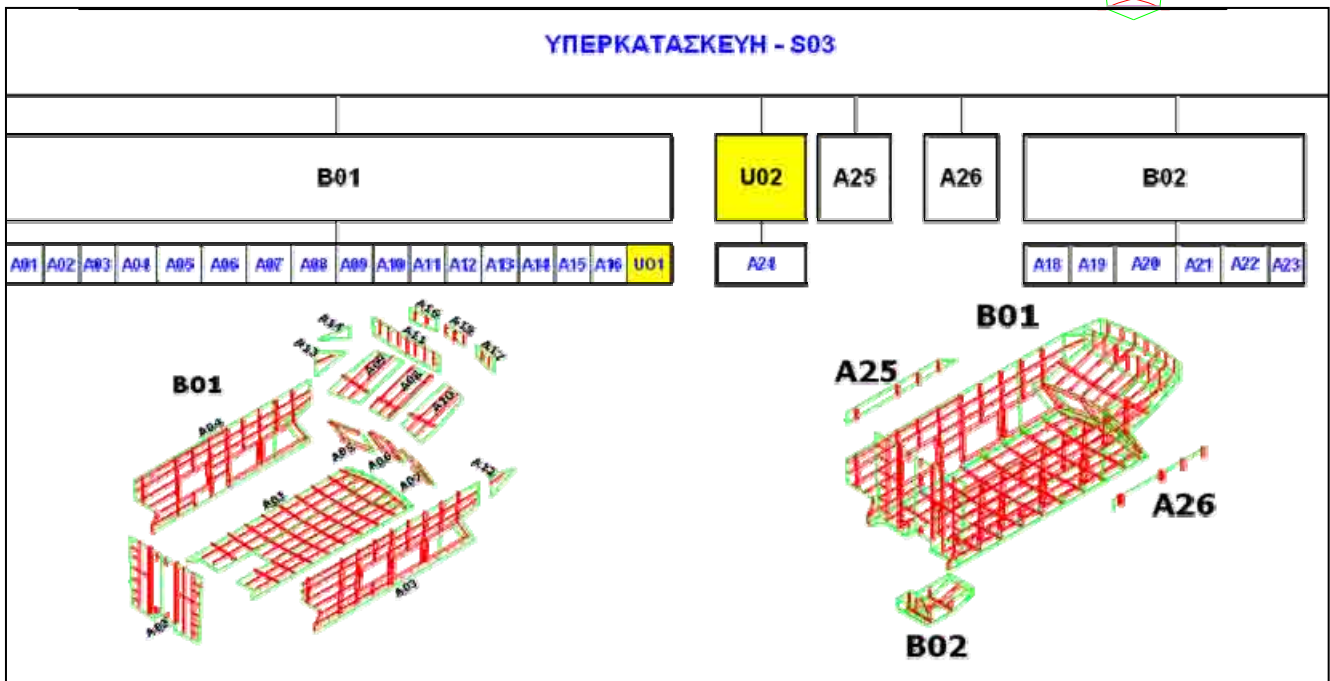
### 5.2.3 Τομέας Υπερκατασκευής

Ο τομέας της Υπερκατασκευής περιλάμβανε τον χώρο διακυβέρνησης του σκάφους, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 5.5



**Σχήμα 5.5 : 3D Μοντέλο Τομέα S03**

Το αντίστοιχο δέντρο συναρμολόγησης για τον τομέα της υπερκατασκευής παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.6 με όλα τα υποσυγκροτήματα τα οποία το αποτελούν.



**Σχήμα 5.6 : Δέντρο Συναρμολόγησης Τομέα S03**

Τα κύρια υπο-συγκροτήματα του τομέα S03 είναι :

1. *B01 : Ολόκληρη η υπερκατασκευή μαζί με τον πρυμναίο καθρέπτη της (Superstructure)*
2. *B02 : Η βάση του Ιστού Πρωραίας Φρακτής ( Base of Main Mast )*
3. *A25- A26 : Τα δυο πλευρά τα οποία ακολουθούν την γωνία του πρυμναίου με το πρωραίο καταστρώματος και τοποθετούνται κατά την ανέγερση της επί πλοίου.*

### 5.3 Προκατασκευή και Ανέγερση Τομέων – Ιδιοσυσκευές Συναρμολόγησης

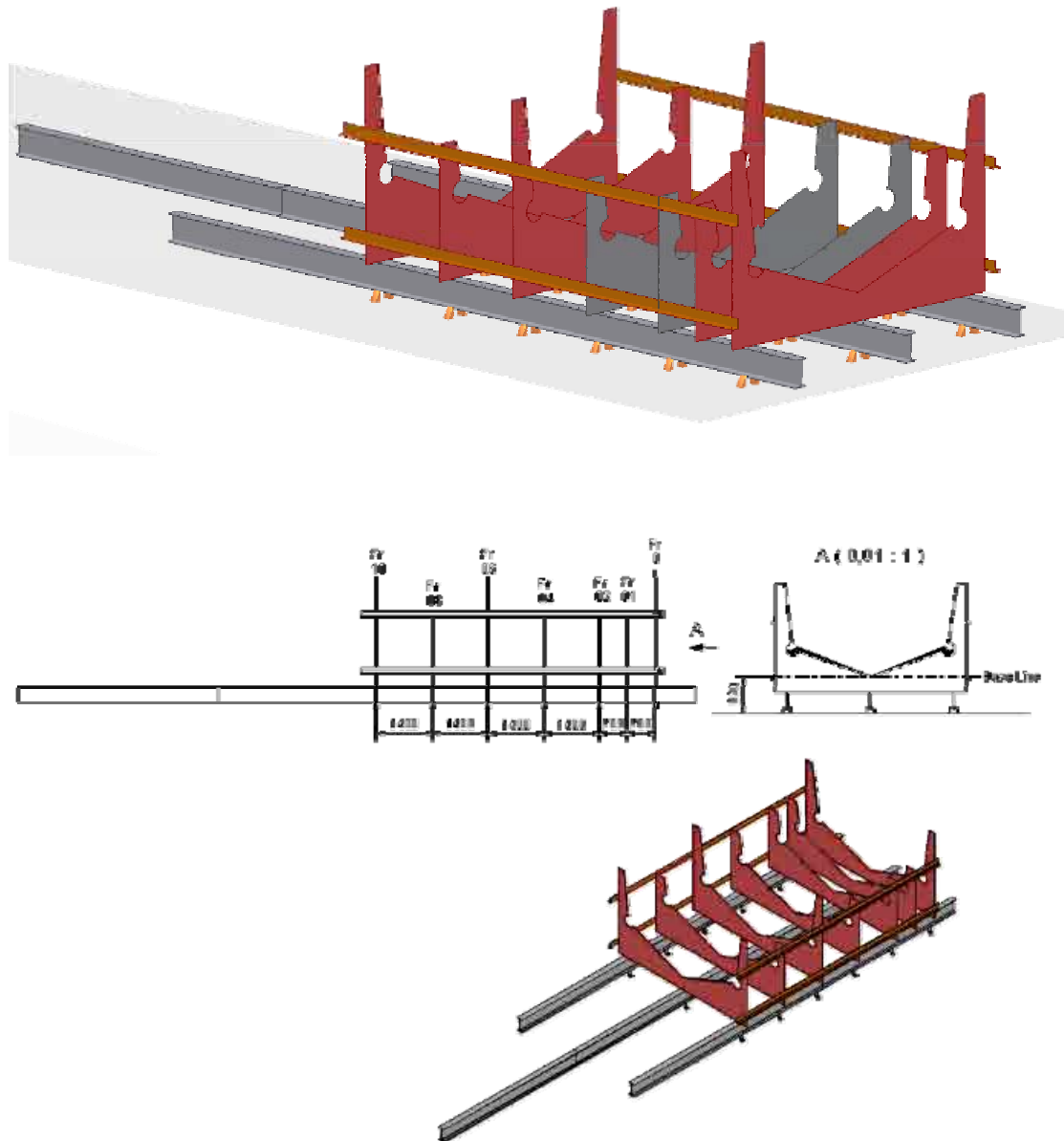
Ένα βασικό σημείο μελέτης του Build Philosophy είναι η σειρά ανέγερσης των τομέων και των υποτομέων και οι ιδιοσυσκευές που απαιτούνται να κατασκευαστούν ώστε να διασφαλισθεί η αρτιότητα των διαστάσεων και της γεωμετρίας του σκάφους στις προβλεπόμενες ανοχές.

#### 5.3.1. Προκατασκευή και ανέγερση του τομέα S01

Ειδικότερα, για την προκατασκευή και ανέγερση το τομέα S01 αποφασίστηκε ότι αυτή θα πραγματοποιηθεί σε φυσική θέση πάνω σε μια ιδιοσυσκευή, η οποία και θα διασφάλιζε τις εξωτερικές διαστάσεις του περιβλήματος του σκάφους από τον πρυμναίο αρχικό νομέα 0 έως τον νομέα 08, όπου και βρίσκεται γεωμετρικά και η πρωραία φρακτή του μηχανοστασίου.



Η ιδιοσυσκευή κατασκευάστηκε από χάλυβα και ευθυγραμμίσθηκε με βάση τη βασική γραμμή κατασκευής (Base Line BL) και πακτώθηκε στο έδαφος με ειδικά αγκύρια ώστε να διασφαλιστεί η σταθερότητα και η ευθυγραμμισή της κατά τη διάρκεια της προκατασκευής και της ανέγερσης του όλου σκάφους. Το ύψος της ιδιοσυσκευής υπολογίσθηκε να είναι τέτοιο ώστε να είναι δυνατή η από κάτω συγκόλληση του σκάφους, αλλά και η μετέπειτα συναρμολόγηση τόσο του αξονικού συστήματος όσο και του συστήματος πηδαλιουχίας (βλ. (Σχήματα 5.7, 5.8 και 5.9)



**Σχήμα 5.7: 3D Σχεδιασμός Ιδιοσυσκευής Προκατασκευής Τομέα S01**

Η αρχιτεκτονική της στηρίχτηκε στη γεωμετρία των νομέων (Frame) 0, 1, 2, 4, 6, 8 και 10 στις αποστάσεις που έχει η θεωρητική κατασκευή (700 mm μεταξύ των νομέων).



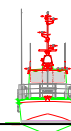
Οι νομείς αυτοί συγκολλήθηκαν πάνω σε διαμήκεις δοκούς τύπου IPE 400 και με μήκος κατάλληλο να υποδεχθεί για τελική συναρμολόγηση τον τομέα S02 και στην συνέχεια και τον S03.



**Σχήμα 5.8: Ιδιοσυσκευή Προκατασκευής Τομέα S01**

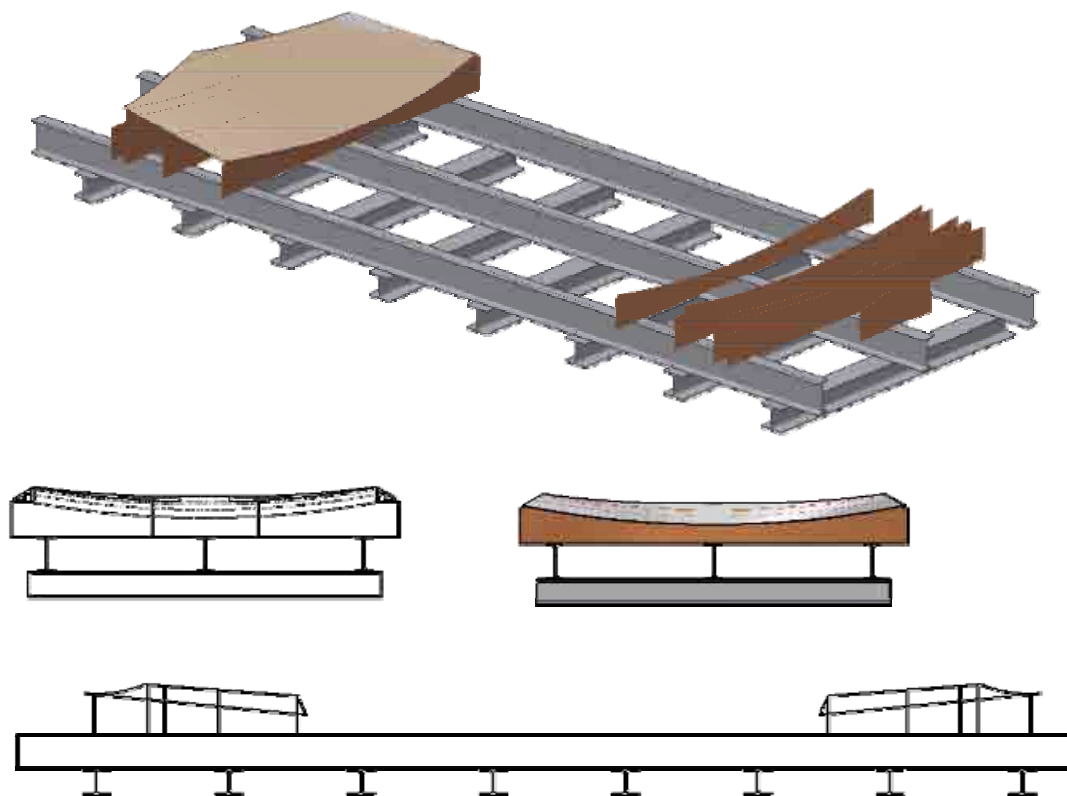


**Σχήμα 5.9: Ιδιοσυσκευή Προκατασκευής Τομέα S01 με τροποποίηση για την συναρμολόγηση Αξονικού Συστήματος.**



Η ανάγκη να διατηρηθεί η γεωμετρική αρτιότητα του υποτομέα B10 (Πρυμναίος Καθρέπτης) οδήγησε στην κατασκευή μιας επιπλέον ιδιοσυσκευής, πάνω στην οποία θα γινόταν ξεχωριστά η προκατασκευή του .

Ακολουθώντας και πάλι τις γραμμές του σκάφους σχεδιάστηκε η ιδιοσυσκευή από χάλυβα με την κατάλληλη βάση της (βλ Σχήματα 5.10 και 5.11).



**Σχήμα 5.10: 3D Σχεδιασμός Ιδιοσυσκευής Προκατασκευής ΥποΤομέα B07 Transom**



**Σχήμα 5.11: Ιδιοσυσκευή Προκατασκευής ΥποΤομέα B07 Transom**

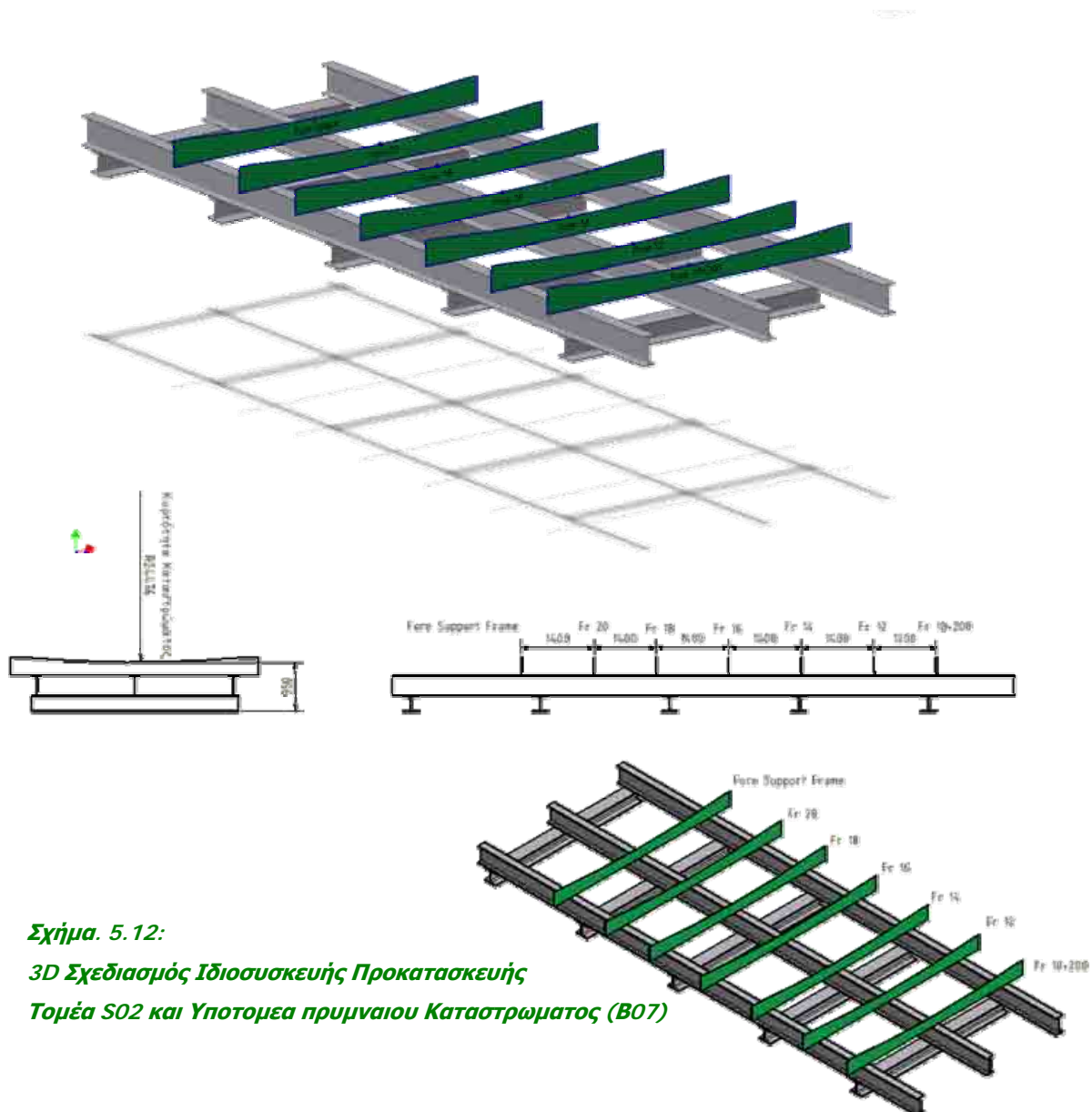


### 5.3.2. Προκατασκευή και ανέγερση του τομέα S02

Η προκατασκευή και η ανέγερση του S02 αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί σε μια δεύτερη κατάλληλα διαμορφωμένη ιδιοσκευή σε ανάποδη θέση, ώστε να διασφαλιστεί η κυρτότητα του καταστρώματος, αλλά και να χρησιμοποιηθεί η ίδια ιδιοσυσκευή για τη μετέπειτα κατασκευή του πρυμναίου καταστρώματος.

Η κατασκευή της πραγματοποιήθηκε από χάλυβα και η αρχιτεκτονική της στηρίχθηκε στην γεωμετρία της κυρτότητας του καταστρώματος. Το συνολικό ύψους της υπολογίστηκε να είναι τέτοιο ώστε να δύναται να πραγματοποιούνται εργασίες και στο κάτω μέρος του προς συναρμολόγηση καταστρώματος είτε αυτό αφορούσε τον τομέα S02 είτε χρησιμοποιούταν για την κατασκευή του πρυμναίου καταστρώματος B07 (βλ Σχήματα 5.12 και 5.13).

Οι νομείς ευθυγραμμίστηκαν ως προς το διάμηκες επίπεδο συμμετρίας (Center Line) με μεταξύ τους απόσταση την απόσταση των νομέων.



**Σχήμα. 5.12:**

**3D Σχεδιασμός Ιδιοσυσκευής Προκατασκευής  
Τομέα S02 και Υπότομα πρυμναίου Καταστρώματος (B07)**



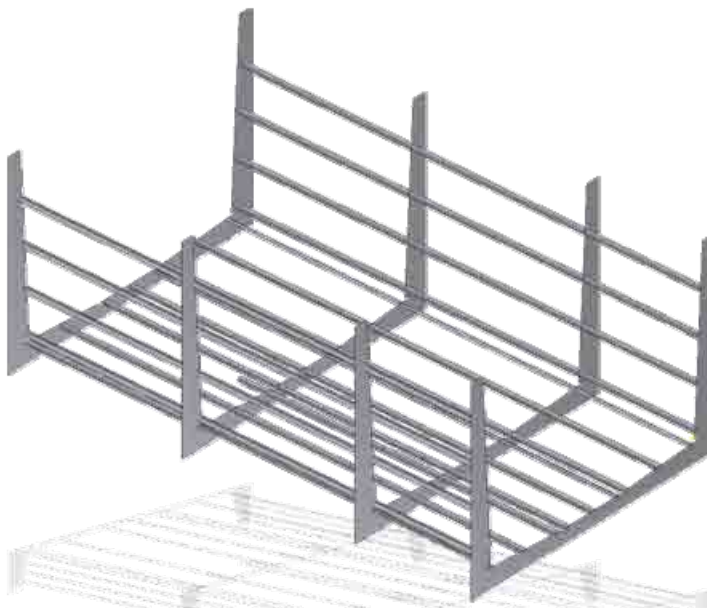
**Σχ. 5.13:**

***Ιδιοσυσκευή Προκατασκευής Τομέα S02 και Υποτομέα πρυμναίου Καταστρώματος (B07)***

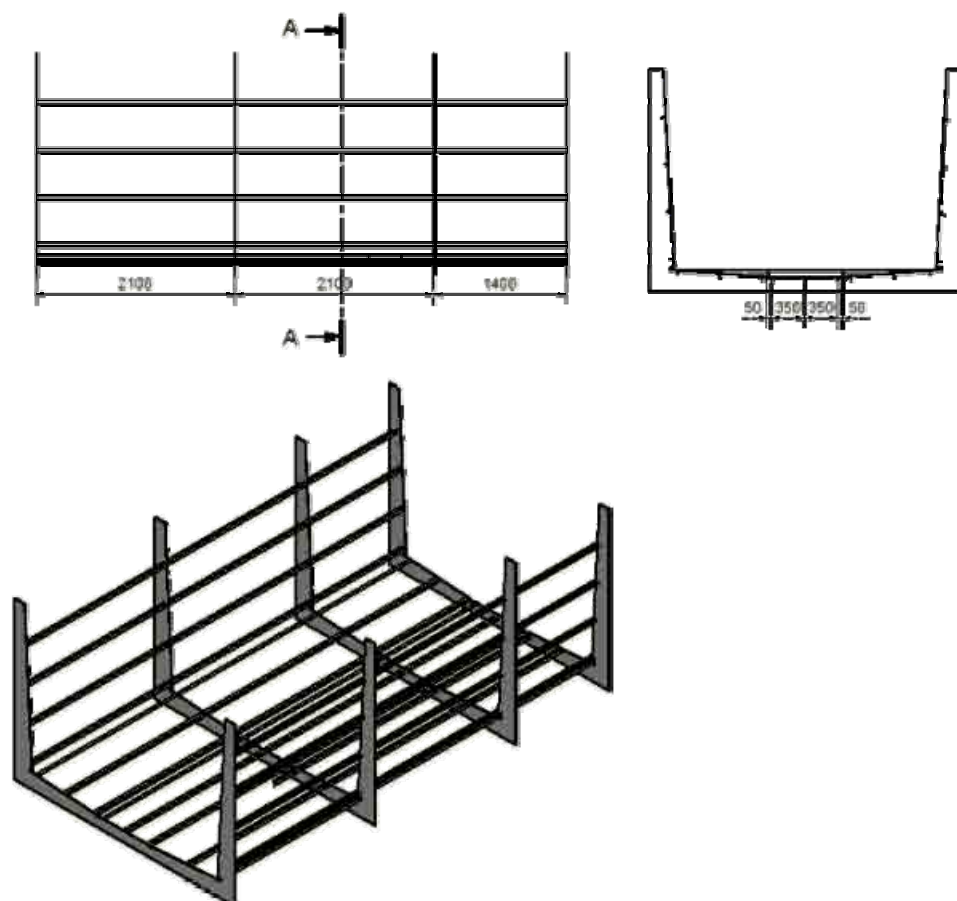
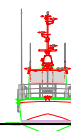
### **5.3.3. Προκατασκευή και ανέγερση του τομέα S03**

Η υπερκατασκευή του σκάφους λόγω της ελαφριάς της κατασκευής έπρεπε να μελετηθεί μια νέα ιδιοσυσκευή, η οποία θα της έδινε τη δυνατότητα να συναρμολογηθεί και να συγκολληθεί στο μεγαλύτερο μέρος της, αλλά και να μεταφέρει τον τομέα S03 κατά τη φάση της ανέγερσής του επί του σκάφους .

Η ιδιοσυσκευή αυτή σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι αναρτώμενη και να υπάρχει δυνατότητα ανατροπής της μαζί με την υπερκατασκευή, διότι σε πρώτη φάση η συναρμολογησή της θα γινόταν ανάποδα από τη φυσική της θέση. Η γεωμετρία της ακολουθούσε τη γεωμετρία της Υπερκατασκευής και έγινε εξολοκλήρου από χαλύβδινα ελάσματα 5mm και ισοσκελείς γωνιές 40x40x5 mm (βλ Σχήματα 5.14 και 5.15).







**Σχ.5.14: 3D Σχεδιασμός Ιδιοσυσκευής Προκατασκευής Τομέα S03 για συναρμολόγηση σε ανάποδη θέση**



**Σχ.5.15: Ιδιοσυσκευή Προκατασκευής Τομέα S03 και συναρμολόγηση σε ανάποδη θέση**



## 5.4 Χωροθέτηση Ιδιοσυσκευών Προκατασκευής και Ανέγερσης

Όπως ήδη προαναφέραμε κατά τη μελέτη του Build Philosophy πρέπει ο μελετητής να λάβει υπόψη του όλες το δυνατόν τις εργασίες που θα λάβουν χώρα κατά την προκατασκευή – ανέγερση, εξοπλισμό του σκάφους έως και την καθέλκυσή του στη θάλασσα ώστε να προβλέψει χώρο και εξοπλισμό που θα χρειαστεί για τις περισσότερες από αυτές με το μικρότερο κόστος και τις λιγότερες το κατά δυνατόν μετακινήσεις.

Η κατασκευή, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, αφορά 2 σκάφη ιδίου τύπου με ίδιο συμβατικό χρόνο παράδοσης, που σημαίνει ότι ο μελετητής ο οποίος θα κάνει την τελική χωροθέτηση των ιδιοσυσκευών συναρμολόγησης πρέπει να συνυπολογίσει και το ότι τα σκάφη θα κατασκευάζονται παράλληλα και οι απαιτήσεις σε προσωπικό, υλικά, μεταφορικά μέσα θα είναι εις διπλούν. Ένας ακόμα πιο βασικός παράγοντας είναι ότι και τα δυο σκάφη πρέπει να υποστηρίζονται με τους γερανούς του κτιρίου ανεξάρτητα και να είναι δυνατή η ανύψωσή τους ως τελικό προϊόν για τη μεταφορά τους στη θάλασσα (Απαιτήσεις διαδικασίας καθέλκυσης).

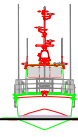
Στις δυο εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζεται η χωροθέτηση η οποία αποφασίστηκε κατόπιν μελέτης και οι λόγοι οι οποίοι οδήγησαν τελικά τον μελετητή στις θέσεις αυτές αναλύεται στη συνέχεια.

Στο τρισδιάστατο μοντέλο του κτιρίου που απεικονίζονται στην Εικόνα 1, με κίτρινο χρώμα μπορούμε να δούμε τα ανυψωτικά μέσα (γερανοί) και την τοπολογία τους μέσα στο κτίριο, καθώς επίσης και τη χωροθέτηση των ιδιοσυσκευών στις τελικές θέσεις συναρμολόγησης. Η Εικόνα 2 είναι μια τομή του μοντέλου του κτίριο σε ύψος 4 μέτρων από το βιομηχανικό δάπεδο.

Η σχεδίαση του όλου μοντέλου της παραγωγής βοήθησε στο να μετρηθούν οι ακριβείς θέσεις τόσο των ιδιοσυσκευών όσο και άλλων λειτουργικών θέσεων της παραγωγής όπως :

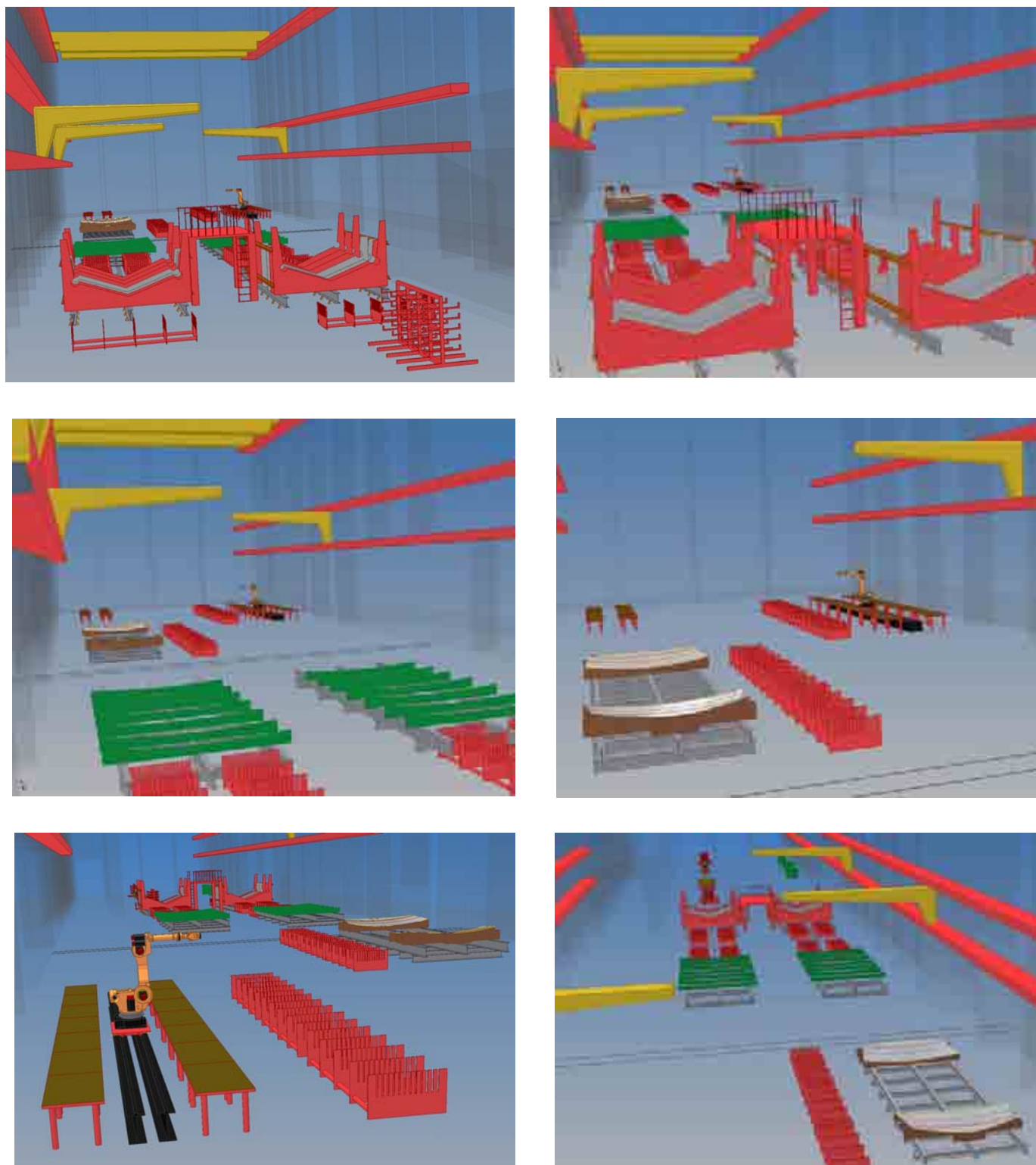
- Τα μηχανήματα κοπής μορφοαλουμινίων (ταχυπρίονα αλουμινίου)
- Τα ενθέμια αποθήκευσης πρώτων υλών (ταξινόμηση τεμαχίων) μορφοαλουμινίων και ελασμάτων
- Χώρος διακίνησης ελασμάτων μετά την κοπή από την CNC μηχανή Laser
- Χώροι οι οποίοι απαιτούνται για την ταξινόμηση και αποθήκευση των προς συναρμολόγηση έτοιμων τεμαχίων όμορων των ιδιοσυσκευών
- Πάγκοι εργασίας για προσυναρμολόγηση – προκατασκευή μικρότερων υποτομέων και εργασίες τροχισμάτων.
- Χώροι εργασίας για ρομποτικές συγκολλήσεις
- Βοηθητικοί χώροι κλπ.



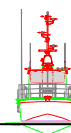




Το μοντέλο έδειξε μια πρώτη εικόνα του πως θα πρέπει διαμορφωθεί ο χώρος για τις ανάγκες του έργου οι οποίες εικόνες παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.16 .



**Σχήμα. 5.16: 3D Σχεδιασμός Ιδιοσυσκευιών στο Χώρο και Κτιριακής εγκατάστασης.**



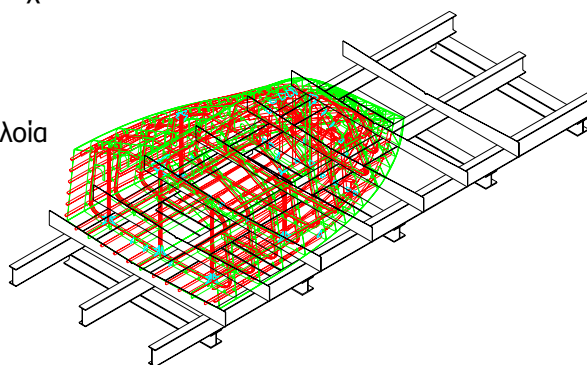
## 5.5 Σειρά Ανέγερσης Τομέων – Φάσεις Κατασκευής .

Λαμβάνοντας υπόψη τον συμβατικό χρόνο παράδοσης των σκαφών, το έργο της ανέγερσης της αλουμινοκατασκευής του χωρίστηκε σε 5 κατασκευαστικές φάσεις. Η κάθε κατασκευαστική φάση είχε το νόημα της ταυτόχρονης κατασκευής των τομέων και υποτομέων που την αποτελούσαν ώστε με το πέρας αυτής ξεκινούσε η επόμενη και ούτω καθ' εξής. Ο διαχωρισμός σε φάσεις κατασκευής είναι απαραίτητος και εξαρτάται άμεσα από τους ανθρώπινους πόρους που μπορείς να διαθέσεις και αποτελεί ένα σημαντικό περιορισμό που ο μελετητής του Build Philosophy των σκαφών πρέπει απαραίτητα να λάβει υπόψη του κατά τη διαδικασία τμηματοποίησης του σκάφους σε υποτομείς.

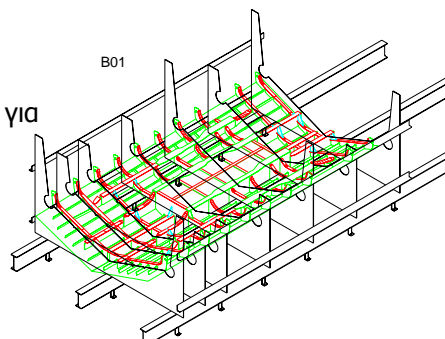
Οι 5 φάσεις κατασκευής παρουσιάζονται στην συνέχεια.

### Φάση 1. (βλ. Σχήμα 5.17)

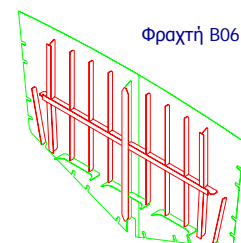
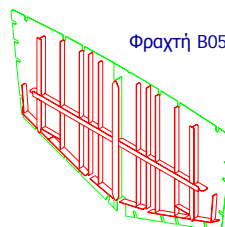
1.1 Προκατασκευή πρωραίου τομέα S02 για τα πλοία 1 και 2 στην Ιδιοσυσκευή Συναρμολόγησης του.

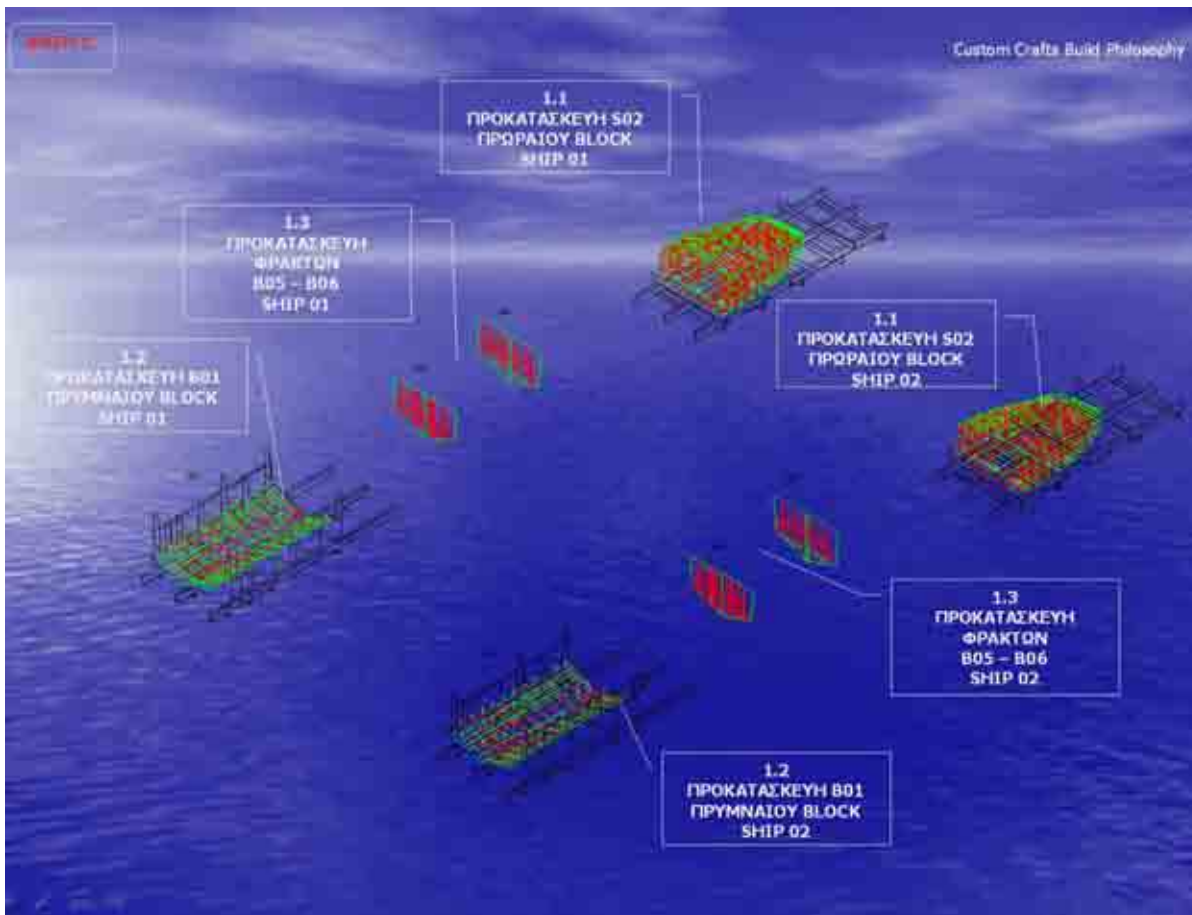


1.2 Προκατασκευή Πρυμναίου Υποτομέα B01 του τομέα S01 για τα πλοία 1 και 2 στην Ιδιοσυσκευή Συναρμολόγησης του



1.3 Προκατασκευή Πρυμναίων Φρακτών B05 και B06 του τομέα S01 για τα πλοία 1 και 2

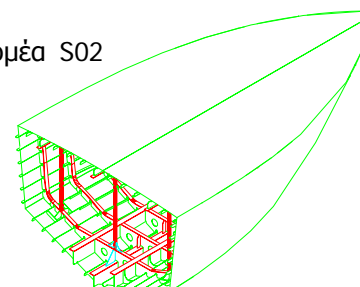




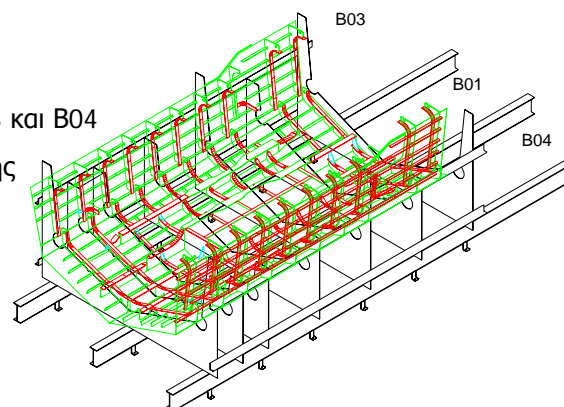
**Σχήμα 5.17: Ολοκλήρωση κατασκευής Φάσης 1**

**Φάση 2. (βλ. Σχήμα 5.18)**

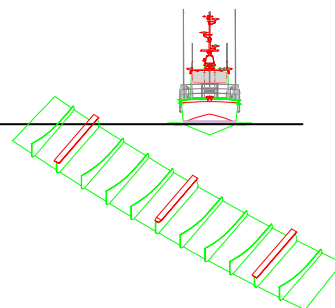
2.1 Πέρασ προκατασκευής και ανάρτηση σε φυσική θέση του τομέα S02 προς ανέγερση με τον τομέα S01 για τα πλοία 1 και 2.



2.2 Προκατασκευή και ανέγερση των Υποτομέων B03 και B04 του τομέα S01 επί τις ιδιοσυσκευής συναρμολόγησης του S01 για τα πλοία 1 και 2.



2.3 Προκατασκευή Υποτομέα B08 του τομέα S01 για τα πλοία 1 και 2.

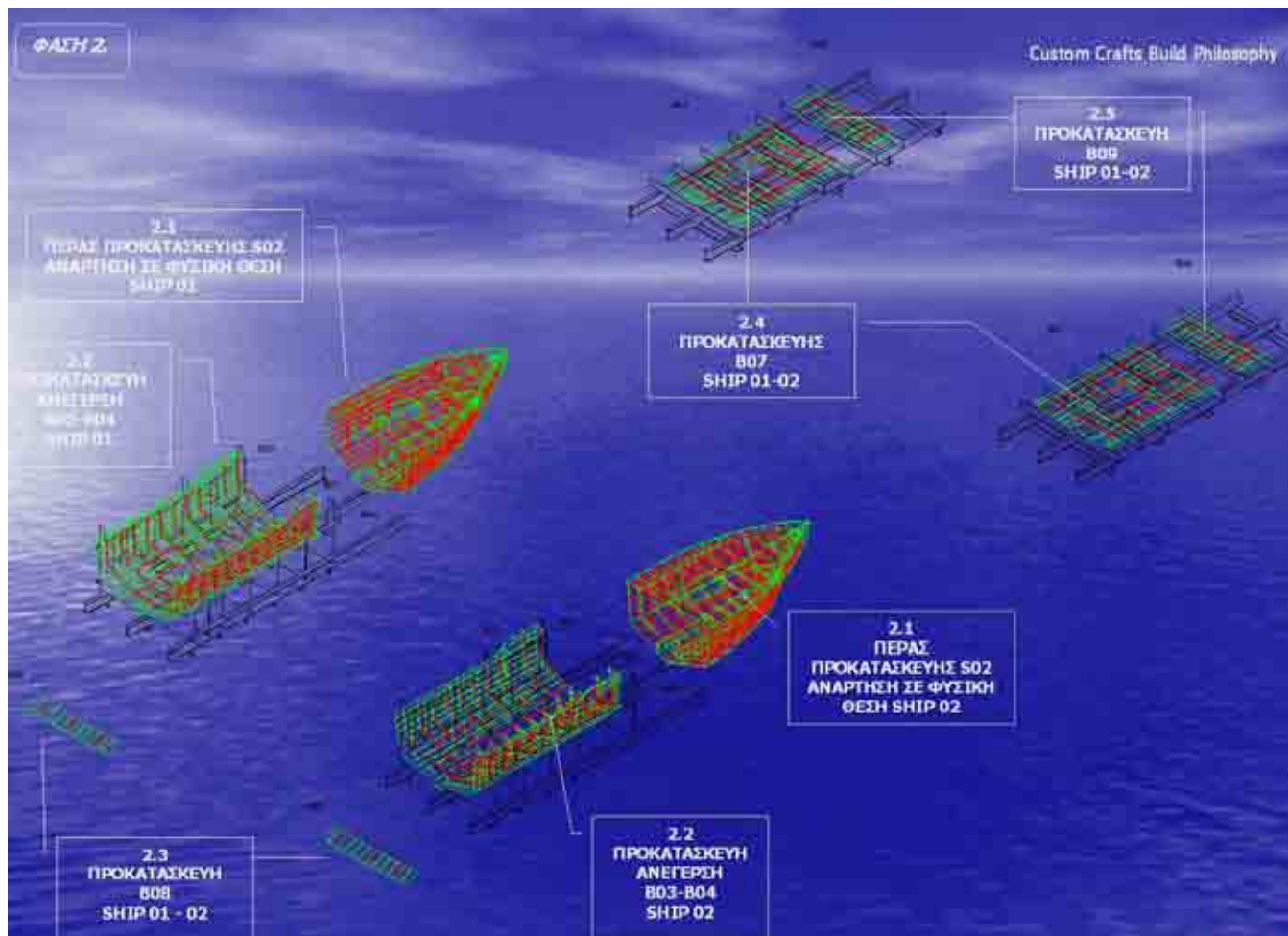
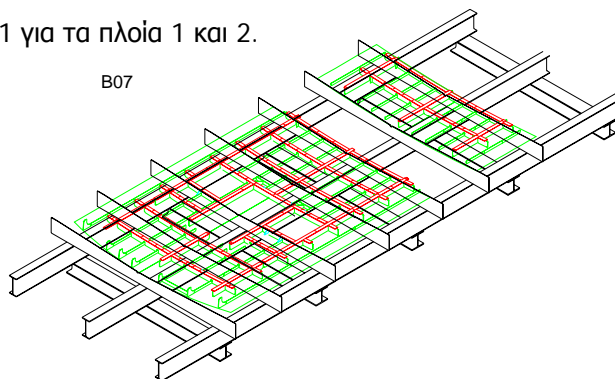


2.4 Προκατασκευή Υποτομέα B07 του τομέα S01 για τα πλοία 1 και 2.

B09

2.4 Προκατασκευή Υποτομέα B09 του τομέα S01 για τα πλοία 1 και 2.

B07



Σχήμα 5.18: Ολοκλήρωση κατασκευής Φάσης 2

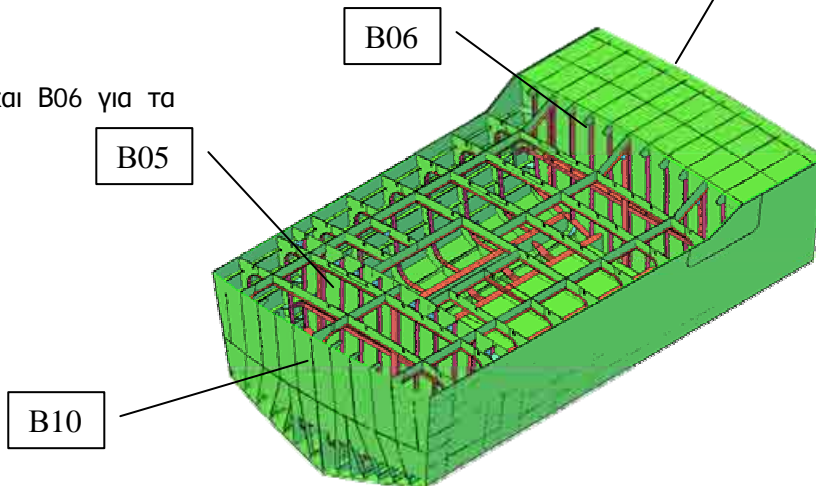




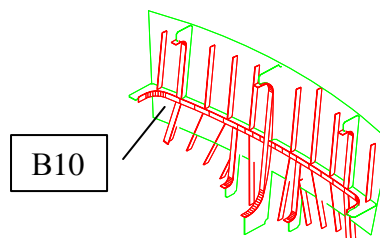
B09

**Φάση 3.**

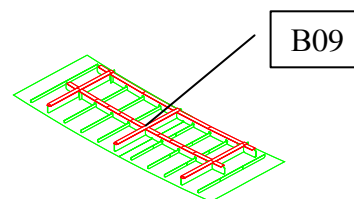
3.1 Ανέγερση Φρακτών B05 και B06 για τα πλοία 1 και 2



3.2 Προκατασκευή του B09 και B10 για τα πλοία 1 και 2

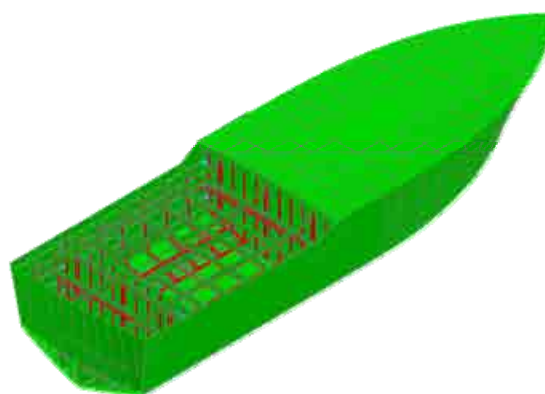


3.3 Ανέγερση B09 και B10 για τα πλοία 1 και 2

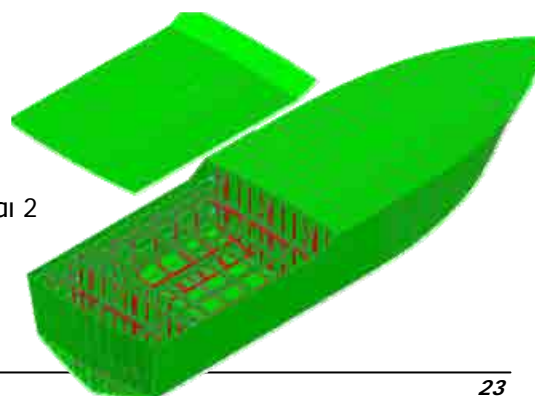


**Φάση 4. (βλ. Σχήμα 5.19)**

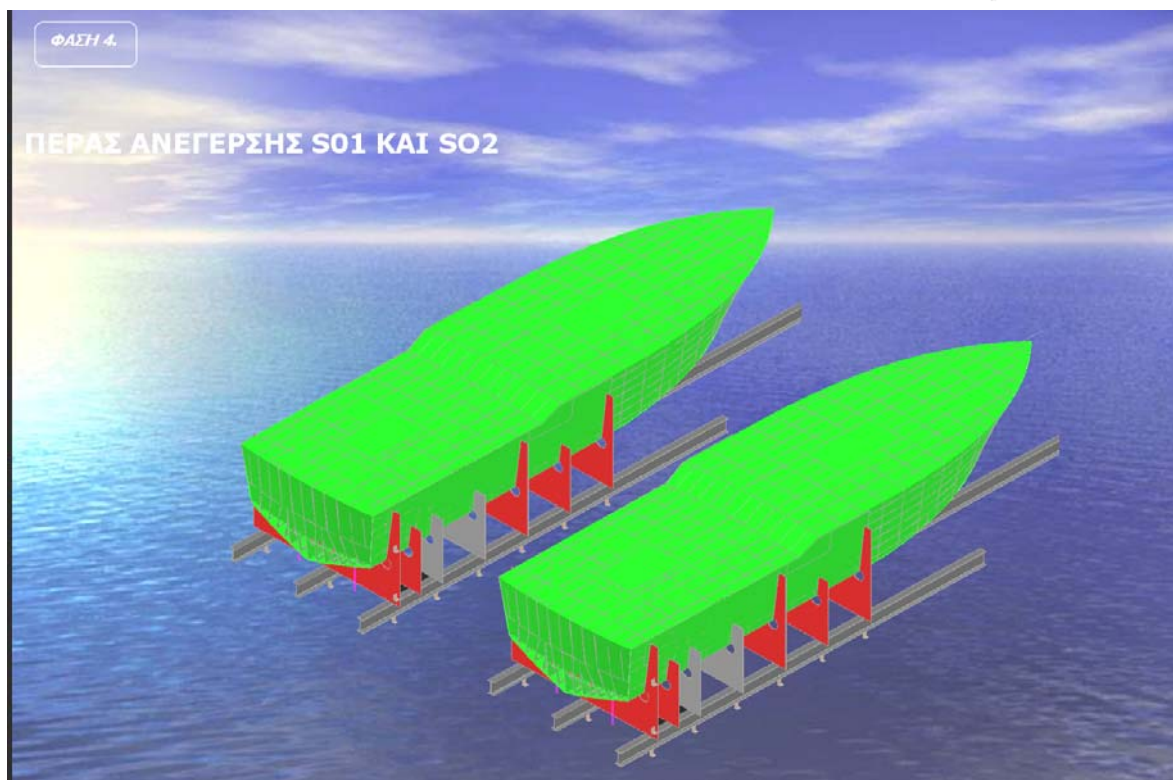
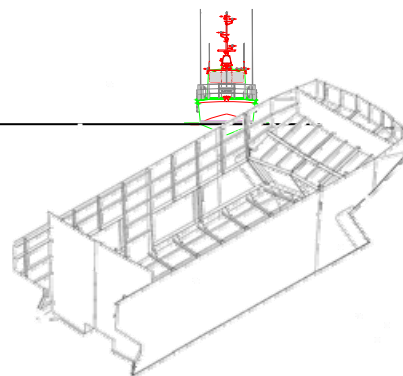
4.1 Ανέγερση τομέα S02 στον S01 για τα πλοία 1 και 2



4.2 Ανέγερση Υποτομέα B07 στο S01 για τα πλοία 1 και 2 και πέρασ ανέγερσης S01 - S02



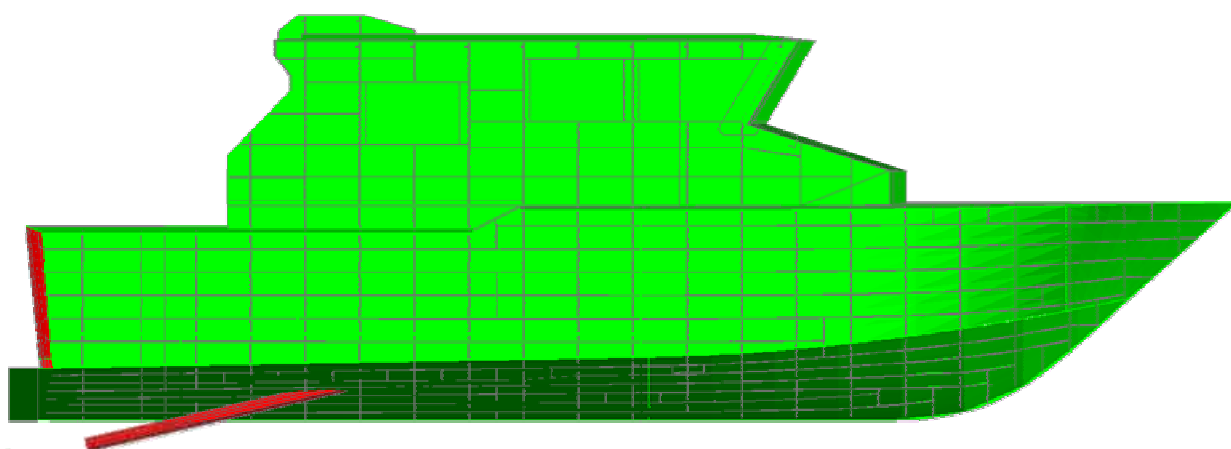
4.3 Προκατασκευή Υπερκατασκευής S03 για τα πλοία 1 και 2



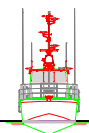
**Σχήμα 5.19: Ολοκλήρωση κατασκευής Φάσης 4 για τα πλοία 1 και 2**

**Φάση 5. (βλ. Σχήμα 5.20)**

5.1 Ανέγερση Υπερκατασκευής S03 επί των υποτομέων S01 και S02 για τα πλοία 1 και 2



**Σχήμα 5.20: Ολοκλήρωση κατασκευής Φάσης 5 για τα πλοία 1 και 2**



## 6.0 Κατασκευαστικά Σχέδια

Μια άρτια κατασκευαστική σχεδίαση αξιολογείται στο βαθμό που αυτή μπορεί να επιτύχει τη βέλτιστη παραγωγικότητα των πόρων του κατασκευαστή. Ο σχεδιασμός του σκάφους και οι πληροφορίες που πρέπει να περιέχουν γενικά τα κατασκευαστικά σχέδια πρέπει να είναι εναρμονισμένα και συνδεδεμένα με την υπάρχουσα υποδομή από πλευράς μηχανημάτων κατεργασίας και της τεχνογνωσίας των τεχνιτών της παραγωγής .

Τα κατασκευαστικά σχέδια χωρίζονται σε διάφορες γενικές ομάδες σχεδίων, που αυτά με την σειρά τους χωρίζονται σε επιμέρους υποομάδες, ανάλογα και φάση κατασκευής στην οποία βρίσκεται η παραγωγή.

Οι κυρίες γενικές ομάδες κατασκευαστικών σχεδίων που γενικά υπάρχουν σε όλους τους τύπους πλοίων είναι :

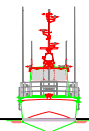
1. Σχέδια μεταλλικής κατασκευής .
2. Σχέδια βάσεων εξοπλισμού - μηχανημάτων
3. Ηλεκτρολογικά σχέδια
4. Σχέδια σωληνώσεων
5. Σχέδια μονώσεων
6. Σχέδια συστημάτων χρωματισμού
7. Μηχανολογικά σχέδια συστημάτων

Συγκεκριμένα, για το σκάφος στο οποίο αναφερόμαστε, τα σχέδια της μεταλλικής κατασκευής, που στο συγκεκριμένο έργο είναι από κράματα αλουμινίου, πραγματοποιήθηκε με το σχεδιαστικό πακέτο του Tribon, το οποίο και αποτελεί ένα από τα πιο δυνατά εργαλεία σχεδίασης στο χώρο της Ναυπηγικής Βιομηχανίας. Στο σημείο αυτό είναι χρήσιμο να αναλύσουμε με απλά λόγια ποιο κομμάτι της κατασκευής αποφασίστηκε να αναλαμβάνει να διαχειριστεί το Tribon, τι είδους δεδομένα απαιτούνται να εισαχθούν σε αυτό και τι κατασκευαστικά στοιχεία παρήγαγε για την παραγωγή.

### 6.1 Σχέδια Μεταλλικής Κατασκευής - Tribon System

Το σχεδιαστικό πακέτο της Tribon αποτελεί ίσως το πιο ισχυρό εργαλείο σχεδίασης και υποστήριξης μιας Ναυπηγικής κατασκευής, χρησιμοποιείται από την αρχική σχεδίαση έως την παραγωγή δίνοντας όλα τα απαραίτητα στοιχεία, ειδικά κατά τη φάση της συναρμολόγησης του σκάφους, έχοντας σε πλήρη έλεγχο την παραγωγή του σκάφους και τα υλικά τα οποία απαιτεί κάθε φάση συναρμολόγησης της κατασκευής. Το πληροφοριακό σύστημα δεδομένων το οποίο διαχειρίζεται είναι τέτοιο το οποίο δύναται να υποστηρίξει τις αποφάσεις της στρατηγικής συναρμολόγησης που θα αποφασίσει η παραγωγή κατά τη συναρμολόγηση του σκάφους .

Το σχεδιαστικό πακέτο Tribon, έχοντας ολοκληρώσει το τρισδιάστατο μοντέλο στα σωθικά του, παρήγαγε αντίστοιχα μια σειρά από πληροφορίες και σχέδια, απαραίτητα για την πρώτη κατεργασία της πρώτης ύλης έως την τελική συναρμολόγηση, τα οποία θα αναλύσουμε στη συνέχεια σε λεπτομέρεια.



Οι πληροφορίες οι οποίες παρήγαγε για την παραγωγή ήταν οι κάτωθι :

1. Κατασκευαστικά Σκίτσα βέλτιστης κοπής μορφοαλουμινίων ανά τομέα
2. Κατασκευαστικά Σκίτσα βέλτιστης κοπής ελασμάτων αλουμινίου ανά πάχος , ανά τομέα και ανά διάσταση ελάσματος
3. Λίστες ελεύθερων τεμαχίων με ανάλυση κατεργασίας πέραν της αρχικής κοπής
4. Λίστες Ταξινόμησης Έτοιμων κατεργασμένων τεμαχίων για συναρμολόγηση
5. Κατασκευαστικά σχέδια συναρμολόγησης και Δέντρα Συναρμολόγησης ανά τομέα
6. Πληροφοριακά Δεδομένα για τη μηχανοργάνωση συστήματος παρακολούθησης της προόδου του έργου ανά φάση κατασκευής.

Οι ανωτέρω πληροφορίες, πέραν της υλοποίησης ενός κατασκευάσματος, υποστήριξαν ένα μοντέλο παραγωγής το οποίο έχει υπό πλήρη έλεγχο και γνωρίζει ανά πάσα στιγμή τα κάτωθι :

- Ποια ελάσματα και τι μορφοαλουμίνια πρέπει αρχικά να κοπούν.
- Τι είδους κατεργασία υπολείπεται για κάθε κομμάτι που έχει κοπεί.
- Πού πρέπει να αποθηκευτεί για την περαιτέρω συναρμολόγησή του.
- Ποια τεμάχια υπολείπονται για την έναρξη της πρώτης συναρμολόγησης.
- Πώς θα συναρμολογηθούν και πότε.
- Τι υπολείπεται να κατεργαστεί και τι να συναρμολογηθεί για την ολοκλήρωση όλων των επιπέδων συναρμολόγησης.

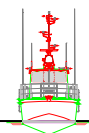
Τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν τα βασικά στοιχεία μιας ελεγχόμενης παραγωγής, η οποία στοχεύει στην ποιότητα, την αύξηση της παραγωγικότητας και τον περιορισμό των αστοχιών στο παραγόμενο προϊόν.

Η χρησιμοποίηση του Tribon στο αρχικό στάδιο της μεταλλικής κατασκευής όχι μόνο ως σχεδιαστικό εργαλείο CAD / CAM, αλλά και ως ένα κατασκευαστικό πληροφοριακό σύστημα (M.I.S. Manufacturing Information System) αποδείχτηκε ότι ήταν εξαιρετικά αποδοτικό από τους δείκτες παραγωγικότητας οι οποίοι σημειώθηκαν με το πέρας της μεταλλικής κατασκευής.

### **6.1.1 Προσανατολισμός Κατασκευής – CAD Tribon System**

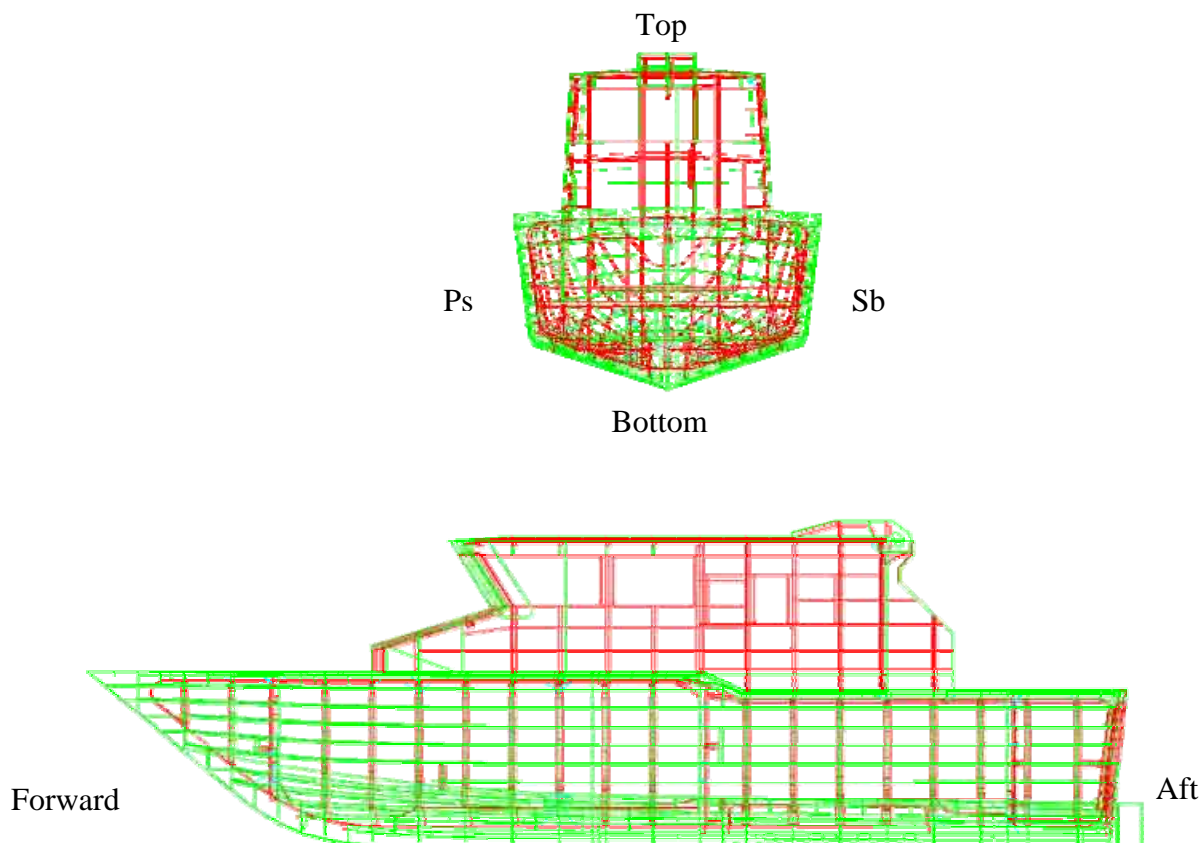
Πριν ακόμα προχωρήσουμε στην ανάλυση των πληροφοριών που παρήγαγε για την παραγωγή, πρέπει να σημειώσουμε ότι κάτι πολύ σημαντικό για την κατασκευή είναι η συμφωνία του προσανατολισμού που ακολουθεί το πρόγραμμα και κατ' επέκταση και η όλη κατασκευή μας έως την ολοκλήρωσή της.

Ο προσανατολισμός του σκάφους είναι κατά κοινή συμφωνία ο ίδιος σε όλους τους κατασκευαστές και οι ρίζες του ξεκινάνε από το Ηνωμένο Βασίλειο. Η πρόσδεση στους λιμένες από τους Άγγλους Θαλασσοπόρους γινόταν πάντα, κοιτώντας από το πρυμναίο του μέρος, αριστερά και



για τον λόγο αυτό την αριστερή πλευρά του σκάφους την ονόμασαν PortSide (Πλευρά του λιμανιού). Τη δεξιά μεριά του σκάφους την ονόμασαν Starboard λόγω του ότι τα βράδια ονειροπολώντας την πατρίδα τους και θέλοντας να ξεχαστούν, συχνά κατέφευγαν στην άλλη πλευρά του σκάφους μακριά από τις εργασίες φορτοεκφόρτωση παρατηρώντας τα αστέρια.

Η ονοματολογία του προσανατολισμού που ακολουθούσε λοιπόν και το Tribon ήταν η εξής :

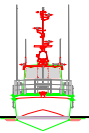


### 6.1.2 Κατασκευαστικά Σκίτσα Βέλτιστης Κοπής Μορφοαλουμινίων ανά τομέα

Έχοντας χωρίσει την μεταλλική κατασκευή σε 3 τομείς το Tribon παρήγαγε σε πρώτη φάση όλα τα σκίτσα Βέλτιστης κοπής ανά τύπο μορφοαλουμινίου, εξασφαλίζοντας την απρόσκοπτη παραγωγή στις σωστές διαστάσεις, με τις κατάλληλες διαμορφώσεις που απαιτούνται για την συναρμολόγηση του κάθε τομέα ξεχωριστά.

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός τυπικού σχεδίου κοπής είναι :

Στην 1η σελίδα του υπάρχουν κατά κύριο λόγο οι γενικές πληροφορίες που αφορούν στο υλικό και τα κομμάτια τα οποία κόβονται από αυτό το υλικό. Ένα τυπικό σκίτσο κοπής παρουσιάζεται στο επόμενο σχέδιο, για το οποίο η 1η σελίδα του μας δίνει τις εξής πληροφορίες :



DNC\_ID: FB758AL605      Quality: ALU      Scale: 1:25      Signature:  
 Stockno: 1800502215      Total Length: 6000      No. profs: 2      Telephone:  
 Dim: FB 75\*8.0      Used Length: 5993      Proddate:

No.	Part name	Length	End 1	End 2	Mark
1	CC-S01-B01-B02-A68-122	3494	14 T:14, B:50, C:12.5, V2:18	14 T:14, B:50, C:12.5, V2:18	FWD
2	CC-S01-B10-A161--115	2447	11 T:11, R2:0	11 T:11	TOP

**DNC\_ID :** Κωδικό Όνομα του Σχεδίου Κοπής

**Stock no :** Κωδικός Αριθμός Υλικού Πρώτης Ύλης

**Dim:** Περιγραφή Υλικού ( FB 75\*8 Flat Bar, δηλαδή η πρώτη ύλη προς επεξεργασία άφορα λάμες διάστασης 75 mm πλάτους με πάχος στα 8 mm)

**Quality:** Ποιότητα

**Total Length:** Αρχικό Μήκος Μορφοαλουμινίου Πρώτης Ύλης

**Used Length:** Χρησιμοποιούμενο Μήκος.

**No :** Αριθμός τεμαχίων

**Part Name:** Μονοπάτι συναρμολόγησης και όνομα τεμαχίου

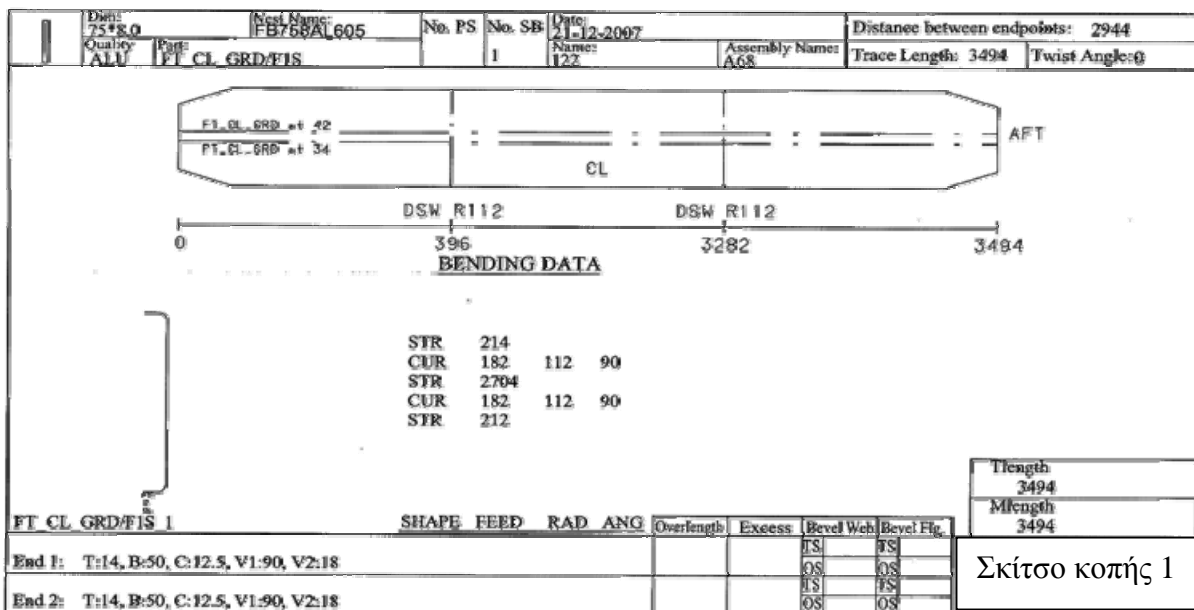
**Length:** Μήκος τεμαχίου

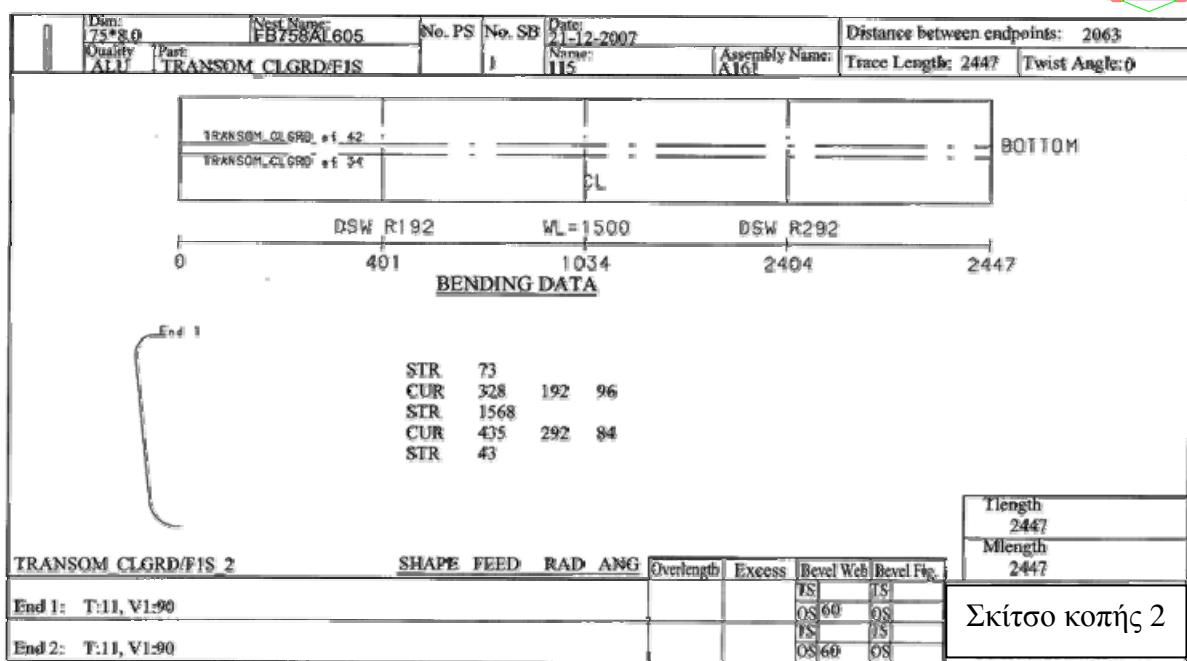
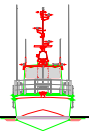
**End 1:** Αριστερό άκρο, όπως αυτό παρουσιάζεται στο σκίτσο κοπής και ο τύπος της διαμόρφωσής του άκρου του.

**End 2:** Δεξιό άκρο, όπως αυτό παρουσιάζεται στο σκίτσο κοπής και ο τύπος της διαμόρφωσής του άκρου του.

**Mark:** Συμβολισμός – Μαρκάρισμα για τον προσανατολισμό συναρμολόγησης του.

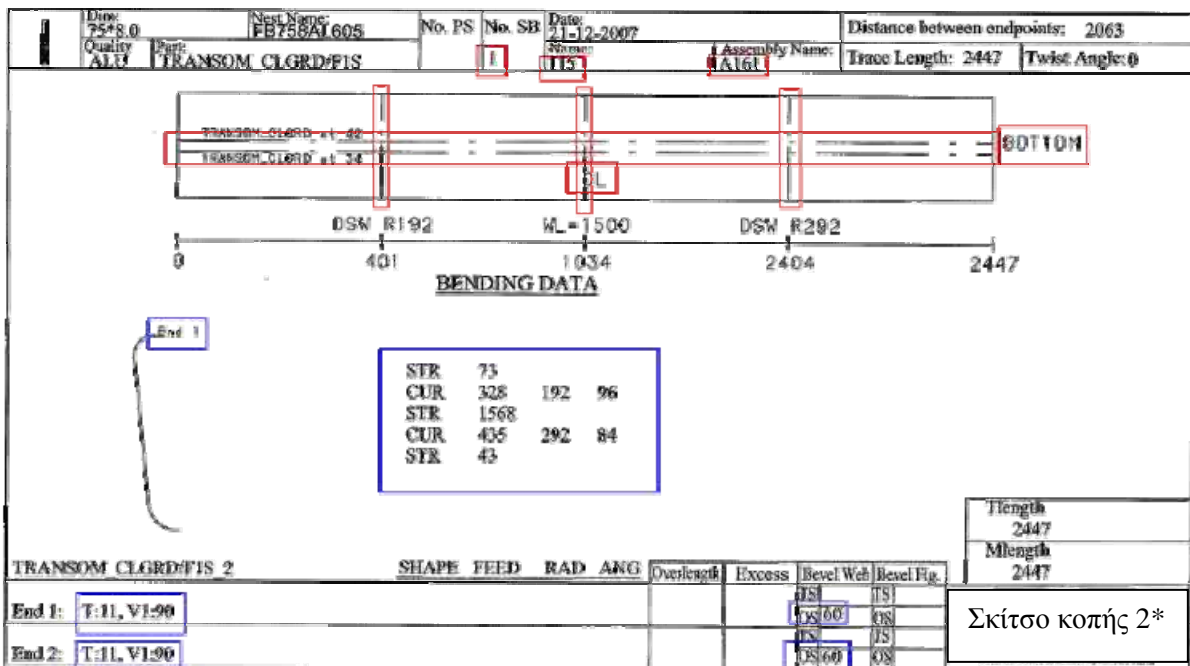
Μετά τις γενικές πληροφορίες της πρώτης ύλης και του ονόματος του κάθε τεμαχίου που θα επεξεργαστεί, ακολουθεί λεπτομερέστερο σκίτσο για κάθε ένα τεμάχιο, της μορφής που παρουσιάζεται παρακάτω (Σκίτσο κοπής 1 & 2).



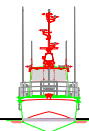


Στα σκίτσα αυτά παρουσιάζονται όλες οι λεπτομέρειες του σχήματος των ακρών του, εάν απαιτείται κάμψη, φρέζα συγκόλλησης ή όχι, άλλα το πιο σημαντικό είναι τα μαρκαρίσματα τα οποία πρέπει η παραγωγή να διαβάσει στο σχέδιο αυτό και να τα αποτυπώσει, έτσι ώστε να είναι το δυνατόν ευκολότερη η ταξινόμηση του και η μετέπειτα συναρμολόγησή του.

Αναλυτικότερα στο παρακάτω σχέδιο, με αναφορά το σκίτσο κοπής που παρουσιάζουμε ως παράδειγμα με κόκκινο πλαίσιο, παρουσιάζονται όλα εκείνα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα να μαρκαριστούν επάνω στο τεμάχιο και με μπλε εκείνα που αφορούν καθαρά την κατασκευή του.



Τα **κόκκινα πλαίσια** στο πάνω μέρος του σχεδίου, μαζί με την αρχική πληροφορία της σελίδας 1, μας δίνουν το όνομα το οποίο πρέπει να μαρκαριστεί στο τεμάχιο για την ταξινόμική του.



Δηλαδή : **S01-B10-A161-115-SB**

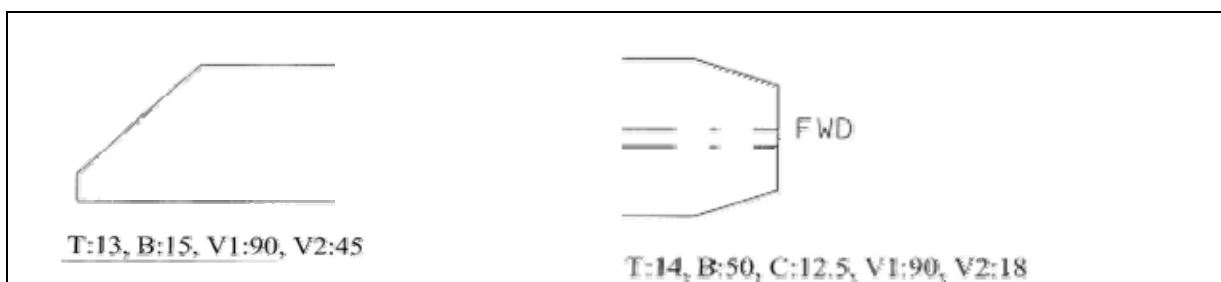
Το όνομα αυτό θα μαρκαριστεί επάνω στο τεμάχιο και μας πληροφορεί ότι :

1. **S01**: Αφορά τη συναρμολόγηση του τομέα S01
2. **B10**: Αποτελεί τεμάχιο του υποτομέα B10
3. **A161**: Η πρώτη συναρμολόγησή του θα πραγματοποιηθεί για την κατασκευή του A161, το οποίο είναι υπο-συναρμολόγημα του B10
4. **115** : Ο αριθμός του είναι 115
5. **SB** : και τοποθετείται κατά τη συναρμολόγηση του στα Δεξιά του σκάφους ( StarBoard)

Επίσης, στο άκρο 2 ( End 2) πρέπει να γραφτεί η λέξη **Bottom**, η οποία θα μας πληροφορήσει αργότερα για τον προσανατολισμό της συναρμολόγησής του, εάν αυτό βρίσκεται στο άνω ή κάτω μέρος του σκάφους και να σημαδευτούν οι χαράξεις των κόκκινων πλαισίων (στην προκειμένη περίπτωση το άκρο 2 είναι προς το κάτω μέρος του σκάφους) .

Τα **μπλε πλαίσια** αφορούν κατασκευαστικές πληροφορίες, όπως τα δεδομένα κάμψης (**Bending Data**), ο τύπος των άκρων **T11 V1:90** (κάθετη κοπή) και η δημιουργία φρέζας συγκόλλησης (**Bevel Web - End 1-OS 60**), που στο παράδειγμα μας για το άκρο 1 σημαίνει ότι απαιτείται φρέζα 60° (**OS Opposite Site**) στην πίσω μεριά.

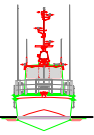
Πρέπει να σημειώσουμε ακόμα ότι το πρόγραμμα του Tribon ως αναφορά για τις κοπές των άκρων διαθέτει μια μεγάλη ποικιλία κοπών διαφόρων τύπων. Η παραγωγή είχε στην διάθεσή της όλη την κωδικοποίηση των τύπων αυτών με όλα τους τα χαρακτηριστικά για πιο σύνθετες κοπές όπως για παράδειγμα παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα:



Η κατασκευή απαιτούσε κατεργασία για διάφορα τυποποιημένα προφίλ αλουμινίου, όπως: Λάμες διαφόρων τύπων, ισοσκελείς και ανισοσκελείς γωνίες, προφίλ τύπου T και σωλήνες διαφόρων τύπων.

Οι κοπές των ανωτέρω σκίτσων κοπής και η γενικότερη επεξεργασία τους πραγματοποιήθηκε με ταχυπρίονα κατάλληλα για κοπή αλουμινίου και η κάμψη τους σε εν ψυχρώ κατάλληλες πρέσες.





### 6.1.3 Κατασκευαστικά Σκίτσα Βέλτιστης Κοπής Ελασμάτων ανα τομέα

Μία εξίσου μεγάλη κατηγορία κατασκευαστικών σκίτσων κοπής είναι και τα βελτιστοποιημένα σχέδια κοπής ελασμάτων. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι ότι κατά κανόνα η κοπή τους πραγματοποιείται σε CNC (**Computer Numerical Control**) μηχανές κοπής μέσω ενός ηλεκτρονικού G-Code κώδικα κατάλληλο και συμβατό με τον μεταφραστή της εκάστοτε μηχανής κοπής. Η χωροθέτησή τους πραγματοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη οικονομία στο υλικό, με την ελαχιστοποίηση των ρέστων κοπής.

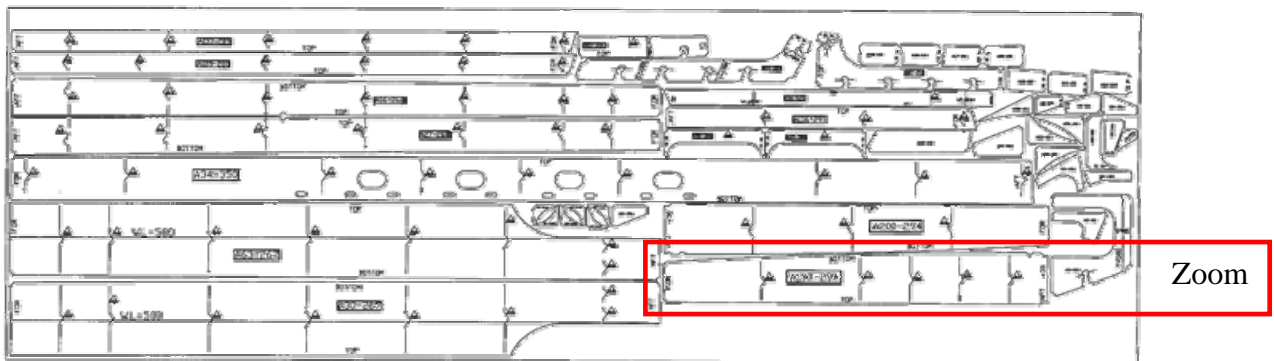
Η διαδικασία αυτή ονομάζεται Nesting (φώλιασμα) και είναι μια διαδικασία η οποία ακόμα και σήμερα, αν και υπάρχουν διάφορα λογισμικά τα οποία την πραγματοποιούν αυτόματα, απαιτεί ανθρώπινη παρέμβαση προκειμένου να επιτευχθεί η βελτιστοποίησή της.

Ανάλογα με τη μηχανή κοπής, του πάχους του προς κοπή ελάσματος, το μέγεθος των προς κοπή τεμαχίων, υπάρχουν διάφορες τεχνικές οι οποίες με κατάλληλη παρέμβαση του χειριστή που πραγματοποιεί το Nesting εξασφαλίζει την αρτιότητα της κοπής στο σύνολό της.

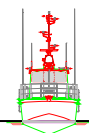
Πολλές φορές λόγω θερμοκρασιακών παραμορφώσεων, ειδικά για μικρά τεμάχια με μικρά πάχη ελασμάτων, η δημιουργία 'γέφυρας' μεταξύ των τεμαχίων κρίνεται απαραίτητη για την αρτιότητα κοπής των τεμαχίων και την ασφάλεια της μηχανής κοπής.

Οι πληροφορίες τις οποίες εμπεριέχει ένας κώδικας κοπής δεν αφορούν μονό την κοπή του τεμαχίου αλλά και πληροφορίες χάραξης που είναι εξίσου σημαντικές για την ταξινόμηση και την μετέπειτα συναρμολόγησή του.

Ένα χαρακτηριστικό σκίτσο κοπής ελάσματος παρουσιάζεται στο επόμενο σχέδιο και χωρίζεται σε 2 μέρη :

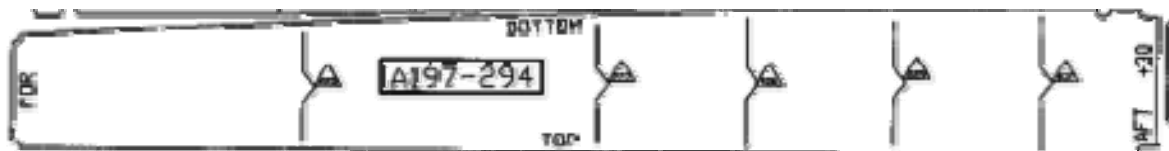


Length	8000	Burning Starts	59	Used Plate Length	7972.6	Number of plate parts	46	Drawing Number Sheet Number 1800101408 Nest Name RM08AL001 Sheet 1/5
Width	2500	Burning Length	138.5	Used Plate Width	2322.3	Scrap on used plate	22.8	
Thickness	8	Marking Starts	101	Used Plate Weight	399.9	Ship Number	17000	
Quality	ALU	Marking Length	28.5	Total Weight of Plate Parts	308.9	Serial		




1. Στο **πάνω μέρος** του παρουσιάζεται η χωροταξική κατανομή των τεμαχίων που θα κοπούν από το έλασμα, μαζί με όλες τις πληροφορίες που θα φέρει το κάθε τεμάχιο μετά την κοπή του.

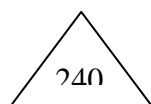
Κάνοντας μια μεγέθυνση στην περιοχή με το κόκκινο πλαίσιο (Zoom) θα μπορέσουμε να διακρίνουμε ότι, πέραν της εξωτερικής κοπής του σχήματος του, το κάθε τεμάχιο φέρει μαρκαρίσματα που :



- A) **A197-294** Εξασφαλίζουν την ταυτότητά του και την ταξινόμησή του στην παραγωγή, πληροφορώντας την ότι είναι το τεμάχιο με κωδικό αριθμό **294** και αποτελεί μέρος του υποσυναρμολογήματος **A197**.
- B) Εξασφαλίζουν τον πλήρη προσανατολισμό στη συναρμολόγησή του (For- Aft-Bottom-Top)
- Γ) Μας πληροφορεί ακόμη ότι στο πίσω μέρος του έχει κοπεί κατά +30mm μακρύτερο (Aft +30 mm) από τη θεωρητική του διάσταση, ώστε στο στάδιο της τελικής συναρμολόγησής του η τελική κοπή του να πραγματοποιηθεί στο μεγαλύτερο μέρος.

Δ) Με τις ενδείξεις  μας πληροφορεί ότι πάνω σε αυτές τις γραμμές συναρμολογείται το τεμάχιο

με αριθμό 240

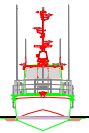


2. Στο **κάτω μέρος** του φέρει πληροφορίες για το σύνολο του σχεδίου κοπής όπως:

- A) Πληροφορίες διαστάσεων και υλικού του ελάσματος (**Κόκκινη Στήλη**)
- B) Πληροφορίες που αφορούν χαρακτηριστικά κοπής (**Μπλε Στήλη**)
- Γ) Πληροφορίες που αφορούν στη βελτιστοποίηση που έχει πραγματοποιηθεί (**Πράσινη Στήλη**)
- Δ) Πληροφορίες που αφορούν στο σύνολο των τεμαχίων που κόβονται από αυτό και για ποιο έργο προορίζονται. ( Μαύρη Στήλη )
- Ε) Πληροφορίες που αφορούν στον κωδικό πρώτης ύλης και την ονομασία του σχεδίου κοπής. (Γκρι Στήλη)

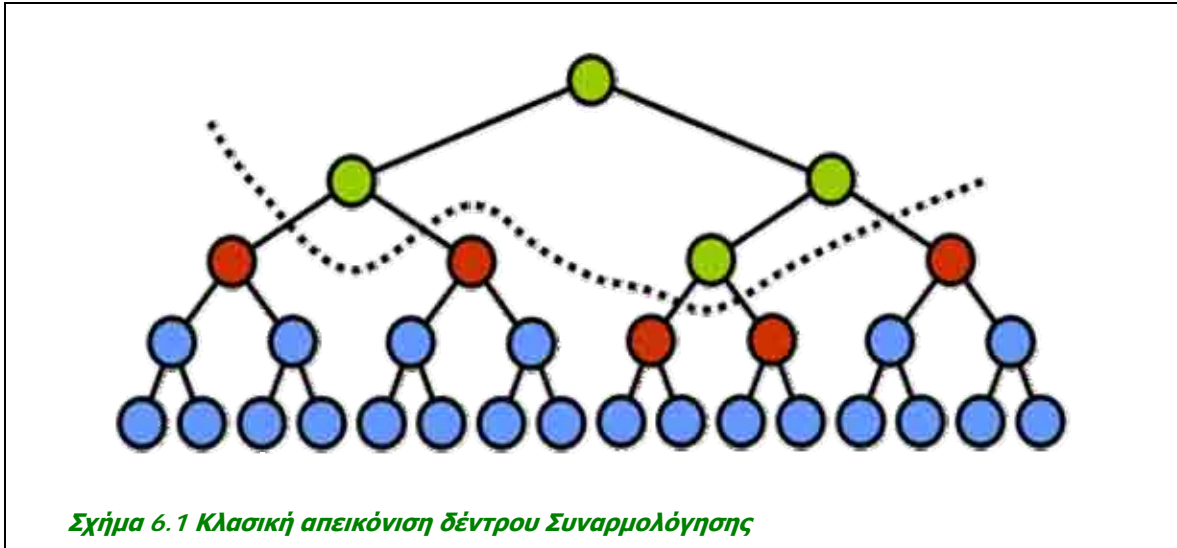
### 6.1.4 Κατασκευαστικά Σχέδια Συναρμολόγησης και Δέντρα Συναρμολόγησης

Με τον όρο κατασκευαστικά σχέδια συναρμολόγησης εννοούμε τα σχέδια αυτά που μας παρέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για την κατασκευή ενός συγκροτήματος, το οποίο αποτελείται από περισσότερα από ένα ελεύθερα τεμάχια ή υποσυγκροτήματα. Η κατασκευή ενός



Τομέα, ο οποίος αποτελείται από υλοτομείς, οι οποίοι με τη σειρά τους αποτελούνται από συναρμολογήματα, τα οποία και αυτά με τη σειρά τους αποτελούνται από υποσυναρμολογήματα και ου το καθ' εξής, αναπαριστάται φυσικά ως ένα δέντρο, το οποίο στις κατασκευές ονομάζεται Δέντρο Συναρμολόγησης.

Μια τυπική μορφή ενός τέτοιου δέντρου απεικονίζεται στο Σχήμα 6.1.

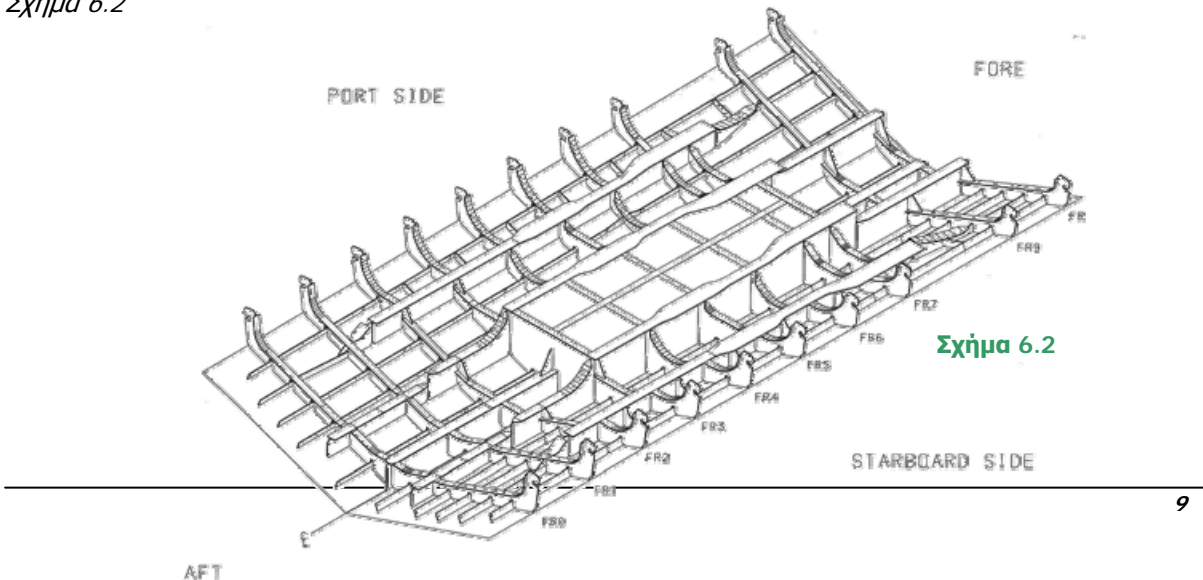


**Σχήμα 6.1 Κλασική απεικόνιση δέντρου Συναρμολόγησης**

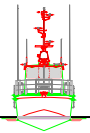
Η κατασκευή ενός τομέα λοιπόν απαιτεί την πλήρη κατανόηση και γνώση του δέντρου συναρμολόγησής του και ξεκινά πάντα με την πρώτη συναρμολόγηση ελεύθερων κατεργασμένων τεμαχίων που έχουν ήδη κωδικοποιηθεί και ονομαστεί κατάλληλα κατά τη διαδικασία κατεργασίας τους από τα σκίτσα κοπής. Ο τρόπος και οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες του εκάστοτε συναρμολογήματος παρουσιάζονται στα λεγόμενα σχέδια συναρμολόγησης. Το CAD του Tribon, σύμφωνα με την κατασκευαστική αρχιτεκτονική του ήδη προδιαγεγραμμένου Build Philosophy του σκάφους, παρήγαγε σε 3D απεικόνιση όλα τα σχέδια συναρμολόγησης ξεκινώντας και αναλύοντας την κατασκευή μέχρι το τελευταίο κομμάτι της.

Έτσι, για κάθε Τομέα – Υποτομέα – Συναρμολόγημα ή Υποσυναρμολόγημα η κατασκευαστική πρακτική που πρέπει να ακολουθηθεί είναι πλέον δεδομένη για τον κατασκευαστή βάσει του δέντρου και των σχεδίων συναρμολόγησης.

Για παράδειγμα, η κατασκευή του τομέα S01, όπως έχουμε ήδη αναλύσει στο Build Philosophy του έργου, απαιτεί στη **Φάση 1** την προκατασκευή του Πρυμναίου Υποτομέα B01 που παρουσιάζεται στο *Σχήμα 6.2*



**Σχήμα 6.2**

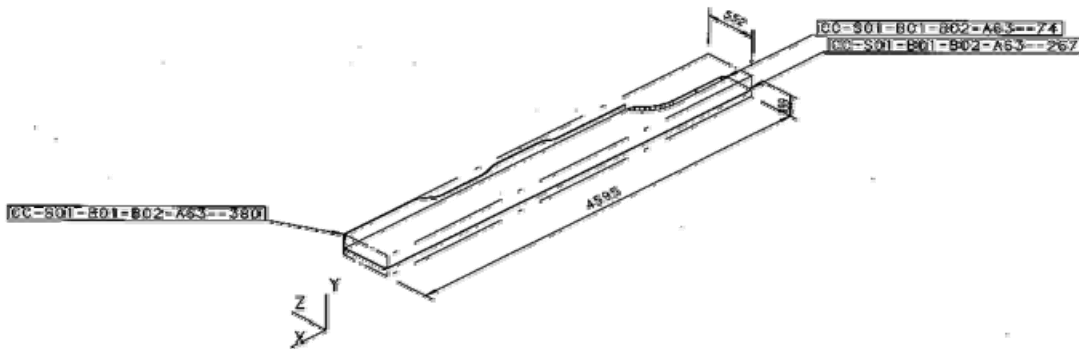


Η κατασκευή του σύμφωνα με το δέντρο συναρμολόγησης απαιτεί την προκατασκευή όλων των υποσυγκροτημάτων του όπως αυτά παρουσιάζονται στο δέντρο του Σχήματος 6.3, το οποίο μας δείχνει την από αριστερά προς τα δεξιά προτεραιότητα κατασκευής.

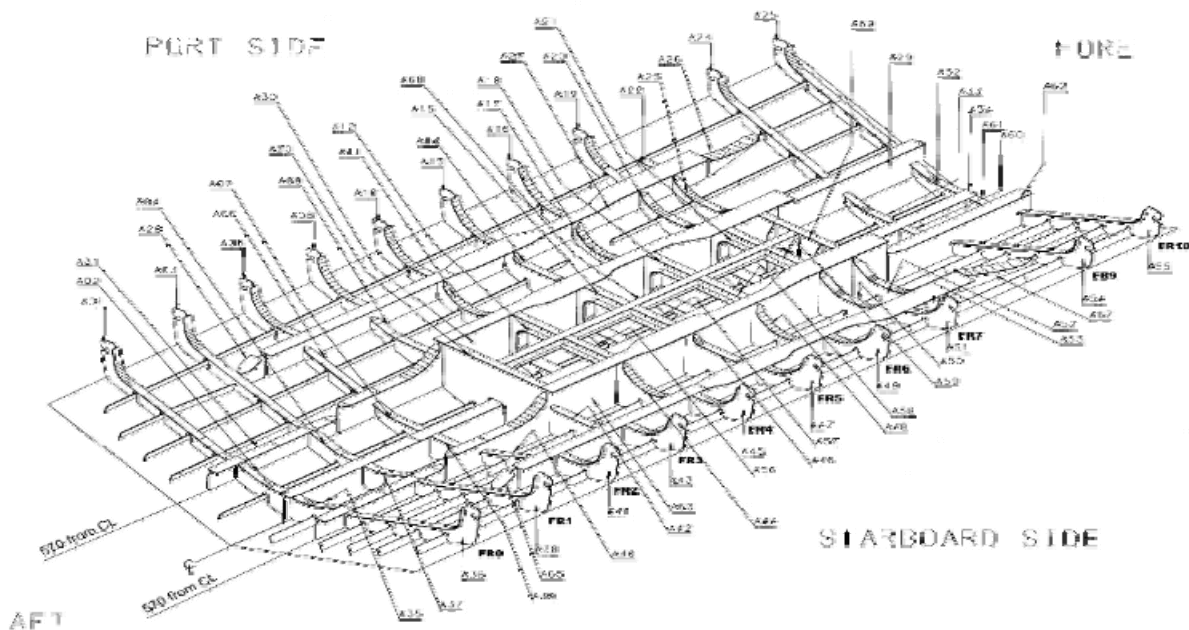


Σχήμα 6.3 : Δέντρο Συναρμολόγησης B01

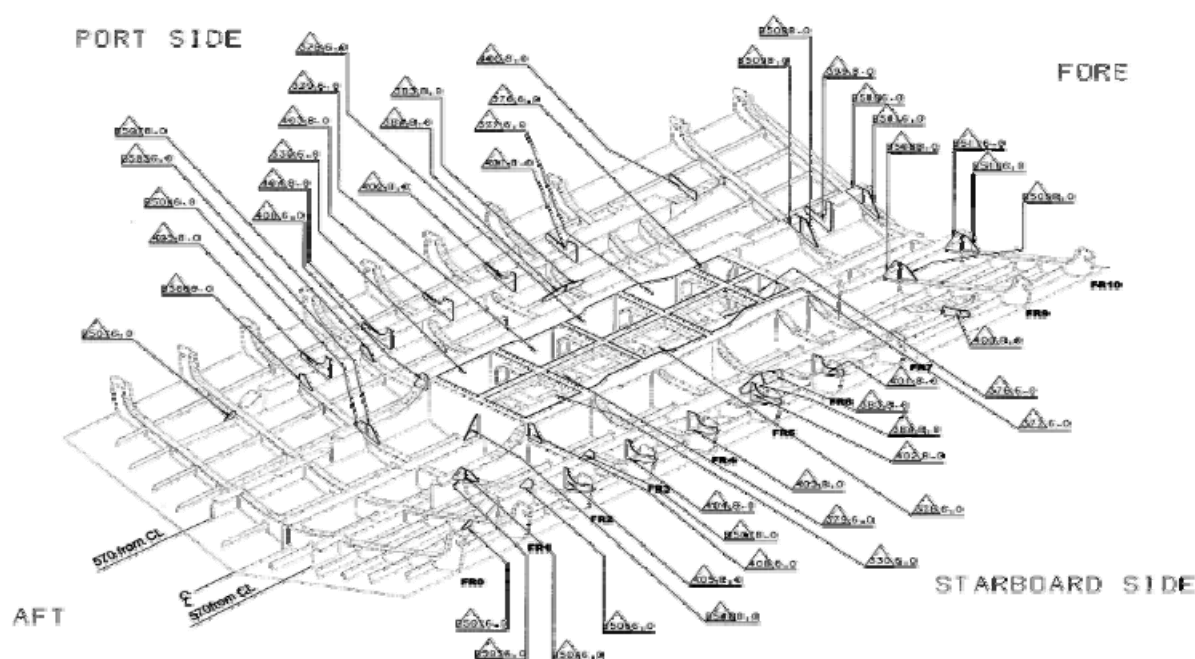
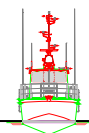
Τα σχέδια συναρμολόγησης του Υποτομέα B01 καλούνται αρχικά να αναλύσουν στην λεπτομέρεια τη συναρμολόγηση όλων των **AXX** (Σχήμα 6.4), στη συνέχεια τον τρόπο με τον οποίο θα συνθέσουν τον **B02** (Σχήμα 6.5) και πώς αυτός με την σειρά του, μαζί με τον **U01** (Σχήμα 6.6) θα κατασκευάσουν τον B01.



Σχήμα 6.4: Σχέδιο συναρμολόγησης AXX



Σχήμα 6.5: Σχέδιο συναρμολόγησης B02



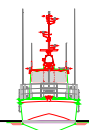
**Σχήμα. 6.6: Σχέδιο συναρμολόγησης U01**

### 6.1.5 Διατακτικά Σχέδια μεταλλικής κατασκευής Σχέδια Εξοπλισμού

Με τον όρο διατακτικά σχέδια εννοούμε τη σειρά των Ναυπηγικών σχεδίων που κατατέθηκαν και εγκρίθηκαν από τον Νηογνώμονα Lloyds για την έγκριση τύπου του σκάφους. Στα σχέδια αυτά παρουσιάζονται λεπτομέρειες της κατασκευής που αφορούν στις συγκολλήσεις, διαστάσεις συναρμολόγησης, εγκάρσιες και διαμήκεις τομές του σκάφους, ολικά μήκη κλπ.

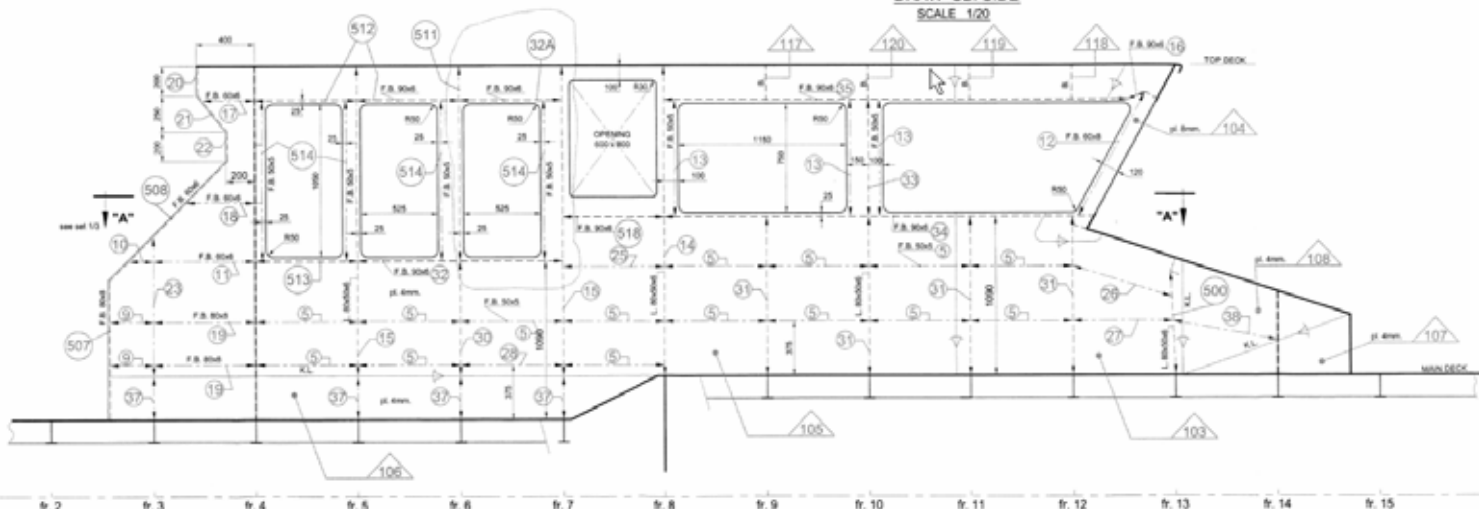
Τα σχέδια αυτά περιγράφουν την κατασκευή και την οριοθετούν σύμφωνα με τους κανονισμούς ναυπήγησης του Νηογνώμονα. Σε συνήθεις κατασκευές αυτά αποτελούν και τα μόνα κατασκευαστικά σχέδια του σκάφους, από τα οποία η παραγωγή καλείται να πραγματοποιήσει την ανάλυση εργασίας για την κατασκευή των επιμέρους τεμαχίων που το αποτελούν.

Ένα τυπικό διατακτικό κατασκευαστικό σχέδιο παρουσιάζεται στο (Σχήμα 6.7) το οποίο και απεικονίζει διαμήκεις τομές της Υπερκατασκευής.



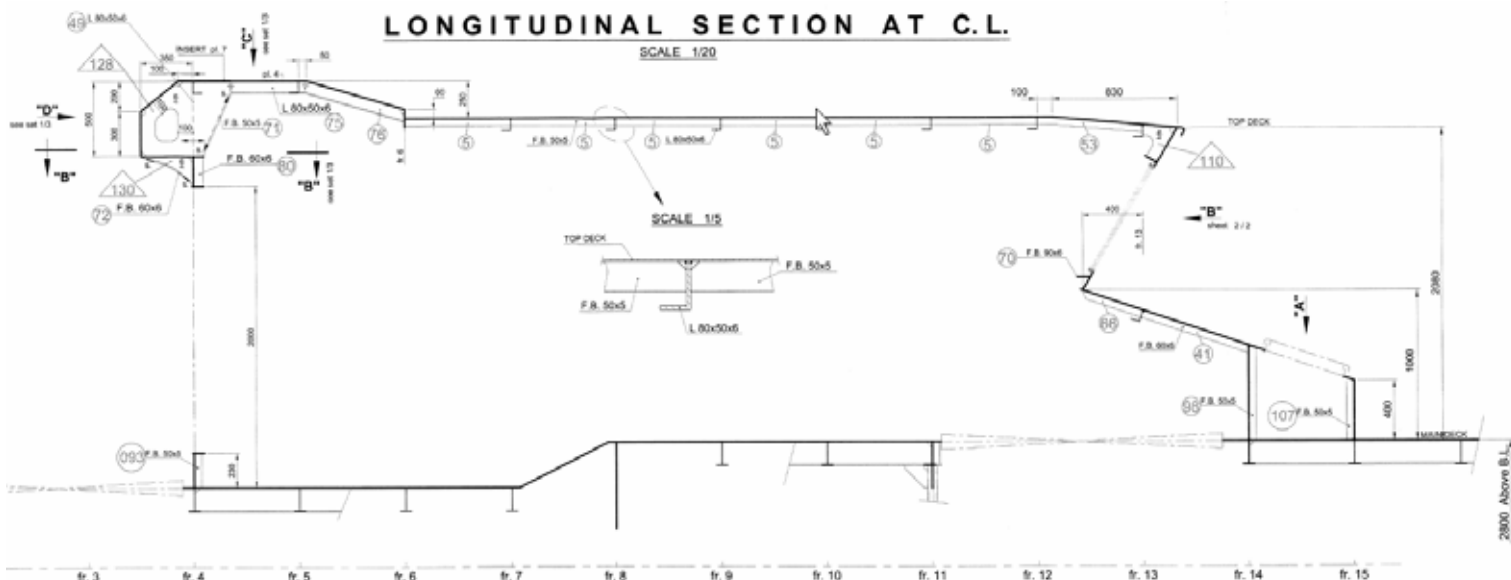
**LONGITUDINAL SECTION 1500 FROM C.L.**

DRAW SB. SIDE  
SCALE 1/20



**LONGITUDINAL SECTION AT C.L.**

SCALE 1/20



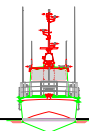
**Σχήμα 6.7 : Διατακτικό Κατασκευαστικό Σχέδιο Διάμηκων Τομών του Τομέα S03**

Η κατασκευή ξεκινά μετά την έγκριση και αποδοχή των σχεδίων αυτών από τον Νηογνώμονα.

**6.1.6 Κατασκευαστικά Σχέδια Εξοπλισμού**

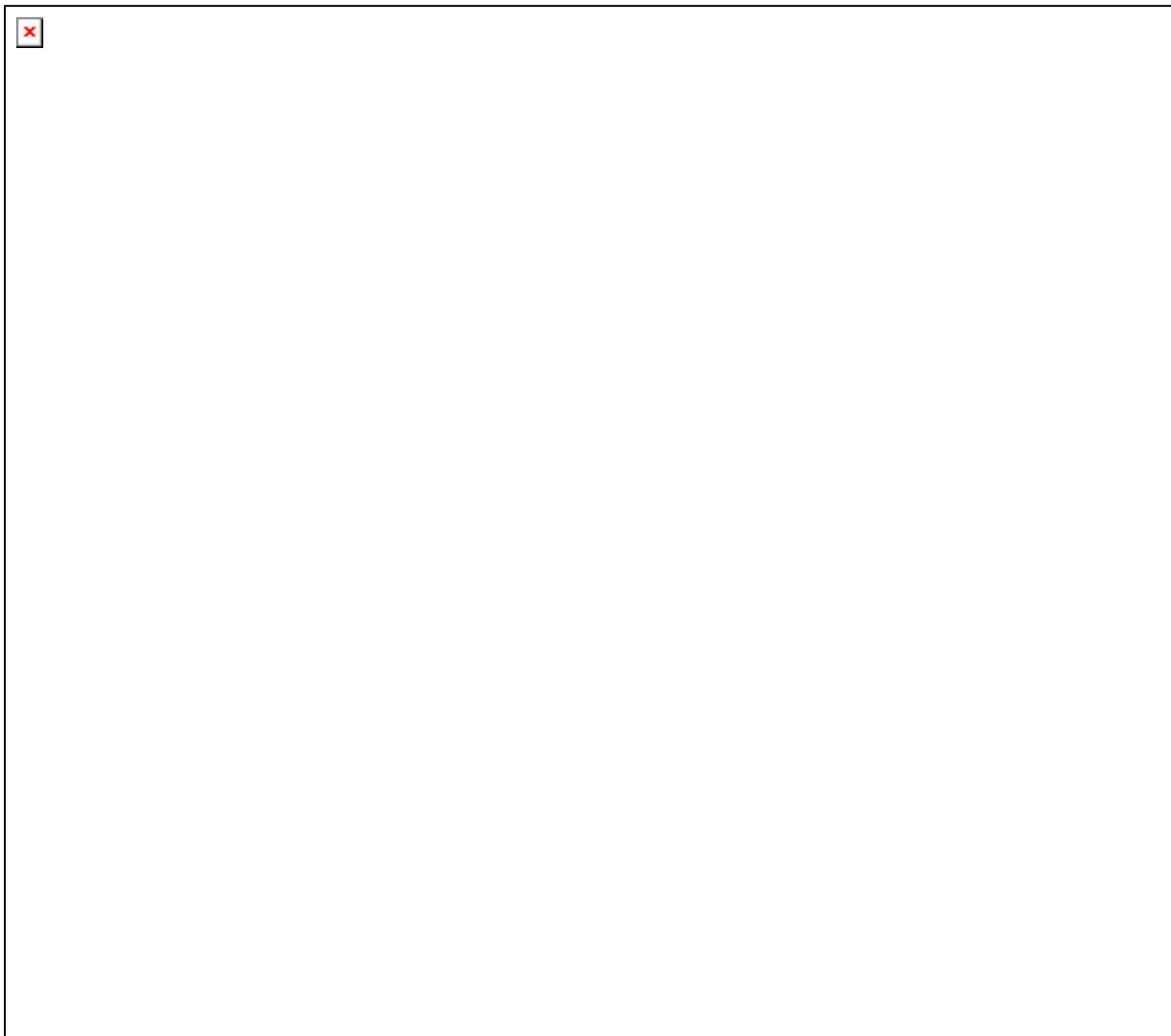
Τα σχέδια αυτά αποτελούν κατά κύριο λόγο το μηχανολογικό μέρος της κατασκευής. Δεν αφορούν τη γάστρα του σκάφους, αλλά μεταλλικές κατασκευές οι οποίες είναι απαραίτητες να πραγματοποιηθούν για τη στήριξη των μηχανημάτων και τη λειτουργία μηχανισμών και συστημάτων όπως :

- Συστήματα Πρόωσης
- Συστήματα πηδαλιουχίας
- Συστήματα πρόσδεσης και αγκυροβολίας



- Βάσεις Ηλεκτρολογικού και Μηχανολογικού εξοπλισμού κλπ.

Ένα μεγάλο μέρος αυτών απαιτούν την έγκριση του Νηογνώμονα, που αποδεικνύει το πόσο καθοριστικό ρολό παίζουν στην όλη κατασκευή. Ένα τυπικό σχέδιο που αφορά τον εξοπλισμό της αγκυροβολίας του σκάφους παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.8

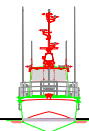


***Σχ. 6.7 Κατασκευαστικό Σχέδιο Εξοπλισμού δέστρας πρόσδεσης***

## **6.2 Οργάνωση Παραγωγής – Διοίκηση Έργου**

Έχοντας τους ανθρωπινούς πόρους, τις πρώτες ύλες και τα μηχανήματα διαθέσιμα για την κατασκευή ενός έργου, πρέπει αρχικά να καθοριστούν μια ή περισσότερες διαδικασίες ώστε να υπάρχει πλήρης έλεγχος της προόδου της παραγωγής, εάν δηλαδή αυτό εξελίσσεται σύμφωνα με τις αρχικές εκτιμήσεις κόστους και χρόνου ή όχι.

Ο επικεφαλής του έργου της παραγωγής πρέπει να έχει μελετήσει την κατασκευή ώστε να οργανώσει ένα σύστημα παρακολούθησης που θα είναι σε θέση να τον υποστηρίξει να πάρει τις σωστές αποφάσεις και να δώσει μια σειρά από εντολές εργασίας στον σωστό χρόνο, σύμφωνα με το αρχικό χρονοδιάγραμμα και το Build Philosophy για την υλοποίηση του έργου.



Με βάση τα ανωτέρω αναπτύχθηκε ένα ηλεκτρονικό σύστημα παρακολούθησης της εξέλιξης του έργου της μεταλλικής κατασκευής, το οποίο ήταν άμεσα συνδεδεμένο με το Build Philosophy του έργου και την εξέλιξη των εργασιών σε ημερησία βάση.

Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε περιβάλλον Oracle Data Base εισήγαγε την όλη κατασκευαστική πληροφορία από τη βάση δεδομένων του Tribon η οποία συνέδεε :

1. Πρώτες ύλες με τα σκίτσα κοπής (Ελασμάτων – Μορφοαλουμινίων) ,
2. Σχέδια κοπής με τα κομμάτια τα οποία παράγονται από την κατεργασία της κοπής και πληροφορίες για περαιτέρω κατεργασία μετά την κοπή, εάν απαιτούνταν (κάμψης , λοξοτομές συγκόλλησης κλπ)
3. Τα ελεύθερα κατεργασμένα τεμάχια με τη συναρμολόγηση σε όλα τα επίπεδα (τομέας – Υποτομέας – συναρμολόγημα – υποσυναρμολόγημα).

Σύμφωνα με το Buil Philosophy του έργου, όπως έχουμε ήδη αναλύσει παραπάνω στη Φάση 1 έπρεπε να κατασκευαστούν παράλληλα μέρη τόσο του πρυμναίου (S01) όσο και του πρωραίου τομέα (S02). Η εφαρμογή υποστήριζε την κατασκευή και των 2 σκαφών ταυτόχρονα ως εξής:

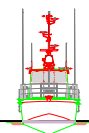
Με την έναρξη των κοπών των μορφοαλουμινίων και των ελασμάτων στο πέρας της ημέρας το σύστημα ενημερωνόταν ότι τα XXXXX σχέδια κοπής πέρασαν την αρχική φάση κοπής τους. Αυτόματα το σύστημα παρήγαγε λίστες με τους αριθμούς τεμαχίων (Part Number) αυτών για τα οποία απαιτείται περαιτέρω κατεργασία για την ολοκλήρωσή τους ανα είδος επόμενης απαιτούμενης κατεργασίας. Οι λίστες αυτές δίνονταν στην παραγωγή, ώστε να πραγματοποιηθεί μια ταξινόμηση που χώριζε τα τεμάχια σε αυτά που απαιτούνταν περαιτέρω κατεργασία και για τα μεν υπόλοιπα να οδηγηθούν κατάλληλα για κάθε ένα πλοίο στον χώρο προκατασκευής του τομέα-υποτομέα στον οποίο ανήκαν. Για τα τεμάχια αυτά, στα οποία είχε πραγματοποιηθεί και η τελευταία κατεργασία τους το σύστημα ενημερωνόταν εκ νέου μέχρι να χαρακτηριστεί ως ελεύθερο από κατεργασία και έτοιμο για συναρμολόγηση.

Καθώς η όλη φάση της κατεργασίας της όλης πρώτης ύλης ήταν σε εξέλιξη, και πριν την ολοκλήρωσή της, η εφαρμογή είχε την δυνατότητα, γνωρίζοντας το δέντρο συναρμολόγησης του κάθε τομέα-υποτομέα - συναρμολόγημα – υποσυναρμολόγημα κλπ, να ενημερώνει την παραγωγή για το τι ήταν εφικτό να συναρμολογηθεί και τι όχι.

Οι συναρμολογητές – ελασματοουργοί λάμβαναν λίστες με τα αντίστοιχα συναρμολογήματα τα οποία ήταν δυνατόν στην παρούσα φάση να συναρμολογηθούν και με το πέρας της εργάσιμης ημέρας παρέδιδαν την λίστα αυτή με τις συναρμολογήσεις της ημέρας για ενημέρωση της εφαρμογής.

Αυτόματα εκτύπωνε αντίστοιχες λίστες για τους ηλεκτροσυγκολλητές, οι οποίοι και αυτοί με τη σειρά τους ενημέρωναν στο πέρας της ημέρας για το ποια συναρμολογήματα έχουν συγκολληθεί και ποια όχι. Η εφαρμογή με αυτό τον τρόπο είχε όλη την πληροφορία για την εξέλιξη της κατασκευής.





Ποιο συγκεκριμένα , η πληροφορία περιλάμβανε τα εξής:

- A) Ποια τεμάχια έχουν κοπεί και ποια όχι.
- B) Ποια αναμένουν περαιτέρω κατεργασία και ποια είναι έτοιμα προς συναρμολόγηση.
- Γ) Ποια έχουν συναρμολογηθεί και αναμένουν την συγκόλληση τους.
- Δ) Ποια συναρμολογήματα έχουν και συγκολληθεί.
- E) Για ποιους υποτομείς υπάρχει δυνατότητα συναρμολόγησης και για ποιους όχι.

Με βάση το Build Philosophy, η παραγωγή με εύκολο τρόπο πια είχε την δυνατότητα να δίνει σε πρώτη προτεραιότητα προ-συναρμολογήσεις που αφορούσαν την αντίστοιχη Φάση στην οποία βρίσκονταν και σε δεύτερη προσυναρμολογήσεις που αφορούσαν την αμέσως επόμενη.

Όπως ήδη αναφέραμε και στο κεφάλαιο 6.1 (Σχέδια Μεταλλικής Κατασκευής - Tribon System) η χρησιμοποίηση του Tribon στο στάδιο της μεταλλικής κατασκευής όχι μόνο ως σχεδιαστικό εργαλείο CAD / CAM αλλά και ως ένα κατασκευαστικό πληροφοριακό σύστημα (M.I.S Manufacturing Information System) αποδείχτηκε ότι με κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων που είναι σε θέση να παράγει δύναται να υποστηρίξει την παραγωγή και στον τομέα της οργάνωσής της στο σύνολό της.

Το ανωτέρω σύστημα είχε τη δυνατότητα, εφόσον γνώριζε και το βάρος του κάθε τεμαχίου, να μετρά, εκτός από την πρόοδο της εργασίας, και την απόδοση της παραγωγής σε όλες τις φάσεις κατασκευής με αντίστοιχους δείκτες παραγωγικότητας, όπως για παράδειγμα:

Δ1= Εργατώρες κοπής ελασμάτων / Tn / πάχος υλικού αλουμινίου.

Δ2= Εργατώρες κοπής μορφοαλουμινίων / Tn / είδος μορφοαλουμινίου.

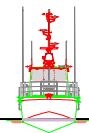
Δ3= Εργατώρες διαμορφώσεων (κάμψεις) / Tn / πάχος αλουμινίου.

Δ4= Εργατώρες συναρμολόγησης / Tn αλουμινίου

Δ5= Εργατώρες συγκόλλησης / Tn αλουμινίου / πάχος αλουμινίου

Τα στοιχεία αυτά είναι πολύ σημαντικά για το marketing και τη μελλοντική εκτίμηση αντίστοιχων κατασκευών αλουμινίου, για σύνταξη οικονομικών προσφορών, για την στρατηγική αποφάσεων που άπτονται στο κατά πόσο είναι συμφέρον η χρησιμοποίηση ή όχι υπερβολάβων, σε ποιους τομείς η παραγωγή είναι ανταγωνιστική και πού όχι και γιατί, και πολλά άλλα χρήσιμα συμπεράσματα για την διοίκηση και την πολιτική της εταιρείας.

Το όλο σύστημα αποδείχτηκε πολύ χρήσιμο εργαλείο για τον συντονισμό της όλης παραγωγικής διαδικασίας, απλό στην εφαρμογή του και εξαιρετικά αποδοτικό, πράγμα το οποίο απέδειξαν και οι δείκτες παραγωγικότητας οι οποίοι σημειώθηκαν με το πέρας της μεταλλικής κατασκευής.



### 6.3 Ανθρώπινοι Πόροι – Εκπαίδευση

Το ανθρωπινό δυναμικό είναι ίσως το σημαντικότερο κομμάτι μιας παραγωγικής διαδικασίας. Η Ναυπηγική Βιομηχανία είναι ίσως η πιο δύσκολη διαδικασία παραγωγής για αυτοματοποίηση, διότι ο αριθμός των ομοειδών κατασκευών-συγκροτημάτων- πλοίων σε σειρά είναι κατά κανόνα πολύ μικρός.

Έτσι, ο ανθρώπινος παράγοντας έχει τον κυρίαρχο ρόλο πάνω στο έργο, το οποίο πρέπει να εκτελεστεί παραγωγικά και με την απαιτούμενη ποιότητα.

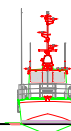
Η αρχική εκπαίδευση αφορούσε κάποιους βασικούς κανόνες τεχνολογίας και εργασίας του αλουμινίου ως πρώτη ύλη κατεργασίας. Τι επιτρέπεται και τι όχι κατά τη κατεργασία του, τη μεταφορά του, τη συγκόλλησή του και, γενικότερα, την προστασία του ως μέταλλο το οποίο δεν πρέπει να έρχεται σε επαφή με το κυρίαρχο στην υπάρχουσα παραγωγή μέταλλο του σιδήρου. Ακολούθησε εκπαίδευση στα νέα σχέδια και τον τρόπο εργασίας του έργου που αφορούσε το σχεδιαστικό πακέτο του Tribon, τα σκίτσα κατεργασίας, τα σχέδια συναρμολόγησης, το δέντρο συναρμολόγησης του σκάφους, το build Philosophy που πρέπει να ακολουθηθεί.

Η ιδιομορφία του υλικού κατασκευής απαιτούσε μεγάλη προσοχή, ειδικά κατά την διαδικασία της συγκόλλησής του και στη συνέχεια της συναρμολόγησης και αυτό έπρεπε να είναι σε όλους γνωστό. Η διαδικασία της συναρμολόγησης είχε μια επιπλέον ενέργεια, τον έλεγχο συναρμολόγησης με βάση τα κατασκευαστικά σχέδια – συγκόλληση σύμφωνα με τις διαδικασίες και εκ νέου έλεγχος διαστάσεων και παραμορφώσεων του συναρμολογήματος πριν τη συνέχεια της επόμενης συναρμολόγησης.

Έγινε σε όλους κατανοητό ότι στο πέρας της ημέρας έπρεπε να συμπληρώσουν τη λίστα εργασίας για τα σχέδια κοπής ή τα συναρμολογήματα, τα οποία είχαν περατώσει κατά την εργάσιμη ημέρα, όχι για να ελεγχθεί η παραγωγικότητά τους αλλά για να βοηθήσουν τη διαδικασία παραγωγής στον συντονισμό της και να αποτραπούν χαμένοι χρόνοι που θα επιβάρυναν το έργο με κόστος και άστοχη εργασία. Η κατασκευή αφορούσε την παράδοση 2 σκαφών ίδιου τύπου στον αυτό χρόνο, έτσι αναγκαστικά ή μη, έπρεπε να προχωρήσουν παράλληλα. Το γεγονός αυτό είχε κατά βάση περισσότερα μειονεκτήματα από πλεονεκτήματα, διότι τα σκάφη κατασκευάζονταν για πρώτη φορά και η οποιαδήποτε αστοχία συνέβαινε σχεδόν ταυτόχρονα και στα δυο σκαφή.

Το μόνο πλεονέκτημα το οποίο υπήρχε ήταν ότι τα σκάφη κατασκευάζονταν και τα δυο στον ίδιο χώρο και σε παράλληλες γειννιάζουσες περιοχές, με αποτέλεσμα να υπάρχει από την έναρξη του έργου ένας υγιής ανταγωνισμός μεταξύ των ομάδων συναρμολόγησης για θέματα παραγωγικότητας, προόδου, και ποιότητας.

Κατά την εξέλιξη του έργου υπήρξαν και στιγμές μεγάλης δυσκολίας στην κατασκευή και οι δυο ομάδες εργάζονταν στο ίδιο πλοίο έως ότου βρεθεί η βέλτιστη τεχνική, μέθοδος, τακτική κατασκευής για να ακολουθηθεί χωρίς ρίσκο αστοχίας μαζί και στο επόμενο σκάφος. Μια τέτοια περίπτωση ήταν η συναρμολόγηση των εξωτερικών ελασμάτων του περιβλήματος της πλώρης για την οποία κρίθηκε απαραίτητη στο δεύτερο πλοίο η αλλαγή τεχνικής συναρμολόγησης λόγω μεγάλης δυσκολίας και επικινδυνότητας.



## 7. Τεχνολογία – Εργαλεία - Διαδικασίες Εργασίας - Προβλήματα και λύσεις

Όλες οι διαδικασίες – τεχνικές που θα εφαρμόζονταν θα ελέγχονταν και έπρεπε να έχουν την έγκριση του Νηογνώμονα, ο οποίος είχε την υποχρέωση να παρακολουθεί την όλη μελέτη, σχεδίαση και κατασκευή ώστε το τελικό προϊόν να έχει τις απαιτούμενες προδιαγραφές και χαρακτηριστικά τυπού :

### +100 A1 SSC Patrol Mono +LMC HSC G3

Ο κωδικός αυτός αριθμός, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Νηογνώμονα σημαίνει αναλυτικά ότι το σκάφος θα πρέπει να έχει τα κάτωθι χαρακτηριστικά σχεδίασης, μελέτης και κατασκευής:

**+100** :Πλήρης συμμόρφωση σχεδίασης, κατασκευής και επιθεώρησης του σκάφους (Hull) με τους κατασκευαστικούς κανονισμούς του Lloyds.

**A1** : Πλήρης συμμόρφωση όσον αφορά στα συστήματα αγκυροβολίας και πρόσδεσης.

**SSC** : Το σκάφος κατατάσσεται στην κατηγορία κανονισμών Special Service Craft.

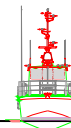
**Patrol Mono**: Το σκάφος χαρακτηρίζεται ως περιπολικό μονής γάστρας.

**+LMC** : Πλήρης μηχανολογική και ηλεκτρολογική συμμόρφωση της σχεδίασης, κατασκευής και επιθεώρησης με τους κατασκευαστικούς κανονισμούς του Lloyds.

**HSC** : Ταχύπλοο (High Speed Craft)

**G3** : Κατηγορία Επιχειρησιακής ακτίνας G3 (150 miles από ασφαλές αγκυροβόλιο – ακτή)

Η κωδικοποίηση του αυτή, πέραν της ταυτότητάς του, εσωκλείει και την κατασκευαστική αρτιότητα και ποιότητα το οποίο το συνοδεύει.

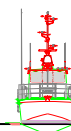


Το υλικό κατασκευής που επιλέχθηκε για την κατασκευή των σκαφών ήταν το αλουμίνιο 5083-H111 για τα ελάσματα και για τα ενισχυτικά (προφίλ) το αλουμίνιο 6082 - T5/T6 . Όπως έχουμε ήδη αναλύσει στο κεφάλαιο 4 περί κραμάτων αλουμινίου, το αλουμίνιο 5083 H-111 είναι ένα κράμα διαμόρφωσης με κυρίαρχο κραματικό στοιχείο το Μαγνήσιο (Mg), το οποίο κατά ISO έχει την ονομασία AlMg4,5Mn με ενδοτράχυνση ελάχιστης σκληρότητας.

Το κράμα 5083 στην κατεργασία H111 καθώς και η ποιότητα αλουμινίου 6082 –T5/T6 είναι κατάλληλα για Ναυπηγική χρήση, διότι διαθέτουν ικανοποιητική αντοχή, καλή συγκολλησιμότητα και εξαιρετική αντοχή σε διάβρωση. Η τεχνολογία η οποία έπρεπε να ακολουθηθεί από την κατεργασία της πρώτης ύλης έως την ολοκλήρωση του συναρμολογήματος του σκάφους ήταν σαφώς διαφοροποιημένη από αυτή του Ναυπηγικού χάλυβα που κατά κανόνα ήταν προσαρμοσμένη η μέχρι τότε παραγωγή και η τεχνογνωσία του ανθρώπινου δυναμικού του ναυπηγείου.

Η εκπαίδευση του ανθρώπινου δυναμικού ξεκίνησε με μια απλή οδηγία εργασίας η οποία σε γενικές γραμμές περιέγραφε το τι επιτρέπεται στην κατεργασία αλουμινίου και τι όχι.

<b>ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ</b>	<b>ΕΠΙΤΡΕΠΕΤΑΙ</b>
Απαγορεύεται ο καθαρισμός του αλουμινίου με σιδερόβουρτσα.	Επιτρέπεται η χρήση χρωμάτων με ψευδάργυρο (zinc).
Απαγορεύεται η χρήση χαλύβδινων μαλαφάδων (jigs) και μοντέλων (templates) σε επαφή με το αλουμίνιο κατά την φάση της κατασκευής.	Επιτρέπεται η χρήση γράσων με ψευδάργυρο.
Ο μόλυβδος (lead), ο γραφίτης (graphite), ο υδράργυρος (mercury) και ο χαλκός (copper) είναι εξαιρετικά επικίνδυνοι όταν είναι σε επαφή με το αλουμίνιο.	Τα μόνα μέταλλα για τα οποία δεν απαιτείται μόνωση σε ορισμένες περιπτώσεις και έξω από το νερό είναι ο ανοξείδωτος χάλυβας (stainless steel), το μόνελ (Monel) και ο γαλβανισμένος χάλυβας (galvanized steel).
Απαγορεύεται η χρήση χρωμάτων με χαλκό, μόλυβδο ή υδράργυρο.	
Απαγορεύεται η χρήση εύκαμπτου στεγανοποιητικού.	
Απαγορεύεται η χρήση γράσων με γραφίτη.	
<b>Απαιτείται</b>	
Πρέπει να υπάρχει πλήρης ηλεκτρική μόνωση του αλουμινίου από τα άλλα μέταλλα και ιδίως τον χαλκό και τον χάλυβα.	
Απαιτείται έλεγχος της μόνωσης με ωμόμετρο (ohmmeter) ή ευαίσθητο βολτόμετρο .	
Για τη μόνωση των φλαντζών και των κοχλιών πρέπει να χρησιμοποιούνται στερεά υλικά, όπως νεοπρένιο, PVC, Tufnol κλπ.	
Η πλήρης εγκατάσταση των μηχανών πρέπει να μονωθεί από το σκάφος.	
Πρέπει να χρησιμοποιούνται τριβείς αξόνων από ελαστικό (rubber).	



Αυτές οι απλές οδηγίες στην πράξη δημιουργούν αρκετά κατασκευαστικά προβλήματα, τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν με τρόπο τέτοιο που να επιλύουν το πρόβλημα με το χαμηλότερο κόστος.

### Το πρόβλημα των Ιδιοσυσκευών

Αρχικά έπρεπε να λυθεί το πρόβλημα των ιδιοσυσκευών συναρμολόγησης οι οποίες θα έπρεπε να είναι ικανές να συγκρατούν τους υποτομείς στις κατασκευαστικές γραμμές του σκάφους για συγκόλληση χωρίς τον κίνδυνο παραμορφώσεων. Η πάκτωση ιδιοσυσκευών από αλουμίνιο ικανό να κρατήσει το βάρος του όλου σκάφους, είχε απαγορευτικό κόστος με αμφίβολα αποτελέσματα, καθώς όλες οι θερμοκρασιακές μεταβολές από τις συγκολλήσεις του σκάφους κατά τη συναρμολόγηση αναπόφευκτα θα μεταφέρονταν και στην ιδιοσυσκευή.

Οι ιδιοσυσκευές κατασκευάστηκαν από χάλυβα για όλους τους τομείς του σκάφους, οι οποίες, αφού χρωματίστηκαν, μονώθηκαν σε όλα τα σημεία επαφής τους με το αλουμίνιο με ειδική αυτοκόλλητη **ταινία αλουμινίου** ικανού πάχους ώστε να αποφευχθεί η οποιαδήποτε επαφή. Το πρόβλημα της συγκράτησης των υποτομέων επί των ιδιοσυσκευών λύθηκε με την χρησιμοποίηση **διμεταλλικών ελασμάτων** (χάλυβας-αλουμίνιο), τα οποία από την πλευρά του χάλυβα συγκολλήθηκαν με τη χαλύβδινη ιδιοσυσκευή και από την άλλη συγκολλήθηκαν με τα προς συναρμολόγηση κομμάτια του σκάφους. Οι Εικόνες 7.1 έως και 7.4 παρουσιάζουν την ανωτέρω τεχνική που ακολουθήθηκε.



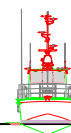
*Εικόνα 7.1- Η χαλύβδινη ιδιοσυσκευή πακτωμένη ευθυγραμμισμένη με τις γραμμές του πρυμναίου τομέα S01*



*Εικόνα 7.2- Η χαλύβδινη ιδιοσυσκευή πακτωμένη ευθυγραμμισμένη με τις γραμμές του Πρωραίου τομέα S02*



*Εικόνα 7.3- Η χαλύβδινη ιδιοσυσκευή του πρυμναίου τομέα S01 μετά τον χρωματισμό και την τοποθέτηση ταινίας αλουμινίου και διμεταλλικών ελασμάτων*



*Εικόνα 7.4- Η χαλύβδινη ιδιοσυσκευή του πρωραίου τομέα S02 μετά τον χρωματισμό και την τοποθέτηση ταινίας αλουμινίου και διμεταλλικών ελασμάτων*

Η ίδια τεχνική ακολουθήθηκε και στην ιδιοσυσκευή της υπερκατασκευής, η οποία χρησιμοποιήθηκε και ως ζυγός μεταφοράς για την ανέγερσή της επί του σκάφους. Οι Εικόνες 7.5 έως και 7.7 παρουσιάζουν τα στάδια κατασκευής της και τη διπλή χρησιμότητά της.



*Εικόνα 7.5: Η χαλύβδινη ιδιοσυσκευή της Υπερκατασκευής κατά την κατασκευή της από χάλυβα*



*Εικόνα 7.6- Η χαλύβδινη ιδιοσυσκευή της Υπερκατασκευής έτοιμη σε φάση συναρμολόγησης επί των διμεταλλικών ελασμάτων*



*Εικόνα 7.7- Η χαλύβδινη ιδιοσυσκευή της Υπερκατασκευής ως ζυγός ανέγερσης της*

Ένα σημαντικό πρόβλημα που ανέκυψε επί της κατασκευής του σκάφους ήταν η ανέγερση των τομέων. Στη συγκεκριμένη κατασκευή ο πρωραίος τομέας S01 συναρμολογήθηκε σε ανάποδη θέση για δυο σημαντικούς λόγους: πρώτον, ήταν πολύ δύσκολη η κατασκευή ιδιοσυσκευής η οποία θα εφαρμόζε πρώτα τα εξωτερικά ελάσματα και κατόπιν τα ενισχυτικά του τομέα, και δεύτερον, διότι παράλληλα έπρεπε να διατηρηθεί η κυρτότητα του καταστρώματός του.





Έτσι, ο πρωραίος τομέας κατασκευάστηκε σε ανάποδη θέση και με εντελώς διαφορετική τεχνική από τον πρυμναίο τομέα ο οποίος δε δύναται να κατασκευαστεί ανάποδα διότι ανάμενε την τοποθέτηση των κυρίων μηχανών.

Το πρόβλημα που έπρεπε να λυθεί για τον πρωραίο τομέα ήταν οι κινήσεις που έπρεπε να γίνουν κατά την ανέγερσή του έτσι ώστε να έρθει σε φυσική θέση συναρμολόγησης. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε, αφού πρώτα έγινε μελέτη αντοχής και κατασκευή των απαραίτητων σημείων ανέλκυσής του, ήταν :

- A) Πρόσδεση επί της ανάποδης θέσης σε τρία σημεία και ανύψωση με 2 γερανογέφυρες
- B) Μεταφορά σε σημείο με μεγάλο ύψος μεταξύ γερανογέφυρας και εδάφους ικανό να κρεμάσει όλο τον τομέα χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να ακουμπήσει επί του δαπέδου.
- Γ) Ανύψωσή του από το πρωραίο άκρο του με χρήση της πρωραίας γερανογέφυρας και 'κρέμασμα' .
- Δ) Απελευθέρωση του πρυμναίου άκρου του τομέα από την πρυμναία γερανογέφυρα.
- Ε) Περιστροφή του επί του διαμήκου κεντροβαρικού άξονα
- ΣΤ) Εκ νέου πρόσδεση (3) τριών σημείων με τις δυο γερανογέφυρες και μεταφορά προς σύνδεση με τον πρυμναίο τομέα.

Τα ανωτέρω βήματα για την περιστροφή του παρουσιάζονται στην Εικόνα 7.8.





Φάση Ανύψωσης (Β)



Φάση Ανύψωσης (Γ)



Φάση Ανύψωσης (Δ)



Φάση Ανύψωσης (Ε)

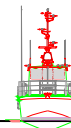


Φάση Ανύψωσης (ΣΤ)

### **Εικόνα 7.8 : Φάσεις Ανέγερσης Πρωραίου Τομέα**

Η μελέτη και η σχεδίαση των ιδιοσυσκευών συναρμολόγησης είναι μια διαδικασία κατά την οποία ο μελετητής πρέπει να έχει πλήρη γνώση του αντικείμενου που θα συναρμολογήσει με τις ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά της κατασκευής του. Μια χαρακτηριστική περίπτωση στην κατασκευή των σκαφών αυτού του τύπου ήταν, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η ιδιοσυσκευή συναρμολόγησης της υπερκατασκευής.

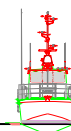
Η υπερκατασκευή ήταν μια ελαφριά κατασκευή από 4mm πάχος ελάσματος όχι ιδιαίτερα ενισχυμένη, και το πρόβλημα της διατήρησης της γεωμετρίας της ήταν πολύ βασικό τόσο για τη συναρμολόγησή της όσο και για τη μεταφορά της.



Η ιδιοσυσκευή που μελετήθηκε και σχεδιάστηκε για τον σκοπό αυτό εξυπηρετούσε και τα δυο αυτά χαρακτηριστικά του τομέα S03. Στην Εικόνα 7.9 παρουσιάζεται η εύκολη μεταφορά και συναρμολόγησή της επί των τομέων S01 και S02.



***Εικόνα 7.9: Η ανέγερση του S03 επί του S01 και S02 η ιδιοσυσκευή της Υπερκατασκευής χρησιμοποιήθηκε και ως ζυγός ανέγερσης της.***



Ένα εξαιρετικά σημαντικό στοιχείο στην κατασκευή των ιδιοσυσκευών που αφορά στην ασφάλεια του προσωπικού είναι η μέριμνα της ηλεκτρικής **ισοδυναμικής γειώσης** τους, τόσο μεταξύ τους όσο και με το σύστημα κτίριο – γερανοί. Διάφορα στατικά ηλεκτρικά φορτία μπορεί να δημιουργηθούν τόσο από διαρροές μηχανημάτων που εργάζονται επί των ιδιοσυσκευών (π.χ. ηλεκτροσυγκολλήσεις), καθώς επίσης και στους γεραμούς οι οποίοι εργάζονται επί του κτιρίου.

Είναι λοιπόν επιτακτικό το σύστημα ιδιοσυσκευές – γερανοί – κτίριο να βρίσκονται πάντα σε κατάσταση μηδενικής διαφοράς δυναμικού, ώστε να εξαλειφθεί ο κίνδυνος μιας ηλεκτρικής εκκένωσης μεταξύ γερανών και ιδιοσυσκευών. Για τον σκοπό αυτό όλες οι ιδιοσυσκευές γειώθηκαν με τη μεταλλική δομή του κτιρίου μέσω χαλύβδινων ελασμάτων.

### Ταξινόμηση Πρώτων Υλών

Η αποθήκευση των πρώτων υλών τόσο για τα μορφοαλουμίνια όσο και για τα ελάσματα πραγματοποιήθηκε στον αυτό χώρο κατασκευής των σκαφών όπου, μετά την ποσοτική - ποιοτική παραλαβή και ταυτοποίησή τους με τα συνοδευόμενα πιστοποιητικά γνησιότητας, ταξινομήθηκαν ανα διάσταση, είδος και πάχος.

Η ταξινόμηση αυτή πραγματοποιήθηκε για τους κάτωθι λόγους:

1. Μείωση χρόνου μεταφοράς τους από τη θέση αποθήκευσης προς την κατεργασία κοπής τους
2. Εξασφάλιση της ακεραιότητάς τους σε κλειστό χώρο από υγρασία και αλμύρα του θαλάσσιου γειτονικού περιβάλλοντος.
3. Έλεγχος παραγωγής
4. Ιχνηλασιμότητα σχεδίων κοπής
5. Διαχείριση ρέστων

Για τους παραπάνω λόγους ειδικά για τα ελάσματα υπήρχε μέριμνα επί συγκεκριμένου χώρου επί του κτιρίου τόσο για τη σωστή αποθήκευση όσο και για την άρτια μεταφορά τους προς τις μηχανές κοπής.

Λόγω του ότι στην πλειοψηφία τους τα ελάσματα είχαν μεγάλη επιφάνεια, άλλα δεν ξεπερνούσαν σε πάχος τα 7mm, η φορτοεκφόρτωση απαιτούσε ειδικό ζυγό κενού αέρος διότι ήταν ιδιαίτερα επιρρεπή σε παραμορφώσεις.

Η περιοχή αποθήκευσης που επιλέχτηκε είχε υποστήριξη από γεραμούς μεγάλης ανυψωτικής ικανότητας και το σημαντικότερο ήταν το ότι ο εν λόγω χώρος επικοινωνούσε μέσω ντιζελοκίνητης πλατφόρμας με την Laser μηχανή κοπής, που κατά κάνονα κόπηκαν όλα

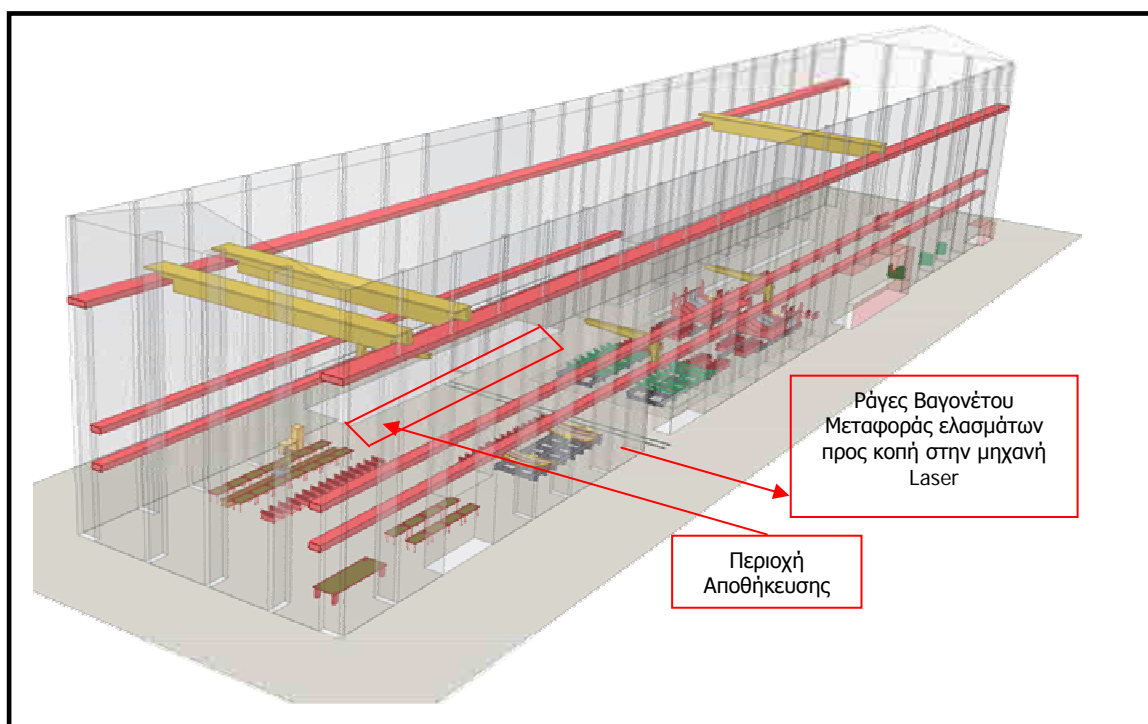


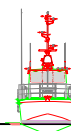
τα ελάσματα των σκαφών. Ο χώρος αποθήκευσης, καθώς και ο ζυγός κενού (Vacuum) παρουσιάζονται στην Εικόνα 7.10.



**Εικόνα 7.10: Περιοχή αποθήκευσης - Vacuum φορτοεκφόρτωσης και Βαγονέτο μεταφοράς**

Η περιοχή, επίσης, παρουσιάζεται στο σχέδιο της χωροταξικής μελέτης στο μοντέλο του κτιρίου Εικόνα 2 κεφάλαιο 5, όπου παρουσιάζεται και η γραμμή σύνδεσης με τη μηχανή κοπής της Laser.





### Κοπή Μορφοαλουμινίων και Marking

Τα μορφοαλουμίνια, τα οποία κατά κύριο λόγο παραλήφθηκαν σε βέργες των 6.000 mm, ήταν διαφόρων προφίλ και με την ίδια λογική παραγωγικής διαδικασίας με τα ελάσματα αποθηκεύτηκαν και αυτά εντός του κτιρίου όμορα των εργαλείων κατεργασίας τους. Λόγω της ιδιομορφίας τους και της πολυποικιλοτήτάς τους κατασκευάστηκαν ειδικά ενθέμια αποθήκευση τα οποία τοποθετήθηκαν όμορα των ταχυπρίονων κοπής.

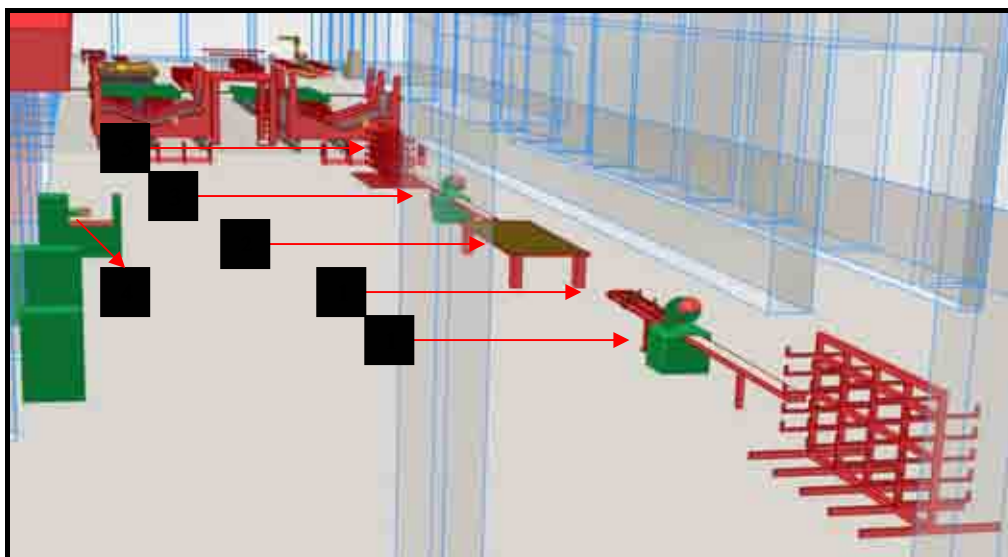
Τα ενθέμια ήταν χαλύβδινα χρωματισμένα και επενδυμένα με αυτοκόλλητο αφρώδες μονωτικό υλικό, ώστε να αποκλεισθεί η επαφή των μορφοαλουμινίων με τον γυμνό χάλυβα.

Στη σειρά με τα ενθέμια αποθήκευσης, τοποθετήθηκαν 2 ειδικά ταχυπρίονα κοπής αλουμινίου και μια μετρητική ραουλιέρα για τη συνέχεια της κατεργασίας τους.

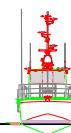
Η διαδικασία που ακολουθήθηκε όσον αφορά την κοπή των μορφοαλουμινίων ήταν:

(βλ Εικόνα 7.11 έως 7.15)

1. Κοπή στο πρώτο ταχυπρίονο με τη μετρητική ραουλιέρα του ολικού μήκους, σύμφωνα με τα σκίτσα κοπής.
2. Μαρκάρισμα, σύμφωνα με τα σκίτσα κοπής
3. Αμέσως μετά, διαμόρφωση των άκρων στο δεύτερο ταχυπρίονο
4. Μεταφορά για κατεργασία κάμψης στην πρέσα ή για μηχανική φρέζα συγκόλλησης, εάν απαιτείται για το προς κατεργασία τεμάχιο
5. Ταξινόμηση έτοιμου προϊόντος προς συναρμολόγηση ανάλογα με τον τομέα – υποτομέα – συναρμολόγημα στο οποίο ανήκε.



*Εικόνα 7.11- Μοντέλο διαδικασίας παραγωγής Κατεργασίας Μορφοαλουμινίων*

**Εικόνα 7.12**

Ταχυπρίοιο Νο1-Πάγκος μαρκαρίσματος-Ταχυπρίοιο Νο2

**Εικόνα 7.13**

Χαλύβδινος Πάγκος μαρκαρίσματος υπενδεδυμένος με άκαυστη μοκέτα για αποφυγή επαφής με τα Αλουμίνια

**Εικόνα 7.14**

Μαρκάρισμα τεμαχίων

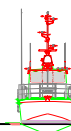
**Εικόνα 7.15**

Μαρκάρισμα και ταξινόμηση για κάμψη (Bend)

### Φρέζες Συγκόλλησης

Μια αρκετά σημαντική κατεργασία για την ποιότητα των συγκολλήσεων ήταν η δημιουργία φρεζών συγκόλλησης. Τα μέχρι τότε διαθέσιμα εργαλεία ήταν προσανατολισμένα στον χάλυβα και ένας νέος τρόπος έπρεπε να βρεθεί, διότι οι φρέζες οι οποίες έπρεπε να πραγματοποιηθούν ανέρχονταν σε εκατοντάδες μέτρα. Η διερεύνηση της αγοράς δεν απέδωσε καρπούς διότι η τεχνολογία των εργαλείων για την κατεργασία του αλουμινίου στην Ελλάδα περιορίζεται στη διαμόρφωση έτοιμων προφίλ με ελάχιστες συγκολλήσεις, η πραγματοποίηση των οποίων γίνεται με κατάλληλο τροχό χειρός. Μια τέτοια μέθοδος ήταν ήδη γνωστή αλλά ακατάλληλη για την παραγωγή όλων αυτών των φρεζών, διότι απαιτούσε πάρα πολλές εργατοώρες εργασίας με αμφίβολο αποτέλεσμα. Οι φρέζες (λοξοτομές) οι οποίες έπρεπε να πραγματοποιηθούν ήταν δυο ειδών, των 30 και 45 μοιρών για το σύνολο του έργου σε πάχη όχι μεγαλύτερα των 8 mm.

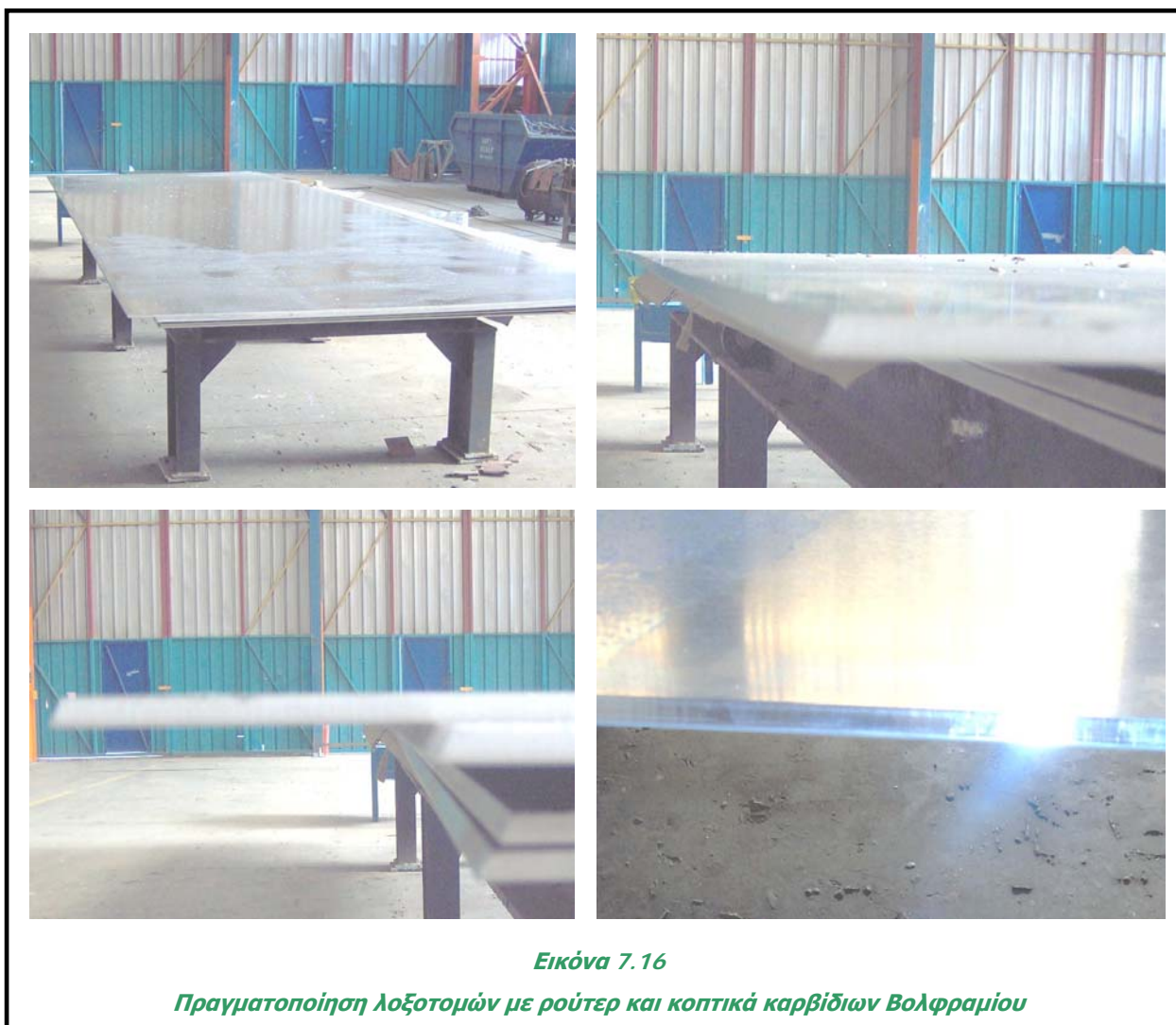




Κάτι, το οποίο οδήγησε τελικά στην εύρεση λύσης, ήταν το ότι τα εργαλεία τα οποία γενικά χρησιμοποιούνται στην κατεργασία του αλουμινίου δεν διέφεραν από αυτά τα οποία κατεργάζονται το ξύλο. Ένα κατάλληλο κοπτικό φρεζαρίσματος δημιουργίας προφίλ για ξύλο με χειροκίνητη προώθηση ήταν η λύση η οποία δόθηκε και έδωσε εξαιρετικά αποτελέσματα.

Αγοραστηκαν ισχυρά ηλεκτρικά χειροκίνητα ρούτερ μαζί με κατάλληλα κοπτικά δυο άκρων κατασκευασμένα από **Καρβίδια Βολφραμίου (TC)** με διάμετρο άξονα 8 mm και μέση διάμετρο κοπτικού τα 15 mm. Παραγγέλθηκαν και κατασκευάστηκαν δύο είδη κοπτικών εξαρτημάτων, ένα για την πραγματοποίηση φρεζών 45° και ένα για τις 30°.

Η Εικόνα 7.16 παρουσιάζει την ποιότητα της φρέζας που πραγματοποιήθηκε με τα ανωτέρω εργαλεία.

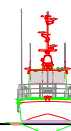


### Συγκολλήσεις

Όσον αφορά στις συγκολλήσεις του σκάφους χρησιμοποιήθηκαν διάφορες τεχνικές, ανάλογα το μέγεθος, τον τύπο, τη φάση κατασκευής και την απαίτηση ποιότητας της συγκολλώμενης περιοχής.



Για κάθε μια τεχνική συγκόλλησης πραγματοποιήθηκαν δοκιμές και πιστοποιήθηκαν από τον Νηογνώμονα ως αποδεκτές οδηγίες διαδικασίας συγκόλλησης παραγωγής, οι οποίες όφειλαν να ακολουθηθούν καθ' όλη την διάρκεια κατασκευής. Παρακάτω παρουσιάζονται δύο αντιπροσωπευτικές οδηγίες διαδικασίας συγκόλλησης, όπως αυτές διοχετεύθηκαν στη γραμμή παραγωγής. Η μία αφορά στη συγκόλληση κατά συμβολή και η άλλη, αντίστοιχα, στην αυχενική συγκόλληση ελασμάτων από Ναυπηγικό κράμα Αλουμινίου σε επίπεδη θέση με την τεχνική GMAW. Σε αυτές περιγράφονται διάφορα χαρακτηριστικά που αφορούν τη διαδικασία, όπως η γεωμετρία των ακμών συγκόλλησης, ο τύπος του μετάλλου προσθήκης και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του, η ακολουθία προετοιμασίας πριν τη συγκόλληση, η ακολουθία συγκόλλησης, ο τύπος και η παροχή αερίου προετοιμασίας, η θέση του δαυλού συγκόλλησης ως προς την επιφάνεια κα.


**ELEFSIS SHIPBUILDING AND INDUSTRIAL  
ENTERPRISES S.A.**
**WELDING PROCEDURE SPECIFICATION**
**Manufacturer's Welding Procedure Specification (WPS)**
**Company:** ELEFSIS SHIPBUILDING & INDUSTRIAL ENTERPRISES S.A.

Full address: 19200 ELEFSIS - GREECE

Works/work's division: 19200 ELEFSIS - GREECE

Full address: 19200 ELEFSIS - GREECE

Telephone No: (+30) 210 5535111

Fax No: (+30) 210 5546016

Telex: -

E-mail address: cm@mail.elefsis-shipyards.gr

Responsible welding supervisor: STAVROS CHIONOPOULOS

Welding Procedure Specification (WPS) No: ES/140

Parent material(s) specification:

EN AW-5083-H111/AlMg 4,5Mn

Test report (WPAR) No: P/25 &amp; P/35

Material thickness RANGE [mm]: 5,0 – 20,0

Welding Process: GMAW

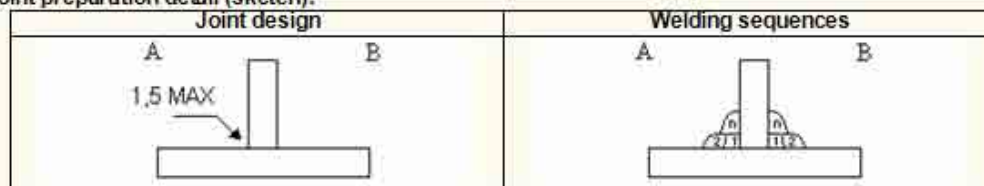
Outside diameter [mm]: N/A

Joint type: FILLET

Method of preparation and deaning: GRINDING

Welding position(s): FLAT (PA)

 AND/OR BRUSHING –USE SOLVENTS AS  
REQUIRED IMMEDIATELY BEFORE  
WELDING

**Joint preparation detail (sketch):**

**Welding details:**

Run	Process	Size of filler metal [mm]	Current [A]	Voltage [V]	Type of current/polarity	Wire feed speed [cm/min]	Travel speed* [cm/min]	Heat input* [KJ/mm]
A1	GMAW	1,2	210-220	27-28	Dc+ve	1400-1450	55-65	-
An	GMAW	1,2	200-205	27-28	Dc+ve	1350-1400	50-60	-
B1	GMAW	1,2	210-220	27-28	Dc+ve	1400-1450	55-65	-
Bn	GMAW	1,2	200-205	27-28	Dc+ve	1350-1400	50-60	-

**Filler metal classification:** AWS: SFA5,10: ER5183 (AlMg4,5Mn)

 - Brand name: UNION AlMg4,5Mn Manufacturer: BOHLER  
 - Any special backing or drying: N/A

**Post-weld heat treatment and/or ageing\*:** N/A

 - Time, temperature, method: N/A  
 - Heating and cooling rate: N/A

**Gas flux:** GAS

 - Shielding: ARGON 99,99% Backing: N/A  
 - Brand name: ARGON Manufacturer: LINDE  
 - Flux: N/A Backing: N/A

**Other information\*, e.g.:**

 - Weaving (max. width of run): STRINGER BEAD  
 - Oscillation: amplitude, frequency, dwell time: N/A  
 - Pulse welding details: N/A  
 - Stand-off distance: 10-20mm

**Gas flow rate:**

- Shielding: 16-20 lit/min Backing: N/A

**Tungsten electrode Type/Diameter:** N/A

 - Plasma welding details: N/A  
 - Torch angle: N/A

**Welding over shop primer\*:** N/A

- Brand name: N/A

**Gouging /Backing:** N/A | N/A

**Preheating temperature:** 20° C MIN

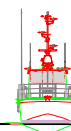
**Interpass temperature:** 110° C MAX

**Other:** 1) STAINLESS STEEL BRUSHES AND GRINDING DISCS FOR S.S. TO BE USED  
 2) THROAT THICKNESS RANGE 4,5 – 9,0mm

 \_\_\_\_\_  
 Manufacturer's welding supervisor  
 (Name, date, signature)

\* if required

Διαδικασία αυθεντικής συγκόλλησης WPS (Welding Procedure Specification)



**ELEFSIS SHIPBUILDING AND INDUSTRIAL ENTERPRISES S.A.**  
**WELDING PROCEDURE SPECIFICATION**

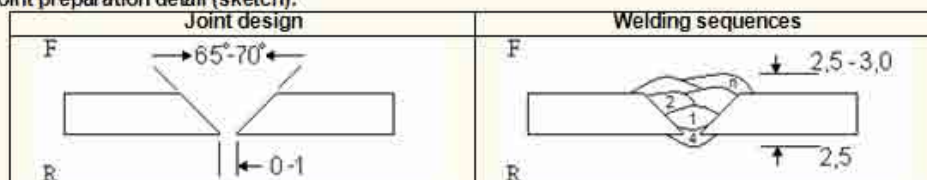
**Manufacturer's Welding Procedure Specification (WPS)**

**Company:** ELEFSIS SHIPBUILDING & INDUSTRIAL ENTERPRISES S.A.

Full address: 19200 ELEFSIS - GREECE  
 Works/work's division: 19200 ELEFSIS - GREECE  
 Full address: 19200 ELEFSIS - GREECE  
 Telephone No: (+30) 210 5535111 Fax No: (+30) 210 5546016 Telex: -  
 E-mail address: cm@mail.elefsis-shipyards.gr  
 Responsible welding supervisor: STAVROS CHIONOPOULOS

Welding Procedure Specification (WPS) No: ES/139 Parent material(s) specification:  
 EN AW-5083-H111/AlMg 4,5Mn  
 Test report (WPAR) No: P/36 & P/37 Material thickness RANGE [mm]: 5,0 – 20,0  
 Welding Process: GMAW Outside diameter [mm]: N/A  
 Joint type: SINGLE V Method of preparation and cleaning: GRINDING  
 Welding position(s): FLAT (PA) AND/OR BRUSHING –USE SOLVENTS AS  
 REQUIRED: IMMEDIATELY BEFORE  
 WELDING

**Joint preparation detail (sketch):**



**Welding details:**

Run	Process	Size of filler metal [mm]	Current [A]	Voltage [V]	Type of current/polarity	Wire feed speed [cm/min]	Travel speed* [cm/min]	Heat input* [J/cm]
F1	GMAW	1,2	185-200	26-27	Dc+ve	1150-1200	45-50	-
Fn	GMAW	1,2	180-195	25-26	Dc+ve	1100-1150	45-48	-
R4	GMAW	1,2	180-195	25-26	Dc+ve	1100-1150	45-48	-

**Filler metal classification:** AWS SFA5.10: ER5183 (AlMg4,5Mn) **Post-weld heat treatment and/or ageing\*:** N/A  
 - Brand name: UNION AlMg4,5Mn Manufacturer: BOHLER - Time, temperature, method: N/A  
 - Any special backing or drying: N/A - Heating and cooling rate: N/A

**Gas flux:** GAS **Other information\*, e.g.:**  
 - Shielding: ARGON 99,99% Backing: N/A - Weaving (max. width of run): STRINGER BEAD  
 - Brand name: ARGON Manufacturer: LINDE - Oscillation: amplitude, frequency, dwell time: N/A  
 - Flux: N/A Backing: N/A - Pulse welding details: N/A  
 - Stand-off distance: 10-20mm  
 - Plasma welding details: N/A  
 - Torch angle: N/A

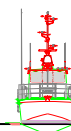
**Gas flow rate:**  
 - Shielding: 16-20 lit/min Backing: N/A  
**Tungsten electrode Type/Diameter:** N/A **Welding over shop primer\*:** N/A  
 - Brand name: N/A  
**Other:** 1) STAINLESS STEEL BRUSHES AND GRINDING DISCS FOR S.S. TO BE USED  
 2) USE LIQUID PENETRANTS BEFORE DEPOSITING R2

**Gouging /Backing:** GRINDING | N/A  
**Preheating temperature:** 20° C MIN  
**Interpass temperature:** 110°C MAX

Manufacturer's welding supervisor  
 (Name, date, signature)

\* if required

Διαδικασία συγκόλλησης κατά συμβολή WPS (Welding Procedure Specification )



Ένα μεγάλο μέρος αυχενικών συγκολλήσεων πραγματοποιήθηκε με GMAW με τη βοήθεια ρομποτικού βραχίονα συγκόλλησης, ο οποίος προγραμματίστηκε και πιστοποιήθηκε για συγκολλήσεις αλουμινίου EN AW-5083-H111/AIMg 4,5Mn με αντίστοιχες διαδικασίες εργασίας ως ανωτέρω. Το ρομποτικό σύστημα συγκόλλησης πραγματοποίησε μια σειρά από συγκολλήσεις άριστης ποιότητας με ελάχιστες παραμορφώσεις, καθώς τα προς συγκόλληση τεμάχια πακτώνονταν σε ειδικό γειπνιάζοντα, υψηλής αντοχής πάγκο συγκόλλησης και συγκρατιούνταν κατά τη διαδικασία αυτής με ειδικούς σφιγκτήρες όπως παρουσιάζονται στις Εικόνες 7.17 έως 7.21.



*Εικόνα 7.17 Ο Ρομποτικός Βραχίονας Kuka*



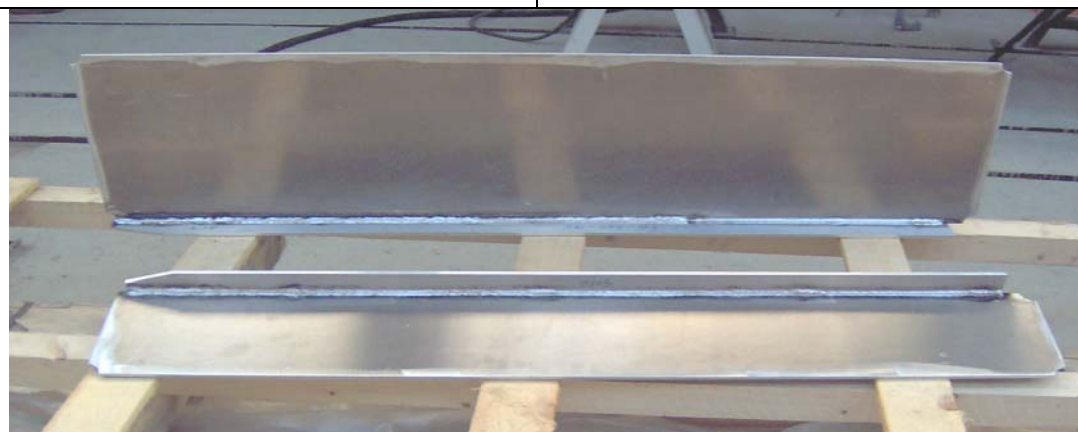
*Εικόνα 7.18 Δοκίμιο Πιστοποίησης Ρομποτικού συστήματος*



*Εικόνα 7.19 Τεμάχια προς Συγκόλληση*



*Εικόνα 7.20 Συγκολλημένα τεμάχια*



*Εικόνα 7.21 Άριστη Ποιότητα συγκόλλησης*



Όσον αφορά στις συγκολλήσεις των καταστρώματων και των φρακτών, πέραν της καλής ποιότητας της συγκόλλησης η οποία έπρεπε να επιτευχθεί, μια άλλη επίσης σημαντική απαίτηση ήταν η το δυνατόν ελαχιστοποίηση των παραμορφώσεων.

Το πάχος των ελασμάτων που τα αποτελούσαν δεν ξεπέρασαν τα 5 mm και το μήκος της μεταξύ τους συγκόλλησης κυμαινόταν από συνεχή ραφή 3 m έως και 8 m. Η συγκόλλησή τους με τις συμβατικές μεθόδους θα είχε αμφιβόλου ποιότητας αποτελέσματα.

Για τον λόγο αυτό τα προς συγκόλληση ελάσματα, μετά την πραγματοποίηση των φρεζών τους, μεταφέρθηκαν σε ειδική αυτόματη μηχανή συγκόλλησης μετωπικών ελασμάτων MIG η οποία είχε τη δυνατότητα να ευθυγραμμίζει αυτόματα τα προς συγκόλληση τεμάχια, διατηρώντας αυστηρά την απόσταση μεταξύ τους και κατόπιν αυτού τα συγκρατούσε με ειδικά υδρόψυκτα πέδιλα στη θέση συγκόλλησης. Η συγκόλληση ήταν συνεχής και κατά την διάρκεια της τα υδρόψυκτα πέδιλα απορροφούσαν την μετάδοση θερμότητας με αποτέλεσμα και την εξάλειψη των θερμοκρασιακών παραμορφώσεων.

Η Εικόνα 7.22 παρουσιάζει το άρτιο αποτέλεσμα της μεθόδου.



*Εικόνα 7.22 Διαμήκης ραφές πλωριού καταστρώματος και φρακτών*



## 8.0 Χρωματισμός Σκάφους

### 8.1 Προετοιμασία επιφανειών Χρωματισμού

Είναι ουσιαστικό να αναφερθεί ότι ένα φυσικό στρώμα οξειδίου του αλουμινίου καλύπτει πάντα την επιφάνειά του, αποτρέποντας την προσκόλληση των χρωμάτων και όλων των οργανικών επιστρώσεων γενικά. Η επιφάνειά του πρέπει, επομένως να προετοιμαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργήσει περιοχές προσκόλλησης με τη μορφή «γέφυρας» μεταξύ του στρώματος του οξειδίου του αλουμινίου και της βαφής. Πολλά έτη εμπειρίας έχουν αποδείξει ότι η αποτελεσματικότητα και ο χρόνος ζωής των χρωμάτων επάνω στο αλουμίνιο εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την καλή προετοιμασία που πρέπει να γίνει στην επιφάνεια πριν την βαφή.

Ο χρωματισμός του αλουμινίου περιλαμβάνει διάφορα βήματα:

#### 1. Καθαρισμός

Ο καθαρισμός ως στόχο έχει την αφαίρεση όλων των ξένων οργανισμών συμπεριλαμβανομένων και των στερεών μορίων (σκόνη) και των λιπαρών προϊόντων (πετρέλαιο, λίπη) που έχουν διεισδύσει στο φυσικό φιλμ του οξειδίου του μετάλλου. Η αφαίρεση λίπους είναι καλύτερα να πραγματοποιείται από απορρυπαντικά και όχι από οργανικούς διαλύτες. Η αφαίρεση λίπους πρέπει να γίνει προσεκτικά με καθαρά πανιά που πρέπει να αλλάζονται συχνά.

#### 2. Καθαρισμός επιφανείας

Ο καθαρισμός επιφανείας έχει ως στόχο την αφαίρεση του φιλμ του οξειδίου του αλουμινίου και για αυτή τη διαδικασία υπάρχουν 3 μέθοδοι καθαρισμού.

- ✚ Ο πρώτος τρόπος είναι χημικός: Απλώνουμε ένα πλούσιο διάλυμα φωσφορικού οξέος στην επιφάνειά μας με πανί ή μια βούρτσα, η οποία μπορεί να παρασύρει αρκετό υλικό, αφήνουμε το διάλυμα να δράσει επί 20 ή και 30 λεπτά και, κατόπιν, πλένουμε σχολαστικά με νερό έτσι ώστε το επίπεδο pH του διαλύματος να γίνει ισοδύναμο με αυτό της παροχής του νερού που ξεπλένουμε.
- ✚ Καθαρισμός με αεριοθούμενο λειαντικό υλικό. Ο καθαρισμός αυτός απαιτεί ειδικό υλικό λείανσης για κράματα αλουμινίου, δηλαδή αδρανές υλικό, όπως η γαλαζακή άμμος. Η κατάλληλη τραχύτητα επιτυγχάνεται με δοκίμια επί πρότυπης επιφάνειας για τη σωστή επιλογή της διαμέτρου του κόκκου που θα χρησιμοποιηθεί. Κατόπιν αυτού αφαιρείται σχολαστικά η άμμος που έχει παρασύρει το φιλμ του οξειδίου του μετάλλου, ώστε η επιφάνεια να είναι καθαρή και ξερή να υποδεχτεί τον χρωματισμό.



Η μεταλλοβολή με χάλυβα απαγορεύεται, καθώς επίσης και η οποιαδήποτε βολή με υλικό καθαρισμού που έχει επαναχρησιμοποιηθεί σε άλλο καθαρισμό. Ο χρόνος από τον καθαρισμό με αυτή την μέθοδο έως και την πρώτη στρώση χρωματισμού δεν πρέπει να ξεπερνά τις 3 ώρες, διότι ο κίνδυνος δημιουργίας νέου φιλμ οξειδίου είναι πολύ πιθανός.

- ✚ Μια τελευταία μέθοδος καθαρισμού είναι η χρησιμοποίηση δίσκων λείανσης, η οποία υστερεί των προηγούμενων μεθόδων όσον αναφορά στο επιδιωκόμενο αποτέλεσμα, διότι συχνά είναι δύσκολη η εφαρμογή της λόγω δυσπρόσιτων σημείων του λειαντικού δίσκου και του εργαλείου το οποίο τον υποστηρίζει. Στην περίπτωση, όμως, που δεν είναι δυνατή η εφαρμογή άλλης μεθόδου, ειδικά σε περιοχές συγκολλήσεων, πρέπει να καθαριστούν σχολαστικά οι τροχισμένες επιφάνειες από σκόνες και να χρωματιστεί εντός 3 ωρών επίσης.

### 3. Μορφοποίηση των Ακμών

Όλες οι αιχμηρές ακμές πριν τον χρωματισμό πρέπει να τροχιστούν κατάλληλα, με σκοπό τη δημιουργία κατά το δυνατόν καμπυλότητας επί των ακμών, ώστε ο χρωματισμός να έχει την κατάλληλη πρόσφυση ακόμα και στα δύσκολα αυτά σημεία της κατασκευής μας.

Όσον αφορά στο έργο των εν λόγω σκαφών, η προετοιμασία της επιφάνειας πραγματοποιήθηκε με αεριοθούμενη κατάλληλη γαλαζακή άμμο ως υλικό καθαρισμού, αφού πρώτα ο χώρος κλείστηκε ερμητικά για την αποφυγή νέφους εντός του χώρου κατασκευής και καθαρίστηκε σχολαστικά με ισχυρά vacuum.

## 8.2 Σύστημα Χρωματισμού Σκάφους

Μια αποτελεσματική προστασία έναντι του θαλάσσιου περιβάλλοντος επιτυγχάνεται με την εφαρμογή συστήματος πολλαπλών φιλμ χρωματισμού. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τον χρωματισμό του αλουμινίου έχουν ως βάση την πολυουρεθάνη και τις εποξικές ρητίνες.

### Αντιδιαβρωτικός χρωματισμός (Antifouling)

Το προϊόν διάβρωσης του Αλουμινίου, όπως είναι η αλουμίνα  $Al(OH)_3$ , η οποία είναι μη τοξική στη θαλάσσια χλωρίδα και πανίδα και κατά συνέπεια το σκάφος πρέπει να προστατευθεί με κατάλληλο υφαλόχρωμα (Antifouling) ώστε να μην προσκολλώνται θαλάσσιοι οργανισμοί όπως τα μύδια, λαβίδες κλπ. Αντιδιαβρωτικά χρώματα βασισμένα στο οξύτιο του χαλκού δεν επιτρέπονται, διότι μπορούν να διαβρώσουν τα ίδια την επιφάνεια του αλουμινίου. Από το αρχές της δεκαετίας του '70, ως βιοκτόνο αντιδιαβρωτικό χρησιμοποιείται





το άλας του κασσίτερου, το οποίο είναι συμβατό υλικό με το αλουμίνιο. Όμως, η Ευρωπαϊκή οδηγία HMO από 1η Ιανουαρίου 2008 απαγόρευσε τη χρησιμοποίηση τέτοιων προϊόντων, τα λεγόμενα TNT Free .

Πολλές εταιρείες τα χρησιμοποιούν ακόμα, άλλα μια από αυτές οι οποίες συμμορφώθηκαν ήταν και η JOTUN ALUSEA, η οποία και επιλέχτηκε για το σύστημα χρωματισμού του σκάφους.

Συγκεκριμένα, το σύστημα χρωματισμού που επιλέχτηκε για την κάτω από την ίσαλο περιοχή περιελάμβανε συνολικά 3 φιλμ χρωματισμού συνολικού πάχους 400μm. Δυο (2) φιλμ αστάρι από 125 μm έκαστο και 1 φιλμ 200 μm αντιδιαβρωτικό υφαλόχρωμα. Η προετοιμασία της επιφάνειας έπρεπε να έχει τραχύτητα τουλάχιστον 50μm. Η χλωρίωση της επιφάνειας πριν τον χρωματισμό δεν έπρεπε να ξεπέρνα τα 80μgr Χλωρικού Νατρίου NaCl (αλάτι) ανά m<sup>2</sup> που ισοδυναμεί με 48 μgr Cl<sup>-</sup>.

### 8.3 Η σημασία του χρωματισμού και ο σωστός προγραμματισμός εκτέλεσής του.

Αρχικά, πριν αναλύσουμε τη διαδικασία η οποία ακολουθήθηκε για τον χρωματισμό των σκαφών, πρέπει να αναφέρουμε ότι οι εργασίες χρωματισμού κατά την κατασκευή ενός σκάφους συμμετέχουν ενεργά και αποτελούν πάντα κρίσιμες εργασίες ενός έργου (Critical Path works), διότι πολλές εργασίες πρέπει αυστηρά να έχουν περατωθεί πριν από τον χρωματισμό και πολλές άλλες έπονται.

Ο χρωματισμός του σκάφους είναι μια πολύ σημαντική εργασία για τη ζωή του σκάφους στη θάλασσα, δεν πραγματοποιείται σε μια φάση, είναι χρονοβόρα διαδικασία και αρκετά επικίνδυνη.

Ένας λανθασμένος προγραμματισμός εκτέλεσής της, ειδικά για τα σκαφή από αλουμίνιο, μπορεί πολύ εύκολα να καταστρέψει το σύστημα χρωματισμού, με αποτέλεσμα η διάβρωση να κάνει πολύ σύντομα την εμφάνισή της.

Η διαδικασία χρωματισμού ενός σκάφους ξεκινά από το εσωτερικό του. Ο κατασκευαστής πρέπει να έχει ολοκληρώσει κατά το δυνατόν όλες τις θερμές εργασίες στις περιοχές που έχει επιλέξει ότι θα χρωματιστούν και αυτό είναι μια αρκετά δύσκολη διαδικασία, διότι πριν την χρωματισμό δεν είναι δυνατή η εφαρμογή πολλών άλλων εργασιών που πιθανόν θα χρειαστούν επιπλέον θερμές εργασίες οι οποίες τουλάχιστον τοπικά θα τον καταστρέψουν.

Ο κατασκευαστής πρέπει να έχει προβλέψει και να πραγματοποιήσει κατά το δυνατόν όλες τις ανάγκες για θερμές εργασίες για τη στήριξη των μονώσεων, τη στήριξη των σωλήνων τις βάσεις για τον μηχανολογικό, ηλεκτρολογικό εξοπλισμό, εξαερισμούς, ανοίγματα επί του σκάφους, συστήματα αγκυροβολίας και πρόσδεσης κλπ, κατεξοχήν εργασίες που απαιτούν συγκολλήσεις και θερμές κοπές. Εάν δεν υπάρχει αυτή η μέριμνα, τότε το αποτέλεσμα θα είναι η συνεχής τοπική καταστροφή του χρωματισμού. Ακόμα και αν πραγματοποιηθούν στη



συνέχεια εργασίες επισκευής του η αντοχή του συστήματος βαφής δεν μπορεί να είναι ποτέ ίδια με την αρχική διότι :

Α) Ο αρχικός χρωματισμός πραγματοποιείται πάντα με έλεγχο και μέτρηση των κατάλληλων συνθηκών για σωστή πρόσφυση και ξήρανση. Οι επισκευές χρωματισμού σπάνια ελέγχονται όσον αφορά στις συνθήκες καθαριότητας, υγρασίας, θερμοκρασίας κλπ.

Β) Ακόμα και αν είναι εμφανής η περιοχή που έχει γίνει η θερμή εργασία, είναι δύσκολο να υπολογίσεις την απαραίτητη περιοχή που πρέπει να επισκευαστεί.

Γ) Ειδικά το μέταλλο του αλουμινίου, ως πολύ καλός αγωγός της θερμότητας, μεταδίδει παράπλευρα την θερμοκρασία των θερμών εργασιών ταχύτατα με αποτέλεσμα να διαβρώνει και να καταστρέφει (βράζει) την πρόσφυση των πρώτων φιλμ του χρώματος, ενώ εξωτερικά εμφανίζεται ανέπαφη.

Δ) Σε περιπτώσεις που ο χρωματισμός περιέχει 2 διαφορετικά υλικά σε φιλμ, η επισκευή του σίγουρα είναι προβληματική, διότι η επικάλυψη της επισκευής δεν έχει πραγματοποιηθεί με σειρά που προδιαγράφει ο κατασκευαστής του χρώματος. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει τις περιοχές που μια επισκευή χρωματισμού 2 φιλμ διαφορετικών υλικών αστοχεί.

#### Μηχανισμός Αστοχίας



α) Βαφή στην αρχική της μορφή – με Γκρι χρώμα παρουσιάζεται το μέταλλο με Κόκκινο τα πρώτα φιλμ αστάρι και μπλε ο τελικός εξωτερικός χρωματισμός.



β) Καθαρισμός επιφάνειας για επισκευή.



γ) Στρώση ασταριού για επιδιόρθωση. Αναγκαστική επικάλυψη ασταριού επί του τελικού χρώματος.



δ) Σημεία έναρξης μηχανισμού φθοράς λόγω λανθασμένου συστήματος επικάλυψης και χαμηλής πρόσφυσης.

Επίσης, δεν πρέπει να παραλείψουμε να πούμε ότι ένα σκάφος το οποίο είναι χρωματισμένο εσωτερικά στο οποίο και εκτελούνται θερμές εργασίες είναι πολύ ποιο επικίνδυνο να εκδηλωθεί πυρκαγιά από ένα το οποίο δεν έχει χρωματιστεί.

Το συμπέρασμα είναι ότι, η τοπική καταστροφή του χρωματισμού είναι αναπόφευκτη, η επιτυχία ενός σωστού προγραμματισμού χρωματισμού έγκειται στον βαθμό της καταστροφής που θα πραγματοποιηθεί μέχρι το πέρας των εργασιών κατασκευής.

Μεγάλος επίσης κίνδυνος υπάρχει κατά την διαδικασία χρωματισμού κλειστών χώρων. Όταν εκτελούνται εργασίες χρωματισμού, ειδικά με πιστόλι ψεκασμού ο χώρος πρέπει να αεριζείται επαρκώς και επί πλοίου να μην εκτελούνται τουλάχιστον θερμές εργασίες και γενικά εργασίες που δύναται να προξενήσουν σπινθήρα ανάφλεξης.

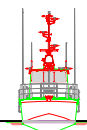
Ο χρωματισμός των σκαφών πραγματοποιήθηκε σε 2 στάδια: πρώτα έγινε ο εσωτερικός χρωματισμός του πριν τον εξοπλισμό του και μετά, λίγο πριν την καθέλκυση του πραγματοποιήθηκε και ο εξωτερικός τελικός χρωματισμός του.

Η προετοιμασία των επιφανειών του πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της αεριωθούμενης βολής με χαλαζακή άμμο τόσο για τα εσωτερικά όσο και για τα εξωτερικά μέρη του σκάφους.

Κατά τη διαδικασία χρωματισμού του κλείστηκε εξωτερικά επί του κλειστού χώρου κατασκευής του με κατάλληλο προστατευτικό ναύλο για την αποφυγή αιωρούμενης σκόνης επί του κτιρίου, άλλα και για την αποφυγή προσκόλλησης σκόνης κατά την ξήρανση και στερεοποίηση των φιλμ χρωματισμού.

Όλες οι ακμές τροχίστηκαν κατάλληλα ώστε να υπάρχει κατάλληλη πρόσφυση και σε αυτά τα δύσκολα σημεία χρωματισμού του.

Ο χρωματισμός του ξεκίνησε αμέσως μετά το πέρας του καθαρισμού του από την εναπομείνασα άμμο βολής καθαρισμού και κατόπιν μετρήσεων και αποδοχής των συνθηκών χρωματισμού όπως θερμοκρασία, υγρασία, επίπεδα χλωρίωσης και τραχύτητας επιφανειών.



## 9.0 Πυροπροστασία - Θερμομόνωση και Ηχομόνωση Σκάφους

### 9.1 Πυροπροστασία

Οι απαιτήσεις πυροπροστασίας για την κατηγορία αυτή του σκάφους προδιαγράφονται με σαφήνεια από της προδιαγραφές του Νηογνώμονα Lloyd's στο εδάφιο

*RULES AND REGULATIONS FOR THE CLASSIFICATION OF SPECIAL SERVICE CRAFT*

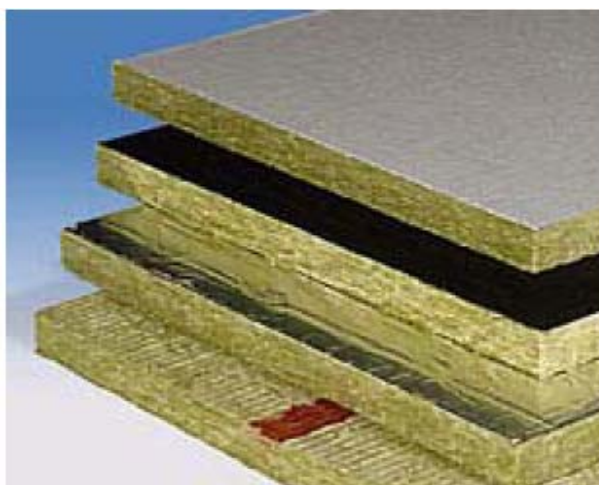
*PART 17 FIRE PROTECTIONS, DETECTION AND EXTINGUISHION*

*Chapter 2 -Fire Protection, Detection and Extinguishment — Service Craft*

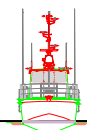
Σύμφωνα με τους κανονισμούς του Νηογνώμονα, όσον αφορά την πυροπροστασία, τα σκάφη τα οποία είναι κατασκευασμένα από αλουμίνιο πρέπει να διαθέτουν κατάλληλο σύστημα μόνωσης από πυρκαγιά ώστε και μετά από 60 min πυρκαγιά η θερμοκρασία πίσω από τη μόνωση να μην υπερβαίνει του 200°. Η μόνωση πρέπει να εκτείνεται τουλάχιστον 300 mm κάτω από την ίσαλο ακόμα και σε περιοχές οι οποίες είναι εξωτερικά βρεχάμενες.

Οι απαιτήσεις αυτές αφορούν το διαμέρισμα του μηχανοστασίου, το οποίο κατατάσσεται ως Category A. Πέραν από τη μόνωση του κελύφους του χώρου όλες οι διαπεράσεις που αφορούν σωλήνες, καλώδια, οχετούς καυσαερίων και αερισμού πρέπει να είναι προστατευμένες κατάλληλα ώστε να αποφευχθεί η μετάδοση της πυρκαγιάς στα γειτνιάζοντα διαμερίσματα ή καταστρώματα.

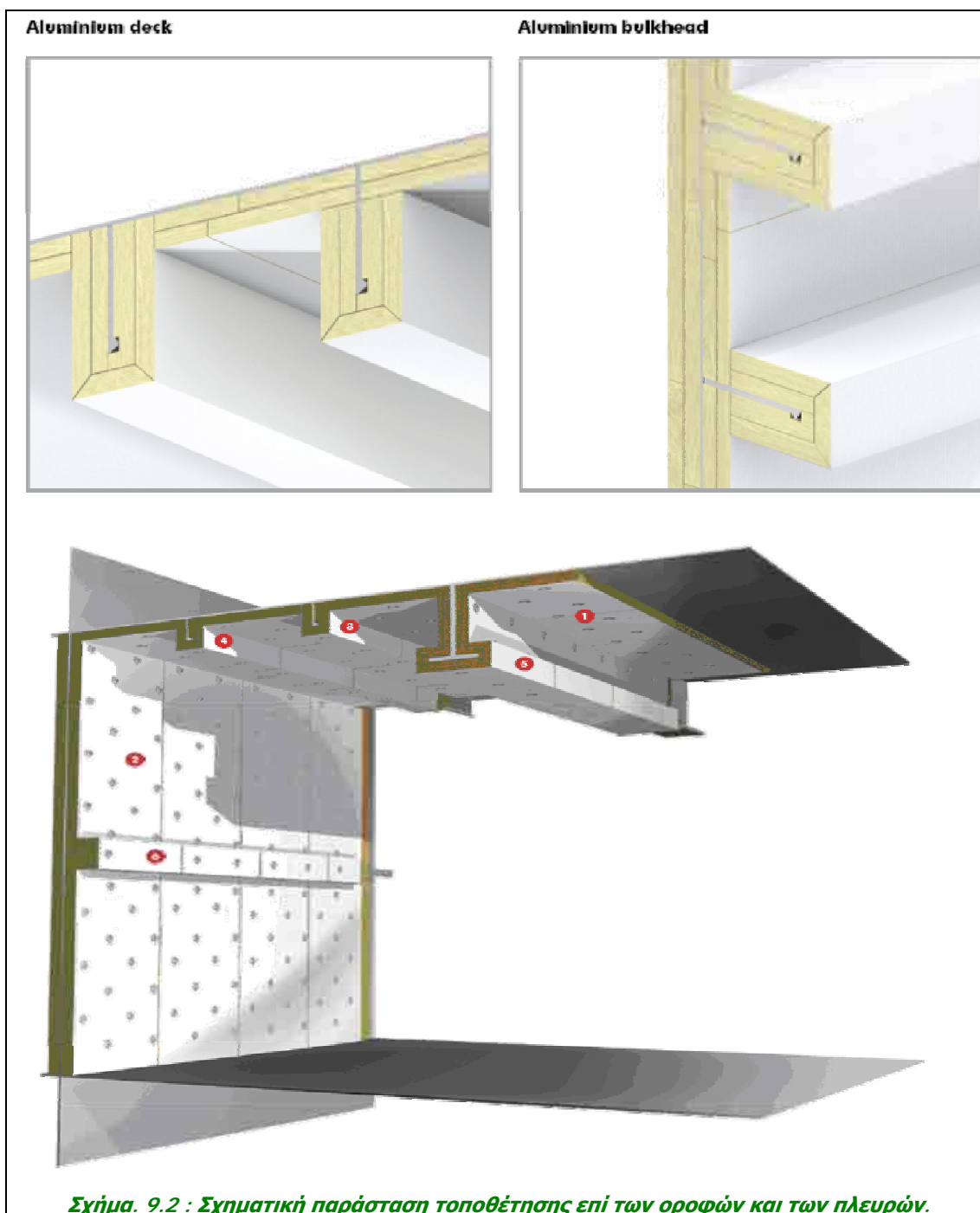
Η πυροπροστασία του μηχανοστασίου πραγματοποιήθηκε με μόνωση τύπου πετροβάμβακα, πιστοποιημένη από τον νηογνώμονα, με εξωτερική επιφάνεια φύλλου αλουμινίου κατάλληλου για ναυπηγικές κατασκευές. Η εν λόγω μόνωση, εκτός από πυροπροστασία την οποία προσέφερε, είχε και θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες. Η πρώτη ύλη ήταν σε μορφή ελασμάτων, πλακών ως το Σχήμα 9.1, οι οποίες με κατάλληλη κοπή τοποθετούνταν και στηρίζονταν με κατάλληλες καρφίδες συγκράτησης.



**Σχήμα 9.1 : Πλάκες πετροβάμβακα για την κατασκευή ως πρώτη ύλη.**

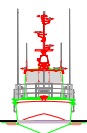


Η διάταξη της μόνωσης στις περιοχές κάτω από το κατάστρωμα , στα πλευρά και στις φράκτες είχε την μορφή που παρουσιάζεται στο Σχήμα 9.2.



## 9.2 Πυρόσβεση

Ο αερισμός του μηχανοστασίου πραγματοποιείται μέσω δυο μονάδων προσαρμογής και απαγωγής αέρα, αντίστοιχα, ώστε να είναι δυνατή η λειτουργία των δυο κύριων μηχανών καθώς και της ηλεκτρογεννήτριας η οποία βρίσκεται και αυτή στον ίδιο χώρο. Σε περίπτωση πυρκαγιάς, για τη λειτουργία του συστήματος πυρόσβεσης με κατάκλυση CO<sub>2</sub> ο χώρος πρέπει



να μην επιτρέπει την εισαγωγή αέρα, γεγονός το οποίο επιτυγχάνεται με ανοξειδωτους αεροφράκτες οι οποίοι σφραγίζουν τον χώρο.

Σε όλους τους χώρους του σκάφους υπάρχουν αισθητήρες καπνού και σειρήνες προειδοποίησης για πυρκαγιά. Πέραν των φορητών πυροσβεστήρων, το σκάφος διαθέτει 2 αντλίες οι οποίες οδηγούν στο κατάστρωμα κατάλληλο δίκτυο πυρκαγιάς 2 θέσεων με πυροσβεστικούς εύκαμπτους σωλήνες οι οποίοι καλύπτουν όλη την έκταση του σκάφους.

Επίσης, διαθέτει ανεξάρτητο σύστημα κατάλυσης του μηχανοστασίου με CO<sub>2</sub>. Το σύστημα κατάκλυσης ακολουθεί μια διαδικασία πυρόσβεσης η οποία έχει τα κάτωθι βήματα.

- A) Κλείσιμο των κυριών μηχανών και της ηλεκτρογεννήτριας
- B) Κλείσιμο του επιστομίου παροχής πετρελαίου
- Γ) Κλείσιμο των αεριστήρων και εξαεριστήρων του μηχανοστασίου
- Δ) Κλείσιμο των αεροφρακτών
- E) Κλείσιμο της θύρας καθόδου
- ΣΤ) Ενεργοποίηση συστήματος CO<sub>2</sub>

Επιπλέον δε των ανωτέρω διαθέτει και ανεξάρτητη μεταφερόμενη ντιζελοκίνητη αντλία πυρκαγιάς, η οποία διαθέτει δική της ανεξάρτητη δεξαμενή πετρελαίου ικανή να είναι σε λειτουργία τουλάχιστον για 3 ώρες.

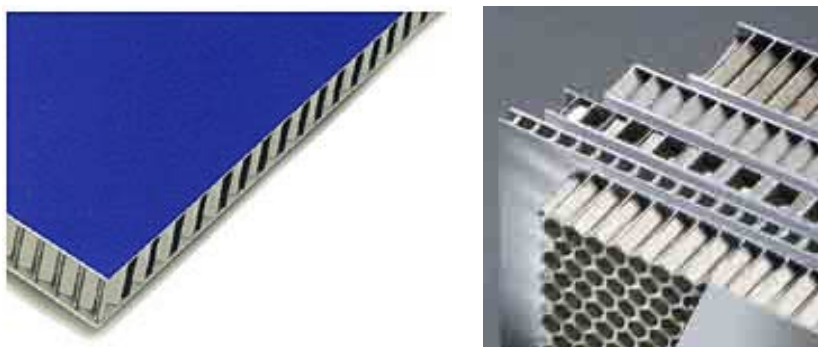
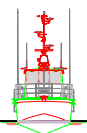
### 9.3 Θερμομόνωση

Το σκάφος είναι εξοπλισμένο με ψυκτική μονάδα, η οποία διαχειρίζεται την ψύξη-θέρμανση με κατάλληλη διάταξη κλιματιστικών μονάδων στην υπερκατασκευή και στις ενδιστοιχίες του. Διαθέτει 2 κλιματιστικές μονάδες στην υπερκατασκευή των 9.000 BTU και 12.000 BTU και 2 στις ενδιστοιχίες των 6000 BTU για τις δυο καμπίνες και μια των 9.000 BTU για τον υπόλοιπο χώρο. Παρόλα αυτά μια καλή θερμομόνωση του σκάφους είναι αναγκαία να υπάρχει, ώστε η διαβίωση στο εσωτερικό του να είναι ακόμα και σε ακραίες θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του χρόνου ικανοποιητική. Για τους λόγους αυτούς στα πλευρά του σκάφους, τόσο στις ενδιστοιχίες των κάτω χώρων όσο και της υπερκατασκευής, χρησιμοποιήθηκε αντίστοιχο υλικό με αυτό του μηχανοστασίου σε πάχος μόνωσης 30 mm.

Η ίδια μόνωση πραγματοποιήθηκε και στις οροφές των δυο χώρων. Επιπλέον αυτού τόσο οι πλευρές όσο και οι οροφές επενδύθηκαν με κυψελωτό πάνελ αλουμινίου 10 mm το οποίο, πέραν της θερμομονωτικής του ιδιότητας, χρησιμοποιήθηκε και ως πάνελ για τα χωρίσματα των καμπινών, ως υλικό για την κατασκευή των επίπλων άλλα και του δαπέδου.

Το υλικό αυτό διατίθεται με την εμπορική ονομασία Alucore και αποτελεί έναν άριστο συνδυασμό υλικού υψηλής αντοχής με πολύ μικρό βάρος. Πέραν τούτου η όλη του κατασκευή παρέχει χαμηλή θερμική αγωγιμότητα και συγκαταλέγεται ως άκαυστο υλικό στην κατηγορία C1 κατά τους γερμανικούς κανονισμούς DIN 4102.

Η κυψελωτή του μορφή παρουσιάζεται στο Σχήμα 9.3

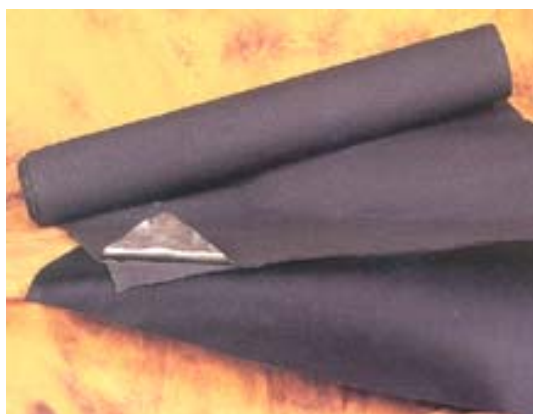


*Σχήμα. 9.3 : Η κυψελωτή μορφή του Alucore*

#### 9.4 Ηχομόνωση

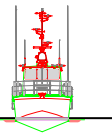
Η απαίτηση θορύβου του σκάφους δεν έπρεπε να περνά μετρημένη στο εξωτερικό του, τα 75 ντεσιμπέλ (dB). Κατόπιν μελέτης για τα επίπεδα αυτά του θορύβου πέραν της υπάρχουσας πυροπροστασίας και θερμομόνωσης πραγματοποιήθηκε μια στρώση με ειδικό ηχομονωτικό υλικό. Το υλικό αυτό αποτελείται από δύο στρώσεις ανακυκλωμένου πολυαιθυλενίου (άνω και κάτω) και μίας ενδιάμεσης στρώσης μολύβδου και είναι ιδανικό για μόνωση ήχων με μεγάλο φάσμα συχνοτήτων. Από μία πλευρά περιέχει ένα μαύρο σταμπωτό προστατευτικό φιλμ πολυαιθυλενίου (βλ Σχήμα 9.4).

Το υλικό αυτό έχει συντελεστή ηχομόνωσης (Sound insulation coefficient)  $R_w = 27,5$  dB και πιστοποίηση κατά CSI No DC05/011b/01. Το μέσο πάχος του είναι τα 6,35 mm, η μέση πυκνότητα του τα 4,2 kg/m<sup>2</sup>. Κατατάσσεται όσον αφορά στην αντίσταση στην φωτιά στην κατηγορία Class 2 και έχει εύρος θερμικής αντίστασης από - 80 έως + 100°C.



*Σχήμα. 9.4 : Πολυαιθυλένιο και μολύβδος*

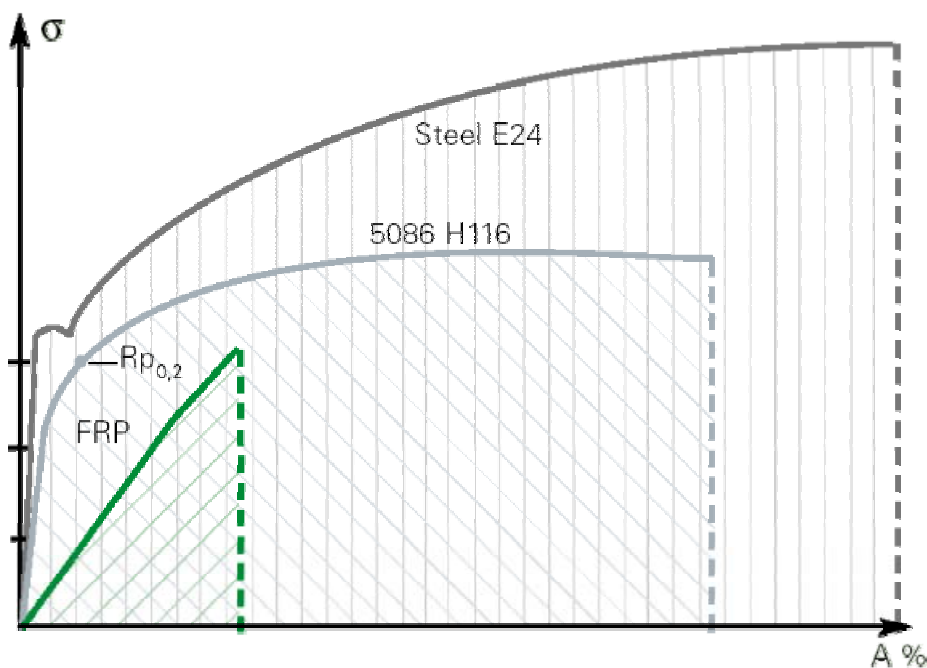
Το υλικό αυτό επιστρώθηκε σαν πρώτο στρώμα πάνω στο έλασμα της οροφής του μηχανοστασίου, πίσω από τη θερμομόνωση και την πυροπροστασία του, σε όλη την επιφάνεια του ώστε να περιορίσει τις κύριες πηγές θορύβου που δεν είναι άλλες από τις κύριες μηχανές και την ηλεκτρογεννήτρια του σκάφους.



## 10.0 Τα Πλεονεκτήματα της Χρησιμοποίησης των Κραμάτων Αλουμινίου στη Ναυπηγική

Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα του αλουμινίου και των κραμάτων του είναι και το πιο προφανές. Το αλουμίνιο είναι και αυτό ένα μέταλλο όπως και ο χάλυβας. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις ίδιες μεθόδους και τεχνικές για να υπολογίσουμε την αντοχή του, διότι τα κράματα του είναι ιστροπικά και ομογενή. Οι μηχανικές ιδιότητες των κραμάτων του στη Ναυπηγική είναι σταθερές στο χρόνο διότι δεν παρουσιάζει φαινόμενα 'γήρανσης' στο εσωτερικό του όπως τα πλαστικά, ακολουθεί τους κανόνες - πρακτικές κατεργασίας και βιομηχανοποίησης όπως και ο χάλυβας. Όπως τα περισσότερα μέταλλα, το αλουμίνιο είναι ελατό και όλκιμο και με την ιδιότητά του αυτή μπορεί να υποστηρίξει φορτία στην ελαστική περιοχή του, άλλα και στην ευρεία περιοχή κράτυνσής του παραμορφώνεται αρκετά απορροφώντας τάσεις μέχρι το όριο θραύσης του.

Το Σχήμα 10.1 παρουσιάζει αυτή την συμπεριφορά του καθώς και το μεγάλο του πλεονέκτημα σε σχέση με τα υλικά FRB.

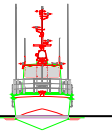


**Σχήμα 10.1 : Διάγραμμα Εφελκυσμού για FRB- Αλουμίνιο 5086 H116 και Χάλυβα E24 [28]**

Παρόλα αυτά η συνεχιζόμενη ανάπτυξη του στη ναυπηγική από τον 19° αιώνα και μετά οφείλεται κυρίως σε άλλα πιο ειδικά χαρακτηριστικά του, όπως :

- ✚ Το χαμηλό ειδικό βάρος του σε σχέση με αυτό του χάλυβα
- ✚ Η δυνατότητα κραμάτωσής του που προσφέρει μια ποικιλία υλικών για κάθε χρήση
- ✚ Η εύκολη μορφοποίησή του
- ✚ Η πολύ καλή συμπεριφορά του έναντι της διάβρωσης σε θαλάσσιο περιβάλλον





- ✚ Η περιβαλλοντική συμβατότητά του
- ✚ Η οικονομικώς αποδοτική ανακυκλωσιμότητά του.

Για τους πιο πάνω κυρίως λόγους έχει κατά κράτος επικρατήσει ως το κυρίαρχο υλικό για τις κατασκευές πλοίων υψηλών ταχυτήτων και για μια ολόκληρη γκάμα θαλάσσιων εφαρμογών.

### 10.1 Το χαμηλό ειδικό του βάρος

Το αλουμίνιο είναι το ελαφρύτερο κοινό στη χρήση μέταλλο, το ειδικό του βάρος όπως έχουμε ήδη αναφέρει είναι 2,7, το ένα τρίτο περίπου του χάλυβα. Κατασκευές από κράματα αλουμινίου είναι γεγονός ότι θα είναι ελαφρύτερες από αντίστοιχες χαλύβδινες.

Θεωρητικά το αλουμίνιο και ο χάλυβας μπορούν να συγκριθούν χρησιμοποιώντας 3 βασικά κριτήρια.

1. Για κατασκευές με ίσο πάχος, χωρίς να λαμβάνουμε υπόψη μας την αντοχή, η αναλογία μαζών μεταφράζεται στην αναλογία των ειδικών βαρών τους δηλαδή είναι :

$$\frac{m_{\text{alu}}}{m_{\text{steel}}} = \frac{2,70}{7,80} = 0,34$$

Αυτό σημαίνει ότι ένας τόνος χαλύβδινης κατασκευής μπορεί να αντικατασταθεί από 340 Kg κατασκευής από αλουμίνιο, εξοικονομώντας δηλαδή 660 kg βάρος .

2. Για αντίστοιχη απαίτηση ίσης ακαμψίας, ο λόγος των μέτρων ελαστικότητας τους είναι 3 αλλά ο λόγος του πάχους των ελασμάτων τους ακολουθεί τη σχέση :

$$E_{\text{steel}} \cdot t_{\text{steel}}^3 = E_{\text{alu}} \cdot t_{\text{alu}}^3$$

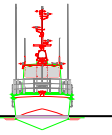
Δηλαδή

$$t_{\text{alu}} = \sqrt[3]{3} \cdot t_{\text{steel}}$$

Για την αντίστοιχη λοιπόν κατασκευή της περίπτωσης 1 θα χρειαζόμασταν

$$\frac{m_{\text{alu}}}{m_{\text{steel}}} = \frac{t_{\text{alu}}}{t_{\text{steel}}} \cdot \frac{\rho_{\text{alu}}}{\rho_{\text{steel}}} \quad \frac{m_{\text{alu}}}{m_{\text{steel}}} = \frac{2,70}{7,80} \cdot \sqrt[3]{3} = 0,499 \approx 0,50$$

Για ίση ακαμψία, μια κατασκευή από 1 τόνο χάλυβα θα μπορούσε να αντικατασταθεί από μια αντίστοιχη αλουμινίου 500 kg.



3. Για ίσες τάσεις για ελάσματα και μη συγκολλητές κατασκευές και για το υλικό Sealiuim 5383 με συμβατικό όριο διαρροής τα 220 MPa και τον χάλυβα EH 36 με 355 MPa μπορεί να αποδειχτεί ότι :

$$\sigma_{steel} \cdot t_{steel}^2 = \sigma_{alu} \cdot t_{alu}^2$$

$$t_{alu} = t_{steel} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{e steel}}{\sigma_{e alu}}}$$

$$t_{alu} = t_{steel} \cdot \sqrt{\frac{355}{220}}$$

$$t_{alu} = t_{steel} \cdot 1,27$$

Και έτσι η αναλογία μάζας τους λοιπόν είναι  $\frac{m_{alu}}{m_{steel}} = \frac{2,70}{7,80} \cdot 1,27 = 0,44$

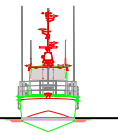
Που σημαίνει ότι 1 Tn χαλύβδινης κατασκευής μπορεί να αντικατασταθεί από 440 Kg κατασκευή από αλουμίνιο, εξοικονομώντας έτσι 560 kg βάρος.

Εάν συγκρίνουμε τα βάρη δύο σκαφών υψηλών ταχυτήτων με ίδιο μήκος 110 μέτρων, θα διαπιστώσουμε ότι με τη χρήση του αλουμινίου θα έχουμε αποταμίευση βάρους 214 τόνων, δηλαδή το 34% έναντι ενός αντίστοιχου χαλύβδινου με αλουμινένια υπερκατασκευή . Για μια ίση ταχύτητα αυτή η μείωση μεταφράζεται σε κόστος αγοράς κινητήρων πρόωσης κατά το 20 % με επιπλέον λειτουργικό κόστος κατανάλωσης στο ίδιο επίπεδο.

Ο Πίνακας 10.1 δείχνει την σύγκριση αυτή των βαρών του κυρίως σκάφους (hull), της υπερκατασκευής (η οποία είναι και για τα δυο πλοία από αλουμίνιο) , των μονώσεων, των χρωματισμών και την εξοικονόμηση την οποία τελικά επιτυγχάνομε.

COMPARISON OF THE WEIGHTS OF 110 METRE HSS IN STEEL AND ALUMINIUM (TONS)		
	Aluminium Ship	Steel Ship (*)
Hull	280	504
Superstructure	70	70
<i>Sub-total</i>	<i>350</i>	<i>574</i>
Insulation	60	40
Paintwork	5	15
Total	415	629
Saving in weight	214	

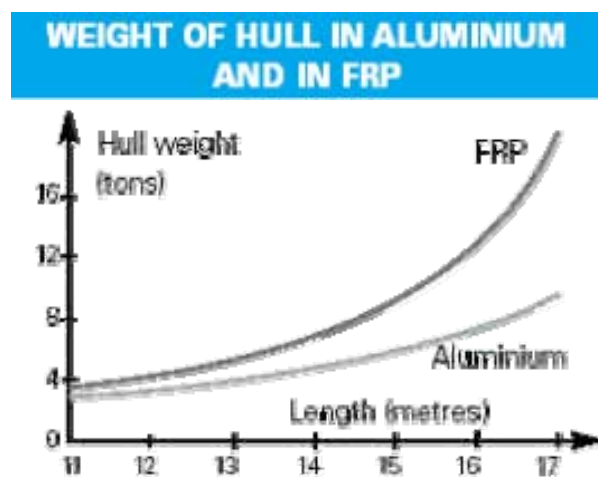
**Πίνακας 10.1 Συγκριτικός πίνακας βαρών για Αλουμινένιο σκάφος και Χαλύβδινο [28]**



Η οικονομία αυτή μπορεί επιπλέον να μεταφραστεί και από το γεγονός του ότι με αλουμινένιες υπερκατασκευές, έχοντας το κέντρο βάρους ενός σκάφους πιο χαμηλά, έχεις καλύτερη ευστάθεια και μπορείς να μειώσεις το απαραίτητο βύθισμά του, κάνοντας το πιο λεπτό αυξάνοντας έτσι την τελική ταχύτητα του.

Το μονό υλικό που μπορεί να συγκριθεί μαζί του στην Ναυπηγική είναι το FRP (Fiber Reinforced Plastic) το οποίο υπερτερεί από θέμα βάρους για σκάφη κάτω των 11 μέτρων. Για το λόγο αυτό τα FRP σκαφή κυριαρχούν στην κατηγορία των μικρών αυτών σκαφών όπως ψαράδικα, μικρά ταχύπλοα, μικρά ιστιοπλοϊκά κλπ.

Το Σχήμα 10.2 παρουσιάζει την ανωτερότητα του αλουμινίου για σκάφη άνω των 11 μέτρων.



**Σχήμα 10.2 : Διάγραμμα βαρών κύτους (Hull) για σκάφη αλουμινίου και FRP συναρτήσει του συνολικού τους μήκους**

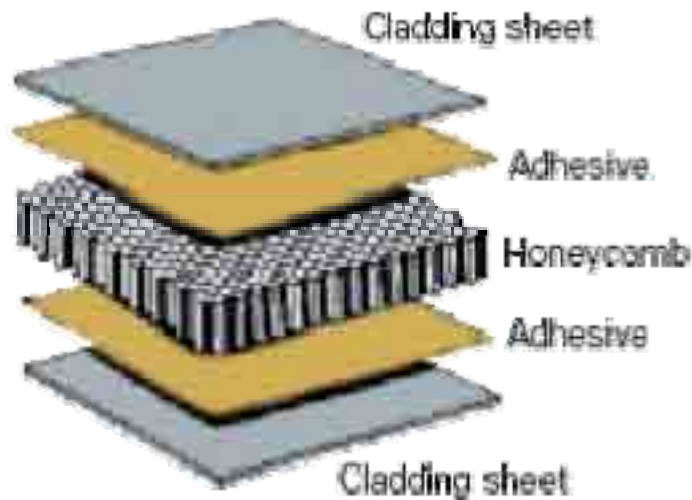
Ένα άλλο μεγάλο πλεονέκτημα του αλουμινίου είναι το ότι μπορείς εύκολα να κατασκευάσεις χυτά εξαρτήματα και προφίλ εξοπλισμού και να τα διαμορφώσεις σύμφωνα με τις ανάγκες σου για εξοπλισμό, όπως για την τοποθέτηση των υαλοπινάκων ενός σκάφους, χωρίσματα για καμπίνες και χώρους ενδιαίτησης γενικότερα, βοηθητικό εξοπλισμό όπως ψευδοροφές, καλωδιοδιαδρομές, αφαιρετά πατώματα μηχανοστασίων, ερμάρια κλπ, που επίσης μειώνουν το συνολικό βάρος ενός σκάφους και προσφέρουν ποιότητα και μικρό κόστος συντήρησης.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η χρήση σύγχρονων κυψελοειδών πάνελ τύπου σάντουιτς (βλ Σχήμα 10.3), όπως το ALUCORE το οποίο προσφέρει:

- A) Πολύ χαμηλό βάρος σε σχέση με την αντοχή του
- B) Εύκολη κατεργασία και τοποθέτηση με κοινά εργαλεία και συστήματα στήριξης .
- Γ) Ποιότητα και πολυτέλεια εσωτερικών κατασκευών για χωρίσματα, έπιπλα, δάπεδα κλπ.



το οποίο μπορεί να επιφέρει έως και 30% μείωση βάρους με αντίστοιχες λοιπές μεθόδους κατασκευής.



**Σχήμα 10.3: Κατασκευαστική δομή κυψελωτού πάνελ τύπου ALUCORE**

Για τα αντιλαθρεμπορικά σκάφη το υλικό αυτό χρησιμοποιήθηκε για την επένδυση όλων των εσωτερικών χώρων, τα έπιπλα, τα δάπεδα ακόμα και ως βάση για τις κονσόλες διακυβέρνησης του σκάφους.

Όσον αφορά στην κατεργασία του ως έλασμα είναι εύκολο στην κατεργασία του, μπορεί για μικρά πάχη να κατεργαστεί και από εργαλεία επεξεργασίας ξύλου, να συγκολληθεί με τριπλάσια περίπου ταχύτητα έναντι του χάλυβα και να μορφοποιηθεί χωρίς προβληματισμό.

Το χαμηλό του βάρος δίνει τη δυνατότητα σε Ναυπηγεία με μικρά ανυψωτικά μέσα να χτίσουν μεγαλύτερα πλοία, ακόμα και σε κλειστά κτίρια, ανεβάζοντας το επίπεδο εξοπλισμού του σκάφους σε σχέση με πλοία τα οποία απαιτούν καθέλκυση και χαμηλό βάρος εξοπλισμού κατά τη διαδικασία αυτή.

Τέλος, ένα επιπλέον πλεονέκτημα του υλικού είναι η ανακύκλωσή του. Το αλουμίνιο αποτελεί ένα από τα πιο ελκυστικά μέταλλα για ανακύκλωση, διότι απαιτεί μόλις το 5% σε ενέργεια για να ανακυκλωθεί σε σχέση με την ενέργεια που απαιτεί η πρωτογενής παραγωγή του. Για τον λόγο αυτό το ποσοστό ανακύκλωσής του φτάνει το 30% της συνολικής ζητούμενης παραγωγής.

Όλες οι βιομηχανίες που κατεργάζονται το αλουμίνιο διαθέτουν σύστημα συλλογής όλων των ρεταλιών κατά τη διαδικασία κατεργασίας του διότι αποτελεί και ένα προσοδοφόρο έσοδο λόγω της υψηλής τιμής του ως 'σκραπ'. Όσον αφορά στην βιομηχανία ανακύκλωσης σκαφών αλουμινίου, αυτή βρίσκεται ακόμα σε νηπιακό στάδιο διότι τα περισσότερα σκάφη αλουμινίου είναι νέας κατασκευής και βρίσκονται στην ενεργό υπηρεσία της παγκόσμιας Ναυτιλίας.



## 11.0 Το Παρελθόν το Παρόν και το Μέλλον του Αλουμινίου στη Ναυπηγική

Οι πρώτες προσπάθειες για σκαφή αλουμινίου ξεκίνησαν το 1886 στη Γαλλία και στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής . Το διάστημα 1891 έως και 1897 υπήρχε έντονο ενδιαφέρον για το νέο αυτό υλικό στη Ναυπηγική, παρόλο που ήταν 30 φορές πιο ακριβό από τον χάλυβα .

Το πρώτο ναυπήγημα ήταν ουσιαστικά μια μικρή άκατος, η οποία κατασκευάστηκε το 1891 στη Σουηδία από το ναυπηγείο Escher Wyss είχε 5,5 μέτρα μήκος και ζύγιζε περί τα 440 kg (Εικόνα 11.1).



**Εικόνα 11.1: Η πρώτη άκατος αλουμινίου [28]**

Ο Alfred Nobel, ο εφευρέτης του δυναμίτη και ο δημιουργός του διάσημου βραβείου παρήγγειλε τον ίδιο χρόνο στο ίδιο ναυπηγείο μια άκατο, το «Le Mignon». Αυτό το σκάφος είχε 13 μέτρα μήκος, 1,8 μέτρα πλάτος και βύθισμα 0,61 μέτρα το οποίο το είχε αγκυροβολημένο μπροστά από τη βίλα του στο SAN Remo της Ιταλίας. Το σκάφος εφοδιάστηκε με μια πετρελαιοκίνητη μηχανή ατμού και κατά τη διάρκεια των δοκιμών στη λίμνη της Ζυρίχης, το «LE Mignon» πέτυχε μια ταχύτητα 13 km/h (8 κόμβοι).

Στη Γαλλία, ένας πλούσιος αριστοκράτης ιστιοπλόος regatta, ο Comte Jacques de Chabannes de la Palice, ανέθεσε σε έναν ναυπηγό να σχεδιάσει το πρώτο αλουμινένιο ιστιοπλοϊκό στην ιστορία, το «LE Vendenesse». Αυτό το σκάφος χτίστηκε στο Saint Denis κοντά στο Παρίσι, το οποίο και κατελκύστηκε στις 6 Δεκεμβρίου 1893. Το «LE Vendenesse» είχε 17,40 μέτρα μήκος , επιφάνεια ιστίων τα 180 m<sup>2</sup> και εκτόπισμα τους 15 τόνων. Το πιο μεγάλο πάχος του αλουμινίου ήταν τα 2 mm το οποίο καρφώθηκε σε νομείς από χάλυβα, εξοικονομώντας από το κέλυφος το 40% του βάρους της.

Εμπνευσμένοι από την εμπειρία με το Vendenesse και κάτοχοι του Americas Cup κατασκεύασαν το κέλυφος του νέου τους σκάφους «Defender - Υπερασπιστής» από αλουμίνιο κερδίζοντας ξανά το Americas Cup το Σεπτεμβρίου 1895.



**Εικόνα 11.2 : Σχετικό δημοσίευμα τον Οκτώβριο του 1895**

Τα Πολεμικά Ναυτικά έδειξαν επίσης ένα ενδιαφέρον για το αλουμίνιο. Το 1894 το γαλλικό Πολεμικό Ναυτικό παρήγγειλε την κατασκευή μιας τορπιλάκατου την «LE Foudre», στο βρετανικό ναυπηγείο του Yarrow. Το σκάφος αυτό είχε μήκος 19 μέτρων, πλάτος 2,80 μέτρων βύθισμα 1,45 μέτρων και συνολικό εκτόπισμα 14 τόνων. Το κέλυφός του ζύγισε ακριβώς 2500 κιλά, του οποίου τόσο το κέλυφος όσο και τα ενισχυτικά του έγιναν από φύλλα αλουμινίου πάχους από 1 έως 5 mm .

Το 1895 το ίδιο ναυπηγείο κατασκεύασε επίσης μια 58 μέτρων τορπιλάκατο, τη «Sokol» για το ρωσικό ναυτικό. Τροφοδοτημένο από μια μηχανή 4000 HP επέτυχε το ρεκόρ ταχύτητας των 32 κόμβων.

Οι υπερκατασκευές πολλών πλοίων του αμερικάνικου ναυτικού κατασκευάστηκαν αυτή την περίοδο από αλουμίνιο, όμως γρήγορα εγκαταλείφθηκαν και αντικαταστάθηκαν από χάλυβα λόγω του πολύ μικρού χρόνου ζωής τους .

Το αλουμίνιο που χρησιμοποιούσαν το 1900 παρουσίαζε σημάδια διάβρωσης μόλις μερικές βδομάδες μετά την καθέλκυση του σκάφους και αυτό οφείλονταν κυρίως στους εξής λόγους :

- ✚ Προκειμένου να εξασφαλίσουν μια αποδεκτή σκληρότητα στο κράμα του αλουμινίου προσθέταν χαλκό με ποσοστό πάνω του 6% ή νικέλιο, επίσης άνω του 4%, υλικά που σε καμία περίπτωση δεν ενδείκνυται για αντίσταση έναντι της διάβρωσης.



✚ Η ανομογένεια της συναρμολόγησης ήταν ένας άλλος βασικός λόγος. Κομμάτια κατασκευασμένα από αλουμίνιο καρφώνονταν με χαλύβδινα καρφιά πάνω σε χαλύβδινα μέρη του σκάφους, δημιουργώντας το ιδανικό περιβάλλον για γαλβανική διάβρωση, ειδικά όταν τα κράματα αυτά του αλουμινίου που χρησιμοποιούσαν εμπειρείχαν χαλκό ή νικέλιο.

Το πρώτο μισό του 20ου αιώνα από το 1920 και μετά, παρατηρήθηκε μια σημαντική αύξηση της χρησιμοποίησης του αλουμινίου στην ναυπηγική τόσο στα πολεμικά όσο και στα εμπορικά πλοία. Η αύξηση αυτή οφειλόταν κύρια στη χρησιμοποίηση του ναυπηγικού κράματος της σειράς 5000 η οποία ήταν ιδεατή για εφαρμογές ναυπήγησης άλλα και γενικότερης χρήσης.

Οι πιο διαδεδομένες εφαρμογές, όμως, ήταν εξαρτήματα τα οποία κατασκευάζονταν από ένα κράμα του αλουμινίου με πυρίτιο 13%, που ήταν γνωστό τότε ως «alrax». Η ναυπηγική βιομηχανία το χρησιμοποίησε στον εξοπλισμό των θωρηκτών, όπως για περιβλήματα των μηχανών, για αντλίες, ανεμιστήρες, πόρτες κλπ ώστε να μειώσουν κατά το δυνατό το βάρος της κατασκευής τους.

Το 1930 μια σειρά από πειράματα ευρωπαίων και Αμερικάνων μεγαλοεργών ειδικών σε θέματα διάβρωσης έδειξαν ότι η κράματωση του αλουμινίου με προσθήκη μαγνήσιου σε ποσοστό 5% είχε τα καλύτερα αποτελέσματα έναντι της διάβρωσης.

Μετά από αυτό, μια σειρά από πειράματα πραγματοποιήθηκαν για τη συμπεριφορά του, συγκολλημένο ή μη, όταν έρχεται σε επαφή με άλλα μέταλλα κλπ. Το τελικό αποτέλεσμα ήταν να καθιερωθεί ως εξαιρετικό υλικό ναυπήγησης, ειδικά όταν από το 1955 και μετά η ηλεκτροσυγκόλληση ως μέθοδος συγκόλλησης αντικατέστησε τα παραδοσιακά καρφιά.

Από το 1960 και μετά το αλουμίνιο σταθερά καθιερώθηκε ως υλικό σε διάφορους κατασκευαστικούς τομείς ανα τον κόσμο και ειδικά στο χώρο της ναυπηγικής. Όπως είναι γνωστό, το κυρίαρχο μέταλλο στο χώρο της ναυπηγικής εδώ και αρκετές δεκαετίες είναι ο χάλυβας. Με τη μεγάλη, όμως, διάδοση των κραμάτων του αλουμινίου, τα τελευταία χρόνια, και στον χώρο αυτό ο χάλυβας απόκτησε έναν ισχυρό ανταγωνιστή.

Εκτός από την καλή έως εξαιρετική αντίσταση σε διάβρωση από το θαλάσσιο περιβάλλον των κραμάτων του αλουμινίου των σειρών 5000 και 6000, το βασικότερο πλεονέκτημά τους είναι η μείωση του βάρους σε σχέση με αντίστοιχη κατασκευή από χάλυβα. Η πυκνότητα των κραμάτων αλουμινίου (περίπου  $2,7\text{gr}/\text{cm}^3$ ) είναι ίση προς το ένα τρίτο εκείνης του χάλυβα.

Αυτό βέβαια δεν σημαίνει αναγκαστικά ότι μια κατασκευή από αλουμίνιο που εκπληρώνει τους ίδιους σκοπούς με μια άλλη αντίστοιχη από χάλυβα θα έχει βάρος τρεις φορές μικρότερο. Συνήθως παρατηρείται μια μείωση της τάξης του 30-40%.

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μια κατασκευή από αλουμίνιο έχει διαφορετικές διαστάσεις και τρόπο σχεδίασης από μια αντίστοιχη χαλύβδινη, λόγω του μικρότερου μέτρου ελαστικότητας του αλουμινίου σε σχέση με τον χάλυβα.



Ακόμα, η χρήσιμη ζωή κατασκευών από αλουμίνιο είναι μικρότερη από συμβατικές κατασκευές, όμως ταυτόχρονα το κόστος συντήρησής τους είναι κατά πολύ μικρότερο.

Βέβαια, στην πραγματικότητα δεν τίθεται θέμα σύγκρισης των δύο υλικών και η μόνη αλλαγή που έχει υπεισέλθει από την εξέλιξη αυτή είναι το γεγονός ότι ο μηχανικός έχει τη δυνατότητα πλέον να μπορεί να επιλέξει κατά το σχεδιασμό το κατάλληλο υλικό ώστε να υλοποιηθεί η βέλτιστη κατασκευή.

Η κατασκευή πλοίων από αλουμίνιο έγινε κανόνας, ειδικά σε επιβατηγά και επιβατηγά/οχηματαγωγά πλοία, λόγω της αύξησης του μεταφερόμενου φορτίου, της μείωσης της κατανάλωσης καυσίμου και της κατασκευής μεγάλων σκαφών ημι-εκτοπίσματος.

Ιδιαίτερως για την κατασκευή γρήγορων επιβατηγών/οχηματαγωγών πλοίων χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο το αλουμίνιο. Τέτοιοι τύποι πλοίων είναι ενδεικτικά:

Γρήγορα μονόγαστρα

Δίγαστρα σκάφη (Catamaran)

Πλοία μικρής ισάλου επιφάνειας (SWATH)

Υδροπτέρυγα

Hovercrafts

Πλοία επίδρασης επιφάνειας

Το γεγονός της ολοένα και μεγαλύτερης κυριαρχίας του αλουμινίου και της συνεχόμενης αυξητικής τάσης του σε επιβατικά ταχύπλοα κυρίως σκαφή επιβεβαιώνεται και από τα στατιστικά του διεθνούς οργανισμού Fast Ferry International που παρουσιάζονται στους Πίνακες 11.1 και 11.2 .

ANNUAL LAUNCH OF HIGH SPEED SHIPS (*)																		
Type of ship	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	Total
Catamarans	17	29	38	25	26	32	28	46	44	39	46	52	36	39	33	33	46	609
Wave Piercers		1	3	5	4	1	3	3	2	4	5	3	6		3	3	1	47
Hydrofoils/Hovercrafts	6	8	6	12	12	18	8	4	5	10	1	1	6		1	1	5	104
Monohulls	14	12	16	7	13	8	7	12	10	13	22	11	15	17	5	5	9	196
Surface effect ships	5		7	5	7		3	1	4	2				1			1	36
SWATH				2	1												1	4
Total	42	50	70	56	63	59	49	66	65	68	74	67	63	57	42	42	63	996

(\*) Statistics from Fast Ferry International.

Table 1

### Πίνακας 11.1 : Συνολικός αριθμός κατασκευής ταχύπλων πλοίων ανά έτος και τύπο





CAPACITY OF HSS - NUMBER OF SEATS (*)																		
Number of seats	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	Total
50-99	7	13	18	5	5	6	7	5	1	4	2	6	5		1	6	11	102
100-149	10	4	6	4	4	12	1	4	8	7	4	5	2	8	7	7	7	100
150-199	1	1	5	8	5	8	4	6	10	3	7	16	10	6	5	5	16	116
200-249	6	7	8	15	10	7	2	8	7	6	9	3	8	4	2	1	5	108
250-299	5	10	10	8	16	10	5	9	9	6	1	5	2	2		4	6	108
300-349	5	1	12	10	13	7	11	18	10	12	14	11	8	2	6	2	1	143
350-399	1	4	4	12	3	7	11	8	9	6	5	2	5	5	3	6	3	94
400-449		7	5	4	4		2	3	4	7	5			3	4	5	9	62
450 et +	2		2	1	1		1		1	7	3	4	7	9		1	1	40

(\*) Statistics from Fast Ferry International.

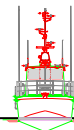
Table 2

**Πίνακας 11.2: Συνολικός αριθμός κατασκευής ταχύπλοων πλοίων ανά έτος και ανα χωρητικότητα επιβατών**

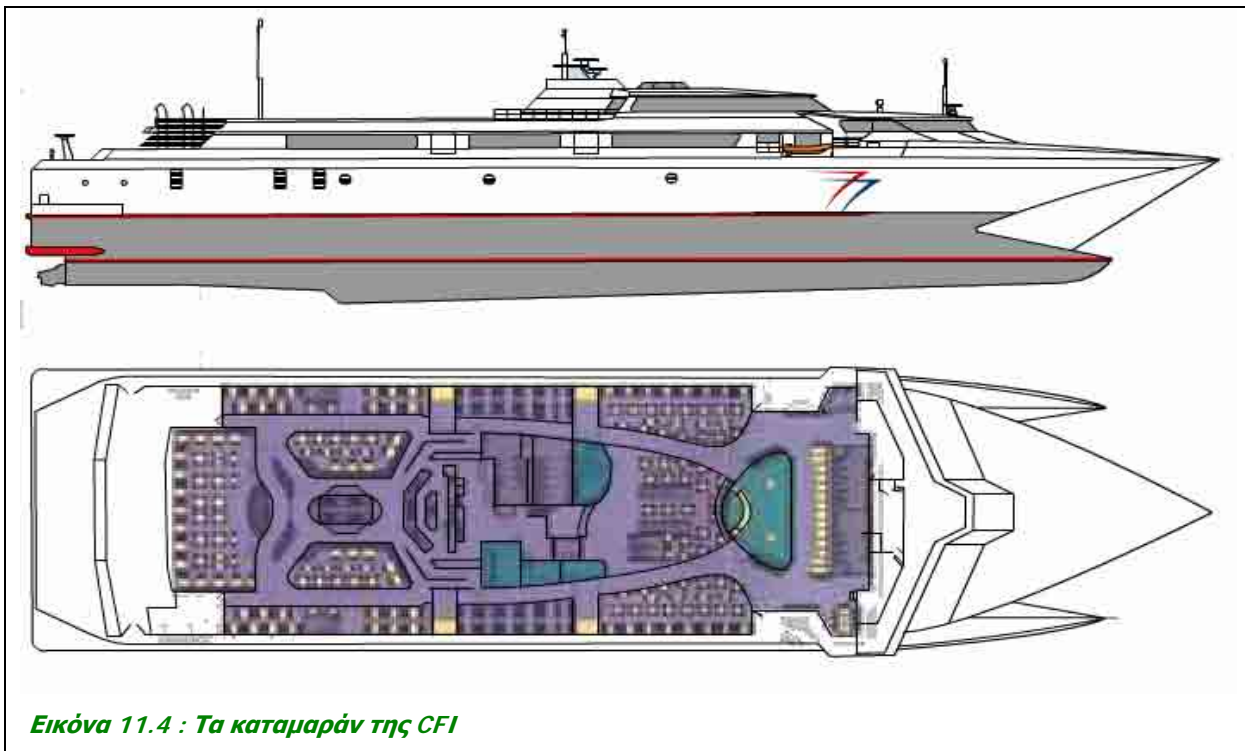
Ως μερικά από τα αλουμινένια σκαφή πάνω από 100 μέτρα μήκος μπορούν να αναφερθούν τα 4 καταμαράν Stena HSS 1500 (βλ Εικόνα 11.3) τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στη θάλασσα περιοχή της Ιρλανδίας το 1996. Τα σκάφη αυτά είχαν συνολικό μήκος τα 126 μέτρα, 40 μέτρα πλάτος, κατασκευάστηκαν σε Ναυπηγεία της Φιλανδίας και ζύγιζαν κατά την καθέλκυσή τους περί τους 1500 tn. Η χωρητικότητά τους είναι τέτοια ώστε μπορούν να μεταφέρουν 1500 επιβάτες, 375 αυτοκίνητα, 120 λεωφορεία και 50 φορτηγά οχήματα, ταξιδεύοντας με max ταχύτητα τους 40 κόμβους.



**Εικόνα 11.3 : Ένα από τα 4 καταμαράν τυπού HSS 1500**

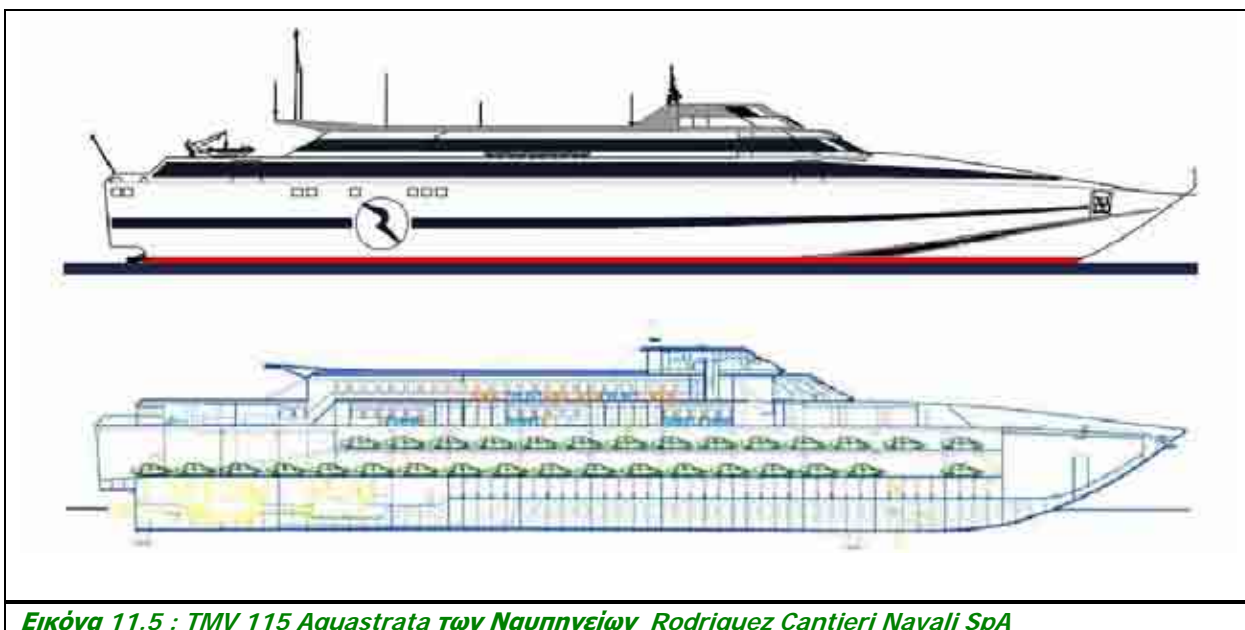


Επίσης, αναφέρουμε τα καταμαράν που κατασκευάστηκαν στον Καναδά από την CFI yard (βλ Εικόνα 11.4) για την BC Ferries το 1999 με μήκος τα 128 μέτρα, συνολικού βάρους 1281 tn, με χωρητικότητα για 1018 επιβάτες 242 φορτηγά ή λεωφορεία, ικανά να ταξιδεύουν με max ταχύτητα τους 34 κόμβους.



**Εικόνα 11.4 : Τα καταμαράν της CFI**

Τα 11 TMV 115 Aquastrada, κατασκευασμένα από τα Ιταλικά Ναυπηγεία του Rodriquez, μήκους 115 μέτρων, χωρητικότητας 900 επιβατών και 200 αυτοκινήτων και ταχύτητας 36 κόμβων αποτελούν άλλο τέτοιο παράδειγμα.



**Εικόνα 11.5 : TMV 115 Aquastrada των Ναυπηγείων Rodriquez Cantieri Navali SpA**



**Εικόνα 11.6 : Καταμαράν κατασκευασμένο από κράμα Αλουμινίου**

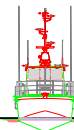
Σημειώνεται ότι το καταμαράν της Εικόνας 11.6 είναι αυτό που κατέχει και το παγκόσμιο ρεκόρ του διάπλου του Ατλαντικού ωκεανού στο μικρότερο χρονικό διάστημα.

Ακόμη το αλουμίνιο χρησιμοποιείται στην κατασκευή σκαφών αναψυχής και ιστιοφόρων. Όσον αφορά τα σκάφη αναψυχής άνω των 24 μέτρων, το 1999 από τα 282 σκάφη τα οποία κατασκευάστηκαν τα 48 από αυτά ήταν κατασκευασμένα από κράματα αλουμινίου, δηλαδή το 17% ενώ οι αντίστοιχες μετρήσεις του 2003 για την ίδια κατηγορία από τα 482 τα 98 κατασκευάστηκαν από κράματα αλουμινίου, δηλαδή το 23% περίπου. Βλέπουμε μια αύξηση της τάξης του 5% μέσα σε 4 χρόνια.

Σήμερα, στην κατηγορία άνω των 45 μέτρων πάνω από τα μισά σκάφη αναψυχής έχουν αλουμινένιο σκελετό (Hull). Ενώ οι ιστοί και οι υπερκατασκευές τους κατασκευάζονται από κράματα αλουμινίου που μπορούν να υποβληθούν σε ανοδική οξειδωση για να ικανοποιήσουν τα πολύ υψηλά επίπεδα αισθητικής που επιβάλλει ο ανταγωνισμός της κατηγορίας αυτής.



**Εικόνα 11.7 :Ιστιοφόρο κατασκευασμένο από κράμα Αλουμινίου , γιουτ υπό κατασκευή**



**Εικόνα 11.8 : Ένα από τα 6 σκάφη αλουμινίου της σειράς 4400 Semi-Custom Series**

Μια άλλη κατηγορία μικρότερων σκαφών είναι τα σκαφή εργασίας όπως αλιευτικά, λιμενικά, τελωνειακά, αστυνομικά σκάφη παράκτια επιτήρησης, τα οποία, πάρα τον ανταγωνισμό του χάλυβα και προ πάντων του FRP (Fibre Reinforced Plastic), εντούτοις καταλαμβάνει μια πολύ σημαντική λογιστική θέση για τουλάχιστον στα μισά υπηρεσιακά σκάφη όπως είναι και τα αντιλαθρεμπορικά σκάφη που παρουσιάσαμε στο κύριο σώμα τις εργασίας αυτής.



**Εικόνα 11.9 :Διάφορα περιπολικά σκαφή από κράματα Αλουμινίου της Austal Australia**

Υπάρχουν και περιπτώσεις που το αλουμίνιο, λόγω της άριστης συμπεριφοράς του στην διάβρωση, έχει χρησιμοποιηθεί και για την κατασκευή Πλατφόρμας εξόρυξης (Offshore). Η πρώτη γνωστή εφαρμογή ήταν στην εξόρυξη της θαλάσσιας πετρελαιοφόρου περιοχής στη λίμνη Μαρακαίμπο το 1957 [30]. Ο υδροβιότοπος της λίμνης ήταν ιδιαίτερα επιθετικός σε διάβρωση λόγω της παρουσίας



του υφάλμυρου νερού (γενικά επιθετικότερο από το φυσικό νερό της θάλασσας), οι πλατφόρμες πετρελαίου από αλουμίνιο επέδειξαν πολύ καλή αντίσταση στην διάβρωση. Από τότε, το αλουμίνιο έχει κάνει την εμφάνιση του σε πολλές πλατφόρμες εξόρυξης κατασκευάζοντας συνήθως τα «ελικοδρόμια» ή άλλες υπερκατασκευές.

Λαμβάνοντας υπόψη την τάση για εξερεύνηση πετρελαίου σε ακόμα μεγαλύτερα βάθη, το αλουμίνιο τίθεται ως στόχος να γίνει ευρέως χρησιμοποιημένο υλικό στις πλατφόρμες, διότι πρέπει να επιτευχθεί ο στόχος του μικρού βάρους τους ώστε να αυξηθεί το ωφέλιμο φορτίο τους. Επίσης, βελτιώνει τη σταθερότητά τους και διευκολύνει την κινητικότητά τους και εγκατάσταση (απαιτήση εξοπλισμού με μικρότερη ανυψωτική ικανότητα) .

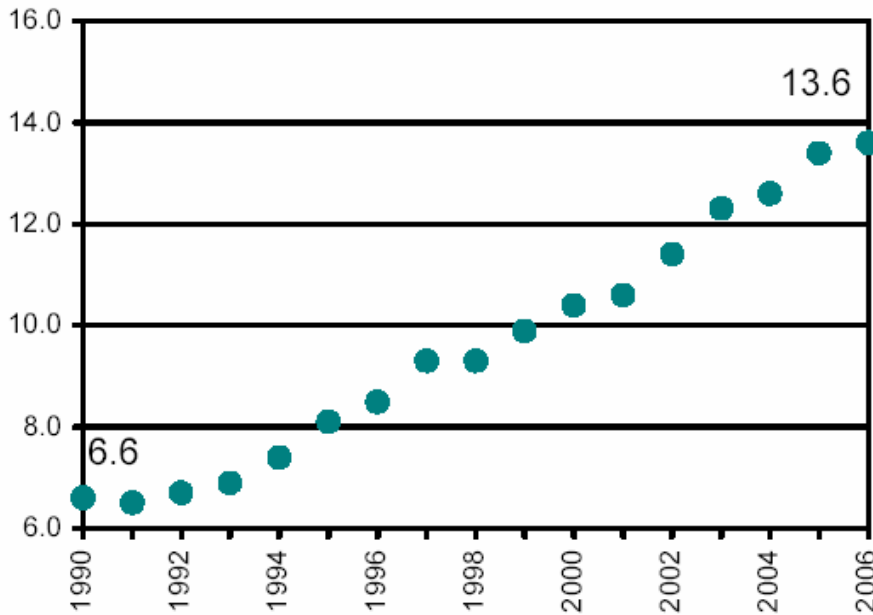
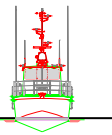
Σε κατασκευές όπου η συμπεριφορά του υλικού σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι κρίσιμη, π.χ. στην περίπτωση πλοίων μεταφοράς υγροποιημένων αερίων LNG – tankers (liquid natural gas – tanker), όπου το φορτίο βρίσκεται σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία (κίνδυνος ψαθυρής θραύσης), τα κράματα των σειρών 5000 και 6000 κυριαρχούν. Λόγω των πολύ αυστηρών κανονισμών ασφαλείας για αυτού του τύπου τα πλοία, μόνο νικελιούχοι χάλυβες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αντικατάσταση του αλουμινίου, υλικό δύσκολο στην κατεργασία και συντήρηση.

Ακόμα, οι μεγάλες δεξαμενές των πλοίων που μεταφέρουν υγροποιημένα αέρια (LNG – tankers) είναι κατασκευασμένες από αλουμίνιο, ενώ το υπόλοιπο πλοίο από χάλυβα. Οι δεξαμενές αυτές δεν συμμετέχουν στη δομική αντοχή του πλοίου. Το μεθάνιο, για παράδειγμα, μεταφέρεται σε ατμοσφαιρική πίεση και σε θερμοκρασία – 163°C σε δεξαμενές αλουμινίου χωρητικότητας από 40.000 έως 135.000 m<sup>3</sup> . Οι κύριες διαστάσεις ενός LNG – tanker είναι για παράδειγμα : μήκος L = 293,7 m, πλάτος B = 41,6 m, ταχύτητα u = 20 kn, load capacity = 73.000 t. Η διάμετρος των δεξαμενών φτάνει τα 35 m.

Με τη μείωση του βάρους της μεταλλικής κατασκευής ενός πλοίου έχουμε αύξηση του μεταφερόμενου φορτίου. Ακόμη έχουμε βελτίωση της ευστάθειας σε πλοία που χρησιμοποιούν και χάλυβα και αλουμίνιο στην κατασκευή τους. Το αλουμίνιο χρησιμοποιείται κυρίως στις υπερκατασκευές και υπερστεγάσματα εμπορικών πλοίων.

Σε μεγάλα επιβατηγά πλοία χρησιμοποιείται χάλυβας, αλλά και αλουμίνιο, για την κατασκευή τους. Αυτού του τύπου τα πλοία χρειάζονται μεγάλους χώρους λόγω του τύπου του φορτίου τους. Εξ αιτίας των πολλών υπερκατασκευών και του μεγάλου ύψους, η ευστάθεια αυτών των πλοίων είναι κρίσιμη. Έτσι οι υπερκατασκευές των επιβατηγών είναι από αλουμίνιο (σειράς 5xxx), με αποτέλεσμα το κέντρο βάρους να βρίσκεται όσο το δυνατόν χαμηλότερα και κατά συνέπεια βελτιώνεται η ευστάθεια.

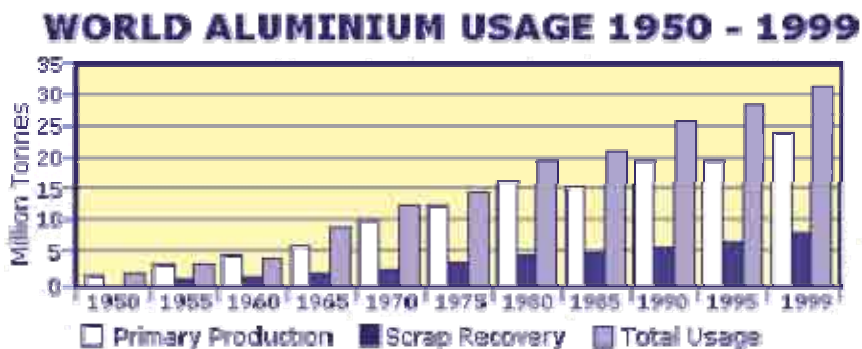
Η παραγωγή του αλουμινίου που προορίζεται για βιομηχανίες οι οποίες δραστηριοποιούνται στις κατασκευές μεταφορών (Ναυπηγεία – αυτοκινητοβιομηχανίες κλπ.) ζητούν όλο και περισσότερο ημικατεργασμένα υλικά (ελάσματα – προφίλ) . Σύμφωνα με τα στοιχεία του Διεθνούς Ινστιτούτου Αλουμινίου (I.A.I. International Aluminum Institute), το οποίο παρακολουθεί την εξέλιξη αυτή είναι προφανής η αυξητική τάση της η οποία και παρουσιάζεται στο Σχήμα 11.10.



Σχήμα 11.10: Παραγωγή σε εκατομμύρια τόνος ημικατεργασμένων προϊόντων αλουμινίου ανα έτος

**Η παραγωγή του αλουμινίου τον 20<sup>ο</sup> και 21<sup>ο</sup> αιώνα**

Από το 1888, όπου προσδιορίζεται η ίδρυση των πρώτων εταιριών παραγωγής αλουμινίου στη Γαλλία, την Ελβετία και τις Η.Π.Α. και το 1900 όπου η ετήσια παραγωγή έφτανε τους 8.000 τόνους, τριάντα οκτώ μόλις χρόνια αργότερα, το 1938, η ετήσια παραγωγή αλουμινίου εκτινασσόταν στους 537.000 τόνους, δείχνοντας την ευρεία αποδοχή αυτού του «νέου» υλικού σε κάθε είδους εφαρμογή. Στο Σχήμα 11.11 και τον Πίνακα 11.3 που ακολουθεί, φαίνονται η ιστορική εξέλιξη της ετήσιας παραγωγής αλουμινίου από τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα, ως τις μέρες μας.



Σχήμα 11.11: Η παγκόσμια παραγωγή αλουμινίου (x10<sup>3</sup> τόνους) μεταξύ 1950 και 1999



Έτος	Παραγωγή Αλουμινίου (Σε χιλιάδες τόνους)							Σύνολο
	Αφρική	Βόρειος Αμερική	Λατινική Αμερική	Ασία	Δυτική Ευρώπη	Ανατολική Ευρώπη	Ωκεανία	
1995	631	5,546	2,058	1,656	5,885		1,566	17,342
1996	1,015	5,860	2,107	1,624	3,192	3,185	1,656	18,639
1997	1,106	5,930	2,116	1,910	3,297	3,316	1,804	19,479
1998	1,043	6,086	2,075	1,843	3,549	3,419	1,934	19,949
1999	1,095	6,169	2,093	1,966	3,720	3,584	2,028	20,655
2000	1,178	6,041	2,167	2,221	3,801	3,689	2,094	21,191
2001	1,369	5,222	1,991	2,234	3,885	3,728	2,122	20,551
2002	1,372	5,413	2,230	2,261	3,928	3,825	2,170	21,199
2003	1,428	5,495	2,275	2,475	4,068	3,996	2,198	21,935
2004	1,711	5,11	2,356	2,735	4,295	4,139	2,246	22,59
2005	1,753	5,382	2,391	3,139	4,352	4,194	2,252	23,46
2006	1,864	5,333	2,493	3,493	4,182	4,23	2,274	23,87
2007	1,815	5,642	2,558	3,717	4,305	4,46	2,315	24,81
Jan-Jun 2008	844	2,93	1,316	1,925	2,331	2,311	1,15	12,81

**Πίνακας 11.3 : Παραγωγή Αλουμινίου ανά γεωγραφική περιοχή (x10<sup>3</sup> τόνους) για τα έτη 1995 – 2008**

Το συμπέρασμα είναι ότι όσο ο άνθρωπος εξελίσσεται και αναζητά τον πιο γρήγορο, τον πιο οικονομικό, τον λιγότερο ρυπογόνο τρόπο στις μεταφορές του, τόσο υλικά σαν το αλουμίνιο και τα κράματα του θα κάνουν την εμφάνισή τους στον βιομηχανικό κύκλο ζωής, θα εξελισσονται, θα παγιώνονται και θα 'πεθαίνουν' έως ότου ένα νέο υλικό με ακόμα καλύτερες ιδιότητες εμφανιστεί.

Το σίγουρο είναι ότι το αλουμίνιο βρίσκεται στην περίοδο της νεότητάς του και έχει ακόμα πολύ δρόμο να διανύσει έως ότου νέες συνθήκες, νέα υλικά και ανάγκες κάνουν την εμφάνιση τους στη Βιομηχανική Ιστορία του ανθρώπου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] SVA (Report No. 3089) Στοιχεία δοκιμών Δεξαμενής

[2] Μέθοδος Blount

*Small Craft Power Prediction*, Donald L. Blount and David L. Fox,  
Marine Technology, Vol. 13, No. 1, January 1976

*Οι συντελεστές αλληλεπίδρασης έλικας πλοίου (propulsive factors) για διπλέλικες ολισθακάτους, δίδονται υπό μορφή διαγραμμάτων σε σχέση με τον ογκομετρικό αριθμό Froude  $\{Fv = V/(gVol^{1/3})^{1/2}\}$ .*

*Fv = ογκομετρικός αριθμός Froude (αδιάστατος) V= ταχύτητα (m/sec) G= επιτάχυνση βαρύτητας (m/sec<sup>2</sup>)  
Vol = όγκος εκτοπίσματος (m<sup>3</sup>)*

[3] Μέθοδος Savitsky

*Inclusion of "Whisker Spray" Drag in Performance Prediction Method for High-Speed Planning Hulls*, Daniel Savitsky, Michael F. DeLorme and Raju Datla

Meeting of New York Metropolitan Section, SNAME, March 2006

*Προσεγγιστική μέθοδος για τον υπολογισμό της αντίστασης αέρα και ανέμου (air and wind resistance) για ολισθακάτους. Βασίζεται σε αποτελέσματα δοκιμών.*

[4] Μέθοδος Hoggard

*Seakeeping of Hard Chine Planing Hulls*, Daniel Savitsky and Joseph G. Koelbel, Jr

Technical & Research Report R-42, SNAME, November 1992

*Examining Added Drag of Planing Craft Operating in a Seaway*, Hoggard, M. M.

Hampton Roads Section, SNAME, November 1979

*Προσεγγιστική μέθοδος για τον υπολογισμό της αντίστασης κυματισμού (added resistance in waves) για ολισθακάτους. Βασίζεται σε αποτελέσματα δοκιμών σε ακανόνιστες θάλασσες (irregular seas) από τον Hoggard.*

[5] Μέθοδος Blount

*Small Craft Power Prediction*, Donald L. Blount and David L. Fox,

Marine Technology, Vol. 13, No. 1, January 1976

*Προσεγγιστική μέθοδος για τον υπολογισμό της αντίστασης παρελκομένων (appendages) για διπλέλικες ολισθακάτους. Βασίζεται σε αποτελέσματα δοκιμών με και χωρίς παρελκόμενα.*




[6] *PSOP (Propeller Selection and Optimization Program No. 7-6)*,

John C. Daidola and F. Martin Johnson, SNAME, June 1993

*Λογισμικό (software) για την επιλογή ελίκων και την βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών τους με χρήση δεδομένων από συστηματικές σειρές. Δεδομένα υπό μορφή συντελεστών και εκθετών χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των πολυωνύμων των συντελεστών ώσης Kt και ροής Kq. Περιλαμβάνονται οι συστηματικές σειρές: 1. Wageningen B Series 2.AEW (Gawn) Series. 3.KCA Series.*



- [7] 2002/25/EK  
Οδηγία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (European Commission) για τον καθορισμό κανονισμών (rules) και προτύπων (standards) για την ασφάλεια επιβατικών πλοίων. Αντικαθιστά την 98/18/EK
- [8] 98/18/EK  
Οδηγία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (European Commission) για τον καθορισμό κανονισμών (rules) και προτύπων (standards) για την ασφάλεια επιβατικών πλοίων.
- [9] 94/25/EK  
Οδηγία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (European Commission) για την κατασκευή σκαφών αναψυχής.
- [10] HSC 2000 Annex 8  
International Code of Safety for High-Speed Craft, IMO 2000  
Στην Annex 8 περιλαμβάνονται κριτήρια την ευστάθεια πλοίων υψηλών ταχυτήτων στην άθικτη κατάσταση και την κατάσταση μετά από βλάβη.
- [11] NAPA (Software - Naval Architectural Package)
- [12] Γ. Δ. Χρυσουλάκης, Δ. Ι. Παντελής, «Επιστήμη και Τεχνολογία των Μεταλλικών Υλικών», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 1996
- [13] Σταύρος Κ. Χιονόπουλος, «Συγκόλληση GMAW του Ναυπηγικού Κράματος Αλουμινίου 5383 – H116, πάχους 6 mm, με τη βοήθεια ρομποτικού βραχίονα συγκόλλησης», Μεταπτυχιακή Εργασία, Διεπιστημονικό - Διαπανεπιστημιακό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών σε Ναυτική Και Θαλάσσια Τεχνολογία και Επιστήμη, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2002
- [14] Β.Ι. Παπάζογλου, 'Ναυπηγική Τεχνολογία', Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Ε.Μ.Π. Αθήνα 1995
- [15] Β.Ι. Παπάζογλου, Γ.Παπαδημητρίου, 'Επιστήμη και Τεχνική των Συγκολλήσεων', Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 1994
- [16] Θ.Α. Διαμαντούδης, 'Συγκολλήσεις Μετάλλων', Θεσσαλονίκη 2000
- [17] ANSI/AWS D3.7-1983, 'Guide for Aluminum hull welding'
- [18] AWS, Welding Handbook, 'Welding Technology Volume', Eighth Edition, 1986
- [19] AWS, Welding Handbook, 'Metals and their weldability', Seventh Edition, Vol. 4, 1984
- [20] S.Rajasekaran, 'Weld Bead Characteristics in Pulsed GMA Welding of Al-Mg Alloys'  
Welding Journal, Vol. 78, No 12 (2000), pp. 397s-407s
- [21] C.M.Sonsino, D.Radaj, U.Brandt, H.P.Lehrke, 'Fatigue assessment of welded joints in AlMg4.5Mn aluminum alloy (AA 5083) by local approaches', International Journal of Fatigue 21 (1999), pp. 985-999
- [22] T. Luijendijk, 'Welding of dissimilar aluminum alloys', Journal of Materials Processing Technology, Vol. 103 (2000), pp. 29-35
-

- [23] Krishnakumar Shankar, Weidong Wu, 'Effect of welding and weld repair on crack propagation behaviour in aluminum alloy 5083 plates', *Materials & Design*, Vol. 23 (2002)
- [24] W.S.Miller, L.Zhuang, J.Bottema, A.J.Wittebrood, P.De Smet, A.Haszler, A.Vierregge, 'Recent development in aluminum alloys for the automotive industry', *Materials Science and Engineering A*, Vol. 280, Issue 1 (2000), pp. 37-49
- [25] The Aluminum Association, 'Aluminum Standards and Data', 1984 *Distortion in Advanced Materials*,  
[http://www.me.psu.edu/michaleris/research/GDLS\\_98/gdls1.html](http://www.me.psu.edu/michaleris/research/GDLS_98/gdls1.html)
- [26] © Lloyd's Register, 2007  
 Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft July 2007
- [27] International Aluminium Institute : Ιστοσελίδα Διεθνούς Ινστιτούτου Αλουμινίου (I.A.I.):  
<http://www.world-Aluminium.org>  
 Aluminium for Future Generations/2007  
 The Global Aluminium Recycling Committee
- [28] Aluminium and the Sea - Alcan aerospace, Transportation and industry 
- [29] European Aluminium Association AISBL  
<http://www.eaa.net> - The European Aluminium Situation July 2007
- [30] "Tentative recommended Practice for Use of aluminum in Lake Maracaibo",  
 H.P. GODARD, W. L. PERKINS, *Materials Protection*, October 1963, p. 105.

### Ηλεκτρονικές πηγές

<http://www.world-Aluminium.org>  
<http://www.alu-info.dk/Html/alulib/modul/albook40.htm>  
 (*Alubook-Lexical knowledge about Aluminium*)  
<http://www.matweb.com>  
<http://www.aws.org/>  
<http://www.twi.co.uk>  
<http://www.aluminum.org/>  
<http://www.lincolnelectric.com>

### Πηγές αναζήτησης ηλεκτρονικών περιοδικών

<http://www.sciencedirect.com>  
<http://link.springer.de/ol/index.htm>  
<http://heal-l.physics.auth.gr/heal-linksearch>  
[http://www.wilsonweb.com/cgi-bin/auto\\_login.cgi](http://www.wilsonweb.com/cgi-bin/auto_login.cgi)

*Παράρτημα 1  
Φωτογραφικό Υλικό Κατασκευής και Ανέγερσης Τομέα S02*



*Παράρτημα 1  
Φωτογραφικό Υλικό Κατασκευής και Ανέγερσης Τομέα S02*



**Παράρτημα 1**  
**Φωτογραφικό Υλικό Κατασκευής και Ανέγερσης Τομέα S02**



*Παράρτημα 1  
Φωτογραφικό Υλικό Κατασκευής και Ανέγερσης Τομέα S02*



*Παράρτημα 2*  
*Φωτογραφικό Υλικό Κατασκευής και Ανέγερσης Τομέα S01*



*Παράρτημα 2  
Φωτογραφικό Υλικό Κατασκευής και Ανέγερσης Τομέα S01*





*Παράρτημα 2*  
*Φωτογραφικό Υλικό Κατασκευής και Ανέγερσης Τομέα S01*



*Παράρτημα 3*  
*Φωτογραφικό Υλικό Δοκιμών Πλου*

