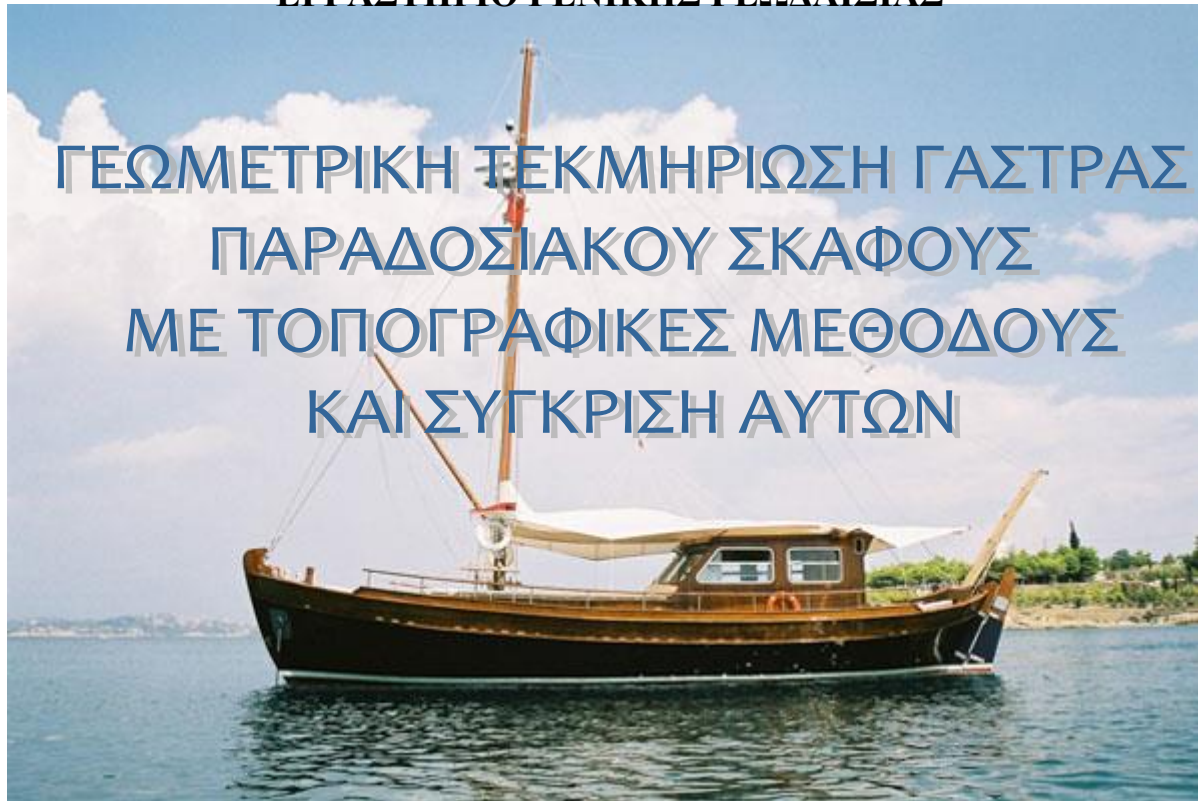
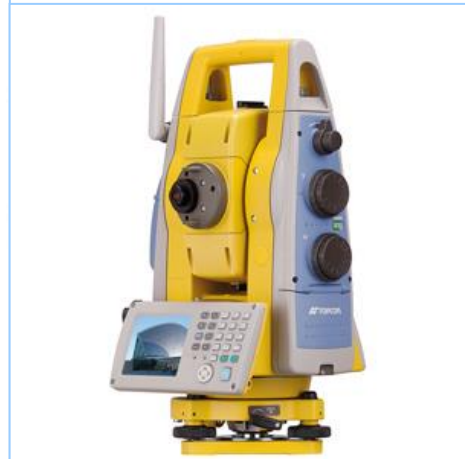




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ



ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΓΑΣΤΡΑΣ
ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ
ΜΕ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ
ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΥΤΩΝ



ΤΖΟΥΝΑΚΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ:
ΑΡΑΜΠΑΤΖΗ ΟΡΘΟΔΟΞΙΑ
ΔΟΓΓΟΥΡΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά το Σ. Δογγούρη που ήταν παρών σε όλη τη διάρκεια της εργασίας, για τις συμβουλές του και τις οδηγίες του. Ακόμα, ευχαριστώ τους καθηγητές Γ. Γρηγορόπουλο και Ο. Αραμπατζή για τις εύστοχες υποδείξεις τους, καθώς και τον Δ. Τσίνη για τη πολύτιμη βοήθειά του κατά το στάδιο των εργασιών.

Ακόμα, ευχαριστώ τους συμφοιτητές μου που με βοήθησαν τόσο στο στάδιο των εργασιών πεδίου, όσο και στην επεξεργασία των δεδομένων.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου και τους φίλους μου που τόσα χρόνια είναι πάντα κοντά μου, με στηρίζουν ψυχολογικά και είναι πάντα παρόντες στις δύσκολες στιγμές.

Περίληψη

Η εξελισσόμενη τεχνολογία δίνει συνέχεια νέους τρόπους κάλυψης αναγκών στην καθημερινή ζωή, αλλά και σε πιο ιδιαίζουσες καταστάσεις. Έτσι, έχει φτάσει σε σημείο που να μπορεί να πραγματοποιηθεί η γεωμετρική τεκμηρίωση σκαφών με παραπάνω του ενός τρόπους.

Η γεωμετρική τεκμηρίωση ενός σκάφους μπορεί να πραγματοποιηθεί για πολλούς λόγους (π.χ. αρχειοποίηση δεδομένων, αναγνώριση και καταγραφή παραμορφώσεων, έλεγχος τήρησης προϋποθέσεων κατασκευής). Εδώ γίνεται η μελέτη δυνατότητας κάλυψης των αναγκών αυτών με μεθόδους που χρησιμοποιούν διαφορετικά τοπογραφικά όργανα.

Πιο συγκεκριμένα, μας δόθηκε η ευκαιρία εργασίας επάνω σε ένα ελληνικό παραδοσιακό σκάφος τύπου «τρεχαντήρι», το οποίο βρισκόταν σε ένα ιδιωτικό ναυπηγείο (ναυπηγείο Ψαρρού) στο Πέραμα. Η διαδικασία γεωμετρικής τεκμηρίωσης πραγματοποιήθηκε με τρία όργανα, έναν ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό, έναν επίγειο σαρωτή και ένα σχετικά νέο στη βιομηχανία όργανο, τον εικονογεωδαιτικό σταθμό. Τελικό προϊόν κάθε μεθοδολογίας είναι η παραγωγή ενός τρισδιάστατου μοντέλου απεικόνισης της επιφάνειας της γάστρας του σκάφους, και στη συνέχεια η εξαγωγή των ναυπηγικών γραμμών και υδροστατικών στοιχείων του.

Κεντρικός στόχος της εργασίας είναι ο έλεγχος της δυνατότητας κάθε μεθόδου να ανταπεξέλθει στις σύγχρονες απαιτήσεις, καθώς και η σύγκριση των μεθόδων σχετικά με διάφορες παραμέτρους (χρόνος, κόστος, εμπειρία, κ.ά.).

Abstract

Evolving technology keeps giving new ways to cover our needs, whether they are everyday ones or have arisen from more peculiar conditions. It has reached a point where a ship's geometric documentation can be done in more ways than one.

There are many reasons to document geometrically a ship (i.e. creating data files, recognition and recording of a ship's disfigurement, making sure construction prerequisites are met). Here is tested the ability of methods which use different surveying instruments to cover such needs.

Specifically, we were given the chance to work on a Greek traditional vessel of the type «trechantiri» that was sited on a private shipyard (Psarros Shipyard) in the area of Perama. The procedure of geometric documentation went with three different instruments, a surveying total station, a laser scanner and a relatively new instrument in the industry, the imaging station. Each method's final product is a three-dimensional model of the ship's hull, and then the extraction of its nautical lines and its hydrostatics.

The central purpose of this study is the testing of each method's ability to cope with today's demands, as well as their comparison in regard of various parameters (time, cost, experience etc.).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. Γενικά.....	1
1.2. Στόχος και Αντικείμενο Εργασίας.....	2
1.3. Δομή Εργασίας.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ.....	6
2.1. Εισαγωγή.....	6
2.2. Χρησιμότητα Αποτύπωσης Σκαριών.....	6
2.3. Γενική Μεθοδολογία Ναυπηγικής.....	7
2.4. Μέθοδος 1 ^η : Αποτύπωση με ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό (Total Station).....	9
2.5. Μέθοδος 2 ^η : Αποτύπωση με επίγειο σαρωτή νέφους σημείων (Laser Scanner).....	14
2.6. Μέθοδος 3 ^η : Αποτύπωση με Εικονογεωδαιτικό σταθμό (Image Station).....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΓΑΙΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ.....	24
3.1. Εισαγωγή.....	24
3.2. Εξοπλισμός.....	24
3.3. Διαδικασία Αποτύπωσης.....	26
3.4. Επεξεργασία Δεδομένων.....	30
3.5. Διαδικασία Μοντελοποίησης.....	31
3.6. Εξαγωγή Ναυπηγικών Γραμμών.....	35
3.7. Σύνοψη Μεθόδου.....	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕ ΕΠΙΓΕΙΟ ΣΑΡΩΤΗ.....	43
4.1. Εισαγωγή.....	43
4.2. Εξοπλισμός.....	43
4.3. Διαδικασία Αποτύπωσης.....	45
4.4. Επεξεργασία Δεδομένων.....	49
4.5. Διαδικασία Μοντελοποίησης.....	50
4.6. Εξαγωγή Ναυπηγικών Γραμμών.....	59
4.7. Σύνοψη Μεθόδου.....	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕ ΕΙΚΟΝΟΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ	64
5.1. Εισαγωγή.....	64
5.2. Εξοπλισμός.....	64
5.3. Διαδικασία Αποτύπωσης.....	65
5.4. Επεξεργασία Δεδομένων.....	68
5.5. Διαδικασία Μοντελοποίησης.....	69
5.6. Εξαγωγή Ναυπηγικών Γραμμών.....	72
5.7. Σύνοψη Μεθόδου.....	75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ.....	76
6.1. Εισαγωγή.....	76
6.1.1. Διαφορά Τοπογραφικών και Ναυπηγικών Απαιτήσεων.....	76
6.2. Σύγκριση Ακρίβειας / Ορθότητας.....	77
6.3. Σύγκριση Χρόνου	79
6.4. Σύγκριση Κόστους	82
6.5. Σύγκριση Απαιτήσεων.....	84
6.6. Σύνοψη Σύγκρισης	86
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΕΞΑΓΩΓΗ ΝΑΥΠΗΓΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	88
7.1. Εισαγωγή.....	88
7.2. Εξαγωγή Στοιχείων.....	88
7.2.1. Ισοβύθιστη Θέση.....	90
7.2.2. Έμπρυμνη Διαγωγή.....	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	97
8.1. Εισαγωγή.....	97
8.2. Συλλογή Δεδομένων.....	97
8.3. Επεξεργασία Δεδομένων.....	99
8.4. Αποτελέσματα.....	100
8.5. Δυσκολίες.....	101
8.6. Προτάσεις.....	103
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	105

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας στο πέρας των τελευταίων δεκαετιών έχει δώσει στη γεωδαισία τη δυνατότητα της ανάπτυξης των μεθόδων που χρησιμοποιεί. Αυτή η επέκταση των δυνατοτήτων έχει καταστήσει αναγκαία την εισχώρηση της γεωδαισίας και σε άλλους κλάδους (υδραυλικά, κατασκευαστικά κλπ.). Ένας τέτοιος κλάδος είναι και της ναυπηγικής.

Η γεωμετρική τεκμηρίωση της μορφής ενός σκάφους είναι μια εφαρμογή στην οποία η γεωδαισία μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο. Η ολοκληρωμένη και ορθή αποτύπωση είναι ένα σοβαρό ζήτημα για τη ναυπηγική. Γνωρίζοντας την ακριβή του γεωμετρία είναι δυνατή η αναγνώριση άλλων χαρακτηριστικών του, όπως η ισορροπία του σκάφους, η υδροδυναμική του (και σε επέκταση η ταχύτητά του στο νερό), η χωρητικότητα του, και άλλα χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητά του.

Μια άλλη χρήση της γεωμετρικής αποτύπωσης ενός σκάφους είναι η δυνατότητα διατήρησης των σχεδίων του για μελλοντική χρήση, ειδικά η διαφύλαξη στοιχείων παλιών παραδοσιακών σκαριών, τα οποία αποτελούν και πολιτιστική κληρονομιά ενός τόπου. Η ύπαρξη σχεδίων κάνει ευκολότερη την παρατήρηση παραμορφώσεων ή αλλαγών στην επιφάνεια τους, και βοηθά στη συντήρησή τους. Ακόμα, υπάρχουν πολλά ναυπηγεία που επιθυμούν σχέδια παραδοσιακών σκαφών για εμπορικούς σκοπούς, όπως κατασκευή σκαφών αναψυχής, και η αναπαραγωγή τους γίνεται δυνατή με την ύπαρξη as-build αρχείων που προέρχονται από ήδη υπάρχοντα σκάφη. Τέλος, η αποτύπωση σκαφών χρησιμοποιείται και στον έλεγχο σκαφών που χρησιμοποιούνται σε αγώνες ταχύτητας, καθώς υπάρχουν πολύ αυστηροί περιορισμοί σε διοργανώσεις τέτοιου είδους.

Έτσι, η γεωμετρική τεκμηρίωση σκαφών απαιτεί ορθότητα και ακρίβεια, και για αυτό το λόγο είναι σημαντική η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου αποτύπωσης, που να συνδυάζει, μαζί με τα παραπάνω και την οικονομία τόσο σε κόστος εξοπλισμού αποτύπωσης, όσο και σε χρονική απαίτηση μιας ολοκληρωμένης αποτύπωσης.

Σήμερα, υπάρχει μια πληθώρα μεθόδων αποτύπωσης σκαφών. Παραδοσιακότερες είναι η κλασική ναυπηγική (μέθοδος όπου μετρώνται οι καμπύλες πάνω στη γάστρα του σκάφους με βοήθεια ειδικών οργάνων, μετροταινίας, αλφαδιού και λιναίης – Taking Lines Off Hull), και η φωτογραμμετρική μέθοδος. Οι παραπάνω μέθοδοι δεν θα αναφερθούν περαιτέρω στη συγκεκριμένη εργασία. Άλλες μέθοδοι είναι η αποτύπωση με γεωδαιτικό σταθμό (total station), η μέθοδος με επίγειο

σαρωτή σημείων (laser scanner), καθώς με τη χρήση ενός εικονογεωδαιτικού σταθμού.

Η προχωρημένη τεχνολογία έχει οδηγήσει στο συνδυασμό του θεοδολίχου (παραδοσιακό γεωδαιτικό όργανο μέτρησης διευθύνσεων) και του ηλεκτρονικού τηλέμετρου σε ένα νέο όργανο, τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό. Στις μέρες μας, χρησιμοποιείται ένα reflectorless total station, όργανο αρκετά διαδεδομένο και οικονομικά προσιτό, αλλά απαιτεί μεγάλη προετοιμασία και χρόνο για τη διεξαγωγή μετρήσεων, καθώς πραγματοποιούνται πολλά στησίματα οργάνων, και η αποτύπωση πραγματοποιείται με σκόπευση ενός σημείου τη φορά. Όμως, παρά τις δυσκολίες αυτές, το όργανο προσφέρει υψηλή ακρίβεια και σχετικά χαμηλό κόστος.

Ο επίγειος σαρωτής (laser scanner), όπως δηλώνει και το όνομά του, είναι ένα όργανο το οποίο έχει δυνατότητα σάρωσης μιας επιφάνειας, δημιουργώντας ένα νέφος χιλιάδων (ή και εκατομμυρίων) σημείων στο μικρότερο δυνατό διάστημα από όλα τα υπόλοιπα όργανα. Το εντυπωσιακό είναι πως διατηρεί ένα αρκετά καλό επίπεδο ακρίβειας παρά την ταχύτητά του, με αποτέλεσμα να προσφέρει αποτελέσματα υψηλής ποιότητας. Το κόστος απόκτησής του, όμως, παραμένει ακόμη αρκετά υψηλό.

Τέλος, η μέθοδος με έναν εικονογεωδαιτικό σταθμό (Imaging Station) συνδυάζει πλεονεκτήματα και από τις δύο μεθόδους, καθώς αυτό το όργανο, αν και είναι ακριβότερο και απαιτητικότερο στη χρήση του σχετικά με ένα total station, μπορεί να αποτυπώνει τόσο με διακεκριμένα στοχευόμενα σημεία, όσο και με σάρωση σημείων όπως ένας σαρωτής. Ακόμα, έχει ένα σχετικά εύχρηστο λειτουργικό που βοηθά πολύ τη διεπαφή με έναν έμπειρο χρήστη, μια κάμερα της οποίας η εικόνα εμφανίζεται στην οθόνη του οργάνου, και τη δυνατότητα λήψεως φωτογραφιών κατά τις εργασίες που ανοίγει και το δρόμο της πιθανής δημιουργίας ορθοφωτογραφιών.

1.2. Στόχος και Αντικείμενο Εργασίας

Σε αυτή την εργασία στόχος είναι η γεωμετρική τεκμηρίωση ενός παραδοσιακού σκάφους τύπου τρεχαντηριού. Το σκάφος αυτό δεν έχει σχέδια, οπότε υπάρχει ανάγκη δημιουργίας τους.

Η αποτύπωση του σκάφους θα γίνει με τρεις διαφορετικές διαδικασίες, αυτή με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό, αυτή με τον επίγειο σαρωτή, και τέλος με τον εικονογεωδαιτικό σταθμό.

Παρ'όλο που η ακριβής γεωμετρική τεκμηρίωση είναι ο κύριος στόχος αυτής της εργασίας, και για τις τρεις μεθόδους, ο πραγματικός σκοπός της εργασίας είναι η σύγκριση των μεθόδων αυτών.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρειάζεται και ένα αντικείμενο προς αποτύπωση.

Όλες οι διαδικασίες αποτύπωσης έγιναν πάνω σε ένα επιλεγμένο σκάφος. Το σκάφος αυτό, με την ονομασία ΑΧΙΛΛΕΑΣ, είναι ένα παραδοσιακό τρεχαντήρι, που βρισκόταν στα ναυπηγεία Ε. Ψαρρού, στο Πέραμα, για λόγους συντήρησης και επιδιόρθωσης.

Το τρεχαντήρι είναι ένας ελληνικός παραδοσιακός τύπος σκάφους, αρκετά πλατύ καθ' όλο το μήκος του, σχετικά ελλειψοειδούς ανοίγματος στο επίπεδο καταστρώματος, με το σχήμα αυτό να διατηρείται κατεβαίνοντας, ενώ προς τα ύφαλα στενεύει απότομα, πριν καταλήξει στη καρίνα του σκάφους.

Το μήκος νηολόγησης του σκάφους είναι 22,42 μ., και το πλάτος του περίπου 6,80 μ. Το χρώμα του είναι μπλε και γκρίζο, και το υλικό κατασκευής του είναι το ξύλο.

Η σημαία που φέρει είναι Αγγλική, αλλά η προέλευσή του είναι από κάποιο ναυπηγείο της Νάξου. Η χρήση είναι αυστηρά αυτή του σκάφους αναψυχής.



Εικόνα 1.1. Το τρεχαντήρι Αχιλλέας

Η κάθε μέθοδος θα συγκριθεί με τις άλλες ως προς διάφορες παραμέτρους, σημαντικές η κάθε μια για την αποτελεσματικότητα της αποτύπωσης. Οι κυριότερες είναι:

- Ορθότητα της γεωμετρικής τεκμηρίωσης
- Ακρίβεια της γεωμετρικής τεκμηρίωσης
- Οικονομία σε χρόνο, τόσο κατά τη διαδικασία αποτύπωσης, όσο και κατά την επεξεργασία των εξαγόμενων από αυτή δεδομένων
- Κόστος εξοπλισμού, δηλαδή οργάνων και όλων των παρελκομένων τους

1.3. Δομή Εργασίας

Η παρούσα μελέτη δομείται ως εξής:

- Κεφάλαιο 1: Γίνεται εισαγωγή στις αποτυπώσεις σκαφών, καθώς και στο σκοπό της εργασίας.
- Κεφάλαιο 2: Γίνεται μια εκτενέστερη αναφορά στη σημαντικότητα της γεωμετρικής τεκμηρίωσης των σκαφών. Ακόμα, περιγράφεται η κάθε διαφορετική μέθοδος για κάθε διαφορετικό είδος οργάνου που θα χρησιμοποιηθεί, σε μεγαλύτερη ανάλυση.

Στα κεφάλαια 3, 4 και 5 γίνεται η περιγραφή όσων ενεργειών έγιναν στην πράξη

- Κεφάλαιο 3: Παρουσιάζεται όλη η διαδικασία με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό. Γίνεται σύντομη περιγραφή του εξοπλισμού, και στη συνέχεια των εργασιών στο πεδίο. Ακολουθεί η επεξεργασία των μετρημένων στοιχείων σε υπολογιστή, και η εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων.
- Κεφάλαιο 4: Φαίνεται όλη η διαδικασία με τον επίγειο σαρωτή. Με όμοιο τρόπο γίνεται αναφορά στον εξοπλισμό, στις μετρήσεις πεδίου, και τέλος στην επεξεργασία των μετρημένων στοιχείων με σκοπό την εξαγωγή της τελικής μοντελοποιημένης επιφάνειας.
- Κεφάλαιο 5: Περιγράφεται με όμοιο τρόπο η τρίτη και τελευταία μέθοδος αποτύπωσης, στην οποία χρησιμοποιείται ένας εικονογεωδαιτικός σταθμός.
- Κεφάλαιο 6: Το κεφάλαιο αυτό είναι το σημαντικότερο της μελέτης, καθώς σε αυτό γίνεται η σύγκριση όλων των παραμέτρων που διαθέτουν οι διαφορετικές μέθοδοι. Εδώ θα φανούν τα πλεονεκτήματα και οι αδυναμίες της κάθε μεθόδου.

- Κεφάλαιο 7: Στο κεφάλαιο αυτό εξάγονται τα τελικά συμπεράσματα από όλη την μελέτη. Ακόμα, γίνονται αναφορές σε όλες τις δυσκολίες που παρουσιάστηκαν κατά τη διεξαγωγή της εργασίας. Τέλος, δίνονται μερικές προτάσεις για μελλοντικές μελέτες βάσει των όσων αντιμετωπίστηκαν στη συγκεκριμένη.

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΣΚΑΡΙΩΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΣΚΑΦΩΝ

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γίνεται ανάλυση των σύγχρονων μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την αποτύπωση των σκαριών, καθώς και η αναγκαιότητα αυτής καθαυτής της αποτύπωσης.

Στην αρχή αναφέρονται οι λόγοι για τους οποίους χρειάζεται η αποτύπωση ενός σκάφους. Στη συνέχεια περιγράφονται οι τρεις μέθοδοι που θα χρησιμοποιηθούν και θα μελετηθούν στη συγκεκριμένη εργασία. Πρέπει να σημειωθεί πως οι μέθοδοι που θα περιγραφούν είναι αυτές που χρησιμοποιούν σύγχρονο ηλεκτρονικό εξοπλισμό, και όχι παλιότερες, παραδοσιακότερες μέθοδοι.

2.2. ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΣΚΑΦΟΥΣ ΣΤΗ ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ

Σε παλιότερες περιόδους, αρκετές φορές δεν υπήρχαν σχέδια πλοίων, καθότι οι κατασκευαστές τους τα έφτιαχναν έχοντας ως μόνη βοήθεια την εμπειρία τους. Στη σύγχρονη εποχή, όμως, όπου υπάρχει μεγάλη απαίτηση δεδομένων σε κάθε εργασιακό τομέα, έτσι και στη Ναυπηγική είναι απαραίτητη η ύπαρξη σχεδίων σε χαρτί ή/και ψηφιακή μορφή. Ιδιαίτερα, η ύπαρξη ψηφιακών μοντέλων βοηθά περισσότερο στην ανάγνωση, κατανόηση και επεξεργασία των δεδομένων και γεωμετρικών στοιχείων του αντικειμένου.

Στη Ναυπηγική υπάρχουν πλέον διάφοροι λόγοι για να αποτυπωθεί ένα σκάφος, και αρκετοί εξ' αυτών παρατίθενται στη συνέχεια:

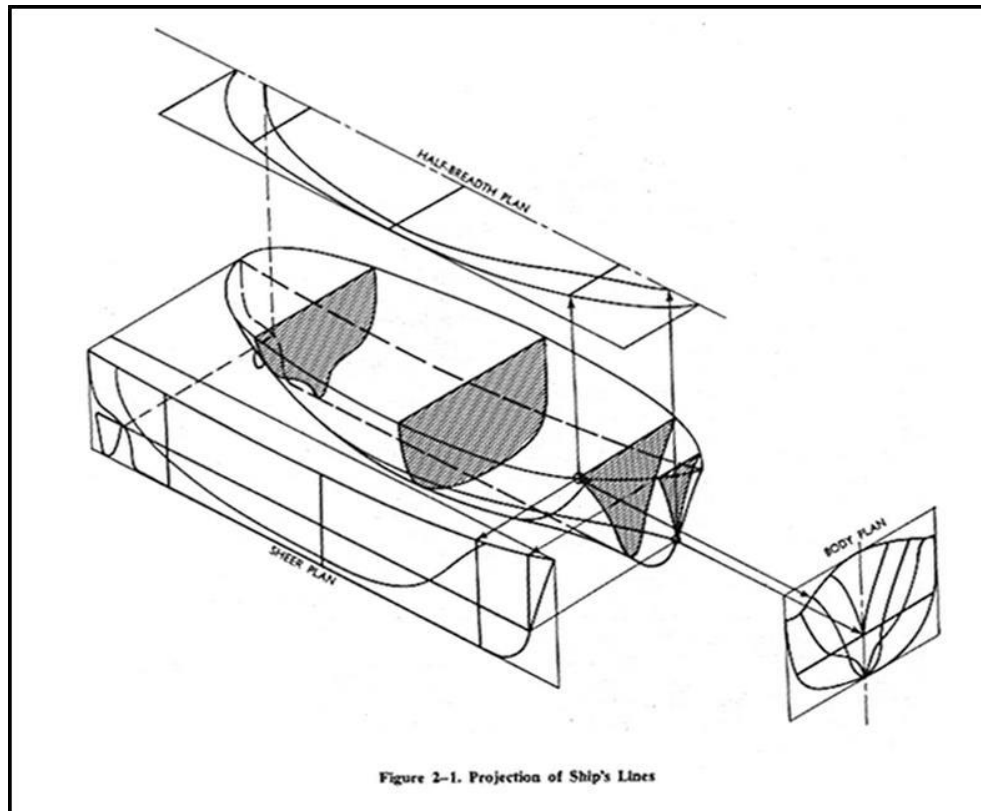
- Εξαγωγή σχεδίων σκαφών.
- Αποκατάσταση ζημιών λόγω ατυχήματος.
- Έλεγχος ιστιοπλοϊκών σκαφών για αγώνες ταχύτητας, καθότι πρέπει να τηρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές.
- Μελέτη υδροδυναμικής του σκάφους.
- Παρακολούθηση παραμορφώσεων στη γάστρα σκαφών, ιδιαίτερα για παλιά ιστορικά πλοία.
- Πιστοποίηση χαρακτηριστικών σκάφους.
- Ανακαίνιση αλλά και αναβάθμιση πλοίων.
- Για ναυπηγικούς υπολογισμούς χαρακτηριστικών σκάφους (πχ. σταθερότητα, όγκος, κ.ά.)

- Ασφάλιση των σκαφών από μελλοντικές ζημιές ή/και παραμορφώσεις.
- Εμπορευματοποίηση των στοιχείων προς ναυπηγεία ή άλλες ιδιωτικές επιχειρήσεις κατασκευής σκαφών (ακόμα και μοντέλων υπό κλίμακα). Ακόμα και ιδιώτες ερασιτέχνες κατασκευαστές μπορούν να αγοράσουν τα σχέδια.

Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι και η αποτύπωση σε περιπτώσεις παραδοσιακών σκαφών, για τα οποία δεν υπάρχουν σχέδια, γιατί καθίσταται δυνατή η αναπαραγωγή τους για εμπορικούς λόγους, αλλά ακόμα καταγράφεται και διατηρείται η πολιτιστική κληρονομιά, της οποίας τα παλαιά σκάφη είναι μέρος.

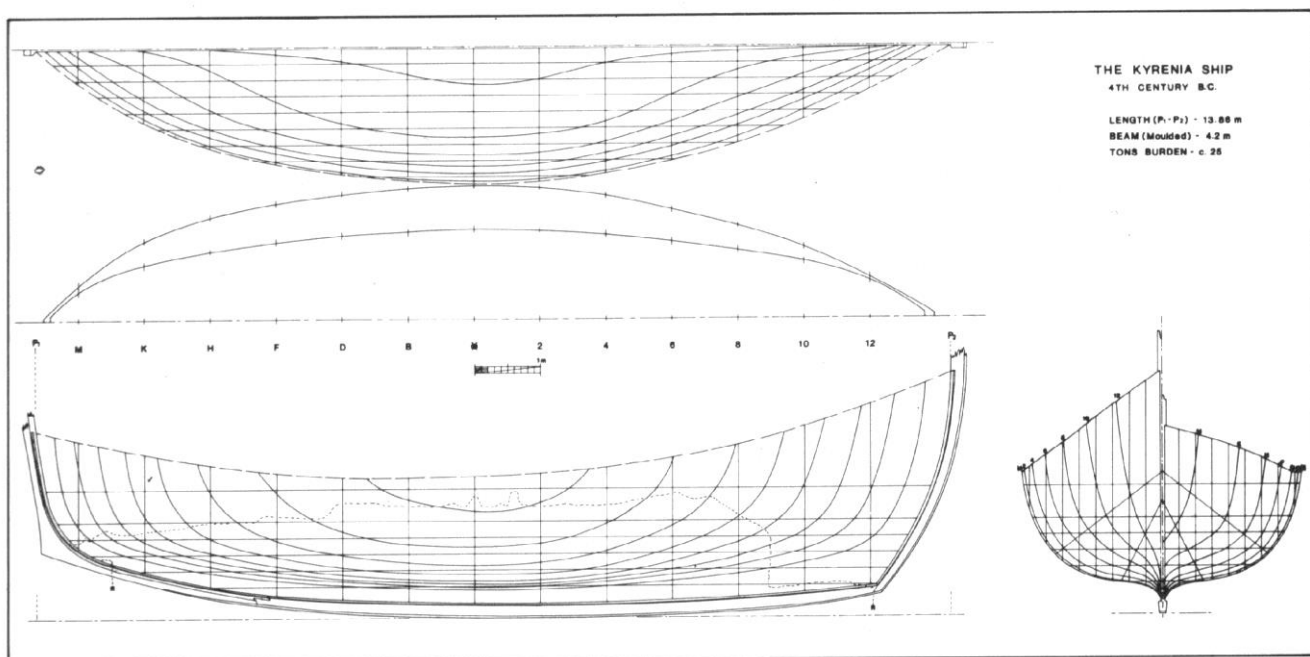
2.3. ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΝΑΥΠΗΓΙΚΗΣ

Βασικό στοιχείο για την περιγραφή ενός σκαριού είναι οι Ναυπηγικές Γραμμές (ή και Ναυπηγικές Τομές) του. Οι γραμμές αυτές του σχεδίου αποτελούν τομές της επιφάνειας του σκαριού του πλοίου με οριζόντια και κατακόρυφα επίπεδα. Οι τομές που απαιτούνται εμφανίζονται ως προβολές σε επίπεδα και απαρτίζονται από τις οριζόντιες, τις διαμήκειες και τις εγκάρσιες (βλ. Σχήμα 1).



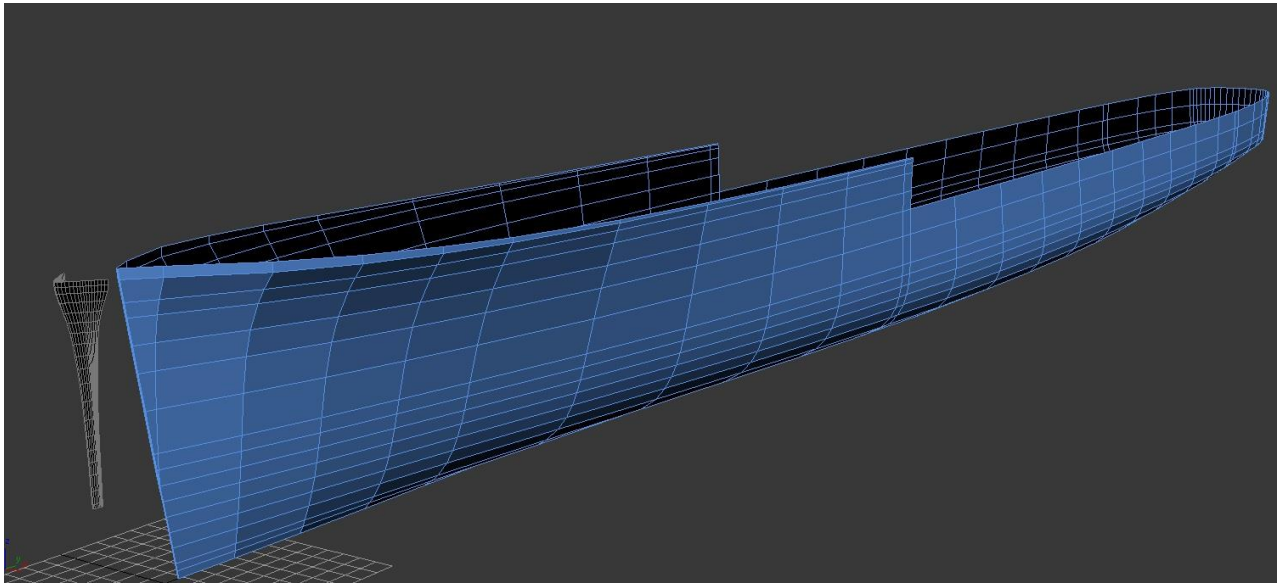
Σχήμα 2.1. Ναυπηγικές τομές σκάφους
(Πηγή: <http://ntl.bts.gov/DOCS/narmain/naintro.html>)

Από τις τομές αυτές μπορούν να εξαχθούν οι Ναυπηγικές Γραμμές σε σχέδια, με σκοπό την αναπαράσταση της γεωμετρίας του σκαριού. Αφετηρία κάθε τομής αποτελεί η βασική γραμμή (Baseline) του σκάφους, που ταυτίζεται με τον άξονα X του συστήματος αναφοράς του. Ο άξονας X υλοποιείται από την καρίνα του πλοίου.



Σχήμα 2.2. Ναυπηγικές Γραμμές αρχαίου πλοίου της Κερύνειας
(Πηγή: <http://www.kyreniaship.org/>)

Με τη σύγχρονη ψηφιακή τεχνολογία, είναι δυνατή η εξαγωγή τρισδιάστατων μοντέλων για τα σκάφη. Δεδομένου ότι υπάρχουν σχέδια του πλοίου που περιέχουν τις Ναυπηγικές Γραμμές του (ή και απλά ένα νέφος σημείων επάνω στη γάστρα του σκάφους), είναι δυνατή η επεξεργασία των δεδομένων, προκειμένου να κατασκευαστεί το μοντέλο του πλοίου σε τρισδιάστατο περιβάλλον.



Σχήμα 2.3. Τρισδιάστατο μοντέλο βασισμένο σε ναυπηγικές γραμμές.
(Πηγή: <http://www.foundation3d.com/>)

2.4. ΜΕΘΟΔΟΣ 1^η : ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΜΕ ΟΛΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (TOTAL STATION)

Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός αποτελεί την εξέλιξη του θεοδολίχου, οργάνου που μετρά διευθύνσεις με σκοπό την εξαγωγή γωνιών, και του ηλεκτρονικού τηλέμετρου, που μετρά αποστάσεις με τη χρήση δέσμης λέιζερ. Αποτελεί δηλαδή, σε ενιαία συσκευή, ψηφιακό θεοδολίχο και EDM που επιτρέπει στο χρήστη του να συλλέγει όλες τις μετρήσεις που του είναι απαραίτητες για μια τοπογραφική αποτύπωση, με χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας. (Πηγή: <http://el.wikipedia.org/wiki>)



Εικόνα 2.1. Ολοκληρωμένοι Γεωδαιτικοί Σταθμοί της Leica

Για τη μέτρηση της απόστασης ηλεκτρονικά κατ' αρχήν ήταν απαραίτητος στόχος-ανακλαστήρας (κατάφωτο), σήμερα όμως είναι διαδεδομένη και η χρήση οργάνων που λειτουργούν χωρίς ανακλαστήρα (reflectorless), που κυρίως χρησιμοποιούνται σε τέτοιες εργασίες.

Για την αποτύπωση ενός σκάφους απαιτείται πρώτα η κατασκευή ενός αυθαίρετου τριγωνομετρικού δικτύου γύρω από αυτό. Για το σκοπό αυτό χρειάζεται τόσο το όργανο όσο και τα παρελκόμενά του (τρίποδας, κατάφωτα, κλπ.).

Σε αυτή τη μέθοδο, η αποτύπωση του σκάφους γίνεται σκοπεύοντας και παίρνοντας σημεία πάνω στη γάστρα του σκάφους. Απαιτηση για την πραγματοποίηση αυτής της διαδικασίας είναι να είναι γνωστές οι συντεταγμένες στο αυθαίρετο δίκτυο, των στάσεων από τις οποίες γίνεται η σκόπευση. Η πραγματοποίηση των μετρήσεων επάνω στη γάστρα γίνεται χωρίς κατάφωτο.

Οι υπολογισμοί των συντεταγμένων των σκοπευόμενων σημείων γίνονται με τη μέθοδο πολικών συντεταγμένων. Οι υπολογισμοί γίνονται με τη βοήθεια των τύπων του 1^{ου} Θεμελιώδους προβλήματος της γεωδαισίας, οι οποίοι δίνονται παρακάτω:

$$x_i = X_{\Sigma} + D_{\Sigma i} * \sin(z_{\Sigma i}) * \sin(a_{\Sigma i})$$

$$y_i = Y_{\Sigma} + D_{\Sigma i} * \sin(z_{\Sigma i}) * \cos(a_{\Sigma i})$$

$$H_i = H_{\Sigma} + \cos(z_{\Sigma i}) * D_{\Sigma i} + Y.O. - Y.\Sigma.$$

, όπου

(x, y), οι συντεταγμένες του σκοπευόμενου σημείου,

(X, Y) οι συντεταγμένες της στάσης από την οποία πραγματοποιείται η μέτρηση,

D η κεκλιμένη απόσταση που μετράει το όργανο,

z η ζενίθια γωνία που μετρά το όργανο,

a η οριζόντια διεύθυνση που μετρά το όργανο από το σημείο μηδενισμού

H τα υψόμετρα των σκοπευόμενων σημείων και του οργάνου.

Σημείωση: Η οριζόντια γωνία εμπεριέχει τόσο την ένδειξη του οργάνου κατά τη σκόπευση του σημείου, όσο και την ένδειξη του οργάνου κατά το μηδενισμό του (β). Στην ουσία δηλαδή, έχουμε:

$$\alpha_{\Sigma i} = \alpha'_{\Sigma i} + \beta$$

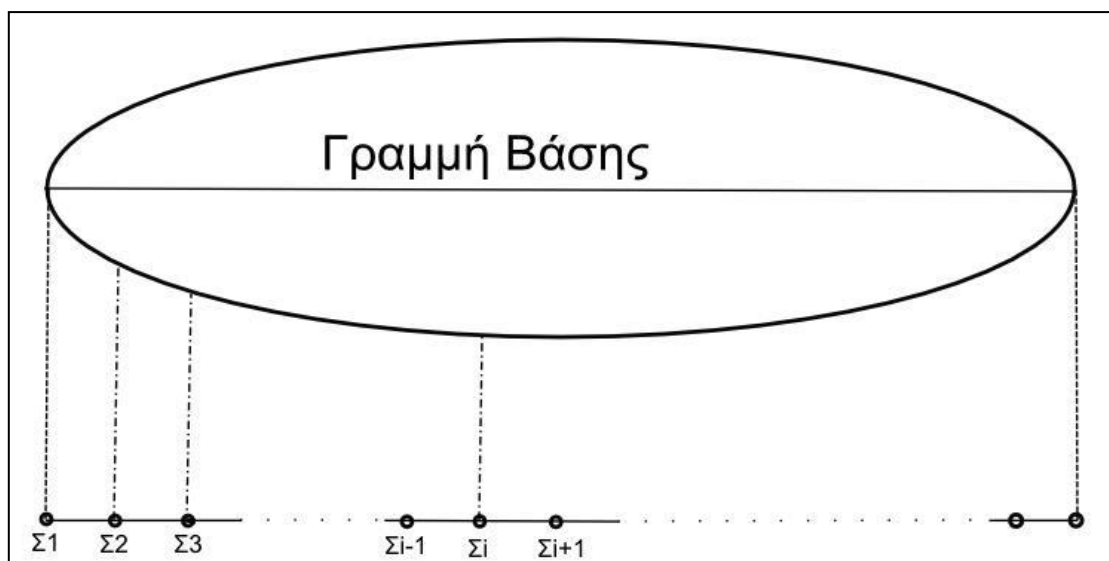
Για την αβεβαιότητα προσδιορισμού των συντεταγμένων των στοχευόμενων σημείων χρησιμοποιείται ο νόμος μετάδοσης μεταβλητοτήτων στους παραπάνω τύπους, έχοντας γνωστά τα σφάλματα μέτρησης αποστάσεων και γωνιών του οργάνου, και θεωρώντας τις μετρήσεις στατιστικά ανεξάρτητες.

Προκειμένου να γίνει η αποτύπωση με τη χρήση ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού, υπάρχουν δυο εναλλακτικές μεθοδολογίες, οι οποίες θα περιγραφούν αναλυτικά παρακάτω.

1^η Εναλλακτική

Σε αυτή την εναλλακτική το σκάφος οριζοντιώνεται πλήρως κατά το διαμήκη και εγκάρσιο άξονά του. Από μια θέση που βρίσκεται στημένο το όργανο γίνεται η μεταφορά της διεύθυνσης της βασικής γραμμής του σκάφους παράλληλα, σε ευθεία που περνά από τη θέση του οργάνου.

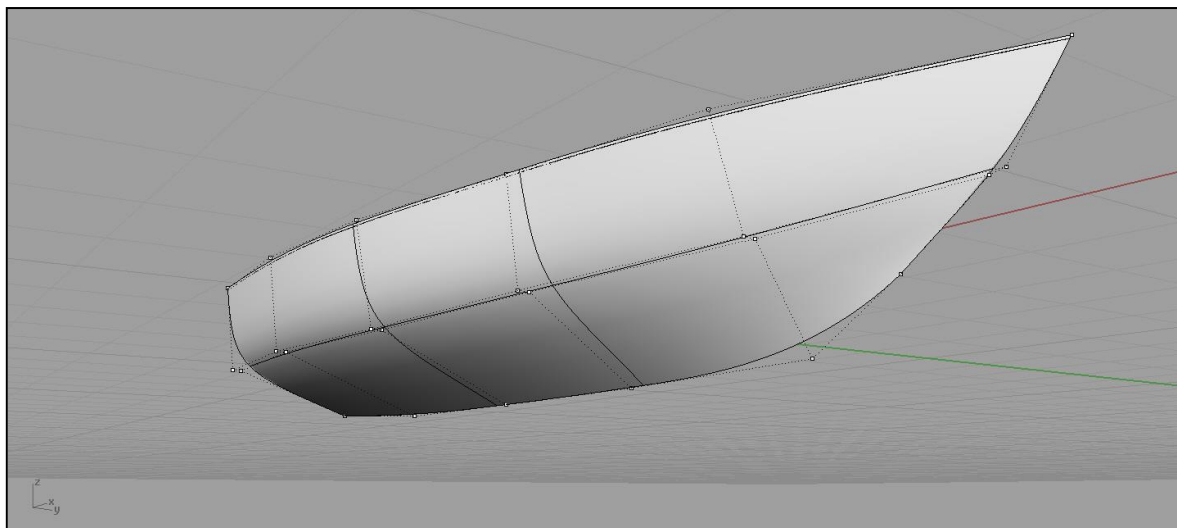
Ανάλογα με το ζητούμενο βήμα της αποτύπωσης χαράζονται στο έδαφος πάνω στη μεταφερμένη διεύθυνση αντίστοιχες στάσεις στις οποίες θα στηθεί το όργανο. Ξεκινώντας από την πρώτη στάση (θεωρητικά η πιο ακριανή) μετράμε κάθετα στη διεύθυνση της βασικής γραμμής (στρέφοντας το όργανο κατά 100° ή 300° , αναλόγως τη πλευρά που βρισκόμαστε). Έχοντας σταθερό το όργανο ώστε να είναι αδύνατη η περιστροφή του κατά τον οριζόντιο άξονα, μετράμε τα σημεία στο σκάφος, στρέφοντάς το μόνο κατά τις κατακόρυφες διευθύνσεις. (βλ. Σχήμα 4)



Σχήμα 4. Μέθοδος στησίματος γεωδαιτικού σταθμού.

Με αυτή τη διαδικασία γίνεται η αποτύπωση ενός Νομέα του σκάφους σε κάθε στάση στην οποία πραγματοποιείται μέτρηση, καθότι το κατακόρυφο επίπεδο στην εκάστοτε στάση συμπίπτει με αυτό του Νομέα. Υπάρχουν πλέον, δηλαδή, τα στοιχεία όλων των ζητούμενων νομέων.

Μεταφέροντας τα ψηφιακά δεδομένα σε υπολογιστή, γίνεται στη συνέχεια δυνατή η επεξεργασία τους από ένα πρόγραμμα επεξεργασίας ψηφιακών μοντέλων (πχ. Rhinoceros 3D). Με τις κατάλληλες εντολές είναι δυνατή η ομαλοποίηση των νομέων, καθώς και γραμμών καθέτων στους νομείς (πχ. ίσαλος) προκειμένου με μια τελική εντολή να πραγματοποιηθεί στο τέλος η κατασκευή του ψηφιακού μοντέλου της γάστρας του σκάφους.



Εικόνα 2. Παράδειγμα μοντέλου από νομείς στο πρόγραμμα rhinoceros
(Πηγή: <http://www.boatdesign.net/>)

2^η Εναλλακτική

Στην πράξη, η πλήρης οριζοντίωση του σκάφους, λόγω του εκτοπίσματος και του βάρους του, καθώς και της χαμηλής ακρίβειας οριζοντίωσης των οργάνων, είναι δύσκολη έως αδύνατη. Πάντα θα έχει κάποια απόκλιση από το οριζόντιο επίπεδο, είτε αυτή είναι εγκάρσια, είτε διαμήκης, είτε και τα δυο μαζί.

Σε αυτήν την περίπτωση, είναι αδύνατη η εξαγωγή των πραγματικών νομέων με την παραπάνω μέθοδο. Μπορεί να ακολουθηθεί και εδώ η ίδια διαδικασία, όμως οι κάθετες τομές που δημιουργεί το όργανο με τις μετρήσεις του δεν ταυτίζονται με τις κατακόρυφες τομές στο επίπεδο του σκάφους.

Καθότι, όμως, οι αποκλίσεις της οριζοντίωσης του σκάφους είναι θεωρητικά πολύ μικρές (αν και συνήθως ποτέ ανύπαρκτες), μπορούμε να διατηρήσουμε αυτές τις κάθετες τομές. Αυτές οι τομές θα χρησιμοποιηθούν και στην επεξεργασία και εξαγωγή του ψηφιακού μοντέλου, όπως περιγράφεται και παραπάνω.

Πρέπει να σημειωθεί ότι το βήμα με το οποίο τοποθετούνται οι στάσεις επάνω στην παράλληλο της βασικής γραμμής από τις οποίες γίνεται η αποτύπωση των νομέων πρέπει επίσης να αλλάξει. Αυτό

συμβαίνει επειδή η διαμήκης απόκλιση (έστω θ) από την οριζόντια θέση που υπάρχει λόγω της τοποθέτησης του σκάφους επηρεάζει το βήμα αποτύπωσης. Έτσι, αν το βήμα αποτύπωσης είναι B , σε αυτή τη περίπτωση έχουμε:

$$B' = B * \cos(\theta)$$

3^η Εναλλακτική

Η περίπτωση του σκάφους σε τυχαία θέση είναι σχεδόν σίγουρο ότι θα ισχύει στις πλείστες περιπτώσεις. Όμως, σε περίπτωση μεγάλης αυστηρότητας απαιτείται η ακριβής αποτύπωση των νομέων του σκάφους.

Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, λόγω της κλίσης του σκάφους πρέπει να υπολογιστεί το βήμα τοποθέτησης των στάσεων εκ νέου.

Το ζητούμενο είναι ένας τρόπος να συνδεθούν τα επίπεδα του οργάνου και του σκάφους, κάτι το οποίο δε συμβαίνει αρχικά. Για αυτό το σκοπό υπάρχει μια ειδική βάση, η οποία τοποθετείται πάνω στον τρίποδα που θα μπει το όργανο, ενώ το όργανο θα τοποθετηθεί εν συνεχεία επάνω της. Η βάση αυτή καθιστά δυνατό τον προσανατολισμό του οργάνου ώστε το επίπεδο της (θεωρητικής) οριζοντίωσής του να είναι παράλληλο στο επίπεδο του καταστρώματος του σκάφου. Πολλά όργανα όμως δεν πραγματοποιούν μετρήσεις αν δεν είναι πλήρως οριζοντιωμένα, για αυτό είναι φρόνιμο, πριν τη διεξαγωγή των μετρήσεων, να απενεργοποιηθεί αυτή τους η λειτουργία.

Με αυτό τον τρόπο το κατακόρυφο επίπεδο του σκάφους είναι επίσης κατακόρυφο και στο όργανο, και έτσι είναι δυνατή η αποτύπωση των σωστών νομέων του σκάφους με την αρχική μεθολογία.

Το επόμενο βήμα, που είναι η κατασκευή του ψηφιακού μοντέλου, παραμένει अपαράλλαχτο.

Χαρακτηριστικά μεθόδου με γεωδαιτικό σταθμό:

- Η τοπογραφική αποτύπωση δίνει τη μορφή του σκάφους στη παρούσα κατάστασή του κατά τη στιγμή των εργασιών, και όχι της ιδεατής του
- Ορίζει ένα σύστημα αναφοράς βάσει του οποίου γίνεται ο προσδιορισμός των μετρήσεων στο χώρο
- Η ανακατασκευή γεωμετριών στην αναπαράσταση γίνεται μέσω συγκεκριμένων σημείων, που προσδιορίζονται αυστηρά

- Υπάρχει δυνατότητα επιστημονικού ελέγχου του αποτελέσματος και ικανοποίηση των απαιτήσεων ακρίβειας και αξιοπιστίας.
- Υπάρχει δυνατότητα και έμμεσων μετρήσεων, ως παράγωγων των πρωτογενών άμεσων μετρήσεων.
- Λόγω της πεπερασμένης ικανότητας για ικανοποίηση συνθηκών πυκνότητας, υπάρχει δυσκολία παρακολούθησης της συνέχειας γεωμετρικών στοιχείων (π.χ., γραμμές και κυρίως επιφάνειες).
- Το μέγεθος της πυκνότητας, που επηρεάζει την πιστότητα της αναπαράστασης, συναρτάται από τον χρόνο παραμονής στο πεδίο.
- Είναι δυνατή η τοποθέτηση, στην αναπαράσταση, περισσότερων αντικειμένων σε αμοιβαία σχέση μεταξύ τους.
- Υπάρχει ανάγκη για στοιχειώδη σχεδιαστική ικανότητα στο πεδίου, για τη σύνταξη σκαριφημάτων, κλπ.
- Αντιμετωπίζονται δύσκολα και μόνο μετά από κατάλληλη μαθηματική στατιστική επεξεργασία (στο γραφείο), περιπτώσεις μη-επιπεδότητας.
- Υπάρχει σημαντικό πρόβλημα χρόνου και κόστους εργασιών πεδίου, που εξαρτάται από την πολυπλοκότητα του αντικειμένου.
- Ο εξοπλισμός πεδίου είναι, κατ' αρχήν, μέτριου κόστους.
- Ο απαραίτητος εξοπλισμός για τις επεξεργασίες γραφείου είναι ο συνηθισμένος των τοπογραφικών εφαρμογών.
- Η αλγοριθμική επεξεργασία των δεδομένων είναι εύκολη.
- Δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν λεπτομέρειες και πολύπλοκα μη-γραμμικά ή δύσκολα προσπελάσιμα στοιχεία του προς αποτύπωση αντικειμένου.
- Υπάρχει ανάγκη για πρόσθετες εργασίες, που χρησιμοποιούνται στην εμπειρική μέθοδο, όπως είναι π.χ. μετρήσεις με μετροταινία, ερασιτεχνικές φωτογραφίες κ.α.
- Η στερεομετρία του αντικειμένου ανακατασκευάζεται έμμεσα.

(Πηγή: <http://www.ipet.gr/>)

2.5. ΜΕΘΟΔΟΣ 2^η : ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΜΕ ΕΠΙΓΕΙΟ ΣΑΡΩΤΗ ΝΕΦΟΥΣ ΣΗΜΕΙΩΝ (LASER SCANNER)

Ο επίγειος σαρωτής (laser scanner) είναι ένα όργανο που έχει εμφανιστεί τη τελευταία δεκαετία, και έχει ευρεία χρήση σε πολλές εφαρμογές της βιομηχανίας, της τοπογραφίας, κλπ. Μερικά πεδία στα οποία χρησιμοποιούνται επίγειοι σαρωτές δίνονται παρακάτω:

- Αποτυπώσεις μνημείων
- Έργα υποδομών (π.χ. οδοποιία, σιδηροδρομική)
- Αποτυπώσεις βιομηχανικών και όχι μόνο αντικειμένων (π.χ. αυτοκίνητα, αμαξοστοιχείες, πλεύσιμα σκάφη) για κατασκευή μοντέλων τους
- Σαρώσεις εσωτερικών χώρων (π.χ. σπήλαια, δώματα, κατακόμβες)
- Παρακολούθηση πυκνότητας δασικών περιοχών
- Διάνοιξη σηράγγων
- Αρχαιολογικές εφαρμογές

Ο επίγειος σαρωτής είναι ένα όργανο με δυνατότητα αποτύπωσης χιλιάδων σημείων σε ένα αρκετά σύντομο χρονικό διάστημα, και με αρκετά υψηλή ακρίβεια. Η χρήση αυτού του οργάνου προϋποθέτει και την ύπαρξη των παρελκομένων του που λειτουργούν μαζί του, τα οποία είναι συνήθως ένας τρίποδας για την τοποθέτησή του, και στόχοι (επίπεδοι και τρισδιάστατοι) οι οποίοι τοποθετούνται επάνω στο αντικείμενο προς αποτύπωση.

Υπάρχουν δυο ήδη σαρωτών, εκ των οποίων το πρώτο προϋποθέτει και την ύπαρξη υπολογιστή με τον οποίο είναι συνδεδεμένος καθ'όλη τη διάρκεια της διαδικασίας. Ο δεύτερος τύπος δεν απαιτεί άμεσα υπολογιστή, καθώς σε αυτόν υπάρχει ενσωματωμένη οθόνη (ή οθόνες).

Ακόμα, έχουν εμφανιστεί στην αγορά τύποι ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών στους οποίους υπάρχουν ενσωματωμένοι επίγειοι σαρωτές.



Εικόνα 3. Leica ScanStation

Πηγή: <http://www.leica-geosystems.com/>

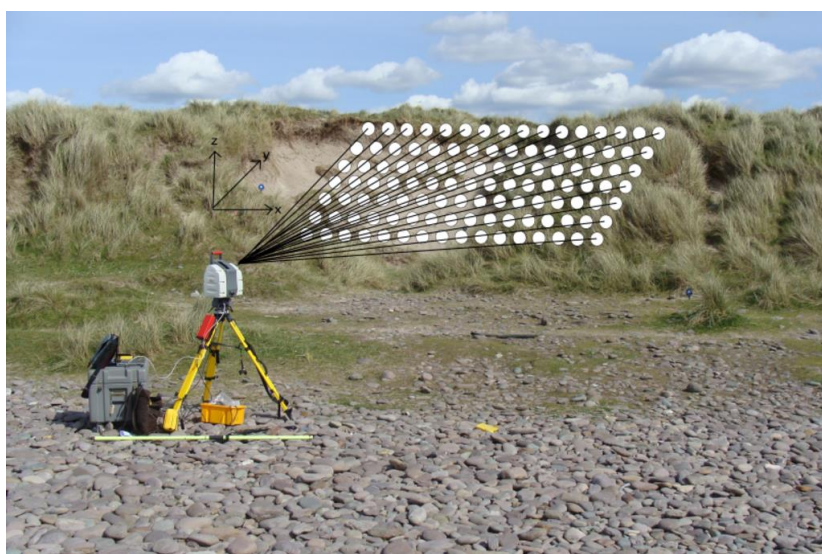


Εικόνα 4. Leica MS 50 Γεωδαιτικός σταθμός με σαρωτή

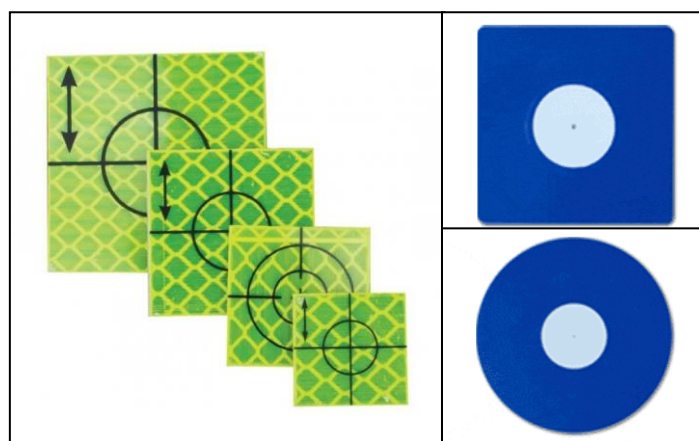
Πηγή: <http://www.leica-geosystems.com/>

Για την αποτύπωση ενός αντικειμένου, ο επίγειος σαρωτής «σαρώνει» τη ζητούμενη επιφάνεια, δημιουργώντας ένα νέφος σημείων. Σε περίπτωση που δεν είναι δυνατή η κάλυψη του αντικειμένου με σάρωση από μία μόνο στάση, γίνονται σαρώσεις από πολλαπλές στάσεις.

Για να είναι δυνατή η συνένωση των νεφών σημείων που παράγονται από κάθε στάση χρησιμοποιούνται ειδικοί ανακλαστικοί στόχοι, συμβατοί με τον εκάστοτε σαρωτή, των οποίων η λειτουργία είναι παρόμοια με αυτή των φωτοσταθερών σημείων σε φωτογραμμετρικές εφαρμογές. Συνήθως απαιτούνται τουλάχιστον τρεις κοινοί σαρωμένοι στόχοι σε δυο νέφη σημείων για να είναι δυνατή η συνένωσή τους.



Εικόνα 5. Ενδεικτική χρήση επίγειου σαρωτή
Πηγή: <http://research.ucc.ie/>

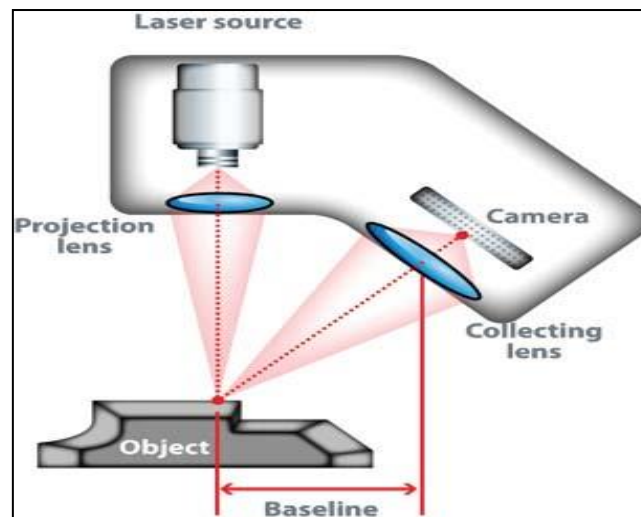


Εικόνα 6. Ειδικοί Ανακλαστικοί Στόχοι
Πηγές: <http://www.sccsurvey.co.uk/>, <http://www.leica-geosystems.com.br/>

Υπάρχουν τρεις βασικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται προκειμένου να γίνει ο εντοπισμός των σημείων του νέφους κατά τη σάρωση:

1^η Μέθοδος: Τριγωνισμός

Σε αυτή τη μέθοδο παίζει ρόλο η γεωμετρία του σαρωτή, καθώς ο πομπός και η κάμερα παρακολούθησης της ακτίνας βρίσκονται σε διαφορετικές θέσεις. Έτσι, εφόσον οι συντεταγμένες των άνω είναι γνωστές, μπορεί να γίνει επίλυση τριγώνου προκειμένου να υπολογιστούν οι συντεταγμένες του σημείου στο οποίο πέφτει η ακτίνα.



Εικόνα 7. Τρόπος λειτουργίας τριγωνισμού
Πηγή: <http://www.deskeng.com/>

2^η Μέθοδος: Μέτρηση χρόνου πτήσης παλμού laser

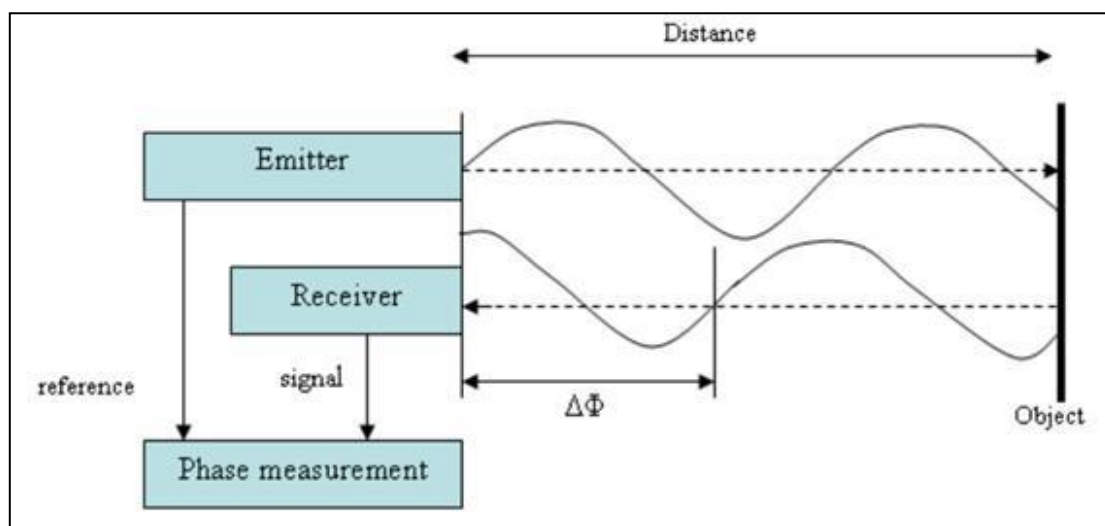
Αυτή η μέθοδος είναι ευρέως διαδεδομένη και χρησιμοποιείται κυρίως από τα ηλεκτρονικά τηλέμετρα/αποστασιόμετρα. Σε αυτή τη μέθοδο η απόσταση του σημείου που μετράται αποτελεί συνάρτηση του χρόνου μετάβασης και επιστροφής από το σκοπευόμενο σημείο. Η μέτρηση ολοκληρώνεται όταν ο δέκτης του οργάνου λάβει το σήμα που είχε εκπέμψει. Η γωνία (ή διεύθυνση) σάρωσης υπολογίζεται από το λογισμικό του οργάνου. Συνήθης απλή συνάρτηση υπολογισμού αποστάσεως είναι η παρακάτω:

$$D = c * t * \frac{1}{2}$$

, όπου D η απόσταση,
 c η ταχύτητα διάδοσης του φωτός (πολύ κοντινή στη ταχύτητα διάδοσης του laser), και
 t το χρονικό διάστημα από την εκπομπή έως τη λήψη του σήματος.

3^η Μέθοδος: Μέτρηση διαφοράς φάσης παλμού

Και αυτή η μέθοδος είναι διαδεδομένη και χρησιμοποιείται στα συστήματα εντοπισμού, όπως τα δορυφορικά συστήματα ή τα θαλάσσια συστήματα εντοπισμού. Η αρχή υπολογισμού της απόστασης είναι παρόμοια με τη παραπάνω μέθοδο, όπου η απόσταση εδώ υπολογίζεται συναρτήσει της διαφοράς φάσης του εκπεμπόμενου από τον λαμβανόμενο παλμό. Η γωνία σάρωσης υπολογίζεται κι εδώ από το λογισμικό του οργάνου.



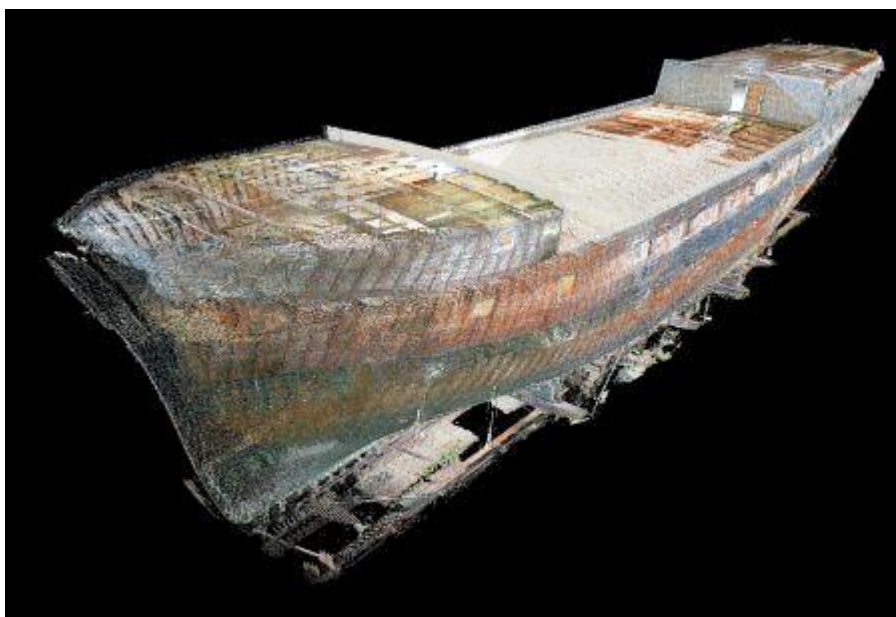
Εικόνα 8. Αρχή μεθόδου διαφοράς φάσης
Πηγή: <http://www.tankonyvtar.hu/en/>

Η διαδικασία που ακολουθείται για την αποτύπωση ενός σκαριού με τη χρήση επίγειου σαρωτή είναι η εξής:

Σε πρώτο στάδιο, πρέπει να γίνει η προετοιμασία στο πεδίο και η οργάνωσή του, ώστε να υπάρχει επαρκής χώρος για το αντικείμενο, τις στάσεις των οργάνων, τους υπολογιστές με το λογισμικό και ό,τι άλλο απαιτείται. Καλή θα ήταν η απομάκρυνση οποιονδήποτε εμποδίων προκειμένου να είναι όσο το δυνατόν πιο εύκολη η θέαση του σκαριού από όλες τις στάσεις του δικτύου που θα τοποθετηθεί ο σαρωτής.

Στη συνέχεια, ακολουθεί η διαδικασία μετρήσεων στο πεδίο. Αφού γίνει ο ορισμός του δικτύου επιλέγονται και τοποθετούνται ανακλαστικοί στόχοι επάνω στο αντικείμενο. Προκειμένου να υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης των νεφών των σημείων από τις διαφορετικές θέσεις σάρωσης, είναι απαραίτητο ανά δύο στάσεις να υπάρχουν ορατοί τουλάχιστον τρεις ανακλαστικοί στόχοι, και ένα επαρκές ποσοστό επικαλυπτόμενων σημείων των νεφών (περίπου 30%). Γίνεται η σάρωση του αντικειμένου και όποιων απαιτούμενων στόχων από κάθε στάση. Ενδεικνύεται το προς αποτύπωση αντικείμενο να βρίσκεται όσο το δυνατόν ακίνητο κατά τη διάρκεια της σάρωσης, ώστε όλα τα σημεία του νέφους που σαρώθηκε να είναι μονοσήμαντα, αλλά και να μην υπάρχουν κενά στο νέφος λόγω μετακίνησης. Ένας πρόχειρος έλεγχος μπορεί να γίνει στο πεδίο με συνένωση όλων των νεφών χρησιμοποιώντας κατάλληλο λογισμικό, προς αναγνώριση τυχόντων κενών στην αποτύπωση του σκαριού.

Τέλος, έχοντας αποθηκευμένα τα νέφη ως δεδομένα, προχωράμε στην ψηφιακή τους επεξεργασία. Εδώ γίνεται με κατάλληλα λογισμικά η συνένωση των νεφών, και η απομάκρυνση όλων των σημείων που δεν ανήκουν επάνω στο σκαρί που θέλουμε να αποτυπώσουμε (πχ. σημεία στο πάτωμα/τοίχο, σκοιινιά, κ.ά.). Επόμενο βήμα στην ψηφιακή επεξεργασία είναι η απομάκρυνση του θορύβου, και συνεπώς η ομαλοποίηση της επιφάνειας του σκάφους. Τυχόντα κενά στο τελικό μοντέλο καλύπτονται με ανάλογες εφαρμογές του λογισμικού. Έχοντας, πλέον, το τελικό μοντέλο, είναι δυνατή η παρακολούθησή του σε τρισδιάστατο περιβάλλον, η εξαγωγή των ναυπηγικών γραμμών του σκαριού του προς μελέτη, ή και άλλες εφαρμογές της ναυπηγικής.



Εικόνα 9. Μοντέλο από σάρωση του παραδοσιακού ιστορικού Σκωτσέζικου σκάφους «City of Adelaide»

Πηγή: <http://www.scottishheritagehub.com/>

Χαρακτηριστικά μεθόδου με επίγειο σαρωτή:

- Ταχύτατη και αξιόπιστη μέθοδος αποτύπωσης
- Παρέχει ακριβέστερα προϊόντα από οποιαδήποτε άλλη μεθοδολογία
- Απαιτεί λιγότερη προεπεξεργασία Συνδυάζει την ακρίβεια της τοπογραφικής αποτύπωσης και την πληρότητα και συνέχεια αποτύπωσης φωτογραμμετρικών διαδικασιών
- Παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης της ανάλυσης στο έδαφος, ανάλογα με την απαιτούμενη ακρίβεια του τελικού προϊόντος
- Παρέχει συνολική αποτύπωση των 3D αντικειμένων χωρίς επιπλέον κόπο ή χρόνο εργασίας
- Το κόστος αγοράς εξοπλισμού είναι μεγάλο, ενώ το κόστος της αποτύπωσης μπορεί να είναι ιδιαίτερα χαμηλό λόγω του μειωμένου χρόνου παραμονής των ειδικευμένων επιστημόνων στο τόπο καταγραφής και του περιορισμένου αριθμού εργατοωρών που απαιτούνται για τη δημιουργία του συνολικού τρισδιάστατου μοντέλου

(Πηγή: <http://www.ipet.gr/>)

2.6. ΜΕΘΟΔΟΣ 3^η: ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΜΕ ΕΙΚΟΝΟΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ (IMAGING STATION)

Ο εικονογεωδαιτικός σταθμός (εικονοσταθμός για συντομία) είναι προϊόν της εξελισσόμενης τεχνολογίας στο πεδίο της τοπογραφίας. Αποτελεί όργανο που συνδιάζει τα θετικά ενός ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού με έναν υπολογιστή και μια κάμερα. Μπορεί, δηλαδή, να λειτουργήσει ως ένα απλό total station, ενώ παράλληλα έχει τη δυνατότητα λήψης φωτογραφιών στη διεύθυνση του σκοπευόμενου σημείου.

Ένα τέτοιο όργανο μπορεί να ανταπεξέλθει σε οποιαδήποτε εφαρμογή πεδίου την οποία μπορούν να καλύψουν και τα παραπάνω όργανα. Μερικές από τις περιπτώσεις χρήσης του είναι:

- Αποτύπωση δημοσίων έργων όπως γέφυρες, τούνελ, δρόμοι, αλλά και πιο σύνθετες κατασκευές.

- Συγκέντρωση στοιχείων αρχιτεκτονικής φύσεως, για διατήρηση, αναστύλωση ή και αναδιαμόρφωση κατασκευών.
- Άλλες χρήσεις μηχανικού, που καλύπτονται από την ύπαρξη γεω-αναφερμένων στοιχείων, νεφών σημείων, και παρόμοιες πληροφορίες.

Ένας εικονοσταθμός μπορεί να αποτυπώσει σημεία όπως και ένας ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός, με την ύπαρξη καταφώτου ή και χωρίς. Ακόμα πέρα από το κλασσικό σκόπευτρο, το όργανο αυτό διαθέτει κάμερα, της οποίας ο στόχος φαίνεται σε οθόνη εγκατεστημένη στο όργανο.

Η σκόπευση ενός σημείου μπορεί να γίνει είτε με το μάτι μέσω του σκοπεύτρου, είτε με το σημάδεμα του επιθυμώμενου προς αποτύπωση σημείου, από την οθόνη. Χρησιμοποιώντας την οθόνη, το όργανο μπορεί να περιστραφεί στην επιθυμητή θέση μέσω της σερβο-τεχνολογίας που διαθέτει, η οποία αποκλείει και τις μη-επιθυμητές μικροπεριστροφές του οργάνου.

Ακόμα, το όργανο διαθέτει τη δυνατότητα σάρωσης ολόκληρης περιοχής, με την παρούσα τεχνολογία να δίνει τη δυνατότητα σάρωσης μερικών δεκάδων σημείων το δευτερόλεπτο.



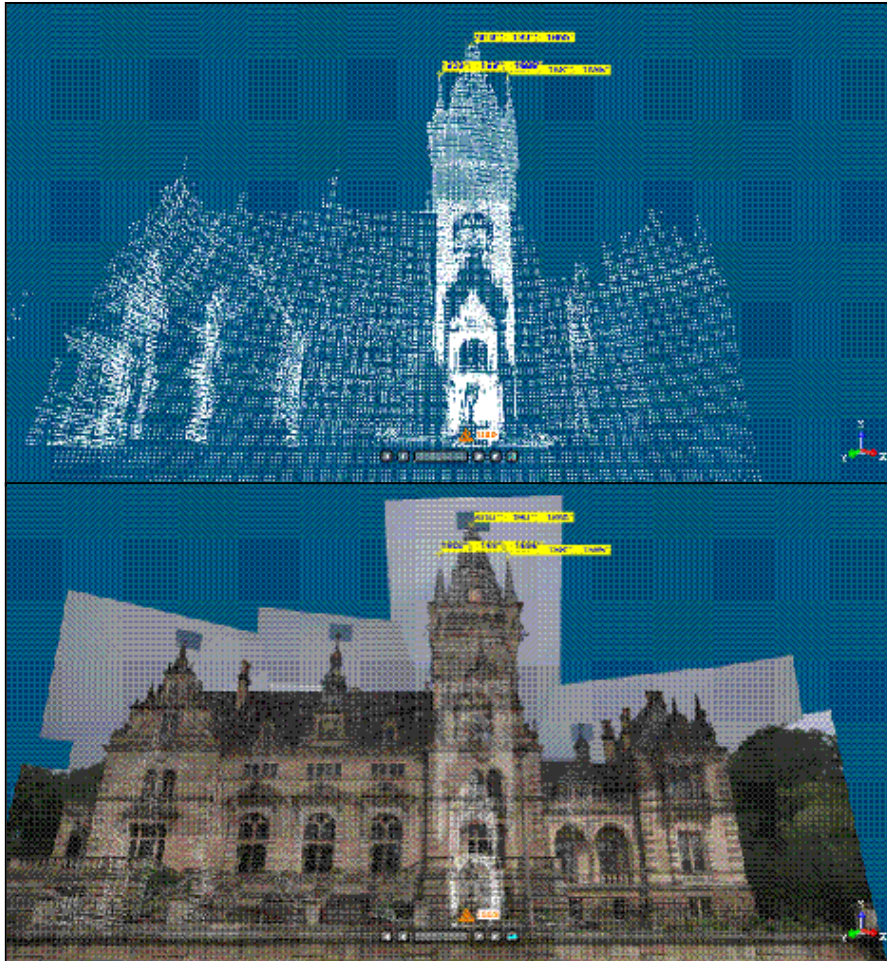
Εικόνα 10. Εικονοσταθμός Trimble VX
Πηγή: <http://www.trimble.com/>



Εικόνα 11. Topcon IS-3
Πηγή: <https://www.topconpositioning.com/total-stations/>

Για την αποτύπωση του αντικειμένου γίνεται σάρωση της επιφάνειάς του, με σκοπό την εξαγωγή ενός νέφους σημείων.

Από την οθόνη του οργάνου επιλέγεται το περίγραμμα του αντικειμένου προς αποτύπωση. Το όργανο σαρώνει σε οριζόντιες και κατακόρυφες διευθύνσεις, με αποτέλεσμα να σαρώνεται ένα νέφος σημείων με μορφή καννάβου. Κατά τη σάρωση των σημείων, γίνεται επίσης λήψη φωτογραφιών από τον εικονοσταθμό.



Εικόνα 12. Πάνω: Νέφος σημείων από σάρωση εικονοσταθμού
Κάτω: Συνδυασμός νέφους με εικόνας
Πηγή: <http://www.cadalyst.com/>

Το νέφος σημείων αποθηκεύεται ως αρχείο στο όργανο, και με τα κατάλληλα προγράμματα γίνεται η εξαγωγή του στον υπολογιστή.

Στη συνέχεια, το νέφος θα υποστεί την ίδια επεξεργασία με αυτό του σαρωτή laser. Το εξαγόμενο αποτέλεσμα θα είναι πάλι μια τρισδιάστατη επιφάνεια του σκάφους, που προσφέρεται για παρακολούθηση ή εξαγωγή των ναυπηγικών γραμμών

Χαρακτηριστικά μεθόδου με εικονογεωδαιτικό σταθμό:

- Προσφέρει ίδιες δυνατότητες με ένα total station και ένα laser scanner (σάρωση με ταχύτητες δεκάδων σημείων ανά δευτερόλεπτο).
- Δυνατότητα δημιουργίας ορθοφωτογραφιών σε λιγότερο πολύπλοκες επιφάνειες.
- Ταχεία λήψη σημείων με ακρίβεια ενός κανονικού σταθμού.
- Παρέχει δυνατότητα ρύθμισης πυκνότητας ληφθέντων σημείων.
- Δεν απαιτεί προεργασία.
- Στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν απαιτεί σχεδίαση σκαριφήματος.
- Μπορεί να δημιουργήσει τόσο γεωαναφερόμενα στοιχεία, όσο και στοιχεία σε αυθαίρετο σύστημα.
- Μέσω της ρομποτικής τεχνολογίας, διαθέτει ακρίβεια και σταθερότητα στις σκοπεύσεις διευθύνσεων.
- Έχει δυνατότητα παρακολούθησης και τηλεχειρισμού εργασιών εξ'αποστάσεων, μέσω ραδιοζεύξης. Μπορεί δηλαδή, ο χρήστης να πραγματοποιεί τη διαδικασία αποτύπωσης, ακόμα και μακριά από το όργανο, μέσω ενός φορητού υπολογιστή.
- Υψηλό κόστος εξοπλισμού, το οποίο εξισσοροπείται από μειωμένο χρόνο και κόστος παραμονής στο πεδίο.

3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται ολόκληρη η μεθοδολογία αποτύπωσης του σκάφους χρησιμοποιώντας έναν ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό (total station).

Το όργανο αυτό αποτελεί το συνηθέστερο εργαλείο για έναν τοπογράφο (και όχι μόνο) μηχανικό. Είναι όργανο που βρίσκεται σε μαζική παραγωγή από διάφορες εταιρίες, και ίσως να είναι η φθηνότερη επιλογή σε οποιαδήποτε δουλειά για έναν κλασσικό τοπογράφο.

Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα στάδια της μεθόδου με total station. Αρχικά γίνεται μια αναφορά στον απαιτούμενο εξοπλισμό για τη συγκεκριμένη εργασία, καθώς και όλα τα παρελκόμενά του. Στη συνέχεια εμφανίζεται το στάδιο αποτύπωσης, με όλες τις απαιτούμενες ενέργειες προετοιμασίας-προεργασίας, αλλά και η ίδια η διαδικασία αποτύπωσης του σκάφους, με στόχευση διακριτών σημείων. Επόμενο βήμα είναι η επεξεργασία όλων των δεδομένων που εξήχθησαν από τις μετρήσεις, προκειμένου να είναι δυνατή η μοντελοποίησή τους, σε επόμενο στάδιο. Τέλος, γίνεται η εξαγωγή των ναυπηγικών γραμμών και λοιπών χρήσιμων δεδομένων του σκάφους από το κατασκευασμένο μοντέλο, ενώ το κεφάλαιο κλείνει με μια συνοπτική περιγραφή της όλης διαδικασίας.

3.2. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Εδώ εμφανίζεται το όργανο που χρησιμοποιήθηκε, μαζί με όλα τα παρελκόμενά του, κατά το πέρας των μετρήσεων με τη συγκεκριμένη μέθοδο.

- **Ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός Leica TCR307**: Το όργανο αυτό είναι ένας κλασσικός ολοκληρωμένος σταθμός, συχνά εμφανιζόμενος σε διάφορες τοπογραφικές – αλλά και άλλες – εφαρμογές. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές της εταιρείας κατασκευής, έχει δυνατότητα μέτρησης διευθύνσεων με ακρίβεια 7'' (ή περίπου 20cc) στις γωνίες, και ακρίβεια μέτρησης αποστάσεων $\pm 2\text{mm} \pm 2\text{ppm}$ σε αποστάσεις έως 2500μ., με χρήση κατοπτρικού πρίσματος. Μπορεί όμως να λειτουργήσει και χωρίς ύπαρξη πρίσματος-στόχου, και τότε η ακρίβεια της μέτρησης είναι

$\pm 3\text{mm} \pm 2\text{ppm}$, με μέγιστη εμβέλεια τα 80μ. Το συγκεκριμένο όργανο διαθέτει κέντρωση laser, σύστημα ατέρμονης κίνησης (μπορεί να περιστρέφεται προς μια διεύθυνση, κάνοντας άπειρους κύκλους), διπλή αεροστάθμη για οριζοντίωση του οργάνου, αλλά και ψηφιακή αεροστάθμη. Ακόμα, μπορεί να ενεργοποιήσει δεσμίδα ορατού laser για καλύτερη σκόπευση, να κάνει αυτόματους υπολογισμούς συντεταγμένων των μετρημένων σημείων, ενώ έχει και τη δυνατότητα ψηφιακής καταγραφής των μετρήσεων σε αρχείο.



Εικόνα 3.1. Leica TCR307 μαζί με τη βαλίτσα του
(Πηγή: <http://chansurveying.com/>)

- **Γεωδαιτικός τρίποδας:** Κλασσικός τρίποδας στήριξης τοπογραφικών οργάνων.



Εικόνα 3.2. Ξύλινος Τρίποδας
(Πηγή: <http://www.landmark.com.gr/>)

- **Μετροταινία, Στηλεός με πρίσμα, αράχνη:** Αντικείμενα χρήσιμα για τη διεκπεραίωση των μετρήσεων. Η μετροταινία και το κατάφωτο είναι βασικά όργανα, και η αράχνη (ή αστερίας) είναι μια μικρή βάση που χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις γλιστερού εδάφους, για να διατηρείται σταθερός ο τρίποδας.



Εικόνα 3.3. Αριστερά: Πρίσμα. Πάνω δεξιά: Αράχνη. Κάτω δεξιά: Μετροταινία

3.3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

Αναφέρονται αναλυτικά όλες οι ενέργειες κατά τη διαδικασία αποτύπωσης του σκάφους.

3.3.1. Προεργασία

Πρώτο και πολύ σημαντικό βήμα είναι η αναγνώριση του σκάφους, της θέσης του, της γεωμετρίας του, και του περιβάλλοντος χώρου του, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση τόσο του ίδιου του αντικειμένου, όσο και του χώρου των εργασιών. Χάρη σε αυτό το βήμα καταλαβαίνει κανείς το πεδίο διεξαγωγής της μελέτης, και μπορεί να υλοποιήσει ένα ικανοποιητικό αυθαίρετο σύστημα αναφοράς στο οποίο θα αποτυπωθεί το σκάφος. Επίσης, μπορεί να κάνει έναν σχεδιασμό για το τρόπο διεξαγωγής των εργασιών.

Για το παραπάνω λόγο έγινε πρωταρχικά επίσκεψη του σκάφους εντός του ναυπηγείου.

Επόμενο είναι η υλοποίηση του συστήματος αναφοράς που χρησιμοποιείται στις εργασίες.

Το σύστημα ορίζεται όπως περιγράφεται και στο Κεφάλαιο 2. Δηλαδή, δημιουργούνται στάσεις επάνω σε γραμμή παράλληλη της νοητής Γραμμή Βάσης του σκάφους.

Η παράλληλη γραμμή αναφοράς προς την baseline του σκάφους δημιουργήθηκε με τον εξής τρόπο:

1: Από την καρίνα του σκάφους, σε σημείο κοντά στην πρύμνη του, και σε διεύθυνση κάθετα σε αυτή, σε απόσταση 7 μέτρων (μετρημένη με μετροταινία), χαράχτηκε το πρώτο και αρχικό σημείο του συστήματος, με κωδική ονομασία Σ1.

2: Πάλι από την καρίνα του σκάφους, αλλά αυτή τη φορά κοντά στην πλώρη του, ομοίως σε απόσταση 7 μέτρων και σε διεύθυνση κάθετη στη γραμμή βάσης, χαράχτηκε το δεύτερο σημείο του δικτύου, με κωδική ονομασία Σ2.

Με τον παραπάνω τρόπο έγινε δυνατός ο ορισμός του συστήματος μετρήσεων, όπου ορίστηκε ως αρχή αξόνων το σημείο Σ1, και ως άξονας των X η διεύθυνση Σ1-Σ2.

Ακόμα, στο δίκτυο προστέθηκε και μια τρίτη στάση Σ3, η οποία τοποθετήθηκε τυχαία, προκειμένου η επιπλέον αυτή στάση να βοηθήσει σε μελλοντικές ενέργειες.

Όλα τα σημεία σημειώθηκαν στο δάπεδο με χρήση ανεξίτηλου μαρκαδόρου.



Εικόνα 3.4. Σημαδευμένη στάση Σ1

Ακόμα, έγινε εξασφάλιση των σημείων από συγκεκριμένες θέσεις, προκειμένου να είναι εύκολη η μετέπειτα αναγνώρισή τους.



Εικόνα 3.5. Σημάδι από το οποίο γίνεται εξασφάλιση στάσης

Η απόσταση Σ1-Σ2 μετρήθηκε με ταινία, ενώ οι συντεταγμένες της Σ3 βρέθηκαν με σκόπευσή της από την στάση Σ1. Επίσης, μέσω μέτρησης με τον γεωδαιτικό σταθμό βρέθηκε ότι κατά τη διεύθυνση του άξονα X υπάρχει ανοδική κλίση με τιμή περίπου 6,2mm/μέτρο. Έτσι, οι στάσεις του δικτύου έχουν τις εξής συντεταγμένες:

Σημείο	X (m)	Y (m)	Z (m)
Σ1	0,000	0,000	0,000
Σ2	15,888	0,000	0,099
Σ3	9,481	-1,083	0,087

Πίνακας 3.1. Στάσεις συστήματος αναφοράς

3.3.2. Πραγματοποίηση αποτύπωσης

Εφόσον έχει πλέον δημιουργηθεί το αυθαίρετο σύστημα αναφοράς, είναι δυνατή η αποτύπωση του σκάφους, και η ένταξή του στο σύστημα αυτό.

Σε αυτή τη μέθοδο η αποτύπωση γίνεται σε βήματα. Για την πλήρη αποτύπωση της γάστρας του σκάφους απαιτούνται σκοπεύσεις από πολλές στάσεις. Αυτό χρειάζεται, καθώς κάθε στάση θα δώσει στοιχεία για μία κάθετη τομή της γάστρας του σκάφους, όπως εξηγήθηκε στο Κεφάλαιο 2.

Για το λόγο αυτό ορίζονται στάσεις επάνω στον άξονα X, με αφετηρία την αρχή των αξόνων (δηλαδή τη στάση Σ1), και με βήμα ανά 1 μέτρο.

Από κάθε στάση, μετρήθηκαν σημεία που ανήκουν σε μια κάθετη τομή του σκάφους. Επίσης, από συγκεκριμένες στάσεις μετρήθηκαν σημεία του περιγράμματος της γάστρας, καθώς και του πηδαλίου του σκάφους.

Για την ικανοποιητική και πλήρη κάλυψη του σκάφους απαιτήθηκε η δημιουργία 19 στάσεων όπου στήθηκε όργανο, συν της στάσης αφετηρίας Σ1. Στις επιπλέον αυτές στάσεις δόθηκε το όνομα T_i (έτσι, υπάρχουν στάσεις από T1 έως T19). Άρα συνολικά αποτυπώθηκαν 20 τομές της γάστρας του σκάφους.

Πριν από την αρχή των μετρήσεων, σε επέκταση της διεύθυνσης του άξονα X τοποθετήθηκε σημάδι, ορατό από απόσταση.

Σε κάθε στάση, στήθηκε το όργανο με χρήση αράχνης στο τρίποδα για μεγαλύτερη σταθερότητα και μετρήθηκε το Y₀ (ύψος) του. Κατόπιν γίνεται ο μηδενισμός στο παραπάνω αναφερθέν σημείο. Έτσι, η διεύθυνση του μηδενισμού σε αυτό το σημείο είναι παράλληλη στη γραμμή βάσης από το τρεχαντήρι.

Στη συνέχεια, το όργανο στρέφεται κατά 100 ή 300 βαθμούς, ώστε ο άξονας σκόπευσης να είναι κάθετος στον άξονα X, και άρα κάθετος στη baseline. Το όργανο σκοπεύει με δέσμη laser σημεία πάνω στην επιφάνεια του σκάφους, με κίνησή του μόνο στην κατακόρυφη διεύθυνση. Έτσι, παίρνονται σημεία που ανήκουν στην κάθετη τομή του σκάφους για κάθε στάση. Ακόμα, όπως αναφέρθηκε, μετρήθηκαν σημεία και στο περίγραμμα του σκάφους, για να γίνει η πλήρης αποτύπωσή του. Τα σημεία του περιγράμματος σκοπεύθηκαν από τις αρχικές και τις τελικές στάσεις στις οποίες έγιναν μετρήσεις.

Συνολικά, με αυτή τη μέθοδο μετρήθηκαν 340 σημεία, ενώ η όλη διαδικασία αποτύπωσης διήρκεσε περίπου 5~6 ώρες.

Μέσω του εξοπλισμού του total station, ήταν δυνατή η αποθήκευση αμέσως μετά τη σκόπευση κάθε σημείου σε ένα αρχείο, με διαφορετικό κωδικό σε κάθε στάση, για καλύτερη αναγνώρισή τους.

Επιπλέον, με τη μετροταινία μετρήθηκε το πάχος της καρίνας του πλοίου, το οποίο βρέθηκε πως είναι 18εκ., αλλά και το πάχος των σανιδιών της γάστρας (από σημείο στο οποίο ήταν ξυλωμένα), το οποίο μετρήθηκε ίσο με 5εκ.

3.4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Πρώτο βήμα ήταν η μεταφορά των δεδομένων σε ένα περιβάλλον στο οποίο είναι δυνατή η επεξεργασία τους.

Για αυτό, μετά το τέλος των εργασιών πεδίου το όργανο συνδέθηκε με υπολογιστή ικανό να διαβάσει τα δεδομένα του. Το αρχείο δεδομένων ήταν σε μορφή .txt, και εντός αυτού περιέχονταν δεδομένα στάσης μέτρησης, ύψους οργάνου (και στόχου, όπου χρησιμοποιήθηκε), ονόματα στάσεων και μετρημένων σημείων, και βεβαίως τα δεδομένα μέτρησης:

- Οριζόντια γωνία
- Ζενίθια γωνία
- Κεκλιμένη απόσταση

Φυσικά, δεν ήταν δυνατή η διαχείριση των δεδομένων σε τέτοια μορφή, και για αυτό έγινε μεταφορά τους σε ένα αρχείο μορφής υπολογιστικού φύλλου (εδώ του Microsoft Excel).

Για να υπολογιστούν οι συντεταγμένες του κάθε σημείου, είναι πρώτα απαραίτητο να είναι γνωστή η ακριβής θέση της στάσης από την οποία μετρήθηκε. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι στάσεις ξεκίνησαν με την Σ1 (0,0,0), και όριζονταν με βήμα ενός μέτρου. Το υψόμετρό τους δόθηκε όπως αναφέρθηκε παραπάνω, δηλαδή μετρώντας την κλίση του δαπέδου σε αυτή τη διεύθυνση. Έτσι, μια τυχαία στάση T_i θα είχε τη μορφή $(i,0,i*\kappaλίση)$.

Σε κάθε στάση, ο υπολογισμός των συντεταγμένων έγινε με τον κλασικό τρόπο, δηλαδή τη χρήση του 1^{ου} Θεμελιώδους, που είναι το εξής:

$$x_i = X_{\Sigma} + D_{\Sigma i} * \sin(z_{\Sigma i}) * \sin(a_{\Sigma i})$$

$$y_i = Y_{\Sigma} + D_{\Sigma i} * \sin(z_{\Sigma i}) * \cos(a_{\Sigma i})$$

$$H_i = H_{\Sigma} + \cos(z_{\Sigma i}) + Y.O. - Y.\Sigma.$$

Οι παραπάνω σχέσεις και μεταβλητές εξηγήθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Έτσι, υπολογίστηκαν οι συντεταγμένες των σημείων στο χρησιμοποιηθέν σύστημα αναφοράς.

Ακόμα, για λόγους διευκόλυνσης, έγινε και η μετατροπή συντεταγμένων σε σύστημα του οποίου ο άξονας των X είναι η γραμμή βάσης του σκάφους.

Για να γίνει αυτό, υπολογίστηκε η απόσταση μεταξύ του αρχικού άξονα και της γραμμής βάσης, που είναι η απόστασή του από την καρίνα μαζί με το μισό πλάτος της. Από τις παραπάνω μετρήσεις φαίνεται πως αυτή η απόσταση ήταν 7,09m.

Και αυτό που τελικά αλλάζει είναι η τεταγμένη των σημείων, η οποία γίνεται:

$$y' = 7,09 - y$$

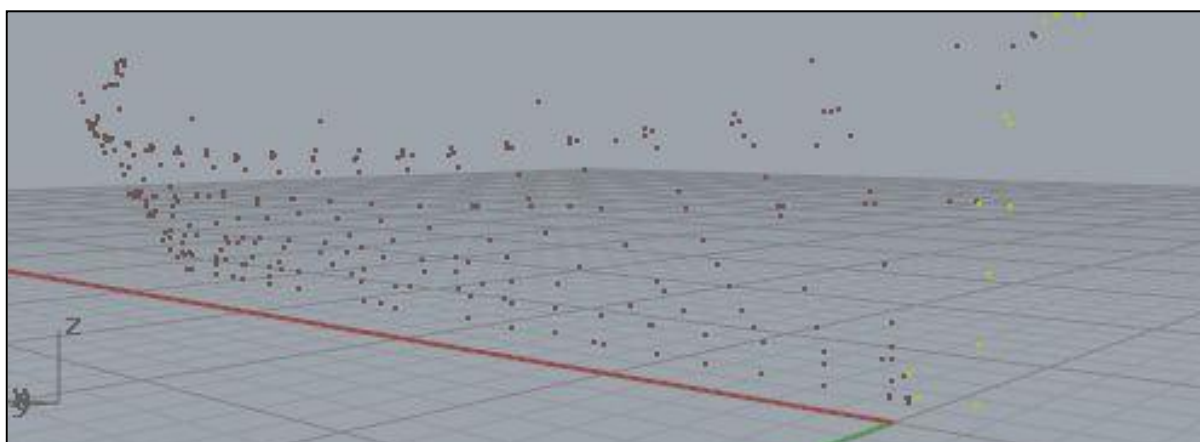
Οι τελικές συντεταγμένες των σημείων και με τις δυο μορφές τους αποθηκεύτηκαν σε χωριστά αρχεία, για την περαιτέρω επεξεργασία.

3.5. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

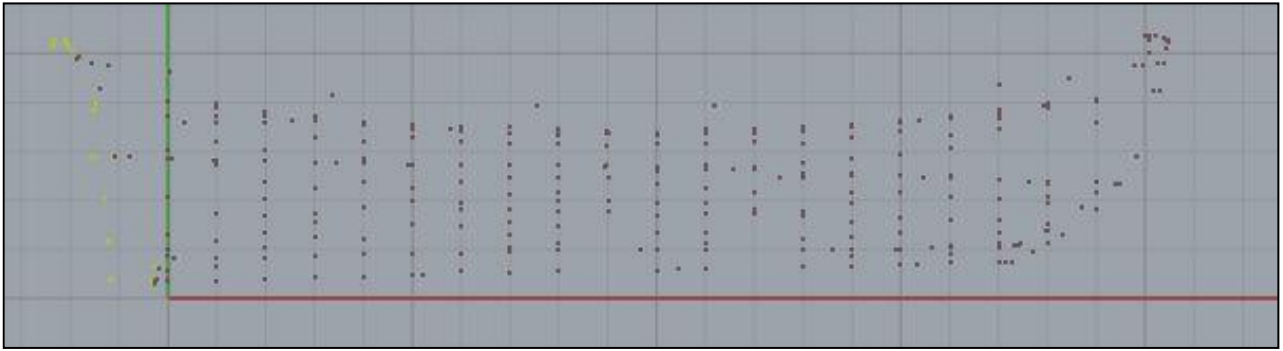
Επόμενο βήμα είναι η κατασκευή του τρισδιάστατου μοντέλου της επιφάνειας του τρεχαντηριού.

Για την κατασκευή του μοντέλου, σε αυτή τη μέθοδο θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Rhinoceros3D, που έχει δυνατότητες λειτουργίας σε τρισδιάστατους και διδιάστατους χώρους, και να επεξεργάζεται τρισδιάστατα στοιχεία.

Η εισαγωγή των δεδομένων των σημείων στο πρόγραμμα έγινε με τη χρήση αρχείων τύπου .txt. Η μορφή των δεδομένων στο αρχείο ήταν να υπάρχει σε κάθε γραμμή το σύνολο των συντεταγμένων κάθε σημείου, χωρίς το όνομά του (δηλαδή «x,y,z»).



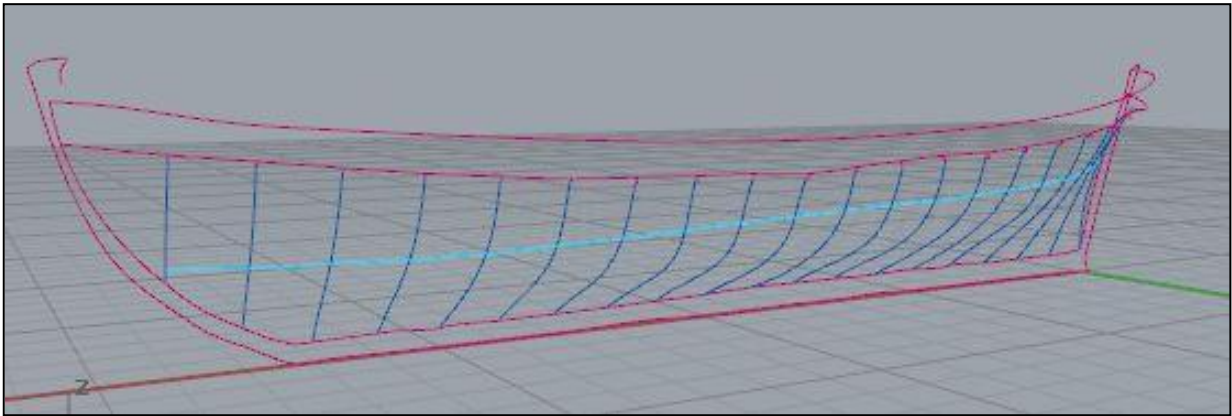
Εικόνα 3.6. Νέφος σημείων μετά εισαγωγής στο Rhino



Εικόνα 3.7. Πλάγια όψη νέφους σημείων

Κατόπιν έγινε η ένωση των διπλανών σημείων με την εντολή «**Sketch**». Η εντολή αυτή δημιουργεί καμπύλες γραμμές, οι οποίες περνούν από σημεία που επιλέγονται. Σε περιπτώσεις όπου πολυγωνική γραμμή ήταν προτιμώτερη της καμπύλης, χρησιμοποιήθηκε η εντολή «**Polyline**». Έτσι, σχεδιάστηκε το περίγραμμα του σκάφους, η καρίνα, το πηδάλιο, η κουπαστή, καθώς και η κάθε τομή. Επίσης, για λόγους εμφάνισης σχεδιάστηκε και μια καμπύλη που υποτίθεται πως απεικονίζει την ίσαλο γραμμή του σκάφους.

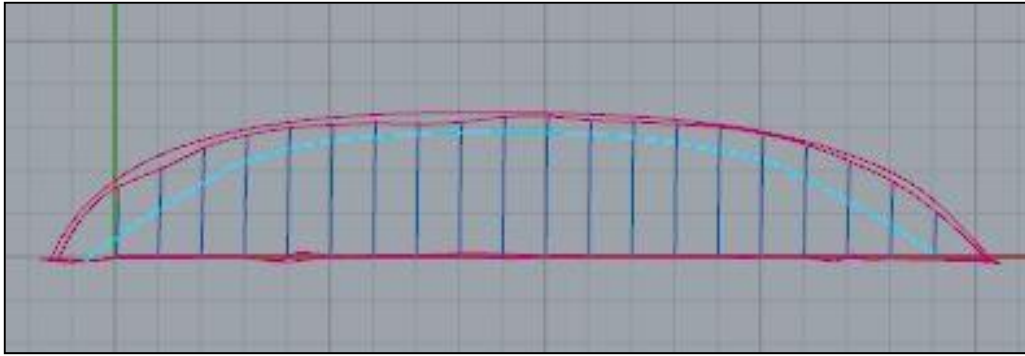
Το αποτέλεσμα, μετά από τη σχεδίαση αυτών των γραμμών, εμφανίζεται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 3.8. Σχεδιασμένες γραμμές του σκάφους



Εικόνα 3.9. Όψη των γραμμών του σκάφους



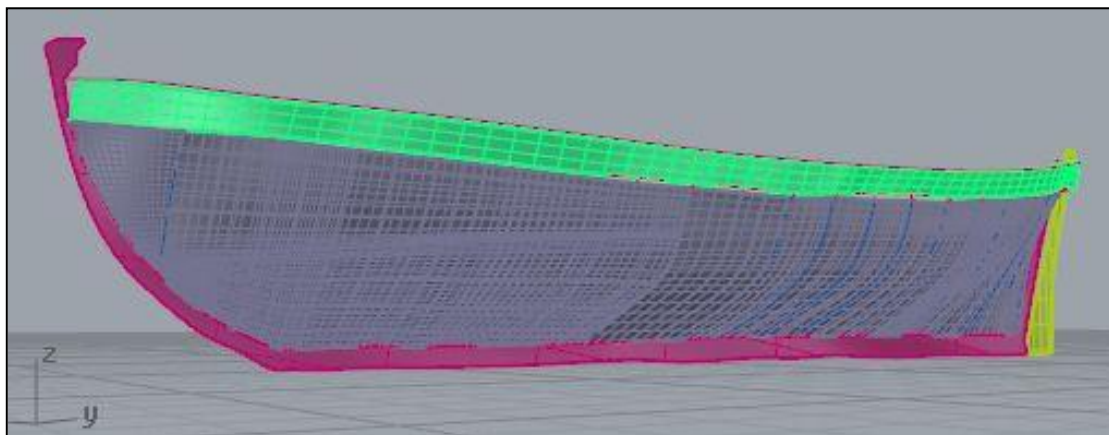
Εικόνα 3.10. Κάτοψη των γραμμών του σκάφους

Κατά τη διάρκεια της δημιουργίας των γραμμών, σημεία του νέφους τα οποία εμπόδιζαν τη δημιουργία ομαλών γραμμών αγνοήθηκαν, ή και διαγράφηκαν τελείως.

Αφότου ολοκληρώθηκε η κατασκευή των γραμμών έγινε μια επιπλέον εξομάλυνσή τους, χρησιμοποιώντας πάνω στις γραμμές αυτές την εντολή «**Fair curve**».

Ύστερα από την κατασκευή των γραμμών ήταν η σειρά της δημιουργίας μιας πολυγωνικής επιφάνειας που να εφαρμόζει στη γάστρα του σκάφους. Επίσης, εφαρμόστηκαν επιφάνειες και στην καρίνα, το πηδάλιο, και τη κουπαστή του σκάφους.

Η επιφάνεια αυτή δημιουργείται με τη χρήση της εντολής «**Curve Network**». Η εντολή αυτή λειτουργεί επιλέγοντας ένα σύνολο γραμμών/καμπυλών, και εφαρμόζοντας μέσα στο σύνολο αυτό, σε προκαθορισμένα όρια, ένα πυκνότερο δίκτυο γραμμών, με διευθύνσεις κοντινές σε αυτές των αρχικά επιλεγμένων καμπυλών. Το πρόγραμμα μπορεί να δημιουργήσει το δίκτυο και με άλλες εντολές, αλλά επιλέχτηκε αυτή εδώ.

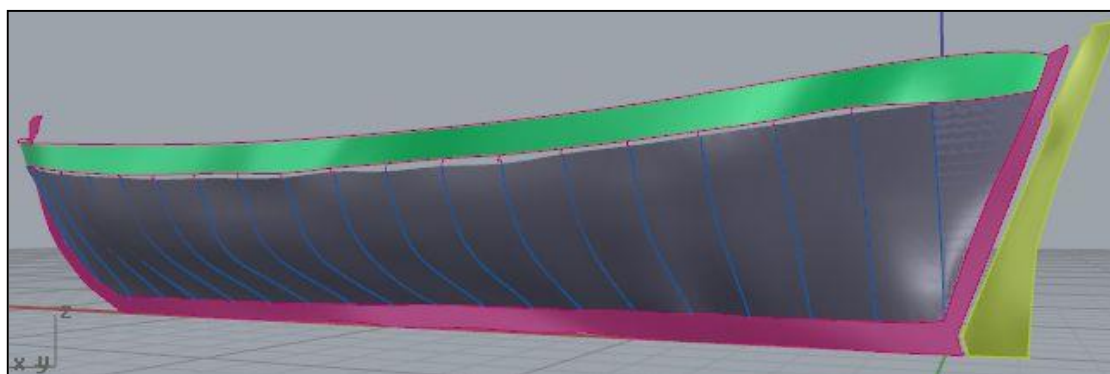


Εικόνα 3.11. Δημιουργημένο δίκτυο καμπυλών στις διάφορες επιφάνειες του σκάφους

Η τελική δημιουργία της επιφάνειας γίνεται με τη χρήση της εντολής «**Mesh > Rebuild Surface**». Με αυτή την εντολή εφαρμόζεται μια επιφάνεια επάνω στο παραπάνω δίκτυο καμπυλών, και επίσης εξομαλύνεται.

Έτσι, μέσω κάποιων εντολών στο τμήμα «**Visibility**» του προγράμματος, είναι δυνατή η θέαση μόνο της τρισδιάστατης επιφάνειας του σκάφους.

Το τελικό μοντέλο φαίνεται παρακάτω.

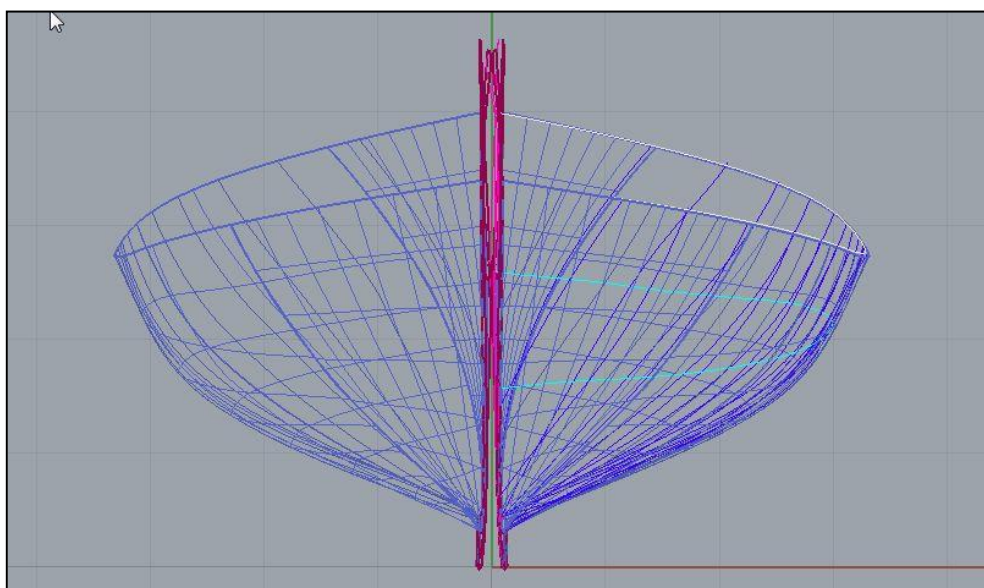


Εικόνα 3.12. Μοντελοποιημένη επιφάνεια σκάφους

Μετά το τέλος της κατασκευής του τρισδιάστατου μοντέλου, έγινε στροφή του, προκειμένου το κάτω μέρος της καρίνας (που θεωρείται εδώ γραμμή βάσης) να είναι παράλληλο με τον άξονα X.

Ακόμα, όπως φαίνεται από τις παραπάνω εικόνες, το τρισσορθώνιο σύστημα συντεταγμένων του προγράμματος βάζει τα θετικά του άξονα y αριστερά του επιπέδου XZ, οπότε χρησιμοποιήθηκε η εντολή «**Mirror**», προκειμένου να καθρεφτιστεί το μοντέλο και από τη δεξιά πλευρά, γιατί, ουσιαστικά, πάνω σε εκείνη έγινε η αποτύπωση του σκάφους.

Κρατώντας τόσο την αρχική επιφάνεια, όσο και την καθρεφτισμένη, φαίνεται ένα πλήρες μοντέλο του σκάφους.



Εικόνα 3.13. Μπροστινή όψη του τελικού μοντέλου σκάφους

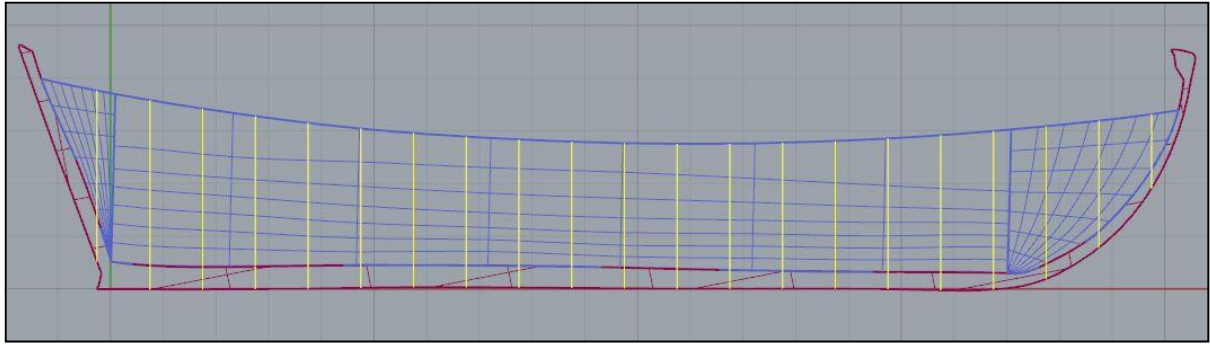
3.6. ΕΞΑΓΩΓΗ ΝΑΥΠΗΓΗΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Τελευταίο βήμα σε όλη αυτή τη διαδικασία είναι η εξαγωγή των γραμμών που αντιπροσωπεύουν το σκάφος. Οι γραμμές αυτές είναι συνήθως οι νομείς του σκάφους, δηλαδή οι τομές της επιφάνειάς του με επίπεδα κάθετα στον άξονα X.

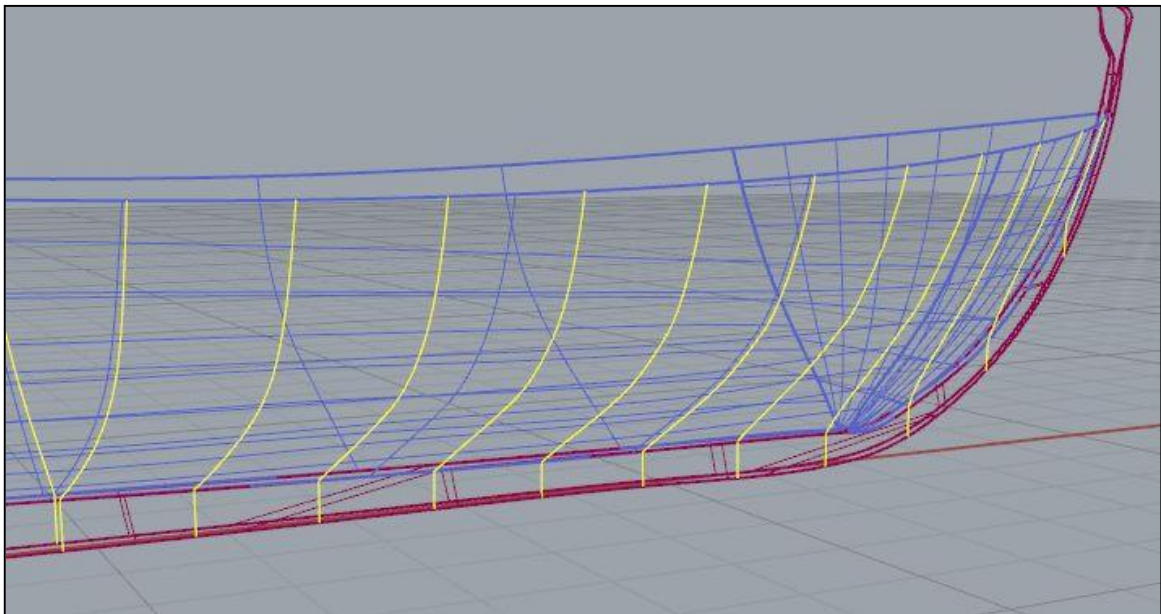
Τις γραμμές αυτές μπορούμε στη συνέχεια να επεξεργαστούμε σε ένα επίπεδο, αυτό της όψης του σκαριού.

Για την δημιουργία των νομέων χρησιμοποιήθηκε η εντολή «**Curve from Object > Contour**». Με αυτήν γίνεται η επιλογή μιας επιφάνειας (εδώ της γάστρας). Στη συνέχεια, ορίζεται ένα σημείο αναφοράς, ως αρχή των τομών, η διεύθυνση κάθετα στην οποία εφαρμόζονται αυτές, και τέλος το βήμα τους.

Με την ολοκλήρωσή της έχουν δημιουργηθεί οι τομές στην επιφάνεια του σκάφους. Το σημείο αναφοράς για τη δημιουργία τους ορίστηκε η αρχή των αξόνων, η διεύθυνση που επιλέχθηκε εδώ ήταν παράλληλη στον άξονα X, και το βήμα ανά το οποίο δημιουργήθηκαν ήταν 1 μέτρο.



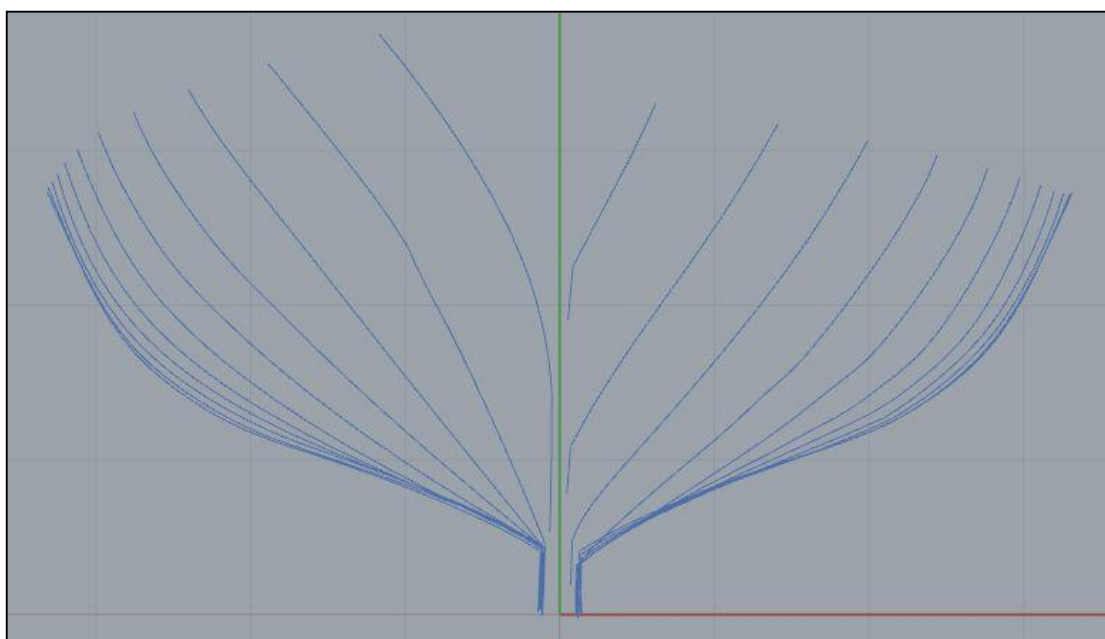
Εικόνα 3.14. Πλάγια όψη τομών



Εικόνα 3.15. Προοπτική τομών σκάφους

Για την καλύτερη αναπαράσταση των γραμμών έγινε διαχωρισμός τους, ώστε από την αριστερή πλευρά της όψης να παραμείνουν οι νομείς που είναι πλησιέστεροι στη πρύμνη του σκάφους, και από τη δεξιά αυτοί πλησιέστεροι στην πλώρη.

Η διαμόρφωση αυτή βοηθάει τόσο στη μελέτη των γραμμών, καθώς δεν είναι πια τόσο πυκνές, όσο και στη σύγκρισή τους με τις γραμμές από άλλες μεθόδους.



Εικόνα 3.16. Όψη νομέων του σκάφους

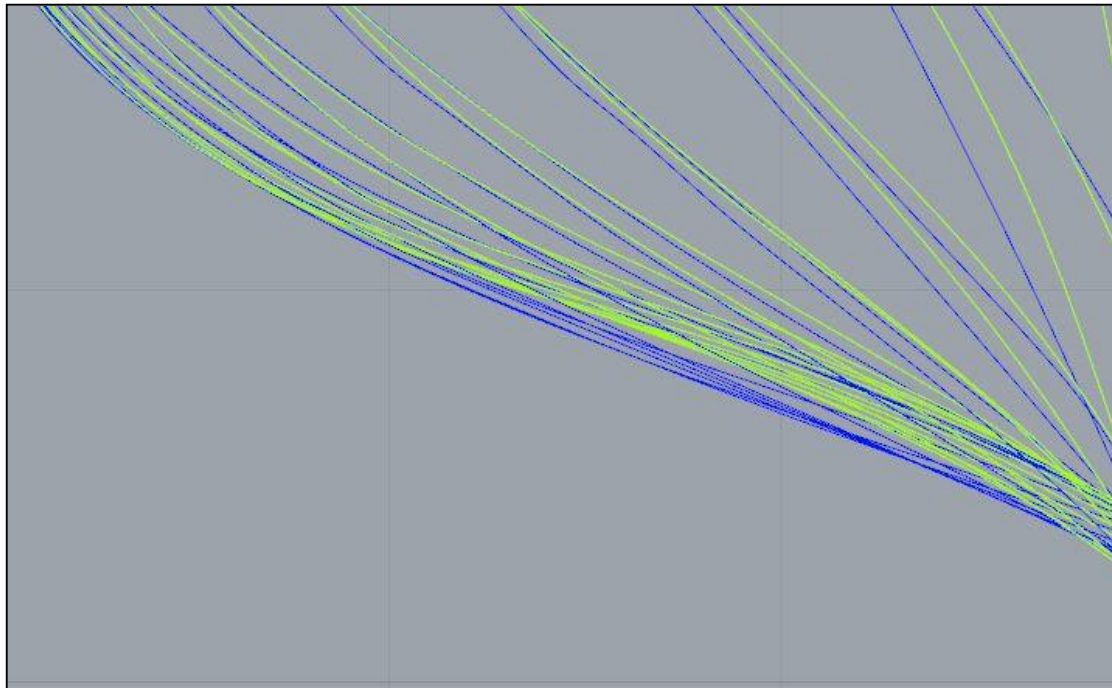
Βέβαια, σε αυτό το στάδιο οι γραμμές παραμένουν βασισμένες στα μετρημένα στοιχεία, και όχι στο ιδεατό σχήμα του σκάφους.

Τα περισσότερα ναυπηγεία λειτουργούν με σχέδια των οποίων οι γραμμές είναι πλήρως εξομαλυμένες και διακριτές, καθότι τους νοιάζει να έχουν εύκαιρα σχέδια με την ιδανική μορφή του σκάφους, και όχι την κατάστασή του σε κάποια τυχαία χρονική στιγμή.

Για το λόγο αυτό εφαρμόστηκε μια ακόμα διαδικασία, για κατασκευή των ομαλότερων δυνατών γραμμών στην επιφάνεια του σκάφους.

Στη διαδικασία αυτή, γίνεται σε πρώτο στάδιο εξομάλυνση των γραμμών του σκάφους. Στη συνέχεια εμφανίζονται μέσω του προγράμματος τα σημεία που απαρτίζουν μια καμπύλη, και πραγματοποιείται μικρή χειροκίνητη μετακίνησή τους προκειμένου να δημιουργηθούν καλύτερες οπτικά καμπύλες.

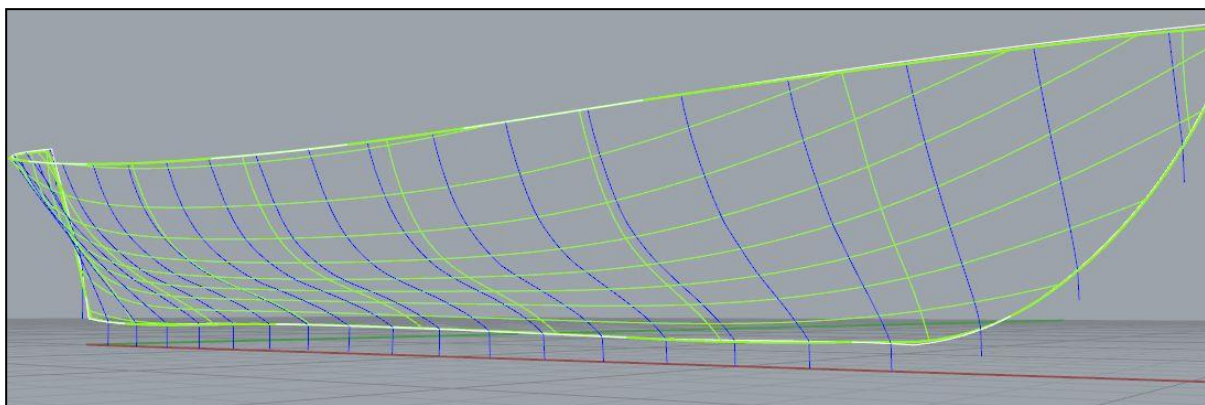
Στην επόμενη εικόνα (Εικόνα 3.17.) φαίνεται ενδεικτικά η κατάσταση των καμπυλών, με τις μπλε καμπύλες να αναφέρονται στην αρχική κατάσταση, και τις κίτρινες στην τελικά επεξεργασμένη. Όπως παρατηρείται, οι καμπύλες έχουν μετακινηθεί προκειμένου να πάρουν ένα πιο ρεαλιστικό, αλλά ταυτόχρονα και ιδεατό σχήμα του σκάφους. Αυτό έγινε συγκρίνοντας τα σχέδια αυτής της μεθόδου με αυτά από τις άλλες δυο, που θα παρουσιαστούν αναλυτικότερα σε επόμενα κεφάλαια.



Εικόνα 3.17. Επεξεργασία των καμπυλών του μοντέλου.

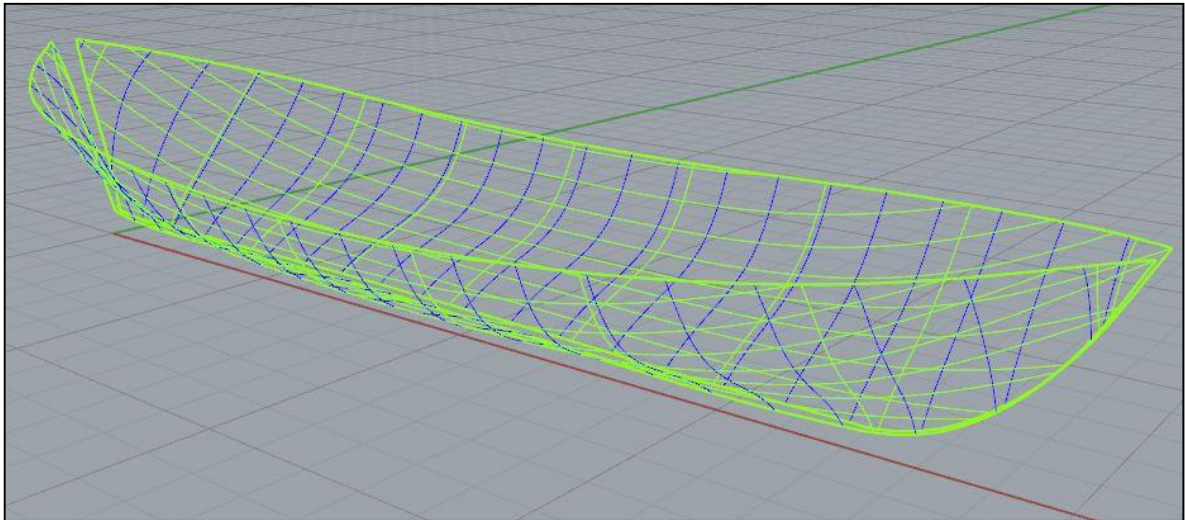
Έχοντας πια πιο ομαλές καμπύλες, το επόμενο βήμα της μεθόδου είναι η κατασκευή ενός νέου μοντέλου, βασισμένου σε αυτές.

Αυτό γίνεται εφαρμόζοντας την εντολή «Patch». Με αυτή δημιουργείται μια κλειστή επιφάνεια η οποία εφαρμόζεται πάνω σε επιλεγμένες καμπύλες. Εδώ οι καμπύλες που επιλέχθηκαν ήταν φυσικά οι παραπάνω νομείς, καθώς και τα όριά τους. Το πάνω όριο ήταν η κουπαστή, ενώ το κάτω η γραμμή που σχηματίζει η καρίνα.



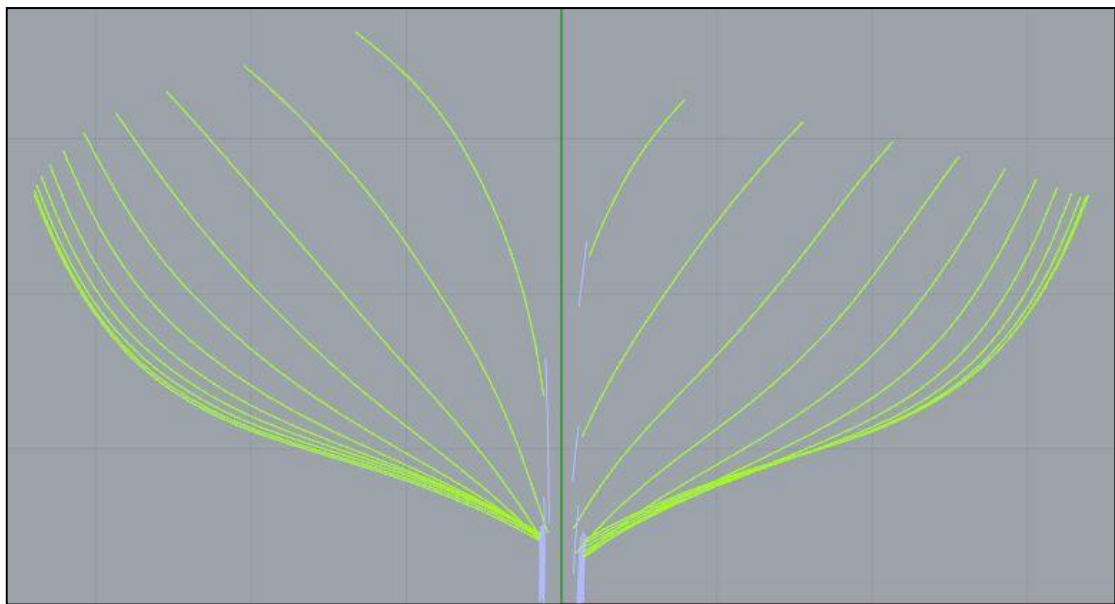
Εικόνα 3.18. Νέα επιφάνεια που εφαρμόστηκε στους νομείς

Από τη νέα αυτή επιφάνεια, η οποία είναι η ίδια ομαλότερη από το αρχικό μοντέλο, εξάγονται ξανά τομές (νομείς). Η διαδικασία είναι ίδια με αυτή που περιγράφηκε παραπάνω, και με τις ίδιες παραμέτρους.



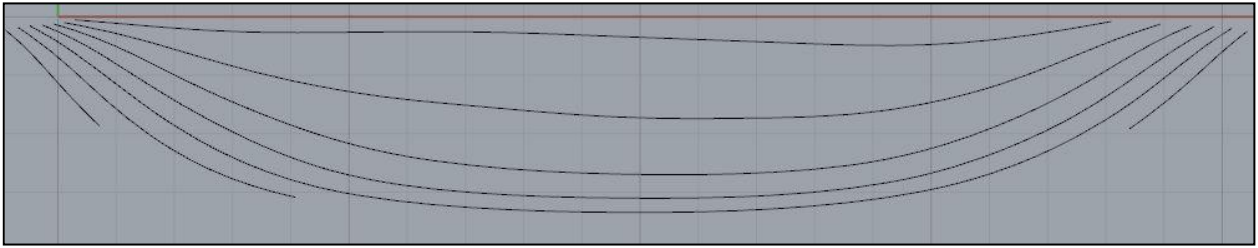
Εικόνα 3.19. Τομές στη νέα επιφάνεια

Με αυτό το τρόπο δημιουργήθηκαν οι νέες, καλύτερες γραμμές, οι οποίες τελικά φαίνονται παρακάτω.



Εικόνα 3.20. Όψη νέων γραμμών

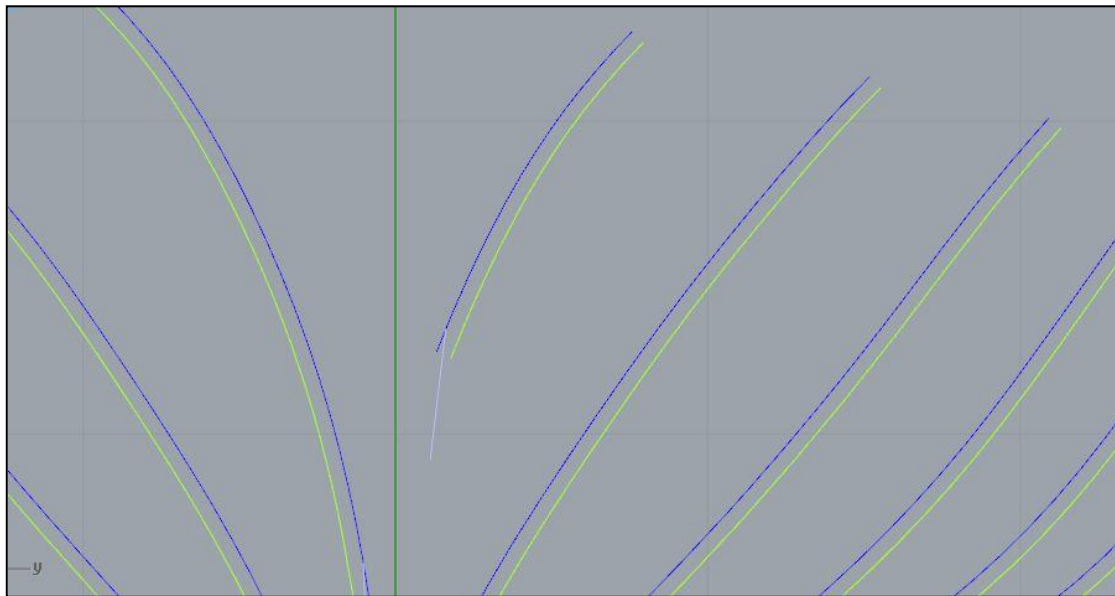
Ακόμα, σκόπιμο κρίθηκε να δειχθούν οι τομές της γάστρας που είναι παράλληλες με το οριζόντιο επίπεδο, δηλαδή οι ίσαλοι. Η μεθοδολογία είναι ακριβώς η ίδια με παραπάνω, αλλά το βήμα των γραμμών εδώ επιλέχθηκε να είναι μισό μέτρο.



Εικόνα 3.21 Κάτωγη ισάλων του σκάφους

Ένα επιπλέον πράγμα που συνήθως ζητείται για ναυπηγικούς λόγους είναι και οι γραμμές που βρίσκονται εντός του πετσώματος (του συνόλου των εξωτερικών σανιδίων), καθώς το συγκεκριμένο βοηθά στη μέτρηση χρήσιμων στοιχείων, όπως της ολικής χωρητικότητας (όγκου) του σκάφους.

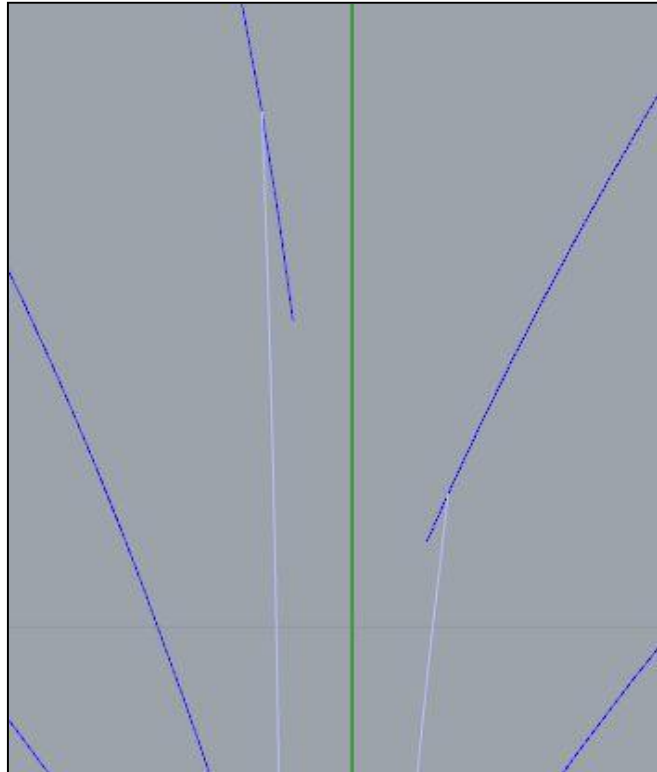
Για αυτό το λόγο σκόπιμο κρίθηκε να γίνει η δημιουργία και των εσωτερικών γραμμών. Η εντολή που εφαρμόστηκε σε αυτή τη περίπτωση είναι η «**Offset Curve**». Με αυτήν επιλέγεται μια καμπύλη, και δημιουργείται μία όμοια παράλληλα αυτής, σε απόσταση και διεύθυνση που ορίζεται χειροκίνητα. Η απόσταση αυτή εδώ είναι 5 εκατοστά, όσο μετρήθηκε στο πεδίο πως είναι το πάχος των σανιδίων.



Εικόνα 3.22. Δημιουργία παράλληλων καμπυλών

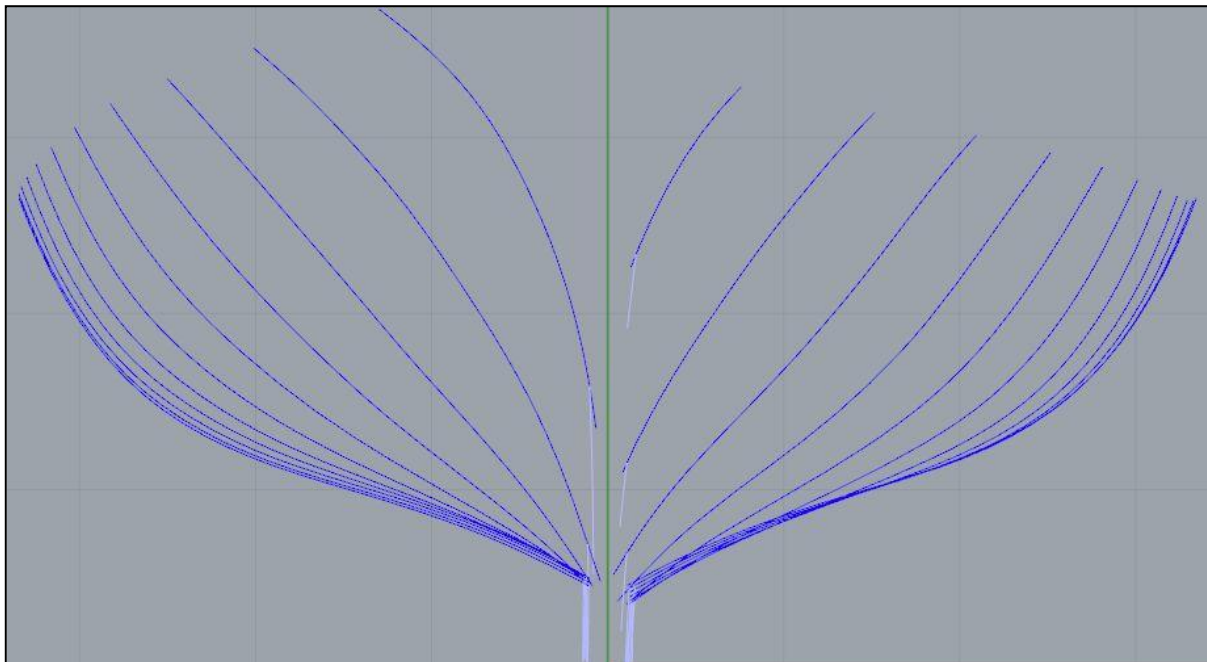
Έτσι, δημιουργήθηκαν οι γραμμές της γάστρας που βρίσκονται εντός του πετσώματος. Στο τέλος αυτής της ενέργειας έγινε και επέκταση των γραμμών της καρίνας, προκειμένου να φτάνουν και πάλι αυτές των νομέων. Η διαδικασία της επέκτασης ήταν απλή, χρησιμοποιήθηκε η

εντολή «**Extend**», στην οποία επιλέγεται κάθε φορά η καμπύλη προς επέκταση και η καμπύλη που θα αποτελέσει το όριο της επέκτασης αυτής.



Εικόνα 3.23. Επέκταση Καρίνας

Με αυτό το τρόπο δημιουργήθηκε το σχέδιο των εσωτερικών γραμμών των νομέων του σκάφους. Το αποτέλεσμα αυτής της ενέργειας εμφανίζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 3.24. Εσωτερικές γραμμές του σκάφους.

3.7. ΣΥΝΟΨΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η μέθοδος που παρουσιάστηκε σε αυτό το κεφάλαιο είναι η επονομαζόμενη «κλασική» μέθοδος αποτύπωσης. Δηλαδή, η πιο διαδεδομένη στην αποτύπωση σκαφών.

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται είναι γνώριμα σε όλους τους τοπογράφους μηχανικούς, και εύκολα στην απόκτησή τους. Επίσης όλος ο απαραίτητος εξοπλισμός είναι οικείος στο μέσο μηχανικό.

Η διαδικασία αποτύπωσης είναι απλή, και η μέθοδος εύκολη στη κατανόηση και εκτέλεση. Αρχικά γίνεται ο ορισμός του δικτύου αναφοράς. Εντός αυτού ορίζεται η αρχή των αξόνων, οι διευθύνσεις τους, οι κύριες στάσεις του συστήματος, κ.ά. Μετά στήνεται το όργανο και γίνεται η σκόπευση reflectorless πάνω στη γάστρα για εξαγωγή των καθέτων τομών.

Η επεξεργασία των δεδομένων είναι εξίσου απλή. Με εφαρμογή κλασικών τύπων της γεωδαισίας γίνεται ο υπολογισμός των συντεταγμένων των σκοπευμένων σημείων, και η τελική ένταξή τους στο τοπικό σύστημα αναφοράς.

Η κατασκευή του μοντέλου είναι επίσης σχετικά απλή. Τα διακριτά σημεία εισάγονται σε πρόγραμμα επεξεργασίας στοιχείων σε τρισδιάστατο περιβάλλον. Βάσει των σημείων δημιουργούνται οι κύριες γραμμές του σκάφους, και πάνω σε αυτές εφαρμόζεται η επιφάνεια του μοντέλου.

Οι ναυπηγικές γραμμές (νομείς, ίσαλοι) εξάγονται από το μοντέλο, αφού αυτό έχει επεξεργαστεί για να έχει την ιδεατή μορφή του σκάφους.

Η μέθοδος αυτή είναι γενικά εύκολη στην εκτέλεση με καθορισμένα βήματα, και απαιτεί την λιγότερη τεχνογνωσία από τις τρεις που αναφέρονται στην εργασία, όσον αφορά τον εξοπλισμό αποτύπωσης και το λογισμικό.

4. ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕ ΕΠΙΓΕΙΟ ΣΑΡΩΤΗ

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται ανάλυση της μεθόδου αποτύπωσης σκάφους με επίγειο σαρωτή (laser scanner).

Το laser scanners είναι όργανα που έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται τα τελευταία τριάντα χρόνια, καθώς η εξελισσόμενη τεχνολογία έχει επιτρέψει την παραγωγή τους. Όμως, μόνο κατά την τελευταία δεκαετία έχουν γνωρίσει ευρεία χρήση σε πιο γενικές εφαρμογές πεδίου. Η παραγωγή τους από γνωστές εταιρίες οργάνων αποτύπωσης αρχίζει να αυξάνεται. Αν και οικονομικά είναι πιο δυσπρόσιτα ως όργανα, αυτό αντισταθμίζεται από την ακρίβεια που παρέχουν στην αναπαραγωγή της σαρωμένης επιφάνειας που αποτυπώνουν.

Εδώ περιλαμβάνονται όλα τα στάδια που ακολουθήθηκαν στη μέθοδο αποτύπωσης με επίγειο σαρωτή. Αρχικά, γίνεται μια περιγραφή του οργάνου, καθώς και όλων των συνοδευτικών αντικειμένων που είναι απαραίτητα για τη διεξαγωγή της αποτύπωσης. Στη συνέχεια, περιγράφεται η διαδικασία της αποτύπωσης, τόσο στο αρχικό στάδιο της προετοιμασίας, όσο και κατά τη διάρκεια της αποτύπωσης στο πεδίο, όπου παράγεται το νέφος σημείων. Ακολουθεί η επεξεργασία αυτών των ψηφιακών δεδομένων, προκειμένου να γίνει στη συνέχεια η κατασκευεΐ του μοντέλου της επιφάνειας του σκάφους. Τέλος, μέσω της μοντελοποιημένης επιφάνειας γίνεται η εξαγωγή των ναυπηγικών γραμμών και άλλων χρήσιμων στοιχείων του σκάφους. Στο κλείσιμο του κεφαλαίου υπάρχει μια συνοπτική περιγραφή όλων αυτών των σταδίων της μεθόδου.

4.2. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Στην παρούσα εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε το παρακάτω όργανο, μαζί με τα παρελκόμενά του.

- **Επίγειος σαρωτής Leica ScanStation 2**: Είναι μια από τις οικονομικότερες επιλογές για laser scanner στην αγορά, αλλά ταυτόχρονα και ένας αρκετά αξιόπιστος σαρωτής. Η μέγιστη ταχύτητα σάρωσης που διαθέτει είναι 50.000 σημεία/δευτερόλεπτο. Η σάρωσή γίνεται με τεχνολογία reflectorless, και η εμβέλειά του είναι έως τα 300μ. Η ακρίβειά του σε μέτρηση γωνιών είναι $\pm 12''$

(ή $\pm 37\text{cc}$), και η μέτρηση αποστάσεων έχει ακρίβεια $\pm 4\text{mm}$ στα 50μ. Ακόμα, ο θόρυβος που παράγεται στο νέφος σημείων κατά τη σάρωση είναι της τάξης των 2mm. Διαθέτει κάμερα υψηλής ευκρίνειας, την οποία χρησιμοποιεί κατά τη διαδικασία της λήψης. Η κίνησή του γίνεται σε δυο άξονες, ενώ η σάρωση πραγματοποιείται με εκπομπή δέσμης laser από ένα περιστρεφόμενο κάτοπτρο. Η δέσμη laser βρίσκεται στο ορατό φάσμα του πράσινου, και μπορεί κάποιος να τη δει κατά τη διαδικασία της σάρωσης. Μπορεί να εκτελέσει σάρωση σε οποιαδήποτε κατάσταση φωτισμού (σκοτάδι ή έντονη ηλιοφάνεια). Διαθέτει μπαταρία, αλλά μπορεί να συνδεθεί και με ηλεκτρική πηγή μέσω καλωδίου. Τέλος, το όργανο αυτό απαιτεί σύνδεση με φορητό υπολογιστή (ή και tablet), μέσω του οποίου γίνεται η διαχείριση των εργασιών με αντίστοιχα προγράμματα.



Εικόνα 4.1 Leica ScanStation 2

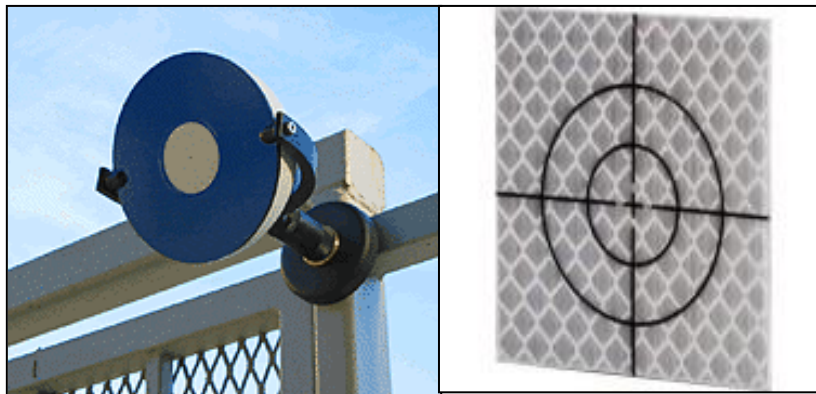
- **Τρίποδας βιομηχανικής γεωδαισίας:** Είναι και αυτός τρίποδας στήριξης οργάνων. Όμως, είναι πιο βαρύν και δύσχρηστος, πράγμα που αντισταθμίζεται από τη σταθερότητά του. Είναι προτιμότερη η χρήση του για στήριξη βαρύτερων οργάνων, όπως είναι ο επίγειος σαρωτής.



Εικόνα 4.2 Τρίποδας βιομηχανικής γεωδαισίας
(Πηγή: <https://www.benchmarkarizona.com/>)

- **Ειδικοί στόχοι:** Στόχοι όπως αυτοκόλλητα ή ημισφαιρικοί στόχοι, τους οποίους μπορεί να αναγνωρίσει ο σαρωτής αλλά και το

πρόγραμμα επεξεργασίας των σαρωμένων δεδομένων. Έχουν παρόμοια χρήση με αυτή των φωτοσταθερών σε φωτογραμμετρικές εφαρμογές, δηλαδή έχοντας γνωστές συντεταγμένες μπορούν να αναφέρουν το νέφος στο σύστημα των εργασιών, ή και να συνδέσουν νέφη διαφορετικών σαρώσεων μεταξύ τους. Ο σφαιρικός στόχος είναι ημισφαιρικός και λευκός από τη μια πλευρά και χρησιμοποιείται κατά τη σάρωση, ενώ η άλλη του πλευρά είναι επίπεδη με ειδικό χρωματισμό ένδειξης του κέντρου του, η σκόπευση του οποίου μπορεί να δώσει τις συντεταγμένες του. Τα αυτοκόλλητα κολλώνται στην επιφάνεια σάρωσης.



Εικόνα 4.3 αριστερά: Σφαιρικός στόχος, δεξιά: Αυτοκόλλητο στόχος
(Πηγή: <http://www.leica-geosystems.com/>)

4.3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

4.3.1. Προεργασία

Το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται και σε αυτή τη μέθοδο έχει ήδη οριστεί από τη μέθοδο του προηγούμενου κεφαλαίου. Στην ουσία, ο επίγειος σαρωτής μπορεί να σαρώσει την επιφάνεια του σκάφους και να το εντάξει σε ελεύθερο σύστημα, αλλά προτιμήθηκε να γίνει η ένταξη και αυτών των δεδομένων στο ήδη υπάρχον σύστημα.

Για τον παραπάνω σκοπό χρησιμοποιούνται ειδικά αντικείμενα, τα οποία αναγνωρίζονται από το laser scanner, αλλά είναι δυνατός και ο ορισμός των συντεταγμένων τους στο σύστημα αναφοράς με τη χρήση ενός γεωδαιτικού σταθμού (αυτού που χρησιμοποιήθηκε στη προηγούμενη μέθοδο). Τα αντικείμενα αυτά είναι οι σφαιρικοί στόχοι και τα ειδικά αυτοκόλλητα που αναγνωρίζονται από τον σαρωτή.

Οι σφαιρικοί στόχοι στηρίχθηκαν σε τρίποδες και τοποθετήθηκαν ο ένας αριστερά της πρύμνης του σκάφους, και ο άλλος επάνω στο κατάστρωμα. Ακόμα, ειδικά αυτοκόλλητα-στόχοι μπήκαν πάνω σε τρία από τα στηρίγματα που συγκρατούν το σκάφος, από ένα σε κάθε στήριγμα. Συνολικά δηλαδή για αυτή τη μέθοδο προστέθηκαν 5 ακόμα σημεία, στα οποία δόθηκε η κωδική ονομασία K (τα 1 και 2 οι σφαιρικοί στόχοι, και τα 3, 4, και 5 τα ειδικά αυτοκόλλητα).



Εικόνα 4.4. Ο σφαιρικός στόχος K1



Εικόνα 4.5. Τα αυτοκόλλητα στόχοι
(από αριστερά προς δεξιά: K3, K4, K5)

Μετά την τοποθέτησή τους, έγινε σκόπευση των στόχων με σκοπό να τους δοθούν συντεταγμένες στο σύστημα. Μετά από υπολογισμούς, οι συντεταγμένες των στόχων δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Σημείο	X (m)	Y (m)	Z (m)
K1	-1,903	6,101	1,344
K2	10,972	5,745	5,868
K3	5,957	4,943	1,390
K4	9,148	5,086	1,543
K5	11,702	5,218	1,463

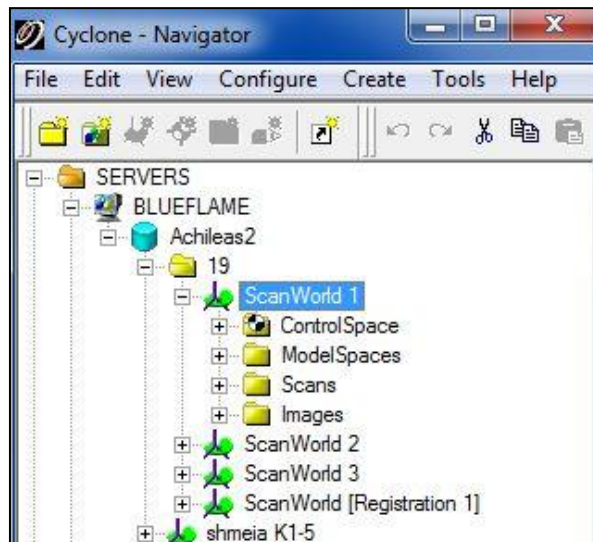
Πίνακας 4.1. Συντεταγμένες σημείων σύνδεσης

4.3.2. Πραγματοποίηση Αποτύπωσης

Αφότου έγινε ο ορισμός των βοηθητικών σημείων και η γενική προετοιμασία, ακολούθησε η ίδια η σάρωση της επιφάνειας του τρεχαντηριού.

Ο σαρωτής τοποθετήθηκε σε σημείο όπου υπήρχε ορατότητα προς όλη τη γάστρα του σκάφους. Το στήσιμό του έγινε πάνω στο βιομηχανικό τρίποδα, οριζοντιώθηκε με τρικόχλιο και ανοίχτηκαν τα καπάκια και η ασφάλειά του, συνδέθηκε με μια πρίζα για ηλεκτρική ενέργεια, καθώς και ένα laptop (μέσω καλωδίου LAN), στο οποίο περιέχεται το πρόγραμμα οδήγησης του σαρωτή (Leica Cyclone).

Στη συνέχεια έγινε από τον υπολογιστή σύνδεση και διάβασμα του σαρωτή. Δημιουργήθηκε ειδικό αρχείο στο οποίο επρόκειτο να εμπεριέχονται όλες οι σαρώσεις. Τα αρχεία αυτά έχουν το όνομα ScanWorld.



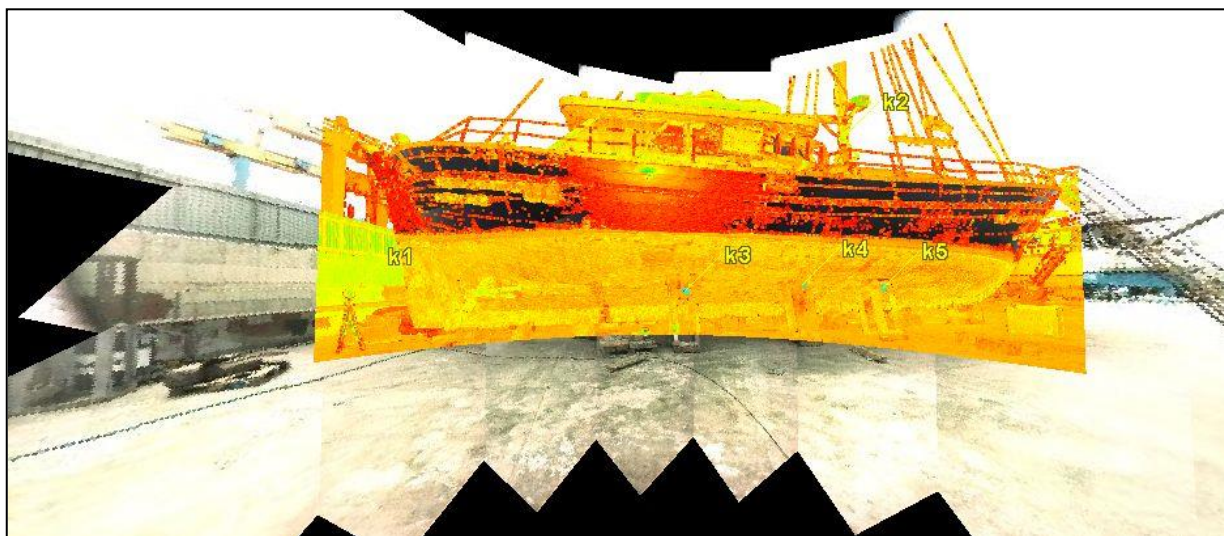
Εικόνα 4.6. Αρχεία σάρωσης εντός του προγράμματος

Μετά τη σύνδεση και τη δημιουργία φακέλων για κάθε σάρωση, επιλέχθηκε εντολή αναγνώρισης του γύρω χώρου από το όργανο (field of view). Με αυτή την εντολή ο σαρωτής παίρνει φωτογραφίες γύρω του, οι οποίες μπορούν να θεαθούν από το πρόγραμμα στον υπολογιστή.

Από την ορατή εικόνα στο πρόγραμμα, επιλέχθηκε στην συνέχεια από τον χειριστή το πεδίο σάρωσης. Τα όρια του πεδίου είναι γωνίες

διεύθυνσης, των οποίων η αρχή συνήθως είναι η διεύθυνση θέασης όταν ανοίγει το όργανο για τις οριζόντιες, και το οριζόντιο επίπεδο από το κέντρο του οργάνου για τις κατακόρυφες.

Αφότου επιλέχθηκε και η πυκνότητα των σημείων για τη σάρωση, εκτελέστηκε η σάρωση από το όργανο. Κατόπιν έπρεπε να αναγνωρισθούν και τα ειδικά σημεία στόχοι (όσα ήταν ορατά σε αυτό το σκανάρισμα) που είχαν τοποθετηθεί στο στάδιο της προεργασίας.



Εικόνα 4.7. Θέα από το πρόγραμμα οδήγησης του σαρωτή στο τέλος της σάρωσης

Αρχικά έγινε μια μετωπική σάρωση του σκάφους, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.7. Μετά όμως κρίθηκε αναγκαίο να πραγματοποιηθούν επιπλέον στάσεις και σαρώσεις με το όργανο, μια πίσω από την πρύμνη από σημείο όπου δε καλύπτεται η γάστρα από την προπέλα στο πίσω μέρος του σκάφους, και ακόμα μια μπροστά και λοξά της πλώρης για κάλυψη τυφλών σημείων και από εκείνη τη πλευρά.

Σε κάθε στάση του οργάνου, σε περίπτωση που στην αρχικά σκοπευόμενη περιοχή σάρωσης δεν εμπεριέχονταν τα σημεία σύνδεσης, πραγματοποιήθηκαν κι άλλες σαρώσεις στοχευμένες ειδικά στα σημεία αυτά.



Εικόνα 4.8. Αναγνωρισμένος ειδικός στόχος από το λογισμικό

4.4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Το προϊόν της σάρωσης, δηλαδή τα διάφορα νέφη σημείων, μπορούν να δώσουν εξ' αρχής το ζητούμενο ψηφιακό μοντέλο. Πρέπει όμως πρωτύτερα να συνενωθούν όλα σε ένα αρχείο.

Για αυτό το λόγο έγινε συνένωση των νεφών, ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία και κατασκευή ενός και μόνο μοντέλου.

Η συνένωση νεφών διαφορετικών σαρώσεων μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, οι οποίοι αναφέρονται συνοπτικά παρακάτω:

- Με αναγνώριση από το λογισμικό κοινών ειδικών στόχων, που λειτουργούν ως σημεία σύνδεσης μεταξύ των διαφόρων νεφών (target registration).
- Με χρήση ομόλογων σημείων μεταξύ των νεφών (cloud registration). Εδώ χρησιμοποιούνται τα σαρωμένα σημεία που είναι κοινά και στα δυο νέφη, ανήκουν δηλαδή στον επικαλυπτόμενό τους χώρο. Για μια επιτυχή και ορθή συνένωση συνήθως απαιτείται μια επικάλυψη τουλάχιστον 30% μεταξύ των νεφών (δηλαδή, τουλάχιστον 30% των σημείων τους να είναι κοινά).
- Με γεωαναφορά κάποιων σημείων εντός των νεφών (georeference), δηλαδή η αναγνώριση σημείων στα νέφη με δοσμένες συντεταγμένες, που μπορούν να εντάξουν τα διαφορετικά νέφη στο ίδιο σύστημα.
- Τέλος, με συνδυασμό κάποιων από τις παραπάνω μεθόδους (συνήθως των δυο πρώτων).

Προαπαιτούμενο σε όλες τις μεθόδους είναι η ύπαρξη τουλάχιστων τριών κοινών σημείων, ώστε να καλύπτονται οι βαθμοί ελευθερίας προκειμένου να πραγματοποιηθεί μετάθεση και στροφή των συστημάτων σε ένα κοινό.

Σε αυτή την εργασία χρησιμοποιήθηκε η πρώτη διαδικασία συνένωσης νεφών. Οι ειδικοί στόχοι K1 έως K5 αποτέλεσαν τα σημεία σύνδεσης των διαφόρων νεφών.

Η διαδικασία της συνένωσης πραγματοποιήθηκε στο ίδιο λογισμικό που είναι αποθηκευμένα τα δεδομένα των νεφών, δηλαδή το Leica Cyclone.

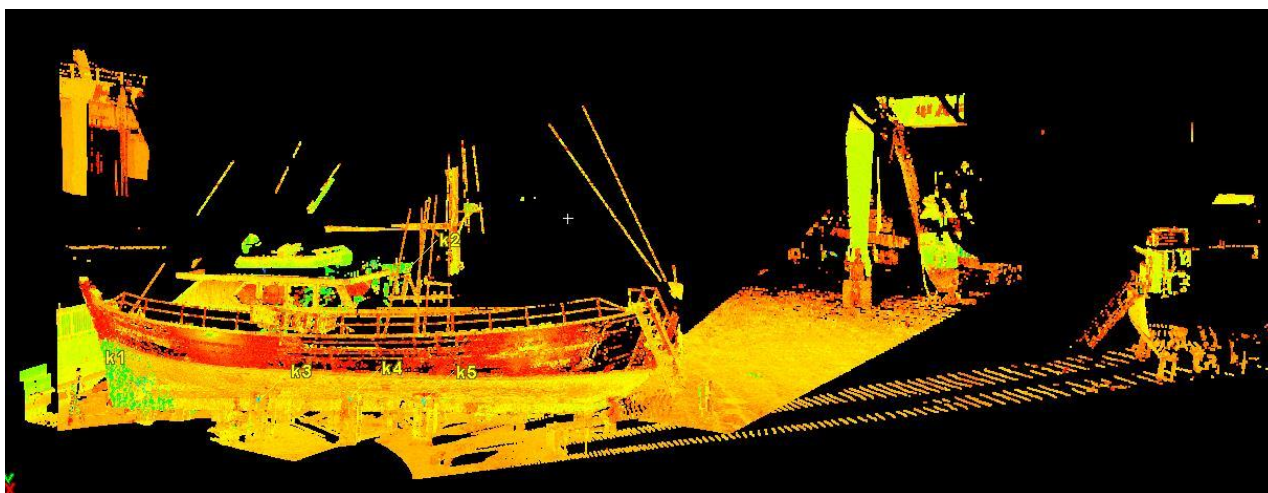
Πρώτο βήμα ήταν η δημιουργία ενός νέου αρχείου Scanworld που περιέχει τα σημεία σύνδεσης, των οποίων τα δεδομένα (όνομα, συντεταγμένες) πήρε από ένα αρχείο .txt.

Για την έναρξη της συνένωσης επιλέχθηκε να δημιουργηθεί νέα καταχώρηση (registration). Εντός του παραθύρου που ανοίχθηκε επιλέχθηκαν και προστέθηκαν όλα τα επιθυμώμενα scanworlds (πραγματοποιηθείσες σαρώσεις).

Το λογισμικό μπορεί να αναγνωρίσει του κοινούς στόχους μέσω της εντολής constraints. Εδώ οι κοινοί στόχοι εισήχθησαν αυτόματα με την εντολή «**Auto add constraints**».

Στη συνέχεια, με την εντολή «**Registration->Register**» γίνεται η τελική συνένωση του νέφους σημείων. Με την επιλογή του «**Constraint list**» βλέπουμε τα σφάλματα των σημείων κατά τη συνένωση, και αν υπάρχει πρόβλημα με αυτά.

Για τη δημιουργία και την τελική αποθήκευση του νέφους χρησιμοποιούνται οι εντολές «**Create Scanworld/Freeze Registration**» και «**Registration-> Create and open Modelspace**». Με την ολοκλήρωσή τους, είναι πλέον δυνατή η θέαση και επεξεργασία του συνενωμένου νέφους σημείων.



Εικόνα 4.9. Το τελικό νέφος σημείων μετά συνένωσης

4.5. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

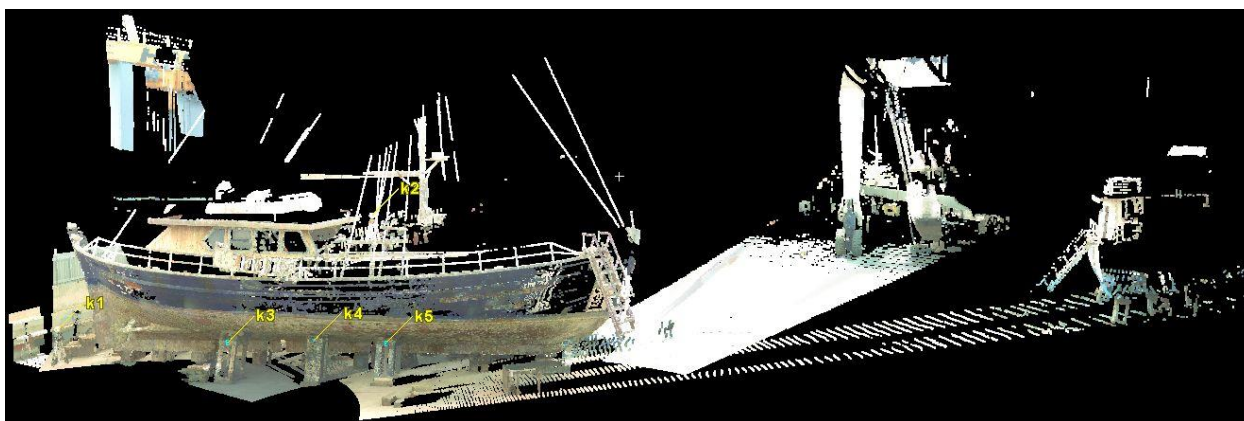
Αφότου κατασκευάστεί το συνολικό νέφος σημείων, μπορεί πια να γίνει η επεξεργασία του, για να φτιαχτεί το τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο του τρεχαντηριού.

Για την κατασκευή του τελικού μοντέλου, πραγματοποιήθηκε επεξεργασία του νέφους σημείων από τρία διαφορετικά προγράμματα. Τα προγράμματα αυτά είναι το Leica Cyclone, το Geomagic, και το Rhinoceros3D.

Το Cyclone και το Rhinoceros έχουν αναφερθεί σε προηγούμενα τμήματα της εργασίας (Κεφ. 2, Κεφ. 3). Το Geomagic είναι ένα επιπλέον πρόγραμμα, το οποίο χρησιμοποιείται σε τοπογραφικές και άλλου είδους εφαρμογές. Είναι και αυτό ένα πρόγραμμα επεξεργασίας τρισδιάστατων μοντέλων, με το οποίο είναι δυνατή η επεξεργασία νεφών σημείων και τρισδιάστατων επιφανειών, κατασκευασμένων από τρίγωνα.

Η διαδικασία συνεχίζει από το συνενωμένο νέφος, μέσα στο αρχείο του Cyclone.

Το πρόγραμμα, πέρα από την τεχνική σκίαση, δίνει τη δυνατότητα διατήρησης του χρωματισμού πραγματικών συνθηκών φωτισμού που είχαν τα σημεία κατά τη διάρκεια της αποτύπωσης. Αυτό φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 4.10. Χρωματισμένο νέφος σάρωσης στο Leica Cyclone

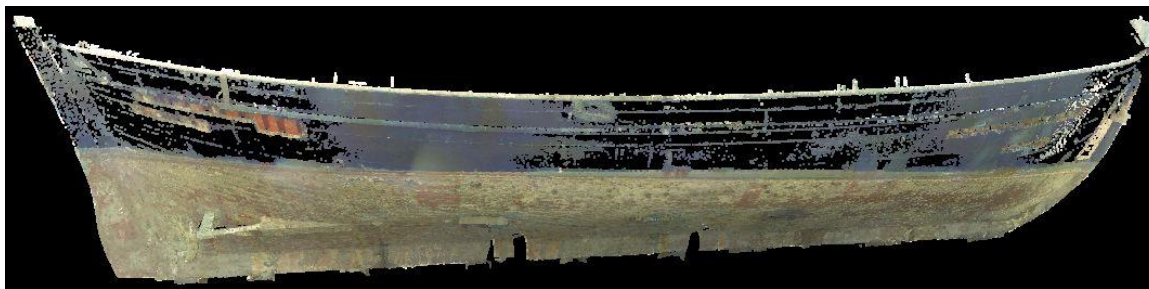
Πρώτο βήμα είναι η απομόνωση μόνο των σημείων που χρειάζονται, και η αφαίρεση των περιττών, όπως το γύρω σαρωμένο περιβάλλον (έδαφος, σκοιριά, στηρίγματα, και παρόμοια αντικείμενα).

Μια τέτοια πρώτη ενέργεια μπορεί να γίνει στο ίδιο πρόγραμμα. Το πρόγραμμα δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα δημιουργίας ενός πλαισίου δύο διαστάσεων, έτσι ώστε να μπορεί να διαγράψει όλα τα σημεία εντός του, ή αντιθέτως, να κρατήσει μόνο αυτά και να διαγράψει όλα όσα βρίσκονται εκτός του. Η εντολή αυτή λέγεται «**Fence->Delete**».

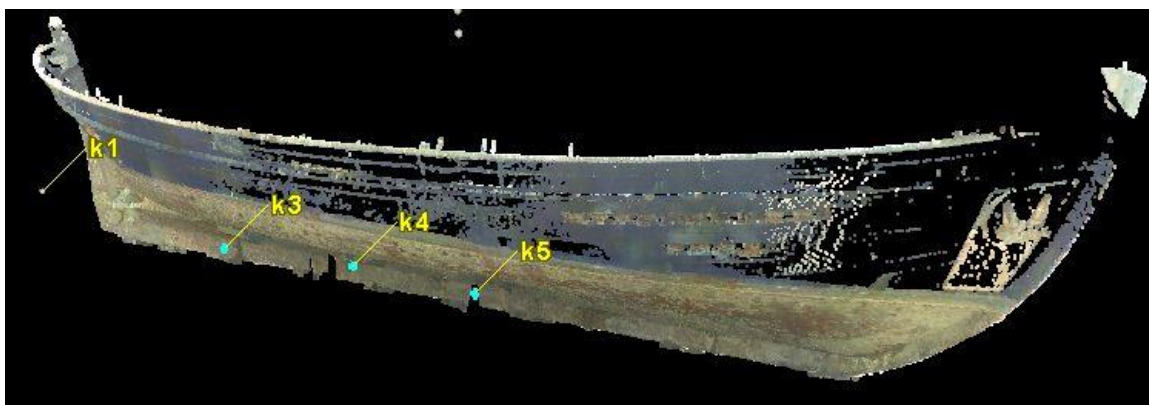
Επαναλαμβάνοντας αυτό το βήμα, αφαιρέθηκε όλη η άχρηστη πληροφορία, μέχρι που έμεινε μόνο εκείνο το κομμάτι των σημείων που ανήκει στη σαρωμένη επιφάνεια του σκάφους.

Από το αρχικό πλήθος των 1.673.364 σημείων που σαρώθηκαν, με την παραπάνω εντολή το νούμερό τους έπεσε στα 1.050.826. Δηλαδή αφαιρέθηκαν σαν άχρηστη πληροφορία του χώρου σάρωσης πάνω από 600.000 σημεία.

Το αποτέλεσμα αυτής της αφαίρεσης φαίνεται στις εικόνες 4.11 και 4.12.



Εικόνα 4.11. Νέφος σημείων στο Cyclone μετά πρώτης αφαίρεσης

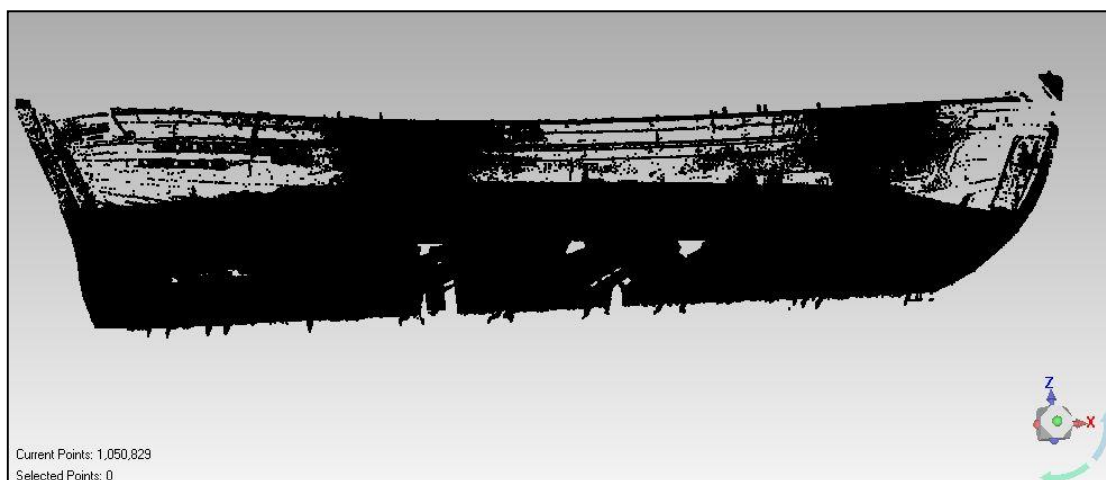


Εικόνα 4.12. Νέφος σημείων στο Cyclone μετά πρώτης αφαίρεσης

Το παραπάνω αποτέλεσμα εξήχθηκε («**Export**») από το Leica Cyclone για την συνέχιση της επεξεργασίας του νέφους.

Στη συνέχεια πέρασε το νέφος στο Geomagic, στο οποίο εισήχθη με την εντολή «**File->Import**».

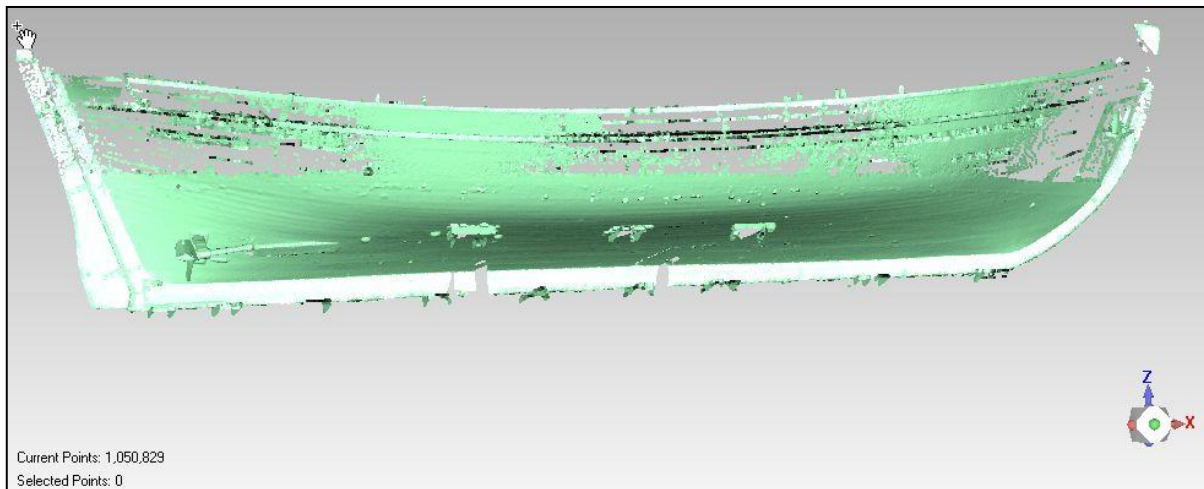
Το νέφος σημείων, όταν εισάγεται σε αυτό το πρόγραμμα, δε διατηρεί κανένα χρώμα του, παρά είναι όλο μαύρο. Αυτό φαίνεται και στην εικόνα 4.13.



Εικόνα 4.13. Νεοεισαχθέν νέφος σημείων στο Geomagic

Η επεξεργασία του νέφους γίνεται πολύ δύσκολη χωρίς την ύπαρξη χρωμάτων, καθώς δεν μπορεί να γίνει αντιληπτή η γεωμετρία του νέφους, και χωρίς σκιές δεν αναγνωρίζεται εύκολα το βάθος του αντικειμένου. Η εισαγωγή χρώματος εδώ έγινε με την εντολή «**Points->Shading**», η οποία δίνει μια πράσινη μονοχρωματική χροιά στο νέφος, αλλά χάρη σε αυτό μπορεί να γίνει καλύτερα αντιληπτό το σχήμα της γάστρας.

Έτσι, κάθε σημείο λαμβάνει ξεχωριστό χρωματικό τόνο, ανάλογα με τη θέση του ως προς την τεχνητή πηγή φωτός που δημιουργεί το πρόγραμμα. Αυτό φαίνεται στη παρακάτω εικόνα.



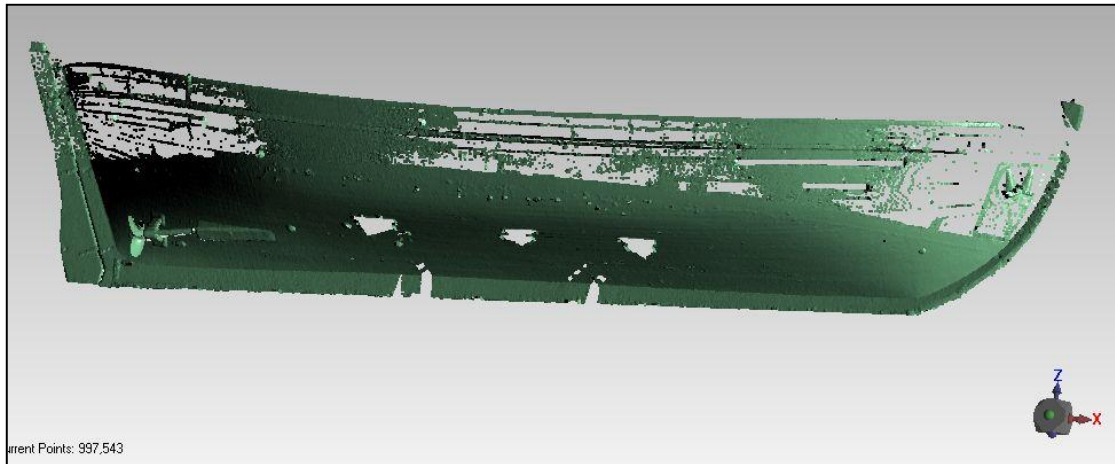
Εικόνα 4.14. Χρωματισμός και φωτισμός των σημείων

Μετά από το χρωματισμό έπεται ο τελικός καθαρισμός του μοντέλου.

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα προσφέρει πολύ μεγαλύτερη λεπτότητα στη διαδικασία αφαίρεσης θορύβου και περιττών σημείων απ' ότι το προηγούμενο πρόγραμμα.

Λόγω της μεγαλύτερης λεπτομέρειας στη κίνηση του μοντέλου, ήταν ευκολότερη εδώ η αφαίρεση όλων των περιττών σημείων, όπως εξογκώματα στη γάστρα, ή αναπαραστάσεις αδιάφορων για την εργασία αντικειμένων (π.χ. τα απομεινάρια των στηριγμάτων).

Από τον καθαρισμό αυτό αφαιρέθηκαν περίπου άλλα 63.000 σημεία. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα 4.15.



Εικόνα 4.15. Νέφος μετά του δεύτερου καθαρισμού

Για την περαιτέρω μείωση της τραχύτητας της επιφάνειας του νέφους χρησιμοποιήθηκε η εντολή «**Select Outliers**», που διαθέτει το πρόγραμμα. Είναι ένας αλγόριθμος, ο οποίος βάσει μιας κλίμακας ευαισθησίας αναγνωρίζει σημεία ως θόρυβο και τα αναδεικνύει στο χρήστη.

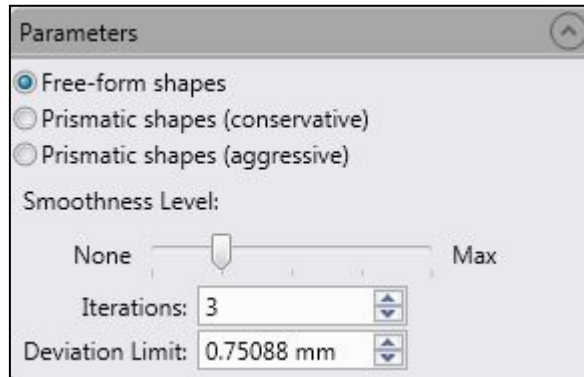
Η χρήση αυτού του αλγορίθμου πρέπει να γίνει με προσοχή, καθώς το πρόγραμμα μπορεί να αναγνωρίσει ως θόρυβο σημεία τα οποία για το χρήστη είναι χρήσιμα.

Σε αυτή το σημείο επιλέχθηκε η παράμετρος ευαισθησίας να είναι 75%, παρόλο που έγιναν και δοκιμές με διαφορετική τιμή της παραμέτρου αυτής.

Στο στάδιο αυτό το πρόγραμμα αναγνώρισε ως θόρυβο 8.592 σημεία, τα οποία και αφαίρεσε.

Μια τελευταία λειτουργία εξομάλυνσης του νέφους έγινε με την εντολή «**Reduce noise**», της οποίας η λειτουργία φαίνεται από το όνομά της. Σε αυτή υπάρχει αλγόριθμος ο οποίος πάλι με κάποιες παραμέτρους αναγνωρίζει σημεία ως θόρυβο, αλλά αυτή τη φορά τα μετακινεί, προκειμένου να δημιουργηθούν ομαλότερες επιφάνειες.

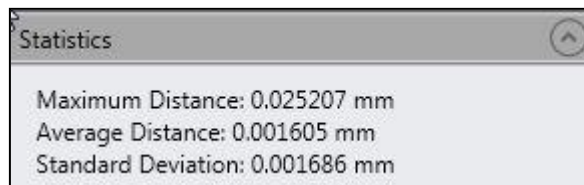
Η τιμή ομαλότητας, με εύρος από 0 έως 4 τέθηκε στο 1. Ζητήθηκε από τον αλγόριθμο να τρέξει τρεις επαναλήψεις, και το όριο μετακίνησης ενός σημείου να είναι περίπου 0,751 μέτρα. Ακόμα, από τις επιλογές τσεκαρίστηκε αυτή με όνομα «**Free form shapes**» (σχήματα ελεύθερης μορφής), καθώς η επιφάνεια του νέφους αποτελείται από πολύπλοκους γεωμετρικούς σχηματισμούς, τους οποίους δεν μπορούν να αναπαραστήσουν απλούστερα μαθηματικά μοντέλα.



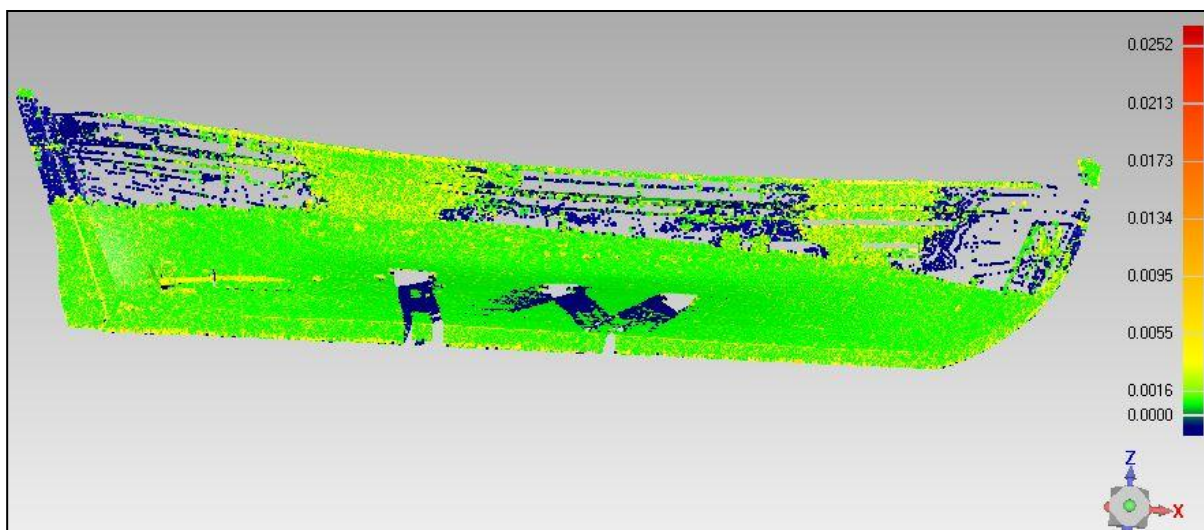
Εικόνα 4.16. Παράμετροι μείωσης θορύβου

Με το τρέξιμο της εντολής αυτής δίνεται ένας στατιστικός πίνακας με τις μέσες και ακραίες μετακινήσεις που υπέστησαν τα σημεία του νέφους. Ακόμα, υπάρχει και η επιλογή χρωματισμού των σημείων του νέφους, των οποίων το χρώμα σχετίζεται με την ολική μετακίνηση που υπέστησαν κατά το τρέξιμο του αλγορίθμου. Όσο θερμότερο το χρώμα, τόσο μεγαλύτερη η μετακίνηση που υπέστη το σημείο.

Η μέση μετακίνηση ήταν περίπου 1,5 χιλιοστό, ενώ η μέγιστη ήταν 2,5 εκατοστά.



Εικόνα 4.17. Στοιχεία με εκτέλεση εντολής Reduce noise



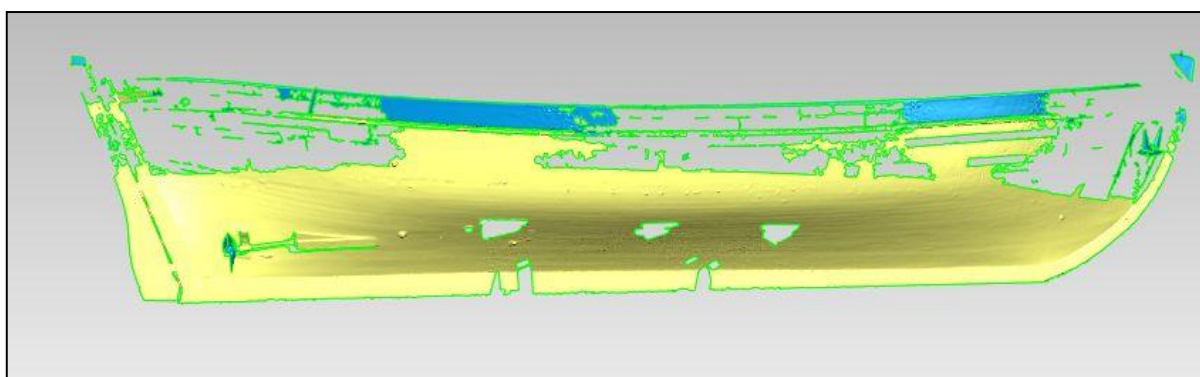
Εικόνα 4.18. Χρωματισμός σημείων κατά την εντολή Reduce noise

Έχοντας ολοκληρώσει πλέον αυτή την εντολή, τελείωσε και το σύνολο των ενεργειών που μπορούσαν να γίνουν για την επεξεργασία του μοντέλου σε μορφή νέφους σημείων.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η μετατροπή και επεξεργασία του ως τρισδιάστατο μοντέλο τριγωνικών επιφανειών.

Για να μοντελοποιηθεί η επιφάνεια της γάστρας χρησιμοποιήθηκε η εντολή «**Wrap**». Με την εντολή αυτή εφαρμόζονται τρίγωνα πάνω στο νέφος, των οποίων οι κορυφές είναι τα σημεία του νέφους σημείων. Η διαδικασία αυτή είναι πρακτικώς δυνατή μόνο αφού είχε προηγηθεί ο καθαρισμός των περιττών στοιχείων και του θορύβου.

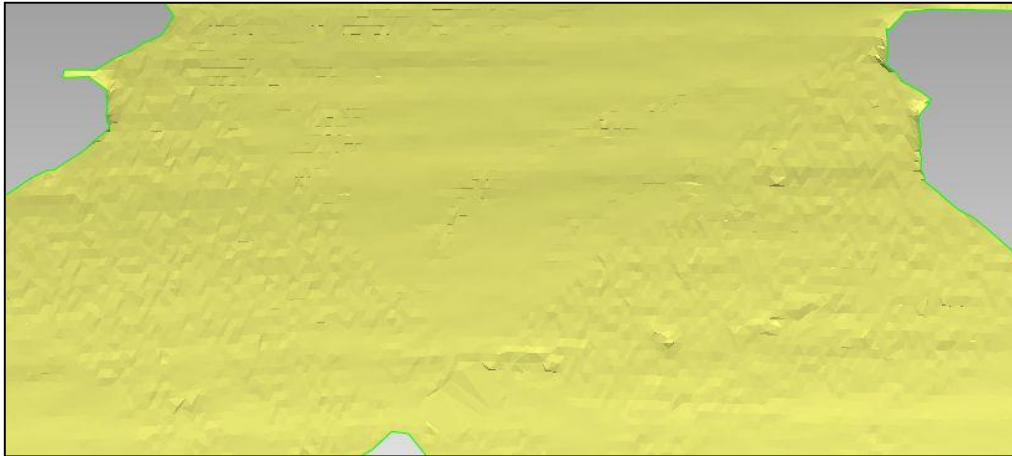
Κατά τη διεξαγωγή της εντολής αυτής υπήρχε η επιλογή αφαίρεσης και διαγραφής στοιχείων που το πρόγραμμα θεωρούσε μεμονωμένα. Αυτή όμως δεν επιλέχθηκε, καθώς όλα τα εναπομείναντα αντικείμενα θεωρήθηκαν χρήσιμα.



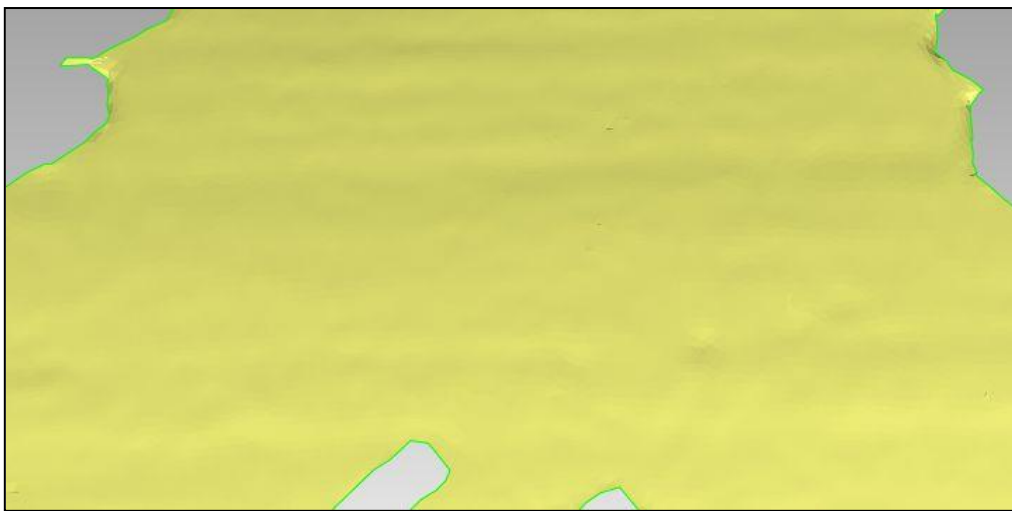
Εικόνα 4.19. Μοντελοποιημένη επιφάνεια μετά την εντολή Wrap

Με τη μοντελοποίηση υπήρχαν ακόμα κάποια θέματα, όπως διπλά τρίγωνα (self-intersection), απότομες κορυφώσεις της επιφάνειας (spikes), και μικρές τρύπες (holes). Τα μικροπροβλήματα αυτά αφαιρέθηκαν με τη χρήση της εντολής «**Mesh Doctor**». Η εντολή αυτή αναγνωρίζει τα παραπάνω θέματα ως σφάλματα και τα εξαλείφει.

Επιπλέον εξομάλυνση της επιφάνειας έγινε με τη χρήση της εντολής «**QuickSmooth**». Η εντολή αυτή επιτρέπει τη χειροκίνητη επιλογή μιας συγκεκριμένης περιοχής η οποία θεωρείται τραχεία, και την εξομαλύνει ακόμα περισσότερο.

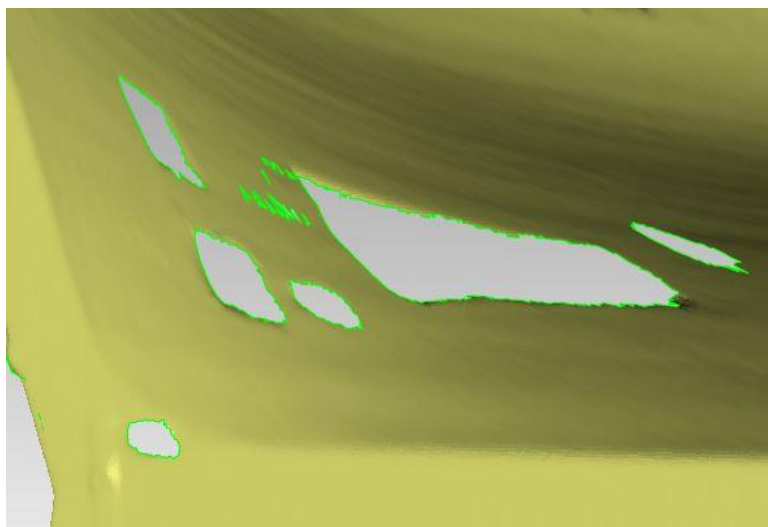


Εικόνα 4.20. Επιφάνεια πριν την εντολή QuickSmooth



Εικόνα 4.21. Επιφάνεια μετά την εντολή QuickSmooth

Μετά την εξομάλυνση της επιφάνειας, αποφασίστηκε να αφαιρεθούν επιπλέον στοιχεία όπως η προπέλα, το πηδάλιο και η κουπαστή, προκειμένου να μείνει μόνο η επιφάνεια της γάστρας του σκάφους.

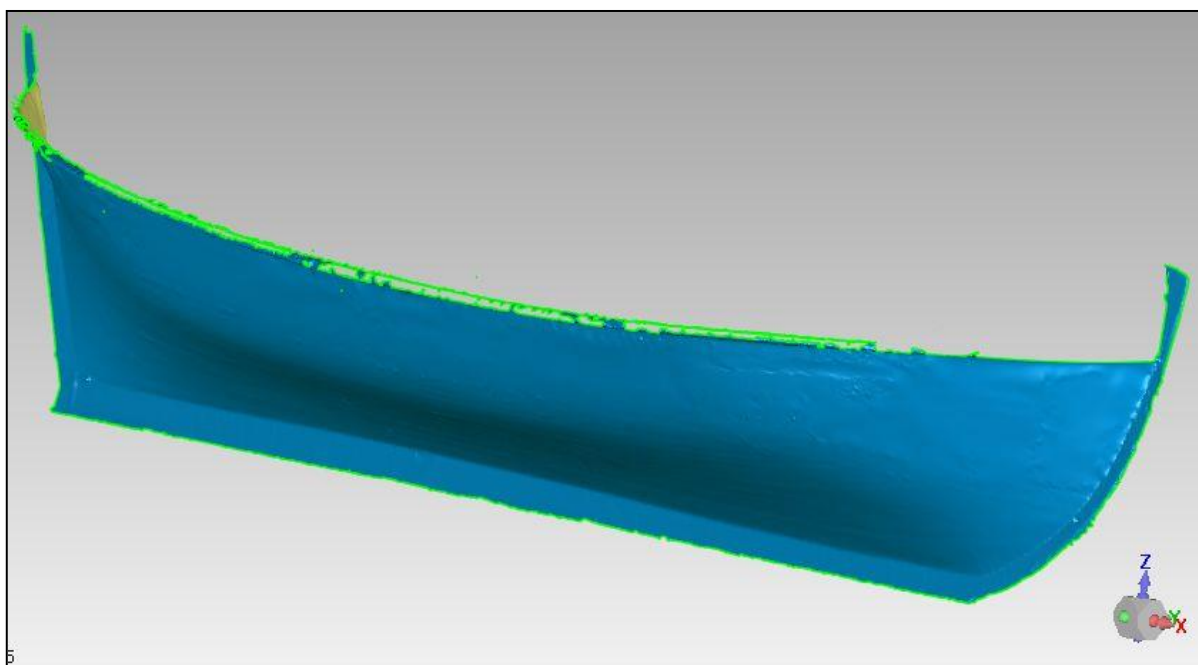


Εικόνα 4.22. Αφαίρεση προπέλας

Στη συνέχεια έπρεπε να κλείσουν όλες οι ανοικτές τρύπες στην επιφάνεια. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η εντολή «**Fill Holes**». Η εντολή αυτή έχει τη δυνατότητα ολικής ή μερικής συμπλήρωσης τρυπών, καθώς και συνένωσης απομακρυσμένων τμημάτων του μοντέλου (bridge). Η συμπλήρωση αυτή μπορεί να γίνει λαμβάνοντας υπόψη την καμπυλότητα των γύρω τριγώνων (curvature) την καμπυλότητα και εφαπτομενική σε αυτά πλήρωση της τρύπας (tangent), ή συμπλήρωσή της με όσο το δυνατόν πιο επίπεδες επιφάνειες (flat).

Έχοντας κάνει αυτές τις ενέργειες επάνω στο μοντέλο, μπορεί να θεωρηθεί ότι αυτό είναι πλήρες. Για διευκόλυνση, όμως στη μελλοντική επεξεργασία του μοντέλου αυτού επιλέχθηκε η εντολή «**Decimate**». Η εντολή αυτή τρέχει έναν αλγόριθμο ο οποίος μειώνει το σύνολο των τριγώνων του μοντέλου, χωρίς όμως να αλλάζει (πχ. να γενικεύεται) το σχήμα του. Στην εντολή αυτή επιλέγεται το ποσοστό των αρχικών τριγώνων το οποίο θέλει ο χρήστης να παραμείνει μετά την ολοκλήρωση της εντολής. Στη συγκεκριμένη εντολή η τιμή που δόθηκε στη παράμετρο του ποσοστού ήταν 30%, και παρόλο που θεωρείται χαμηλή, δεν επηρέασε την ποιότητα του μοντέλου.

Έτσι, το τελικό μοντέλο που κατασκευάστηκε από το Geomagic φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

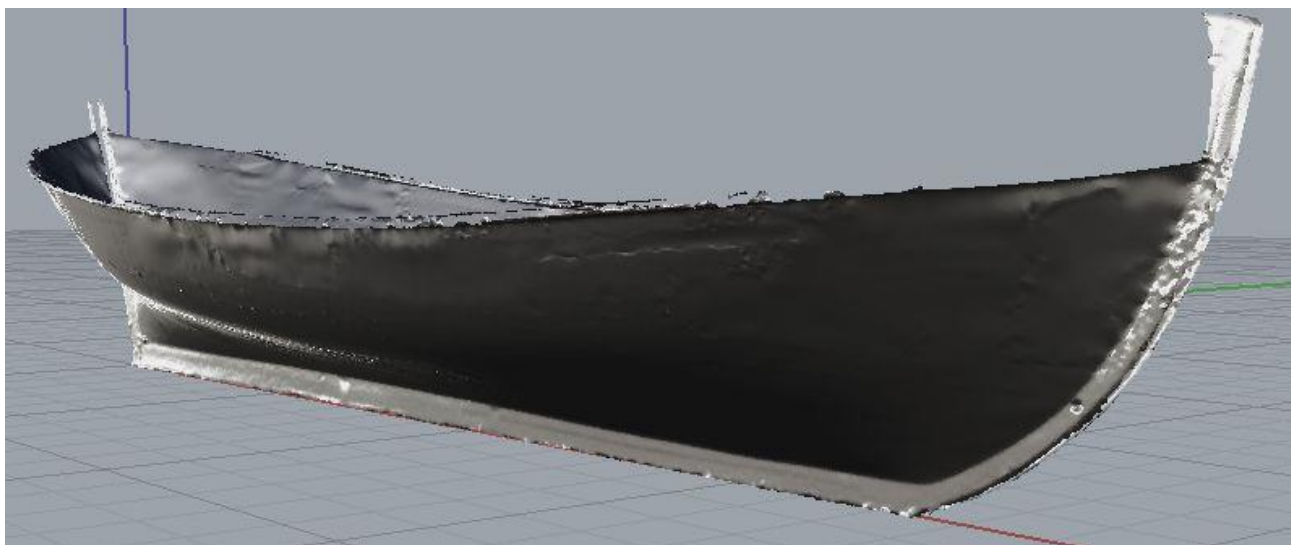


Εικόνα 4.23. Τελική μοντελοποιημένη επιφάνεια στο Geomagic

Το αρχείο του μοντέλου αποθηκεύτηκε σε μορφή .STL, προκειμένου στη συνέχεια να εισαχθεί (import) στο Rhinoceros.

Αφού εισήχθηκε το μοντέλο, έγινε μετακίνηση και στροφή του μοντέλου, έτσι ώστε αυτό να τοποθετηθεί στην αρχή των αξόνων και να βρεθεί το κάτω όριο της καρίνας παράλληλα με τον άξονα X. Στη συνέχεια, έγινε μετατόπιση αυτής της γραμμής βάσει του πάχους της καρίνας.

Τελευταίο κομμάτι είναι η χρήση της εντολής «**Mirror**» ώστε να φτιαχτεί η επιφάνεια της γάστρας και από τις δυο πλευρές, έχοντας ως επίπεδο αναφοράς το επίπεδο XZ.

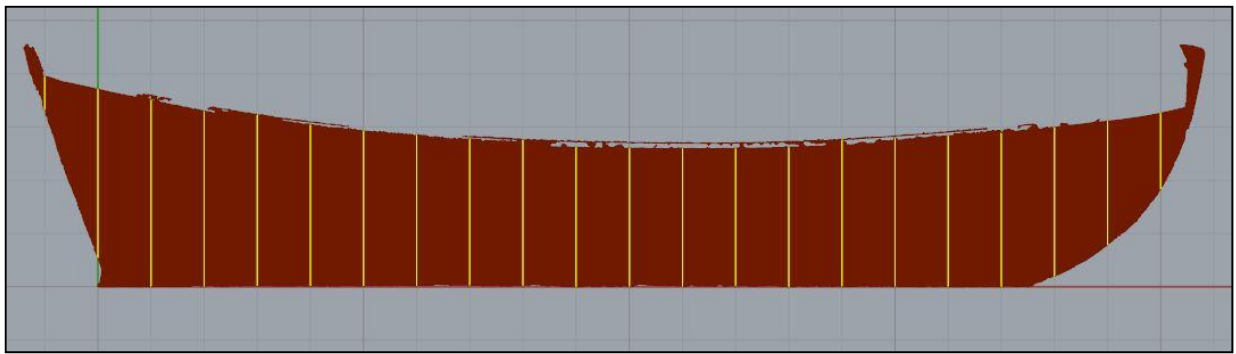


Εικόνα 4.24. Μοντέλο στο rhinoceros

4.6. ΕΞΑΓΩΓΗ ΝΑΥΠΗΓΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

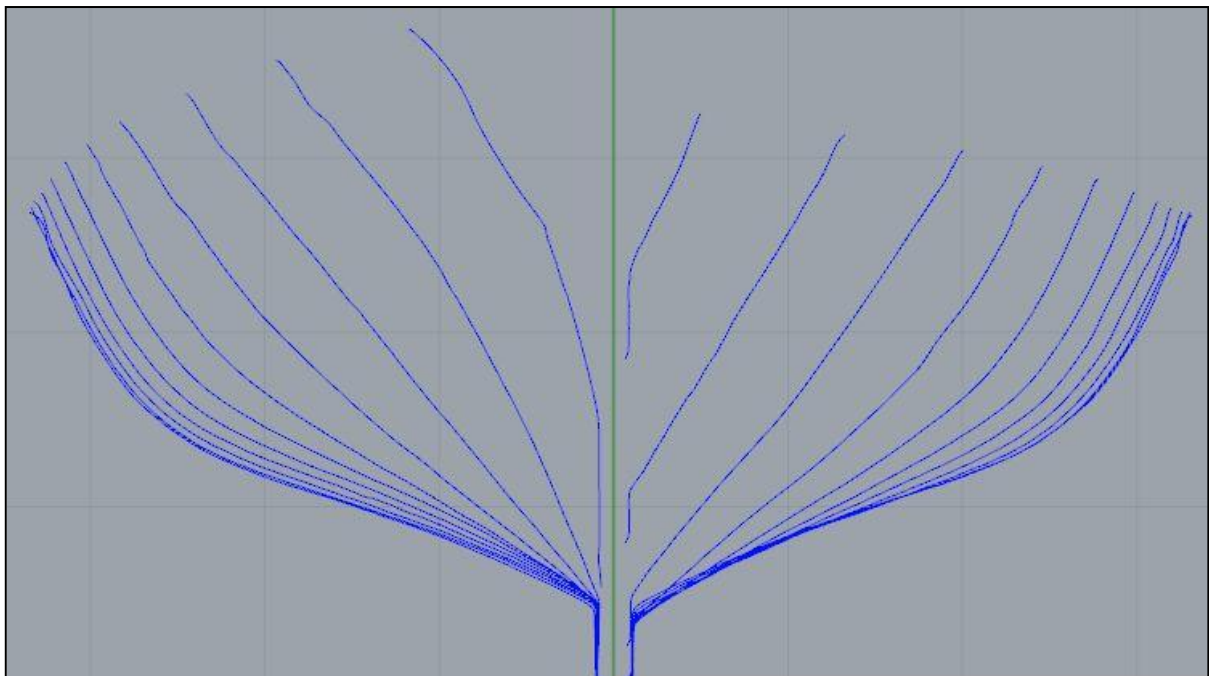
Τελευταία διαδικασία και σε αυτή τη μέθοδο είναι η εξαγωγή ναυπηγικών γραμμών από το σκάφος.

Οι τομές από το μοντέλο του σκάφους δημιουργούνται με την εντολή «**Contour**», όπως και στη μέθοδο με το total station. Το αρχικό σημείο των τομών (αρχή αξόνων), η διεύθυνσή τους (παράλληλα στον X), καθώς και η μεταξύ τους απόσταση (1 μέτρο) παρέμειναν ίδια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη των τομών στις διάφορες μεθόδους στις ίδιες ακριβώς συντεταγμένες (χ), ώστε να μπορεί να γίνει άμεση σύγκρισή τους.



Εικόνα 4.24 Εγκάρσιες τομές στο μοντέλο

Έτσι, οι γραμμές που δημιουργήθηκαν εμφανίζονται στη παρακάτω εικόνα.

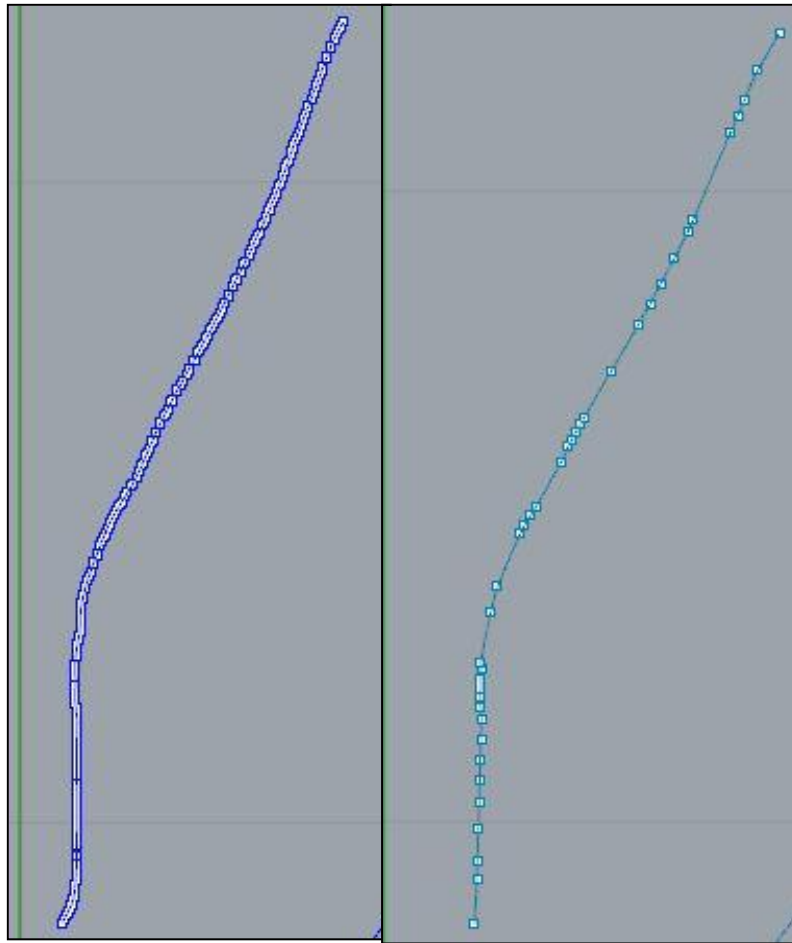


Εικόνα 4.25. Εξαγόμενες γραμμές από την εντολή «Contour»

Για λόγους τόσο λειτουργικούς όσο και για προσωπική διευκόλυνση σε μετέπειτα επεξεργασία τους, έγινε εξομάλυνση των γραμμών. Αυτό γίνεται γιατί, όπως ειπώθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, τα σχέδια στη ναυπηγική πρέπει να απεικονίζουν την ιδεατή μορφή ενός σκάφους.

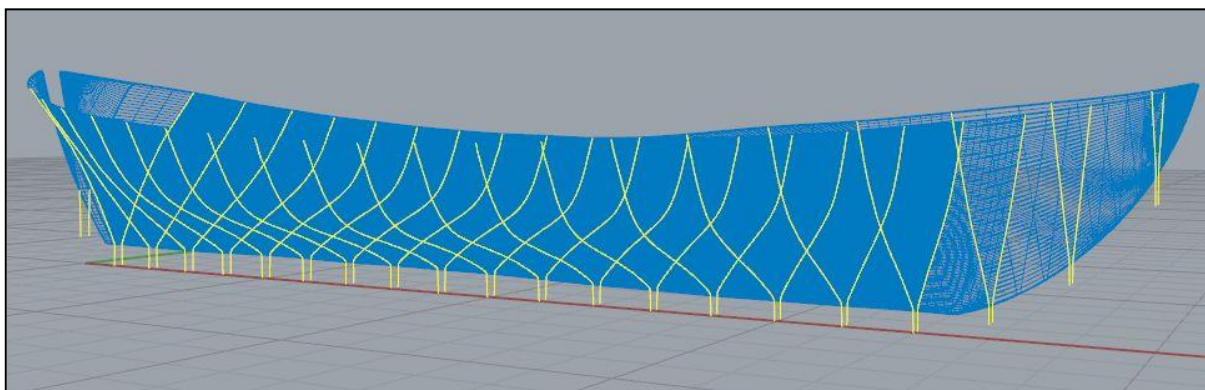
Σε αυτή τη φάση, πρώτα έγινε μια απλοποίηση των γραμμών, δηλαδή σβήστηκε η περιττή πληροφορία, όπως αφαίρεση σημείων τα οποία είναι συνευθειακά, ή συμπυκνωμένα σε συγκεκριμένη θέση. Αυτό έγινε με την εντολή «**Simplify lines and arcs**». Στη συνέχεια έγινε και εμφάνιση των σημείων που απαρτίζουν την κάθε καμπύλη, προκειμένου

να γίνει περαιτέρω χειροκίνητη γενίκευση και εξομάλυνση των καμπυλών.



Εικόνα 4.26. Εξομάλυνση καμπύλης.
Η καμπύλη πριν (αριστερά) και μετά (δεξιά)

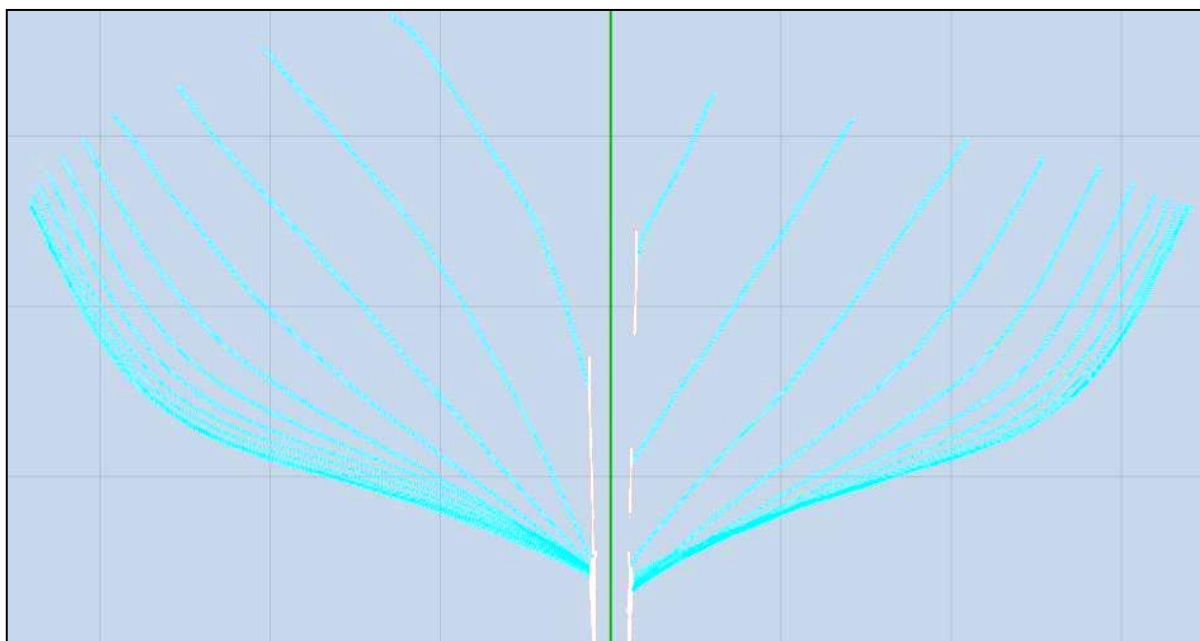
Έχοντας πια τις εξομαλυσμένες καμπύλες έγινε πάλι δημιουργία δευτερεύουσας επιφάνειας, όπως στο Κεφάλαιο 3. Η επιφάνεια εφαρμόστηκε στις καμπύλες αυτές χρησιμοποιώντας ξανά την εντολή «Patch».



Εικόνα 4.27. Δημιουργία δευτερεύοντος μοντέλου

Καθώς η επιφάνεια αυτή δημιουργήθηκε βασισμένη σε ομαλότερες γραμμές, είναι και η ίδια ομαλότερη από αυτήν του αρχικά κατασκευασμένου μοντέλου. Ως αποτέλεσμα, θα δώσει εξίσου ομαλότερες γραμμές από τις τομές της με εγκάρσια επίπεδα.

Με την εντολή «**Contour**» δημιουργήθηκαν και οι τομές στο νέο μοντέλο, τόσο εγκάρσιες (νομείς) όσο και παράλληλες στο οριζόντιο επίπεδο (ίσαλοι). Οι νομείς είχαν βήμα 1 μέτρο, ενώ οι ίσαλοι μισό. Το αποτέλεσμα φαίνεται στη συνέχεια.

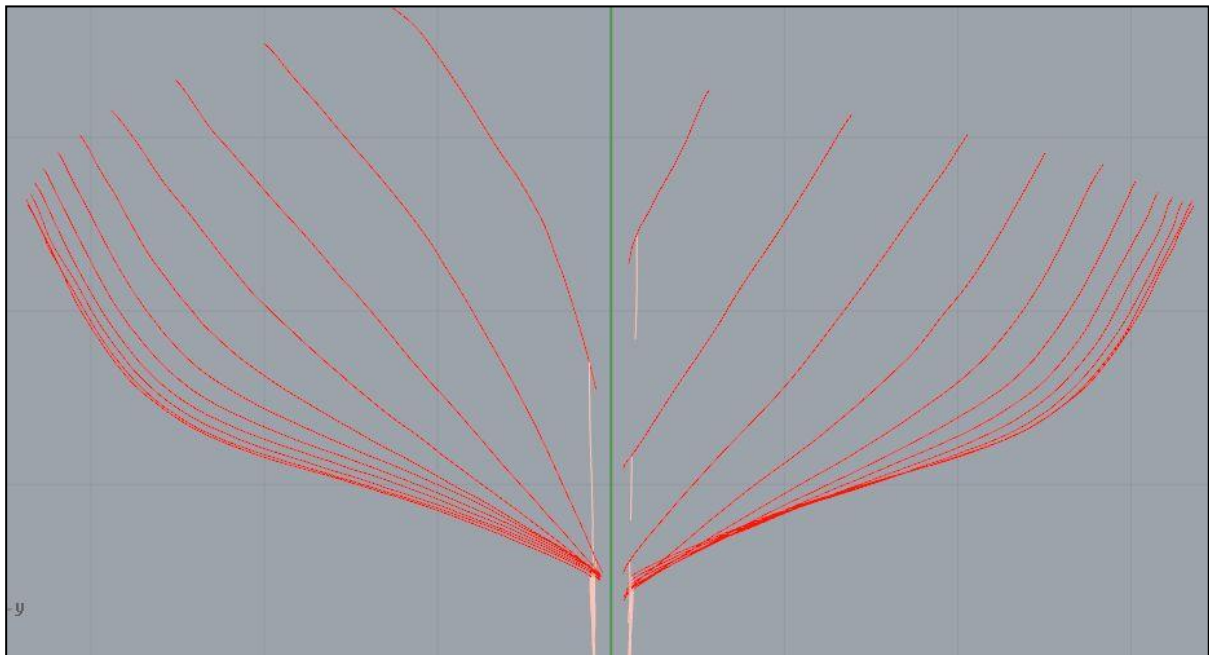


Εικόνα 4.28. Τελικοί νομείς



Εικόνα 4.29. Ίσαλοι από το μοντέλο με μέθοδο με scanner

Τέλος, και σε αυτή τη μέθοδο δημιουργήθηκαν οι εσωτερικές γραμμές του πετσώματος του σκάφους. Αυτό έγινε με την εντολή «**Offset**», και η απόσταση από τις εξωτερικές ορίστηκε στα 5 εκατοστά. Το τελικό προϊόν φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 4.30. Εσωτερικές γραμμές του σκάφους με τη μέθοδο με scanner

4.7. ΣΥΝΟΨΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η μέθοδος αυτή είναι σχετικά καινούρια στην εφαρμογή της σε περιπτώσεις αποτύπωσης σκαφών.

Ο απαιτούμενος εξοπλισμός (επίγειος σαρωτής και παρελκόμενα) έχει υψηλό κόστος και απαιτεί το δικό του ειδικό λογισμικό.

Η διαδικασία αποτύπωσης είναι απλή για κάποιον έμπειρο με τα συγκεκριμένα όργανα, και δίνει τεράστιο όγκο πληροφορίας σε σχετικά μικρό χρόνο.

Για την επεξεργασία των στοιχείων απαιτούνται ειδικά λογισμικά, με τα οποία ο εκάστοτε χρήστης πρέπει να είναι εξοικειωμένος. Η επεξεργασία του τρισδιάστατου νέφους και του μοντέλου παίρνουν περισσότερο χρόνο από την επεξεργασία μεμονωμένων σημείων που έχουν παρθεί από ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό. Όμως, υπάρχει περισσότερη πληροφορία, αν και κομμάτι αυτής είναι άχρηστο.

Το στάδιο τελικής εξαγωγής στοιχείων είναι το ίδιο όπως και στις άλλες μεθόδους, αλλά οι γραμμές που εξάγονται έχουν περισσότερη πληροφορία.

Γενικά, είναι μια διαδικασία η οποία απαιτεί έναν ελάχιστο βαθμό εμπειρίας για να εκτελεστεί ικανοποιητικά σε σχετικά φυσιολογικό χρονικό διάστημα.

5. ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕ ΕΙΚΟΝΟΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται όλα τα στάδια της αποτύπωσης του σκάφους με την τελευταία μέθοδο, αυτή της χρήσης ενός εικονογεωδαιτικού σταθμού (imaging station).

Οι εικονογεωδαιτικοί σταθμοί είναι όργανα που έχουν εμφανιστεί την τελευταία δεκαετία. Τέτοια όργανα είναι ακόμα δυσεύρετα και δύσκολο να αποκτήσει κανείς, αλλά μπορούν να λειτουργήσουν τόσο όπως ένας κανονικός ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός, όσο και όπως ένας σαρωτής. Τα όργανα αυτά έχουν επίσης κάμερα με δυνατότητα λήψης φωτογραφιών, η οποία λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο. Ακόμα, έχουν εγκατεστημένο υπολογιστή με λογισμικό βολικό προς το χρήστη, για πραγματοποίηση όλων των δυνατοτήτων τους. Στη συγκεκριμένη εργασία δεν πάρθηκαν μεμονωμένα σημεία, αλλά έγινε σάρωση της επιφάνειας του σκάφους.

Το κεφάλαιο ακολουθεί την ίδια δομή που είχαν και τα δυο προηγούμενα. Πρώτα γίνεται μια περιγραφή του οργάνου και των βοηθητικών του αντικειμένων. Στη συνέχεια αναφέρεται η προετοιμασία και η διεξαγωγή της αποτύπωσης του σκάφους στο πεδίο. Μετά γίνεται η επεξεργασία των ψηφιακών δεδομένων που πάρθηκαν στο στάδιο της αποτύπωσης. Κατόπιν γίνεται η μοντελοποίηση της επιφάνειας της γάστρας βάσει των επεξεργασμένων δεδομένων. Στο τέλος και αυτού του κεφαλαίου γίνεται μια συνοπτική περιγραφή όλων των διεργασιών με αυτή τη μέθοδο.

5.2. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Στη συγκεκριμένη μέθοδο χρησιμοποιούνται τα παρακάτω:

- **Εικονογεωδαιτικός σταθμός Topcon IS-3:** Είναι ένα από τα πιο σύγχρονα όργανα, το οποίο χρησιμοποιείται σε γεωδαιτικές εφαρμογές. Έχει τη δυνατότητα σκόπευσης μεμονωμένων σημείων, όπως ένας γεωδαιτικός σταθμός, αλλά και σάρωσης επιφανειών όπως ένα laser scanner. Η ακρίβεια μέτρησης γωνιών του σταθμού είναι 5'' (ή 15cc), και η ακρίβεια μέτρησης αποστάσεων είναι $\pm 2\text{mm} \pm 2\text{ppm}$ με εμβέλεια έως 3000μ. με χρήση κατοπτρικού πρίσματος, και $\pm 3\text{mm} \pm 2\text{ppm}$ με εμβέλεια έως 250 μ. σε κατάσταση reflectorless, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του

κατασκευαστή. Ακόμα, στο όργανο υπάρχουν 2 κάμερες υψηλής ανάλυσης, το αντικείμενο λήψης των οποίων φαίνεται σε οθόνες αφής (μπρος και πίσω) στο όργανο. Η μέγιστη ταχύτητα σάρωσης του οργάνου είναι 20 σημεία/δευτερόλεπτο. Επιπλέον, στο όργανο περιέχεται ειδικό για αυτό λειτουργικό Windows. Τέλος, το όργανο διαθέτει ρομποτική κίνηση σε μότερες, καθώς και μια κεραία μέσω της οποίας μπορεί να γίνει χρήση του από μακρινή απόσταση. (Πηγή: <https://www.topconpositioning.com>)



Εικόνα 5.1 Εικονοσταθμός Topcon IS-3

Ακόμα, μαζί με το όργανο χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια παρελκόμενα που χρησιμοποιούνται με έναν ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό, δηλαδή:

- **Κλασσικός τρίποδας γεωδαισίας**
- **Βάση τρίποδα αράχνη/αστερίας:** Για τον ίδιο λόγο που χρειάστηκε στις εργασίες με ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό.
- **Στυλός με κατάφωτο**
- **Αυτοκόλλητα-στόχοι:** Απλοί στόχοι-αυτοκόλλητα, που μπορούν να κολλήσουν και να μείνουν σταθερά σε οποιαδήποτε επιφάνεια κι αν τοποθετηθούν.

5.3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

Παρακάτω φαίνονται όλες οι ενέργειες που έγιναν στο πεδίο, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η αποτύπωση του σκάφους και με αυτή την τελευταία μέθοδο.

5.3.1. Προεργασία

Όπως και με τον σαρωτή, έτσι και εδώ δεν χρειάζεται δημιουργία νέου συστήματος αναφοράς, αφού χρησιμοποιείται το ίδιο με αυτό της μεθόδου με total station.

Για την ένταξη στο σύστημα αναφοράς, χρειάστηκαν τα αυτοκόλλητα. Τα αυτοκόλλητα τοποθετήθηκαν κατά μήκος της κουπαστής του πλοίου, τέσσερα στο σύνολο, και στο καθένα δόθηκε κωδική ονομασία A (με τους αριθμούς να αυξάνουν πηγαίνοντας από την πρύμνη στην πλώρη).



Εικόνα 5.2. Η θέση του αυτοκόλλητου-στόχου A1

Για να δοθούν συντεταγμένες στα αυτοκόλλητα, έγινε σκόπευσή τους από γνωστή στάση του συστήματος αναφοράς με γεωδαιτικό σταθμό.

Τα αποτελέσματα και οι τελικές συντεταγμένες δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Σημείο	X (m)	Y (m)	Z (m)
A1	2,236	4,200	4,115
A2	6,287	3,733	3,815
A3	10,499	3,704	3,812
A4	14,880	4,055	4,049

Πίνακας 5.1. Συντεταγμένες αυτοκόλλητων-στόχων

5.3.2. Πραγματοποίηση Αποτύπωσης

Η όλη διαδικασία αποτύπωσης με αυτή τη μέθοδο ήταν αρκετά απλή.

Αρχικά, το όργανο τοποθετήθηκε σε τρίποδα με βάση-αράχνη και στήθηκε σε σημείο από το οποίο υπήρχε πλήρης ορατότητα προς όλη την επιφάνεια της γάστρας.

Επειδή το στήσιμο του οργάνου έγινε σε άγνωστο σημείο, έπρεπε να γίνει η ένταξή του στο χρησιμοποιούμενο σύστημα αναφοράς. Για αυτό το λόγο, από το όργανο σκοπεύθηκαν οι στάσεις Σ1, Σ2 και Σ3 του συστήματος, καθώς και τα σημεία A1 έως A4 που αποτελούσαν τα αυτοκόλλητα. Με αυτό τον τρόπο έγινε δυνατή η εύρεση των συντεταγμένων της τυχαίας αυτής στάσης του οργάνου, η οποία ονομάστηκε E1. Η διαδικασία με την οποία υπολογίστηκαν οι συντεταγμένες της θα αναφερθεί παρακάτω.

Αφότου έγιναν αυτές οι μετρήσεις, από το λογισμικό του οργάνου δημιουργήθηκε αρχείο που θα περιείχε την εν συνεχεία σάρωση.

Για να γίνει η σάρωση, από την οθόνη διεπαφής επιλέχθηκε μια τεθλασμένη γραμμή που περιείχε όλο το σκάφος. Με κλείσιμο αυτής της γραμμής, ο εικονογεωδαιτικός σταθμός πήρε φωτογραφίες της περικλειόμενης επιφάνειας.



Εικόνα 5.3. Δύο λήψεις του σκάφους από τον IS-3

Μετά τον καθορισμό της περιοχής προς αποτύπωση, έπρεπε να οριστεί η πυκνότητα και μορφή του νέφους σημείων που επρόκειτο να εξαχθεί. Μέσω δοκιμών, επιλέχθηκε το νέφος να έχει μορφή κανάβου, ενώ το βήμα της σάρωσης ορίστηκε να είναι 5 εκατοστά για απόσταση 10m από το σκάφος.

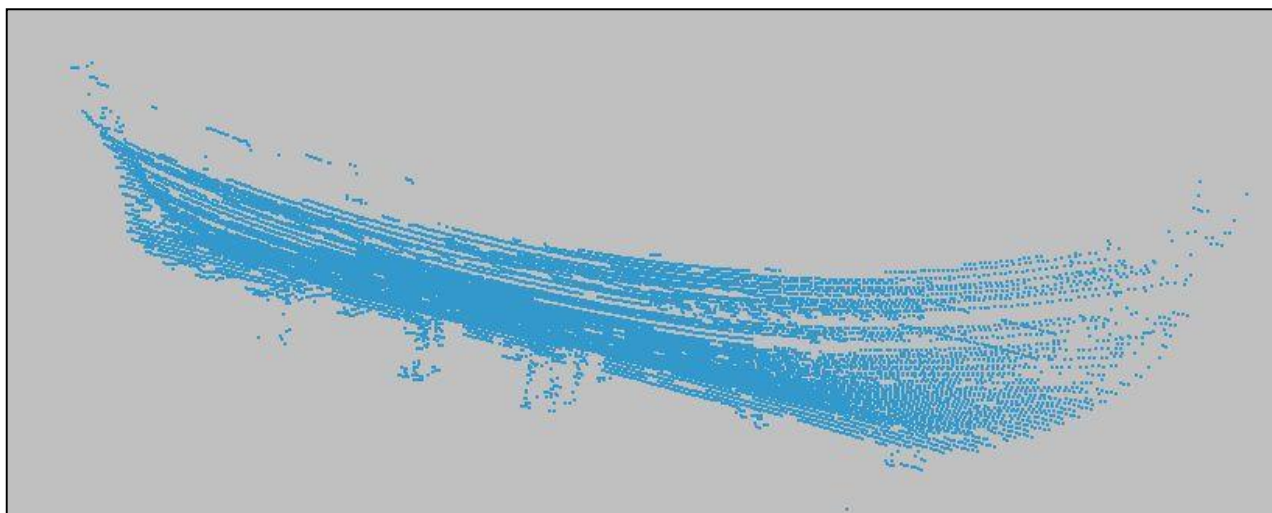
Με το τέλος της επεξεργασίας, το αρχείο αποθηκεύτηκε σε φάκελο, προκειμένου να ανοιχτεί και να επεξεργαστεί το νέφος, πράγμα που περιγράφεται στη συνέχεια.

5.4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ο εικονογεωδαιτικός σταθμός χρησιμοποιεί ειδικά αρχεία, ο τύπος των οποίων δεν είναι εύκολα αναγνώσιμος από τα πιο κοινά προγράμματα.

Ο μόνος τρόπος ανάγνωσης των αρχείων αυτών (ειδικά του αρχείου σάρωσης που χρειαζόμαστε) είναι με άνοιγμα από ειδικό πρόγραμμα κατασκευασμένο από την Topcon (ίδια εταιρία κατασκευής του οργάνου). Το πρόγραμμα αυτό λέγεται Image Master.

Μέσω του προγράμματος αυτού, έγινε φόρτωση των αρχείων από το όργανο καθώς και η αρχική επεξεργασία, μιας και διαθέτει κάποιες μικρές δυνατότητες επεξεργασίας τρισδιάστατων μοντέλων.



Εικόνα 5.4. Αρχικό νέφος σημείων του εικονοσταθμού

Ακόμα, μέσω των μετρήσεων που εξηγήθηκαν προηγουμένως στο ίδιο κεφάλαιο, είναι δυνατός ο υπολογισμός των συντεταγμένων της στάσης απ' την οποία πραγματοποιήθηκε η σάρωση.

Για την εύρεση των συντεταγμένων χρησιμοποιήθηκε η κλασική μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων.

Ως άγνωστοι ορίστικαν οι συντεταγμένες της στάσης κατά τη στιγμή της σάρωσης, ενώ οι εξισώσεις παρατήρησης ήταν οι οριζόντιες και κατακόρυφες γωνίες που σκοπεύτηκαν προς τα σημεία K1, K2, K3, A1, A2, A4 και A4.

Με το πέρας της επίλυσης, βρέθηκε πως η στάση E1 έχει συντεταγμένες:

X (m)	Y (m)	Z (m)
14,803	-7,393	0,188

, των οποίων το σφάλμα είναι:

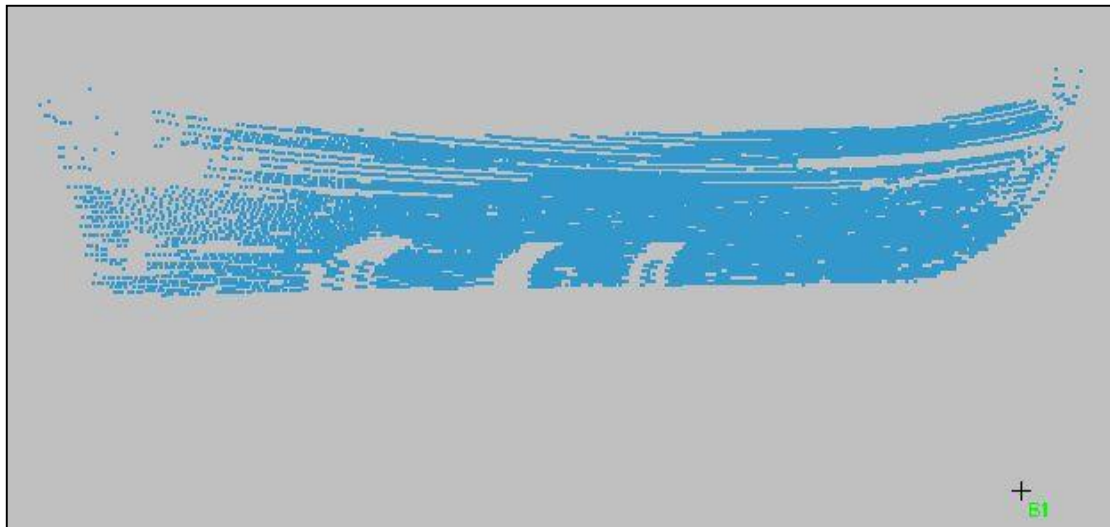
dX (m)	dY (m)	dZ (m)
0,0196	0,0294	0,0085

Οι συντεταγμένες της στάσης εισήχθησαν στο αρχείο του Image Master. Έχοντας πλέον έτοιμο το αρχικό νέφος σημείων, μπορεί να ξεκινήσει η διαδικασία κατασκευής του ψηφιακού μοντέλου επιφανείας του σκάφους.

5.5. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Από την παραπάνω διαδικασία ετοιμάστηκε το νέφος σημείων. Είναι πλέον δυνατή η χρήση του, προκειμένου να κατασκευαστεί η μοντελοποιημένη επιφάνεια και σε αυτή τη μέθοδο.

Αρχικά, όλη η επιπλέον άχρηστη πληροφορία που υπάρχει στο νέφος έπρεπε να αφαιρεθεί. Σε πρώτο στάδιο, αυτό έγινε μέσα από το ImageMaster της Topcon. Όπως και σε άλλα προγράμματα, κάθε φορά επιλεγόταν μια κλειστή περιοχή, και γινόταν διαγραφή των σημείων που βρίσκονταν εντός της. Έτσι, αφαιρέθηκε ένα σημαντικό μέρος του θορύβου του νέφους σημείων.



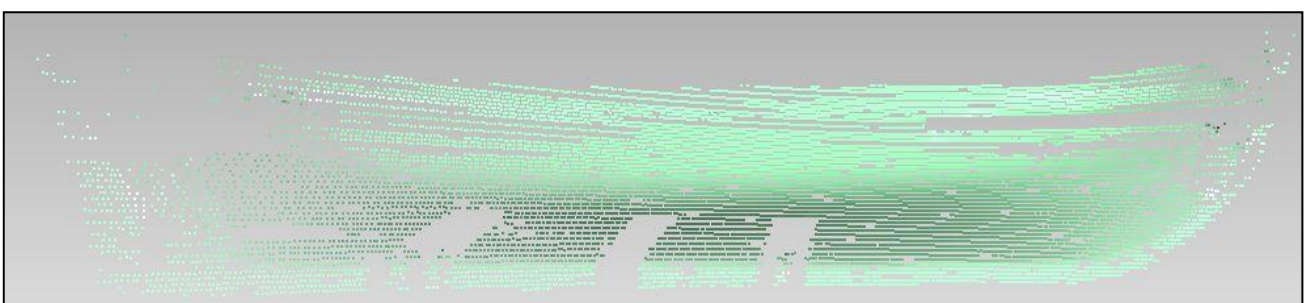
Εικόνα 5.5. Καθαρισμένο νέφος σημείων στο ImageMaster

Στη συνέχεια έγινε αποθήκευση και εξαγωγή (export) του νέφους από το Imagemaster.

Το αρχείο του νέφους εισήχθη και στο Geomagic και στο Rhinoceros, όμως η κατασκευή του μοντέλου με το πρώτο πρόγραμμα ήταν πιο εύκολη, ενώ στο δεύτερο παρουσιάστηκαν προβλήματα κατά την επεξεργασία. Για αυτό το λόγο εδώ παρατίθεται η διαδικασία της μοντελοποίησης με το Geomagic.

Η διαδικασία αυτή είναι παρόμοια με αυτή της μεθόδου του επίγειο σαρωτή, για αυτό θα περιγραφεί πιο συνοπτικά.

Αρχικά, έγινε εισαγωγή (import) του αρχείου του νέφους στο Geomagic.



Εικόνα 5.6. Νέφος σημείων από εικονοσταθμό στο Geomagic

Όπως και στο προηγούμενο κεφάλαιο, έτσι και εδώ έγινε χρωματισμός των σημείων για καλύτερη επεξεργασία.

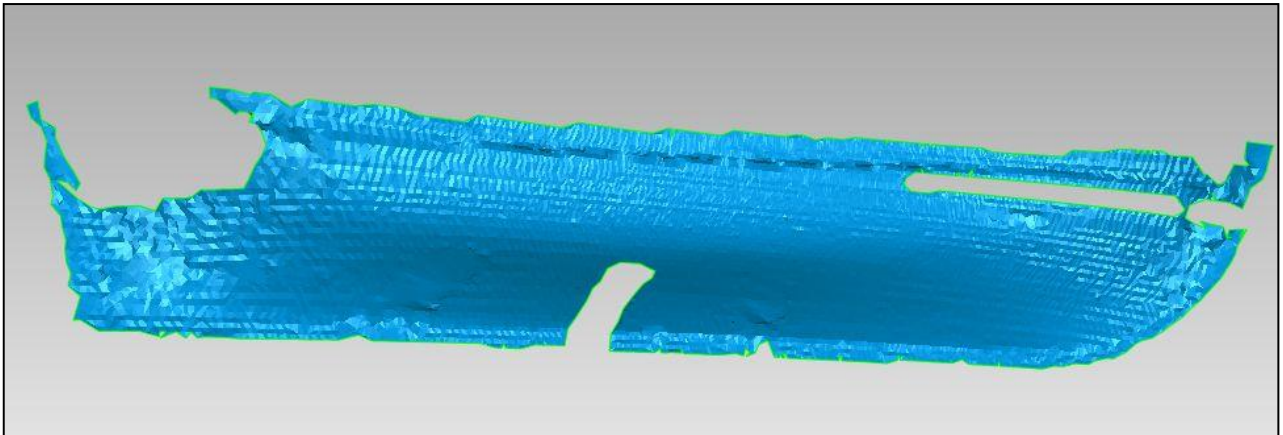
Στη συνέχεια, πάλι με επιλογή και διαγραφή αφαιρέθηκαν και οι λεπτότερες ενδείξεις θορύβου στο νέφος, όπως συνέβη και στη μέθοδο με τον επίγειο σαρωτή.

Καθότι το νέφος σημείων εδώ περιείχε πολύ μικρότερο αριθμό σημείων από τον κανονικά αναμενόμενο (όπως με τον επίγειο σαρωτή), η

χρήση των εντολών καθαρισμού του νέφους από το θόρυβο («**Select outliers**», «**Reduce Noise**») έγινε σε μικρότερο βαθμό, ή και αγνοήθηκαν εντελώς, καθώς υπήρχε μικρή μεταβολή στη γεωμετρία του νέφους, ενώ η πιθανότητα διαγραφής σημαντικής πληροφορίας ήταν μεγαλύτερη.

Όταν το νέφος ήταν πλέον έτοιμο, εκτελέστηκε ο αλγόριθμος μοντελοποίησης με την εντολή «**Wrap**». Σε αυτό το σημείο, από το πρόγραμμα εμφανίστηκε προειδοποιητικό παράθυρο ότι ο αριθμός των σημείων του νέφους δεν είναι επαρκής για μια ικανοποιητική μοντελοποίηση. Η ειδοποίηση αυτή προσπεράστηκε, ώστε να πραγματοποιηθεί η μοντελοποίηση.

Το μοντέλο που παράχθηκε ήταν πολύ τραχύτερο από το αναμενόμενο, και φαίνεται στη παρακάτω εικόνα.



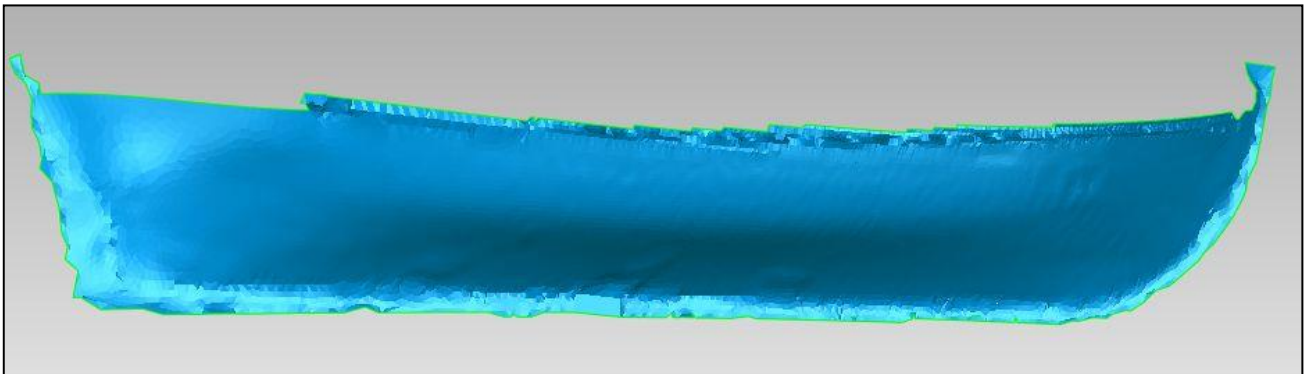
Εικόνα 5.7. Μοντελοποιημένη επιφάνεια στο Geomagic

Για την ολοκλήρωση του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες εντολές, και με την ίδια σειρά, που εφαρμόστηκαν στη δημιουργία του μοντέλου με τον επίγειο σαρωτή.

Δηλαδή, έγινε πρώτα η εφαρμογή του «**Mesh Doctor**» για μια ομαλοποίηση της επιφάνειας και τη λείανση των απότομων κορυφώσεων στην επιφάνεια του μοντέλου.

Με την εντολή «**Fill Holes**» συμπληρώθηκαν και έκλεισαν όλες οι τρύπες του μοντέλου, και για τελική ομαλοποίηση της επιφάνειας σε διάφορα μέρη της εφαρμόστηκε η εντολή «**QuickSmooth**». Η εφαρμογή της εντολής «**Decimate**» δεν έγινε, καθότι από ένα νέφος σημείων με χαμηλό αριθμό σημείων κατασκευάστηκε ένα μοντέλο επιφανείας με εξίσου χαμηλό αριθμό τριγώνων.

Το τελικό προϊόν της διαδικασίας μοντελοποίησης φαίνεται στην εικόνα 5.8.



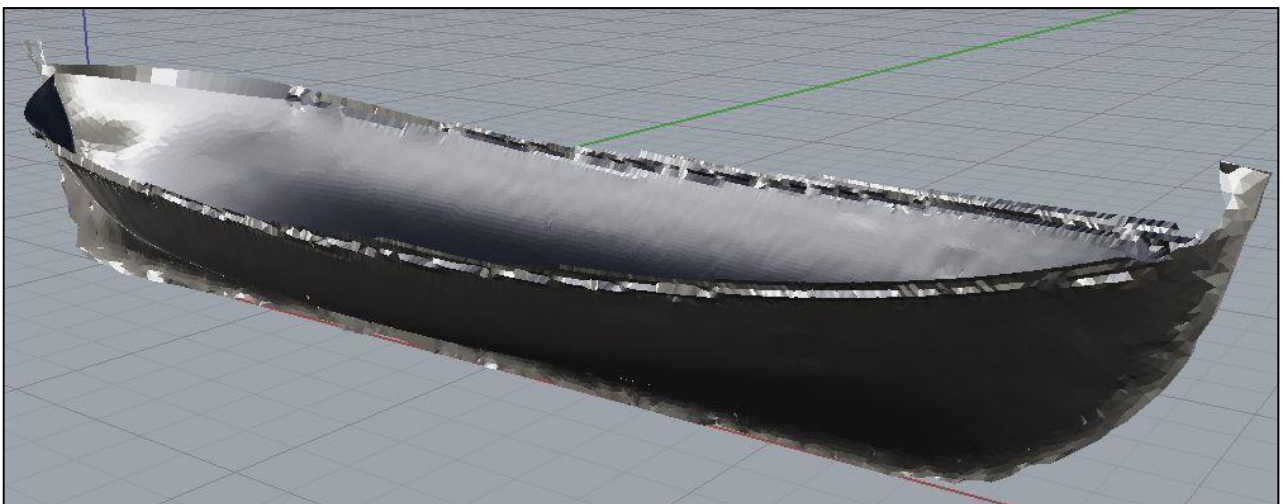
Εικόνα 5.8. Τελικό μοντέλο στο Geomagic με χρήση δεδομένων εικονοσταθμού

Με το τέλος της κατασκευής του, το μοντέλο εισήχθηκε (import) με τη σειρά του στο Rhinoceros.

Στο πρόγραμμα αυτό έγιναν οι κλασικές πια ενέργειες μετάθεσης και στροφής του μοντέλου.

Μια επιπλέον ενέργεια που έγινε εδώ ήταν η προσθήκη ενός τμήματος επιφάνειας σε θέση πίσω κοντά στην πρύμνη, το οποίο δε μπορούσε να καλυφθεί με το Geomagic.

Μετά από τις παραπάνω ενέργειες έγινε και ο καθρεφτισμός του μοντέλου, ώστε να έχει δυο πλευρές. Το τελικό μοντέλο στο Rhinoceros παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.

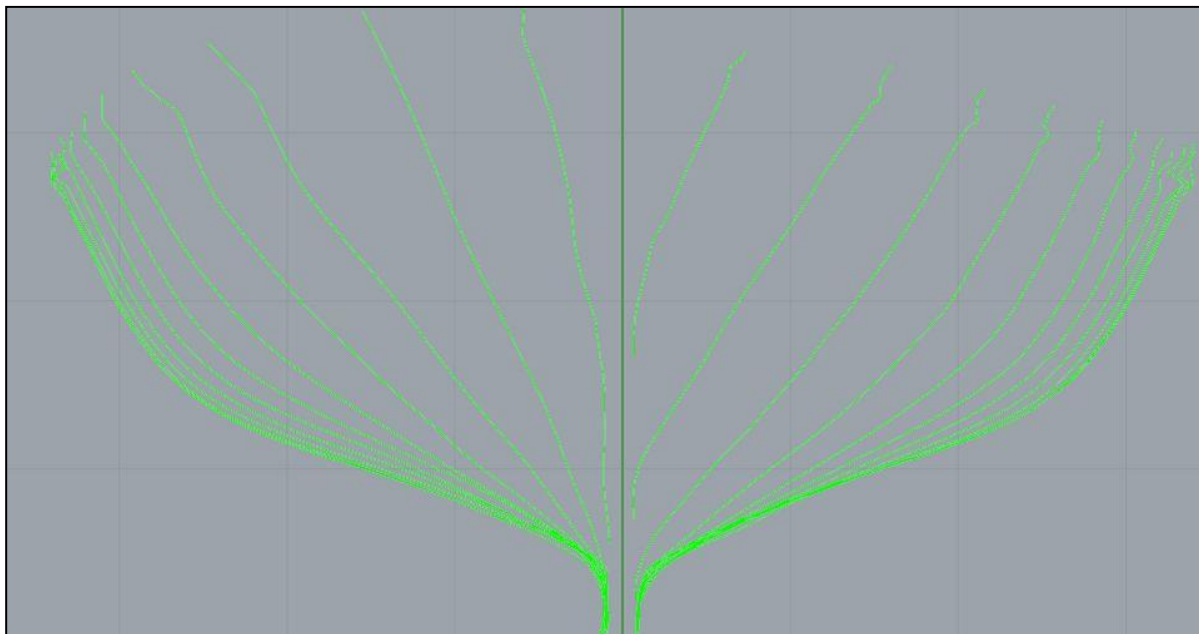


Εικόνα 5.9. Μοντέλο σκάφους στο Rhino με χρήση ImagingStation

5.6. ΕΞΑΓΩΓΗ ΝΑΥΠΗΓΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Και σε αυτή τη μέθοδο η διαδικασία εξαγωγής των γραμμών επαναλήφθηκε κατά τον ίδιο τρόπο που πραγματοποιήθηκε στις δυο προηγούμενες.

Με τη την εντολή «**Contour**» έγινε η τομή της επιφάνειας του μοντέλου προκειμένου να εξαχθούν οι αρχικές ναυπηγικές γραμμές του σκάφους. Οι παράμετροι κατά την εκτέλεση αυτής της εντολής ήταν ίδιες με των προηγούμενων μεθόδων, προκειμένου να είναι δυνατή η μεταξύ τους σύγκριση.

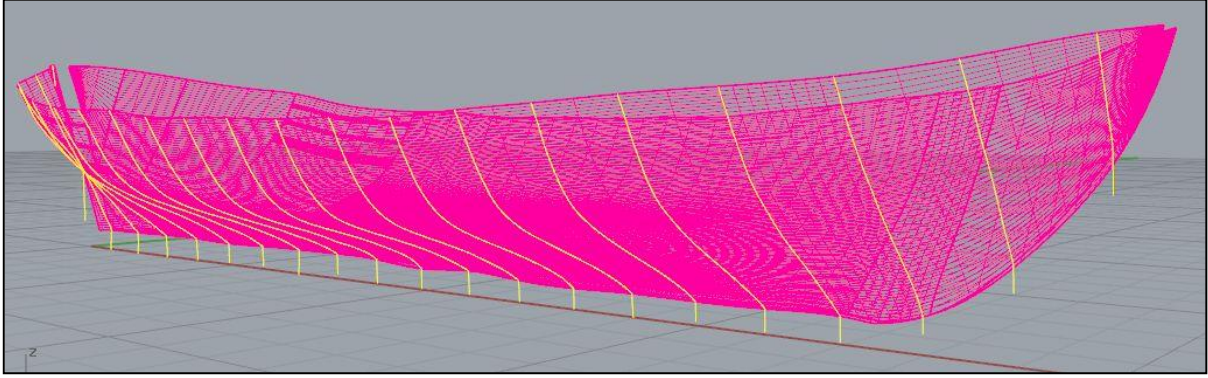


Εικόνα 5.10. Αρχική όψη νομέων

Καθότι οι καμπύλες και με αυτή τη μέθοδο διαθέτουν πολλές ανωμαλίες, κρίθηκε κι εδώ σκόπιμο να γίνει εξομάλυνσή τους. Ο τρόπος ήταν ίδιος με αυτόν της μεθόδου με σαρωτή. Δηλαδή, μειώθηκε ο αριθμός των σημείων ανά καμπύλη, και έγινε περαιτέρω εξομάλυνσή τους για καλύτερο οπτικό αποτέλεσμα.

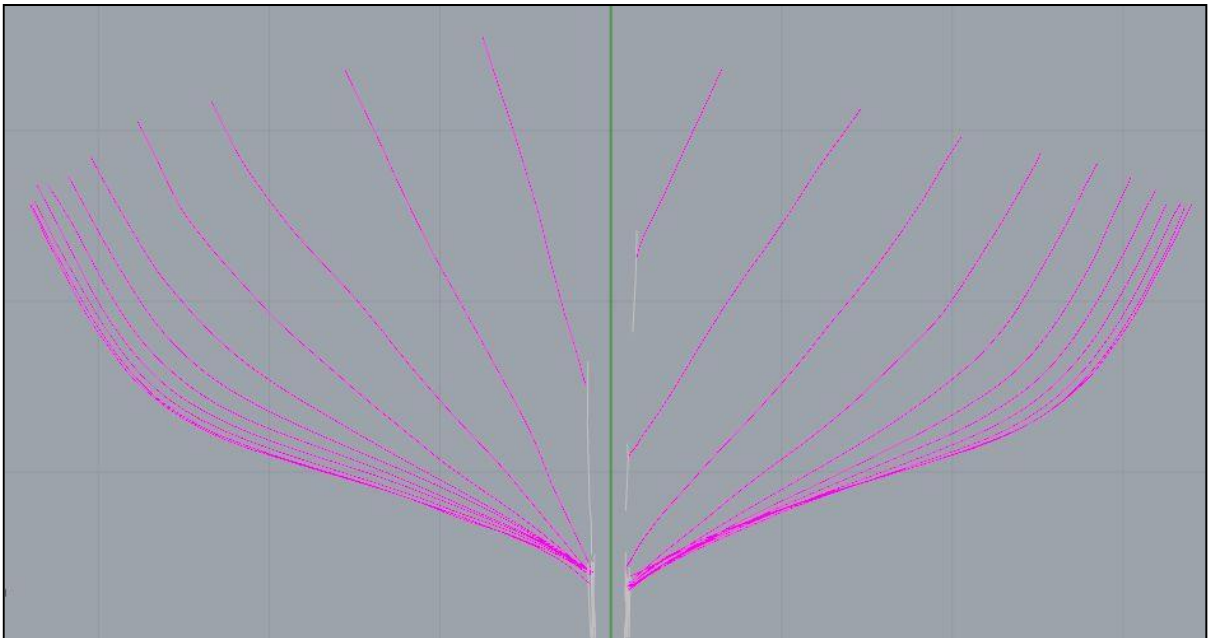
Εφόσον υπήρχαν πια πιο ομαλές καμπύλες, επαναλήφθηκε η διαδικασία που υπήρξε και στις προηγούμενες δυο μεθόδους, αυτή της δημιουργίας δευτερευούσης επιφάνειας της γάστρας. Σκοπός και εδώ ήταν η δημιουργία ομαλότερης επιφάνειας, ώστε οι εξαγόμενες γραμμές να είναι ακόμα πιο ομαλές.

Η δημιουργία του δευτερεύοντος μοντέλου και η εξαγωγή των νέων γραμμών παρέμεινε ίδια με αυτή στα προηγούμενα κεφάλαια.

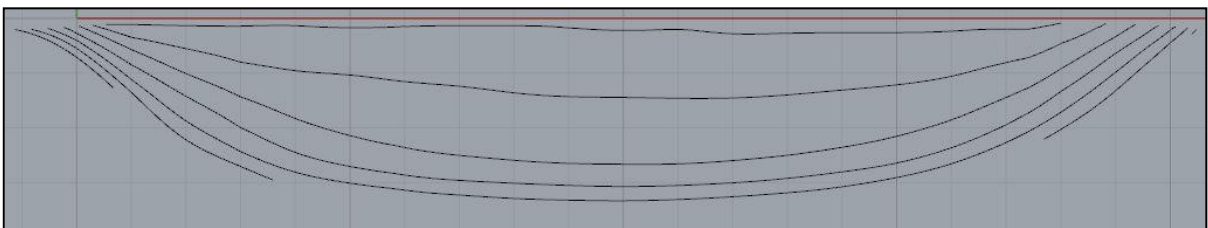


Εικόνα 5.11. Δημιουργία δευτερεύοντος μοντέλου

Από το μοντέλο αυτό εξήχθησαν τόσο νομείς όσο και ίσαλοι, διατηρώντας τις παραμέτρους των προηγούμενων μεθόδων.

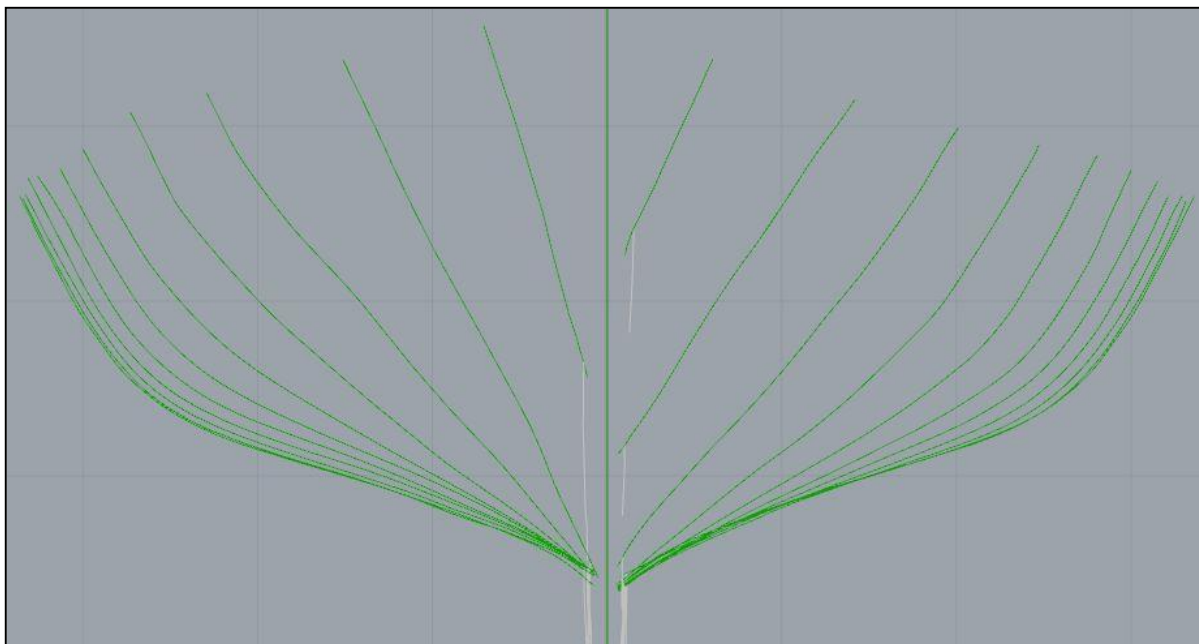


Εικόνα 5.12. Νέοι νομείς μεθόδου με εικονογεωδαιτικό σταθμό



Εικόνα 5.13. Δημιουργημένοι ίσαλοι από τομή με οριζόντια επίπεδα

Τέλος, όπως και στις προηγούμενες μεθόδους, έτσι κι εδώ φτιάχτηκαν και εσωτερικές γραμμές.



Εικόνα 5.14. Εσωτερικές καμπύλες τις γάστρας από τη μέθοδο με εικοσταθμό

5.7. ΣΥΝΟΨΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

Η αποτύπωση σκάφους με εικονογεωδαιτικό σταθμό είναι μια εντελώς καινούρια μέθοδος.

Το όργανο με το οποίο πραγματοποιείται η αποτύπωση διαθέτει αρκετά προηγμένη τεχνολογία και λογισμικό, και για τη σωστή χρήση του απαιτεί ένα μικρό βαθμό εμπειρίας.

Δεδομένης της γνώσης χρήσης του οργάνου, οι εργασίες πεδίου είναι σχετικά σύντομες. Αφότου υπήρξε έτοιμο σύστημα αναφοράς στο πεδίο, δε χρειάστηκε δημιουργία νέου. Έτσι, με χρήση πολλαπλής οπισθοτομίας από γνωστά σημεία ήταν δυνατή η επιλογή για το στήσιμό του σε τυχαία θέση.

Πέραν από ένα ειδικό αρχικό λογισμικό για την άντληση και αρχική επεξεργασία των μετρημένων δεδομένων, η διαδικασία κατασκευής του μοντέλου ήταν ίδια με αυτή του laser scanner, μια κι εδώ υπήρχε επίσης νέφος σημείων.

Η εξαγωγή γραμμών γραμμών έγινε με τον ίδιο τρόπο που εφαρμόστηκε και στις δυο προηγούμενες μεθόδους.

Γενικά, η μέθοδος αυτή χρήζει ανάγκης αναλυτικότερης μελέτης, καθώς είναι καινούρια, αλλά έχει κι αυτή τη δυνατότητα αποτύπωσης ενός σκάφους.

6. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ

6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Έχουν πλέον αναπτυχθεί οι περιγραφές όλων των μεθόδων αποτύπωσης. Εδώ θα γίνει η σύγκρισή τους με βάση διάφορες παραμέτρους. Για κάθε μέθοδο θα αναλυθούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της. Θα φανερωθούν οι τομείς στους οποίους υπερτερούν, και σε ποιους υστερούν, έναντι των άλλων.

Σκοπός της εργασίας ήταν η σύγκριση αυτών των μεθόδων για αποτύπωση σκαφών, όμως στην ουσία υπάρχουν πολλές διαφορετικές περιπτώσεις στις οποίες απαιτείται μια γεωμετρική τεκμηρίωση. Άρα, μέσω της σύγκρισης μπορεί μια μέθοδος να αναδειχθεί προτιμότερη σε μια κατάσταση, ενώ σε άλλη να μην ενδείκνυται τόσο η εφαρμογή της. Ή ακόμα και να εμφανιστούν στοιχεία μιας μεθόδου που να καθιστούν απαγορευτική τη γεωμετρική τεκμηρίωση ενός σκάφους χρησιμοποιώντας αυτή.

Έτσι, το κεφάλαιο αυτό δημιουργείται προσπαθώντας να γίνει μια βάση αναφοράς για άτομα που σκοπεύουν να κάνουν μελλοντικές εργασίες τέτοιου περιεχομένου, είτε για πρακτικό είτε για ερευνητικό σκοπό.

6.1.1. Διαφορά Τοπογραφικών και Ναυπηγικών Απαιτήσεων

Η εργασία αυτή είναι ειδικού ενδιαφέροντος τόσο από τοπογραφική, όσο και από ναυπηγική άποψη.

Οι τοπογραφικές εργασίες συνήθως δύνανται να καλύψουν όλες τις απαιτήσεις του εκάστοτε εργοδότη/πελάτη. Όμως πρέπει να σημειωθεί ότι από τοπογραφικής πλευράς, υπάρχει η δυνατότητα προσφοράς παραπάνω πραγμάτων από το τελικά απαιτούμενο προϊόν. Έτσι, μπορεί να αφαιρεθεί όποια πληροφορία κριθεί πως είναι περιττή, ή ακόμα και ανεπιθύμητη.

Εδώ, ο στόχος της ναυπηγικής είναι η κατασκευή ενός μοντέλου, όσο το δυνατόν πλησιέστερο στην ιδεατή κατάσταση του πλοίου. Η τοπογραφία όμως, σε οποιαδήποτε περίπτωση, ενδιαφέρεται και αποτυπώνει την παρούσα κατάσταση του αντικειμένου. Η σύγκριση στη συνέχεια του κεφαλαίου γίνεται έχοντας υπόψη πάντα τα παραπάνω δεδομένα.

6.2. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ / ΟΡΘΟΤΗΤΑΣ

Ένα θέμα που εμφανίζεται σε κάθε αποτύπωση είναι το πόσο ακριβή είναι τα μετρημένα στοιχεία, και κατά πόσο το τελικό αποτέλεσμα πλησιάζει στη πραγματική γεωμετρία του αποτυπωθέντος αντικειμένου.

Total Station

Από άποψη ακρίβειας, ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός είναι το ισχυρότερο των τριών όργανο.

Στις αποστάσεις, μια μέτρηση με total station δεν έχει αβεβαιότητα μεγαλύτερη των μερικών χιλιοστών. Ακόμα, οι μετρημένες γωνίες με το όργανο αυτό έχουν αβεβαιότητα μερικών δευτερολέπτων (ή cc). Δηλαδή, ένα στοχευμένο σημείο αναγνωρίζεται στο χώρο με μεγάλη ακρίβεια. Ακόμα, οι χαμηλές τιμές των παραμέτρων της αβεβαιότητας καλύπτουν άψογα τις απαιτήσεις των ναυπηγών σε μια τέτοια αποτύπωση.

Σχετικά με την ορθότητα, όμως, είναι το όργανο που υστερεί περισσότερο των τριών. Καθότι με αυτό σκοπεύονται μεμονωμένα σημεία παραβλέπεται όλη η γεωμετρία μεταξύ δυο διαδοχικών σκοπεύσεων. Στο τελικό αποτέλεσμα, τα διακεκριμένα σημεία ενώνονται μεταξύ τους με ομαλές καμπύλες, οπότε δίνεται ένα πολύ ωραίο - οπτικά-προϊόν. Από την άλλη, αφού αγνοείται ο ενδιάμεσος των σημείων χώρος και αφήνεται σε χειροκίνητη (ή και αυτόματη, μέσω λογισμικών) συμπλήρωση, υπάρχει η πιθανότητα δημιουργίας αποκλίσεων μεταξύ του εξαγόμενου προϊόντος και του πραγματικού αντικειμένου. Τέλος, ο έλεγχος ορθότητας δε μπορεί να γίνει παρά μόνο μετά από παρατήρηση του τελικού προϊόντος.

Το πρόβλημα της ορθότητας μπορεί να μειωθεί σκοπεύοντας πολλά παραπάνω σημεία απ' ότι αρχικά κρίθηκε σκόπιμο. Όμως, αυτό θα αυξήσει αρκετά το χρόνο παραμονής στο πεδίο.

Με λίγα λόγια, ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός παραμένει το πιο ακριβές αντικείμενο στη διάθεση του τοπογράφου, όμως για μια υψηλού επιπέδου ορθή αποτύπωση απαιτεί υπερβολική προσοχή, και χρόνο που αυτός μπορεί να μη διαθέτει.

Laser Scanner

Ο επίγειος σαρωτής είναι ένα όργανο το οποίο θυσιάζει την ακρίβεια μιας μέτρησης προκειμένου να υπάρξει μικρότερη διάρκεια αποτύπωσης.

Οι σύγχρονοι σαρωτές έχουν συνήθως ακρίβεια μερικών πόντων στη μέτρηση μιας απόστασης, με τους ακριβότερους και πιο

εξελιγμένουν να φτάνουν το μισό εκατοστό. Όσο για την αβεβαιότητα μέτρησης γωνιών, σε περιπτώσεις μπορεί να είναι και δυο φορές χειρότερη από αυτή που προσφέρει ένας ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός. Καθότι οι ναυπηγοί απαιτούν ακρίβεια που συνήθως φτάνει στο ένα εκατοστό, οι χαμηλότερης ποιότητας σαρωτές δε μπορούν να πραγματοποιήσουν μια ικανοποιητική αποτύπωση από άποψη ακρίβειας.

Από άποψη ορθότητας, τα laser scanners ίσως να είναι η καλύτερη εναλλακτική, αφού η ύπαρξη ενός πυκνού νέφους σημείων σημαίνει πως καλύπτεται ολόκληρη η επιφάνεια του αντικειμένου. Έτσι, το τελικά παραγόμενο προϊόν είναι το πλησιέστερο των τριών μεθόδων στην ανάδειξη της πραγματικής γεωμετρίας του σκάφους τη στιγμή που πραγματοποιήθηκε η αποτύπωση.

Ένα αρνητικό είναι, ότι λόγω της πυκνότητας των σημείων, και της σχετικά μεγάλης αβεβαιότητας στο προσδιορισμό τους, η εξαγόμενη από το νέφος επιφάνεια μπορεί να είναι τραχεία σε κάποια κομμάτια της. Ως επακόλουθο, το ίδιο συμβαίνει και με τις τομές της επιφάνειας αυτής.



Εικόνα 6.1. Ανωμαλία σε πρωτογενή εξαγόμενη γραμμή

Για αυτό το λόγο απαιτείται σε αυτή τη μέθοδο η αφαίρεση θορύβου, και αρκετές φορές η περαιτέρω εξομάλυνση της επιφάνειας.

Φυσικά, αυτό το πρόβλημα μπορεί να αποφευχθεί σε μεγάλο βαθμό, αν από πριν ρυθμιστεί το βήμα σάρωσης, ώστε να γίνει λίγο μεγαλύτερο.

Εν κατακλείδι, το συγκεκριμένο όργανο υστερεί έναντι του γεωδαιτικού σταθμού στο θέμα της ακρίβειας μέτρησης, όμως προσφέρει περισσότερα στη περίπτωση της ορθότητας αποτύπωσης του αντικειμένου.

Imaging Station

Ο εικονογεωδαιτικός σταθμός, καθότι είναι υβριδικός γεωδαιτικός σταθμός, έχει πολλές ομοιότητες στις παραμέτρους του με εκείνον.

Η ακρίβεια που προσφέρει στον προσδιορισμό σημείων είναι ελάχιστα χειρότερη -και σε μερικές περιπτώσεις ίση- με αυτή που προσφέρει ένα total station. Δηλαδή, μερικά χιλιοστά στη μέτρηση αποστάσεων, και λίγα δευτερόλεπτα στο προσδιορισμό γωνιών.

Η μέθοδος αποτύπωσης εδώ είναι η σάρωση σε κάρναβο, οπότε από θέμα ορθότητας μοιάζει με τη μέθοδο του σαρωτή. Όμως, η σάρωση σε κάρναβο εμπεριέχει κινδύνους, όπως είναι η παράλειψη σημαντικών σημείων (π.χ. στο περίγραμμα), των οποίων η κάλυψη είναι αρκετά δύσκολη.

Πέραν αυτού, διαθέτει τα ίδια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα με ένα laser scanner, απλά σε μικρότερο βαθμό. Καθότι όμως το νέφος του είναι αραιότερο, υπάρχει ζήτημα της πιστής αναπαράστασης του προς αποτύπωση αντικειμένου.

Γενικά, τόσο από άποψη ακρίβειας, όσο και από ορθότητας, η μέθοδος αποτύπωσης είναι ικανοποιητική.

6.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΧΡΟΝΟΥ

Ο χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση μιας γεωμετρικής τεκμηρίωσης, από το στάδιο της προετοιμασίας έως τη παράδοση του τελικού προϊόντος, είναι από τις σημαντικότερες παραμέτρους μιας μεθόδου.

Όσον αφορά τις εργασίες πεδίου, περισσότερος χρόνος δεν ισοδυναμεί μόνο με περισσότερη κούραση, αλλά επίσης και με την αύξηση της πιθανότητας εμφάνισης δυσχερών για την εργασία πεδίων. Σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ενδεχομένως να αλλάξει το περιβάλλον της περιοχής αποτύπωσης (καιρός, άλλοι εργαζόμενοι, κ.ά.). Ακόμα, μεγάλη απαίτηση σε χρόνο μπορεί να οδηγήσει και σε επίσκεψη του σκάφους για συνέχιση της αποτύπωσης σε επόμενη χρονική περίοδο, όπου μπορεί να έχει αλλάξει η κατάσταση του περιβάλλοντος.

Από πλευράς δουλειάς γραφείου, η προθεσμία παράδοσης του προϊόντος παίζει επίσης ρόλο, καθώς μπορεί να αποτρέψει τη χρήση πιο χρονοβόρων μεθόδων ως προς την επεξεργασία των μετρημένων δεδομένων.

Για τους παραπάνω λόγους είναι σημαντικός ο έλεγχος του διατιθέμενου χρόνου για την περαίωση της εργασίας, αλλιώς μπορεί να υπάρξει επιπλέον κόστος (π.χ. ενοικίαση οργάνων), αρχικά μη-προγραμματισμένο.

Στην παρακάτω σύγκριση θεωρείται πως ο χρόνος ορισμού ενός συστήματος αναφοράς είναι κοινός και για τις 3 μεθόδους, καθώς και ότι σε κάθε μέθοδο ο χρήστης έχει την απαιτούμενη για τον εξοπλισμό τεχνογνωσία.

Total Station

Το όργανο αυτό είναι το πιο διαδομένο στους τοπογράφους μηχανικούς, οπότε είναι και αυτό στο οποίο υπάρχει μεγαλύτερη εξοικείωση.

Καθότι με τη μέθοδο αποτύπωσης που περιγράφηκε προηγουμένως στην εργασία (Κεφ. 2, Κεφ. 3.) απαιτώνται πολλαπλά στησίματα του οργάνου, και η σκόπευση του κάθε σημείου πραγματοποιείται χωριστά, μπορεί να αναγνωριστεί ότι πρόκειται για μια μέθοδο που απαιτεί αρκετό χρόνο στο πεδίο για την ολοκλήρωση των μετρήσεων.

Όμως, η επεξεργασία των μετρήσεων είναι μια απλή διαδικασία, η οποία μπορεί να γίνει εύκολα με έναν προγραμματισμένο αλγόριθμο, ή σε κάποιο υπολογιστικό φύλλο. Επιπλέον, η επεξεργασία των τρισδιάστατων στοιχείων ήταν η ευκολότερη των τριών μεθόδων, λόγω των διακριτών στο γραφικό περιβάλλον στοιχείων.

Λόγω αδυναμίας παρατήρησης του αποτελέσματος αποτύπωσης στο πεδίο, παρά μόνο μετά την επεξεργασία των δεδομένων, σε περίπτωση λάθους υπάρχει ο κίνδυνος επιστροφής στο πεδίο για συμπληρωματικές μετρήσεις του αντικειμένου.

Η μέθοδος με γεωδαιτικό σταθμό, λοιπόν, φαίνεται πως είναι η πιο χρονοβόρα στο κομμάτι της εργασίας στο πεδίο, όμως αποδείχθηκε η απλούστερη στην επεξεργασία των δεδομένων.

Αναφορικά, η διάρκεια εργασιών στο πεδίο με αυτή τη μέθοδο ήταν περίπου **6 ώρες**.

Laser Scanner

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι επίγειοι σαρωτές κατασκευάστηκαν με σκοπό τη γρήγορη αποτύπωση ενός αντικειμένου.

Η σάρωση της μεγάλης επιφάνειας του σκάφους πραγματοποιήθηκε σε σύντομο χρονικό διάστημα, και οι δευτερεύουσες σαρώσεις (π.χ. σε σημεία σύνδεσης) σε ακόμα συντομότερο. Η χρήση του οργάνου έγινε με ψηφιακό λογισμικό, οπότε η αφαίρεση του χρόνου για περιστροφή/σκόπευση σημείων χειροκίνητα βοήθησε ακόμα περισσότερο την ταχεία εκτέλεση της αποτύπωσης. Πρέπει να σημειωθεί πως σε λίγη ώρα σαρώθηκαν εκατομμύρια σημείων. Επιπλέον, την όλη

διαδικασία βοήθησε η ύπαρξη βίσηματος στο όργανο για απευθείας σύνδεση με πηγή συνεχούς παροχής ηλεκτρικού ρεύματος.

Ένα ακόμα στοιχείο που πρέπει να σημειωθεί είναι πως το σαρωμένο νέφος σημείων είναι άμεσα παρατηρήσιμο, πράγμα που επιτρέπει τον άμεσο έλεγχο του. Αυτό βοηθά στην αναγνώριση αδυναμιών κατά τη σάρωση και οδηγεί στην επιτόπου αντιμετώπισή τους στο πεδίο, αντίθετα με τον γεωδαιτικό σταθμό. Έτσι, σε περίπτωση λάθους δε τίθεται θέμα μεγάλης επιμήκυνσης του χρόνου παραμονής στο πεδίο ή ανάγκη επιστροφής σ' αυτό.

Το χρονοβόρο κομμάτι της μεθόδου είναι η επεξεργασία του προϊόντος της σάρωσης. Περισσότερα του ενός λογισμικά απαιτήθηκαν προκειμένου να εξαχθεί το τελικό προϊόν, αποτέλεσμα πολλαπλών εργασιών, τόσο στο σύστημα αναφοράς του νέφους όσο και στα σημεία του. Ακόμα, ο χρόνος επεξεργασίας είναι και συνάρτηση της υπολογιστικής ικανότητας του εκάστοτε ηλεκτρονικού υπολογιστή που επεξεργάζεται τα δεδομένα. Καθότι η επεξεργασία νέφους εκατομμυρίων σημείων είναι πολύ απαιτητική, μετριότερα υπολογιστικά συστήματα δυσκολεύονται στην επεξεργασία των δεδομένων, και καθυστερούν.

Γενικά, η σάρωση με scanner είναι η συντομότερη μέθοδος όσον αφορά τις εργασίες πεδίου, αλλά εάν δεν υπάρχει αντίστοιχη υπολογιστική ισχύς, η διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων μπορεί να καθυστερήσει.

Αναφορικά, ο χρόνος παραμονής στο πεδίο για αποτύπωση του σκάφους με επίγειο σαρωτή ήταν περίπου **2 ώρες**.

Imaging Station

Ο εικονογεωδαιτικός σταθμός μπορεί να πραγματοποιήσει γεωμετρική τεκμηρίωση ενός αντικειμένου με οποιαδήποτε από τις δυο παραπάνω μεθόδους, αλλά η μέθοδος εδώ ήταν όμοια με αυτή του σαρωτή.

Οι χρόνοι παραμονής στο πεδίο και επεξεργασίας στοιχείων στο γραφείο ήταν σχεδόν ίδιοι με αυτούς της μεθόδου με σαρωτή.

Η διαφορά και μειονέκτημα αυτού του οργάνου σχετικά με το σαρωτή είναι ο περιορισμένος χρόνος λειτουργίας του, λόγω της μπαταρίας του. Μια πλήρης σάρωση απαιτεί αρκετό χρόνο, όμως το συγκεκριμένο όργανο δε μπορεί να σαρώνει συνεχώς για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από περίπου μιάμιση με δυο ώρες. Σε περίπτωση που η μπαταρία του κλείσει, τότε η διαδικασία σάρωσης πρέπει να επαναληφθεί εξ αρχής. Για να γίνει πλήρης σάρωση μιας επιφάνειας πρέπει ο κάρναβος να είναι σχετικά αραιός, οπότε μπορεί να χαθεί σημαντική πληροφορία. Τέλος, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι ο

εικονογεωδαιτικός σταθμός σαρώνει μικρότερο αριθμό σημείων από τον επίγειο σαρωτή στον ίδιο χρόνο.

Για τους παραπάνω λόγους, από χρονικής άποψης, η χρήση του imaging station για αποτύπωση σκαριού δε συνίσταται, παρά αν πρόκειται για μικρότερο σκάφος και όσο το δυνατόν λιγότερο πολύπλοκη επιφάνεια, ώστε να έχει ένα ικανοποιητικό σύνολο μετρήσεων.

Κι εδώ για λόγους αναφοράς, η διάρκεια μέτρησης στο πεδίο με το imaging station ήταν κάτι λιγότερο από **2 ώρες**.

6.4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ

Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας στην επιλογή της μεθόδου που θα χρησιμοποιηθεί είναι και το κόστος του απαιτούμενου εξοπλισμού. Καθότι συχνά η οικονομική δυνατότητα του χρήστη μπορεί να καθιστά αδύνατη την επιλογή κάποιων μεθόδων, ή απλά να τον ενδιαφέρει η μεγιστοποίηση του κέρδους του.

Total Station

Όπως έχει αναφερθεί πολλές φορές στην παρούσα εργασία, τα total stations είναι τα όργανα με τη χαμηλότερη τιμή στην αγορά ψηφιακού εξοπλισμού, και άρα τα πιο προσιτά στο μηχανικό. Ακόμα, είναι όργανα με τα οποία κάθε μηχανικός, μέσω της εκπαίδευσής του, έχει ένα μεγάλο βαθμό εξοικείωσης.

Τα όργανα που πωλούνται σήμερα τείνουν να κοστίζουν μερικές χιλιάδες €, με τη τιμή τους να αυξάνεται σαν συνάρτηση της ποιότητάς τους, ή της ύπαρξης πρόσθετων λειτουργιών στο όργανο. Όμως, στην αγορά πωλούνται και αξιόπιστοι μεταχειρισμένοι σταθμοί, με κόστος μερικές εκατοντάδες €. Ακόμα, ο συμπληρωματικός του εξοπλισμός (κατάφωτα, τρίποδας κ.ά.) είναι εξαιρετικά φτηνός. Επίσης, υπάρχουν εταιρίες που ενοικιάζουν και όργανα, σε πολύ προσιτές τιμές.

Τέλος, η επεξεργασία των δεδομένων που παρήγαγε το όργανο δεν απαιτούν παρά απλά λογισμικά, άρα το χρηματικό κόστος για την επεξεργασία τους είναι μηδαμινό.

Από όλα τα διαθέσιμα όργανα που αναφέρονται στην εργασία αυτή, ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός είναι η φτηνότερη εναλλακτική.

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την εργασία με αυτή τη μέθοδο κοστίζει γύρω στα 1.000€, αφού είναι παλιό μοντέλο.

Laser Scanner

Λόγω της χρήσης προηγμένης τεχνολογίας στη λειτουργία τους, τα laser scanners είναι αρκετά ακριβά.

Το κόστος αγοράς τους ανέρχεται στις δεκάδες χιλιάδες €, και τα κόστη μπορεί να διαφέρουν αρκετά ανά μοντέλο ή εταιρία. Επιπλέον, το όργανο από μόνο του δεν επαρκεί, αλλά χρειάζονται και ειδικοί στόχοι συμβατοί με το όργανο, καθώς και άλλα εργαλεία, όπως τρίποδας, μπαλαντέζα κ.ά. Στις περισσότερες φορές, για να οριστεί το σύστημα αναφοράς εντός του οποίου πραγματοποιείται η αποτύπωση χρειάζεται και ένας ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός, ο οποίος επίσης δίνει και τις τιμές των συντεταγμένων στους ειδικούς στόχους. Η μεταφορά του ογκώδους αυτού εξοπλισμού είναι ένα ακόμα στοιχείο που πρέπει να έχει κατά νου ο χρήστης.

Πέρα από τα απτά μέρη του απαιτούμενου εξοπλισμού, για τέτοιου είδους όργανα χρειάζονται και ειδικά λογισμικά, προσφερόμενα από τις εταιρίες, χωρίς τα οποία δε μπορεί να πραγματοποιηθεί η σάρωση, ή η φόρτωση και επεξεργασία των στοιχείων στη συνέχεια. Και πέρα αυτών, για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον λογισμικά.

Τα παραπάνω στοιχεία καθιστούν το laser scanner - αν και αποτελεσματικό - μια από τις ακριβότερες επιλογές αποτύπωσης σκάφους.

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε στη παρούσα εργασία, μετά από έρευνα, φαίνεται να έχει τιμές που κυμαίνονται γύρω στα 14.000€, αν και πρόκειται για σχετικά παλιό μοντέλο σαρωτή, και υπάρχουν πιο εξελιγμένα όργανα κατά την περίοδο διεξαγωγής της εργασίας.

Imaging Station

Οι εικονογεωδαιτικοί σταθμοί έχουν κάνει σχετικά πρόσφατα την είσοδό τους στην αγορά, και αποτελούν μια μέση οικονομικά (αλλά και σε άλλους τομείς) λύση μεταξύ των γεωδαιτικών σταθμών και των σαρωτών.

Η υβριδική τους τεχνολογία που τους επιτρέπει να λειτουργούν όπως οποιοδήποτε από τα παραπάνω δυο όργανα είναι φυσικό να ανεβάζει την τιμή τους. Πέραν από ένα ειδικό, συμβατό με το όργανο λογισμικό όμως, ο εικονοσταθμός δεν απαιτεί παραπάνω εξοπλισμό απ' ό,τι ένας κλασσικός γεωδαιτικός σταθμός. Έτσι, το υψηλό κόστος του περιορίζεται μόνο στο ίδιο το όργανο.

Η δυνατότητα σάρωσης είναι ένα πλεονέκτημα έναντι των κλασικών γεωδαιτικών σταθμών, και η λειτουργία του ως τέτοιος είναι πλεονέκτημα έναντι των σαρωτών. Έτσι, συγκριτικά με τους σαρωτές, δε χρειάζεται η ύπαρξη επιπλέον γεωδαιτικού σταθμού για τον ορισμό συστήματος αναφοράς.

Σε γενικές γραμμές, οι εικονασταθμοί είναι ευέλικτα όργανα, και αυτή τους η ευελιξία τα καθιστά κάπως ακριβά. Η ανεβασμένη τιμή τους όμως είναι συνάρτηση των διαφορών δυνατοτήτων του.

Αναφορικά, η τιμή του οργάνου που χρησιμοποιήθηκε είναι περίπου στα 9.000€.

6.5. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ

Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο στην επιλογή της μεθόδου είναι οι απαιτήσεις της. Αυτές ανάγονται τόσο στο απαιτούμενο ανθρώπινο δυναμικό, όσο και στην εμπειρία του.

Total Station

Η μέθοδος με το όργανο αυτό έχει αρκετά μικρές απαιτήσεις, συγκριτικά με τις άλλες.

Για την πραγματοποίηση των εργασιών στο πεδίο απαιτείται συνεργείο δύο ατόμων. Αυτό θα απαρτίζεται από τον κύριο μηχανικό που επιβλέπει και χρησιμοποιεί το όργανο και έναν βοηθό, ο οποίος δεν είναι απαραίτητο να έχει εμπειρία με τα όργανα, για να εκτελεί βοηθητικές ενέργειες, όπως να κρατά το κατάφωτο, να μαρκάρει σημεία στο πεδίο, κ.ά. Μπορεί ακόμα και να χρειάζεται ένας ειδικός (π.χ. ναυπηγός) ο οποίος να μπορεί να δώσει κατευθύνσεις και να επισημάνει τα σημεία στα οποία πρέπει να δοθεί μεγαλύτερο βάρος κατά τη διάρκεια της αποτύπωσης.

Όσον αφορά την επεξεργασία των δεδομένων, ο βαθμός δυσκολίας είναι ελάχιστος έως ανύπαρκτος, καθώς σήμερα αυτή γίνεται εύκολα με χρήση ενός υπολογιστικού φύλλου ή απλού αλγορίθμου, πράγματα με τα οποία ο μέσος χρήστης είναι εξοικειωμένος. Αλλά και χωρίς τη γνώση χρήσης αυτών, με απλή εφαρμογή των τύπων της τοπογραφίας μπορεί να γίνει η επεξεργασία και στο χέρι.

Γενικά, η συγκεκριμένη μέθοδος έχει πολύ μικρές απαιτήσεις, και δε χρειάζεται ιδιαίτερη εξειδίκευση για την πραγματοποίηση αποτύπωσης με αυτή.

Laser Scanner

Ο επίγειος σαρωτής είναι ένα όργανο, με το οποίο η μέθοδος είναι πιο απαιτητική απ' ό,τι με τα άλλα όργανα.

Για τον ορισμό του συστήματος αναφοράς απαιτείται και δεύτερο άτομο, πέραν του μηχανικού, για τον ίδιο λόγο με τη παραπάνω μέθοδο. Όμως, για τη διάρκεια της διαδικασίας σάρωσης, ένα άτομο είναι επαρκές, μια και το μόνο που απαιτείται είναι ο χειρισμός του οργάνου στην αρχή, αλλά μετά η πραγματοποίηση της σάρωσης είναι αυτοματοποιημένη.

Σχετικά με την απαιτούμενη εμπειρία, ο χρήστης πρέπει να είναι εξοικειωμένος με διάφορα λογισμικά προκειμένου να μπορεί να ανταπεξέλθει στις συνθήκες καθ' όλη τη διάρκεια της μεθόδου. Πρέπει να ξέρει να λειτουργεί το πρόγραμμα οδήγησης με το οποίο χειρίζεται κανείς το σαρωτή με τη βοήθεια του υπολογιστή. Ακόμα, να γνωρίζει σε ένα βαθμό τα διάφορα προγράμματα με τα οποία μπορεί να επεξεργαστεί τη μορφή του σαρωμένου νέφους σημείων, ώστε να μπορεί να εκτελέσει όλες τις απαιτούμενες διαδικασίες για την εξαγωγή του τελικού προϊόντος.

Σε γενικές γραμμές, η μέθοδος με επίγειο σαρωτή δεν είναι απαιτητική ως προς το ανθρώπινο δυναμικό, αλλά για να μπορέσει να εφαρμοστεί ικανοποιητικά απαιτείται ένα άτομο με τεχνογνωσία.

Imaging Station

Ο εικονογεωδαιτικός σταθμός είναι και αυτός ένα όργανο για το οποίο απαιτείται ένας βαθμός τεχνογνωσίας, προκειμένου να εκτελεστεί αποτελεσματικά μια αποτύπωση με αυτόν.

Καθότι μπορεί να λειτουργήσει ως απλός γεωδαιτικός σταθμός, στη περίπτωση αυτή οι απαιτήσεις του είναι όμοιες με αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Στη συγκεκριμένη εργασία όμως επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί γεωμετρική αποτύπωση με χρήση της δυνατότητας σάρωσης που έχει το όργανο. Επειδή η σάρωση εκτελείται με εντολή από την επιφάνεια (οθόνη) διεπαφής του οργάνου, κάτι αντίστοιχο με το σαρωτή, ένας εξοικειωμένος χρήστης αρκεί για τη λειτουργία του.

Λόγω ύπαρξης ειδικού λογισμικού για την άντληση και επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων της σάρωσης, είναι αναγκαία η γνώση χρήσης και αυτού. Για την περαιτέρω επεξεργασία του νέφους, τη δημιουργία μοντέλου και ανάλυση αυτού απαιτούνται οι ίδιες γνώσεις σε λογισμικά που χρειάζονται και στη μέθοδο με το laser scanner.

Έτσι, για να μπορεί να εξαχθεί το ζητούμενο από τον πελάτη αποτέλεσμα, είναι απαραίτητη η εξοικείωση του χρήστη με το όργανο αυτό, καθώς και με τα προγράμματα που το συνοδεύουν.

6.6. ΣΥΝΟΨΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ

Όπως φαίνεται, κάθε μέθοδος έχει τα δικά της πλεονεκτήματα, τα οποία μπορεί να φανούν κρίσιμα έως αδιάφορα, ανάλογα με τις συνθήκες στις οποίες πρέπει να πραγματοποιηθεί η γεωμετρική τεκμηρίωση του σκάφους (ή και οποιουδήποτε άλλου αντικειμένου).

Στο θέμα του χρόνου, οι διαφορετικές μέθοδοι έχουν πλεονεκτήματα υπέρ των άλλων σε κάποια σημεία, αλλά μειονεκτούν ως προς άλλα.

Ως προς τη παραμονή στο πεδίο καθαρό προβάδισμα έχουν οι μέθοδοι αποτύπωσης με σάρωση νέφους σημείων. Η αυτοματοποίηση της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται σε αυτή τη μέθοδο βοηθάει πολύ στην ταχεία πραγματοποίηση των εργασιών πεδίου. Αντίθετα, η αποτύπωση με total station απαιτεί πολύ παραπάνω χρόνο, καθώς εκτελείται χειροκίνητα, και είναι μια διαδικασία που απαιτεί επαναλαμβανόμενες ενέργειες για κάθε χωριστό σημείο ή στάση του οργάνου.

Σχετικά με τον χρόνο επεξεργασίας των δεδομένων, όμως, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν νέφη σημείων μειονεκτούν. Ενώ τα δεδομένα από ένα γεωδαιτικό σταθμό είναι απλούστερα στην επεξεργασία τους, τα νέφη σημείων απαιτούν ενέργειες όπως συνένωσή τους, αναφορά στο χρησιμοποιηθέν σύστημα, κ.λ.π. Ακόμα, τα νέφη σημείων εμπεριέχουν πολλή πληροφορία, η οποία πρέπει να ελεγχθεί, κάποια από αυτή να αφαιρεθεί, και γενικά να μεταποιηθεί αρκετές φορές μέχρι να φτάσει στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

Έτσι, όσον αφορά το χρόνο, η επιλογή της μεθόδου έγκειται στο χρήστη.

Φάνηκε πως το μικρότερο κόστος διεξαγωγής μιας αποτύπωσης βρίσκεται με τη μέθοδο στην οποία χρησιμοποιείται το total station. Φυσικά, αυτό δεν αποκλείει τις άλλες δυο μεθόδους, καθώς εκείνες έχουν πλεονεκτήματα σε άλλους τομείς.

Όμως, η φτηνότερη επιλογή σήμερα είναι η μέθοδος αποτύπωσης με έναν ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό. Αλλά, όπως είναι γνωστό, το κόστος σχεδόν πάντα συνδέεται με την ποιότητα του αποτελέσματος.

Ένα ακόμα θέμα είναι το απαιτούμενο ανθρώπινο δυναμικό, και εμπειρία που πρέπει να έχει κάθε ένας εξ' αυτών.

Για τη χρήση του total station συνήθως απαιτείται ένα φυσιολογικό συνεργείο αποτύπωσης, δηλαδή ένας μηχανικός με τον βοηθό του. Στις μεθόδους με σάρωση, όμως, συνήθως επαρκεί η παρουσία ενός έμπειρου

μηχανικού. Ακόμα, καθώς η σκόπευση συγκεκριμένων σημείων είναι λεπτότερη δουλειά από τη σάρωση μιας επιφάνειας, στη περίπτωση αποτύπωσης με total station, μπορεί να χρειάζεται και η παρουσία ενός ειδικού που να δίνει συμβουλές για την ικανοποιητικότερη γεωμετρική του τεκμηρίωση. Τέλος, σε κάθε περίπτωση απαιτείται εμπειρία με το όργανο και τα συνοδευτικά του λογισμικά, σημειωθέντος ότι η εξοικείωση με τα πιο προηγμένα τεχνολογικά όργανα (σαρωτής, εικονοσταθμός) είναι δυσκολότερη.

Σημαντικότερο, ίσως, μέτρο σύγκρισης είναι το αποτέλεσμα, αυτό καθαυτό.

Μια και δεν υπάρχει σωστός η λάθος τρόπος γεωμετρικής τεκμηρίωσης ενός σκάφους πριν την επιλογή της μεθόδου, πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη το ζητούμενο προϊόν από τον πελάτη.

Από τη παραπάνω σύγκριση των μεθόδων φάνηκε πως η μέθοδος με ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό παράγει μια ιδεατή μορφή του αντικειμένου αποτύπωσης, καθότι πάνω στα διακεκριμένα σημεία που απέχουν κάποια απόσταση μεταξύ τους εφαρμόζονται μαθηματικές καμπύλες και επιφάνειες. Άρα, αυτή η μέθοδος ενδείκνυται όταν πρόκειται για την εξαγωγή σχεδίων ενός σκάφους, για το οποίο δε διατίθενται.

Από την άλλη, σε περίπτωση που το ζητούμενο είναι η παρούσα κατάσταση ενός σκάφους, (π.χ. για αναγνώριση παραμορφώσεων, για έλεγχο σε επίσημους αγώνες) τότε είναι προτιμότερη η χρήση ενός σαρωτή ή εικονοσταθμού. Φυσικά, αυτό προϋποθέτει και την ύπαρξη αρχικών σχεδίων του σκάφους, για να μπορεί να υπάρξει σύγκριση και αναγνώριση οποιωνδήποτε διαφορών/αποκλίσεων. Σε αυτή τη περίπτωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η μέθοδος με εικονοσταθμό, αλλά καλύτερα η χρήση αυτής της μεθόδου να περιορίζεται στη γεωμετρική τεκμηρίωση σκαφών μικρού μήκους.

Εν τέλει, η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου έγκειται στον εκάστοτε χρήστη. Όμως, είναι πάντα φρόνιμο να ξέρει κανείς τις δυνατότητες που του προσφέρονται με κάθε μέθοδο πριν λάβει την απόφασή του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΕΞΑΓΩΓΗ ΝΑΥΠΗΓΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

7.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αφού έχουν ολοκληρωθεί όλες οι απαραίτητες για τη παρούσα εργασία διαδικασίες, ένα επιπλέον κομμάτι είναι και η εξαγωγή των τελικών ναυπηγικών στοιχείων του σκάφους.

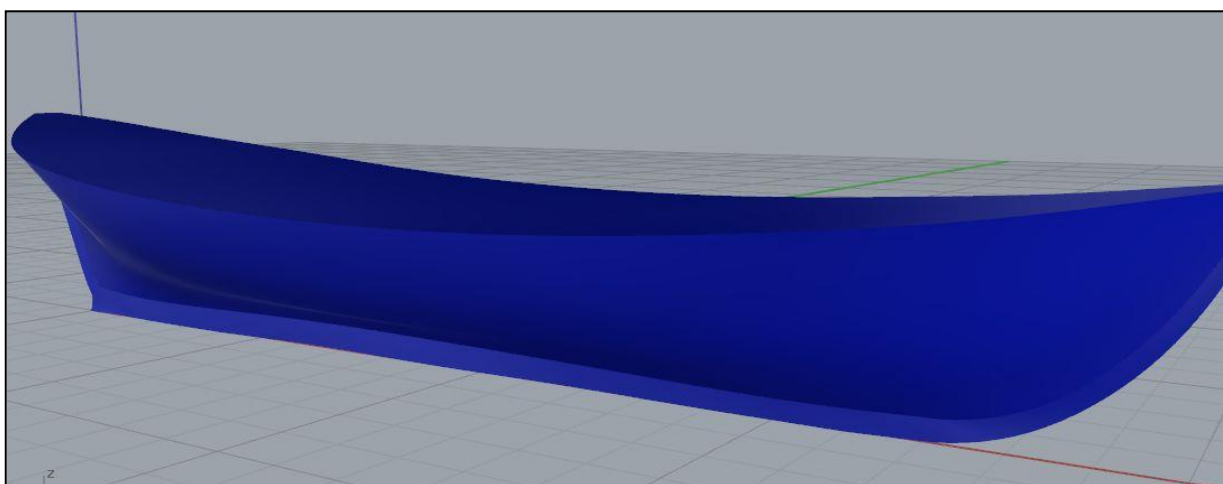
Βάσει επιλογής του υπεύθυνου επιβλέποντα ναυπηγού της εργασίας αυτής, για τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο της μεθόδου με το γεωδαιτικό σταθμό. Οι λόγοι της επιλογής αυτής έχουν αναφερθεί και στο κεφάλαιο της σύγκρισης των μεθόδων.

7.2. ΕΞΑΓΩΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Για τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Rhinoceros.

Η αποτελεσματική χρήση των εντολών σε αυτή την περίπτωση απαιτεί την ύπαρξη μιας κλειστής επιφάνειας. Σε περίπτωση που δεν είναι κλειστή, οι εντολές ανάλυσής της δε μπορούν να εφαρμοστούν.

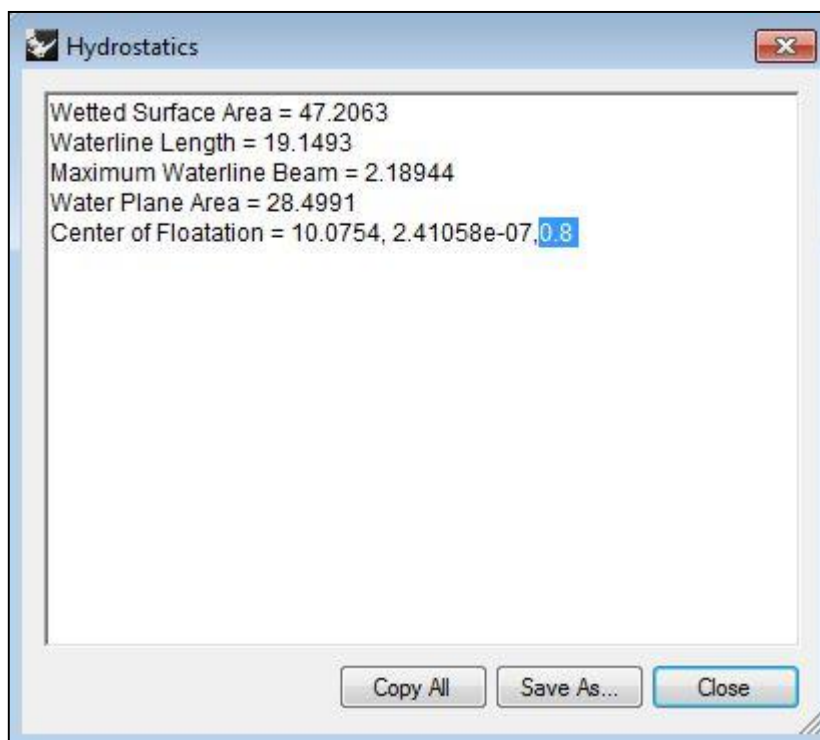
Πρώτο βήμα ήταν, δηλαδή, η δημιουργία μιας κλειστής επιφάνειας. Για το λόγο αυτό εφαρμόστηκαν οι εντολές «**Edge Curve**» και «**Join**». Η πρώτη συμπληρώνει το κενό μεταξύ δυο καμπυλών με μια ομαλή επιφάνεια, ενώ η δεύτερη ενώνει δυο χωριστές επιφάνειες σε μια οντότητα. Έτσι, με χρήση των δυο παραπάνω εντολών δημιουργήθηκε ένα συμπαγές μοντέλο της επιφάνειας του σκάφους.



Εικόνα 7.1. Το τελικό μοντέλο σκάφους

Επάνω σε αυτή τη κλειστή επιφάνεια εφαρμόστηκαν οι εντολές ανάλυσης «**Volume**», «**Volume Centroid**» και «**Hydrostatics**».

Η πρώτη εντολή μετρά τον όγκο που περικλείεται από την επιφάνεια, η δεύτερη δίνει τις συντεταγμένες του βαρύκεντρου, και η τρίτη τα υδροστατικά στοιχεία της επιφάνειας.



Εικόνα 7.2. Αποτέλεσμα χρήσης της εντολής «Hydrostatics»

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν για διαφορετικά βυθίσματα του σκάφους, με βήμα 20 εκατοστών.

Επίσης, έγιναν για δυο θέσεις του σκάφους. Η πρώτη είναι η Ισοβύθιστη, ενώ η δεύτερη σε Έμπρυμνη διαγωγή 1 μοίρας.

Τα εξαγόμενα στοιχεία σε κάθε βύθισμα είναι:

- Ο όγκος
- Το βαρύκεντρο
- Οι ροπές όγκων
- Η βρεχόμενη επιφάνεια
- Η περιφέρεια της ισάλου
- Η μέγιστη ακτίνα ισάλου
- Η επιφάνεια τομής της ισάλου

Στη συνέχεια δίνονται πίνακες και διαγράμματα των στοιχείων του σκάφους για κάθε θέση του, συναρτήσει του βυθίσματός του.

7.2.1. Ισοβύθιστη θέση

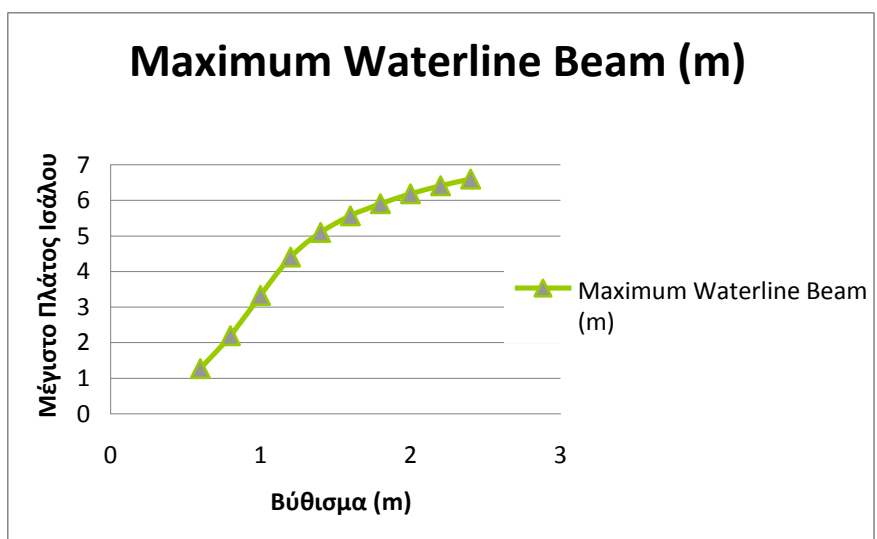
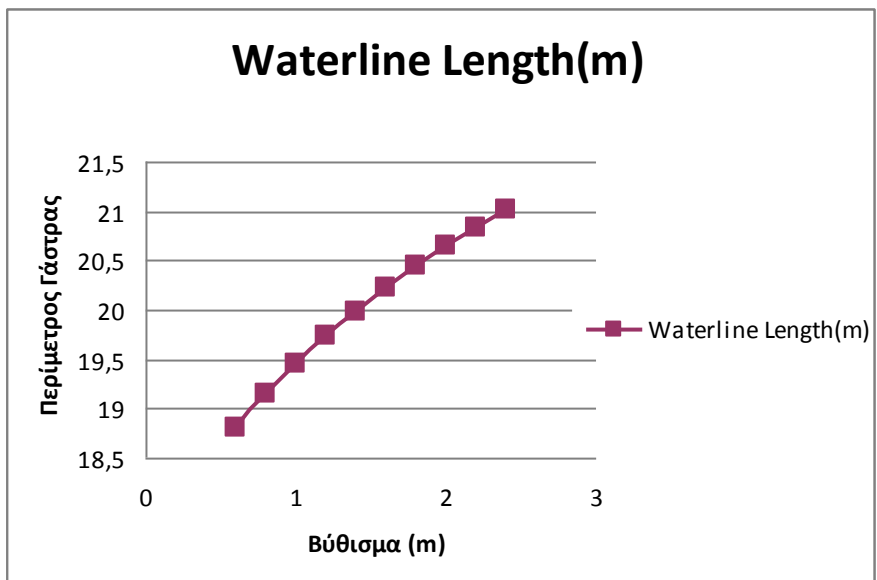
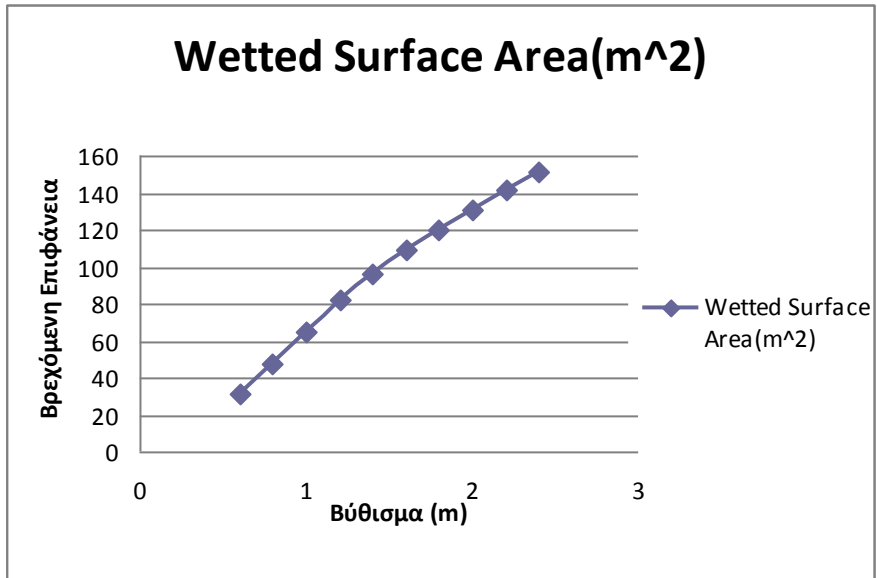
Αυτή είναι η θέση στην οποία το σκάφος βρίσκεται «οριζόντια», δηλαδή το κάτω μέρος της καρίνας του είναι παράλληλο με τον άξονα X.

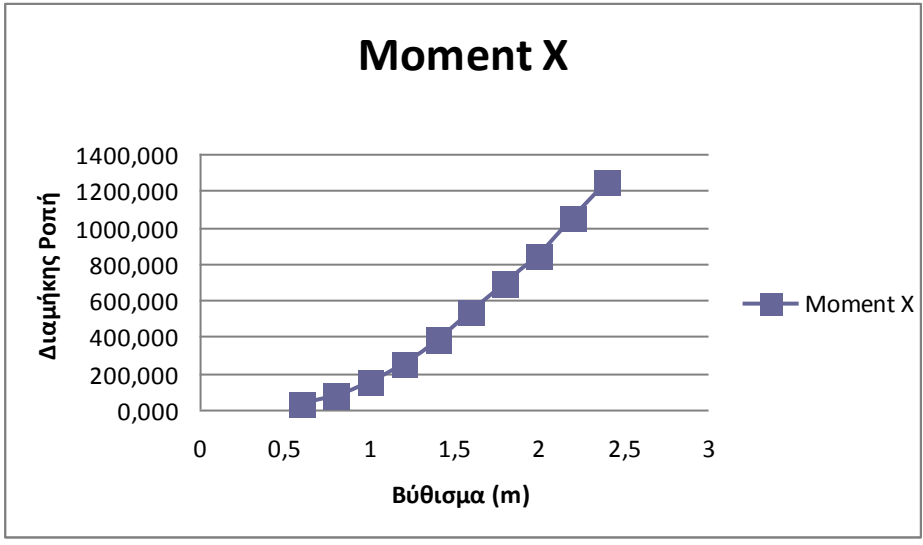
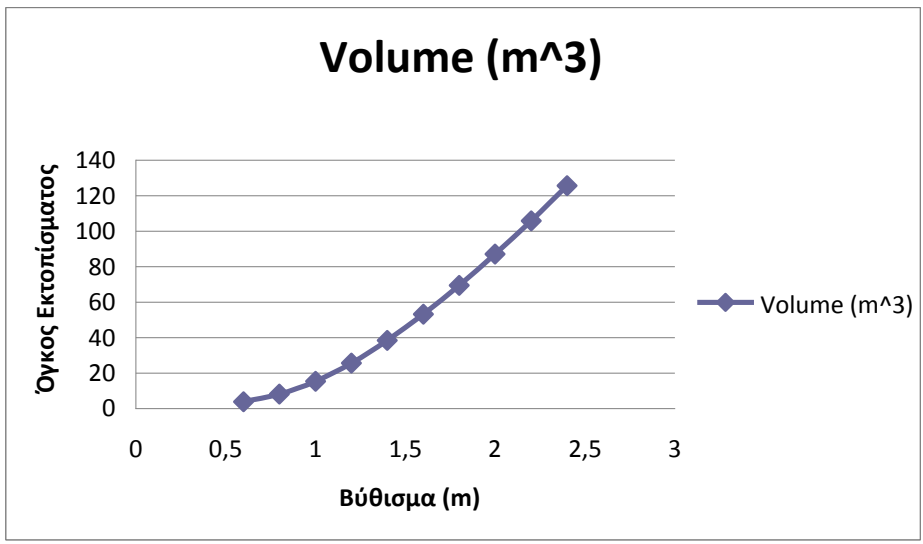
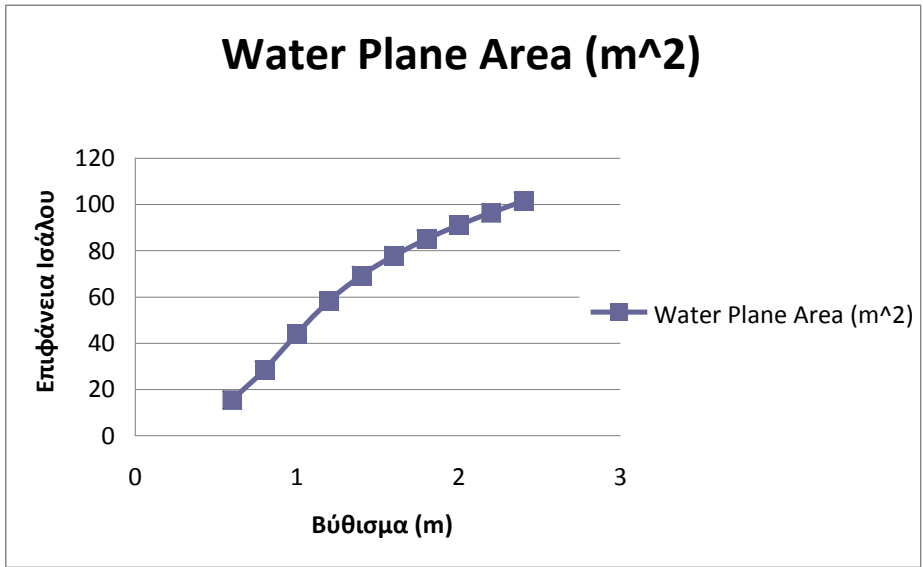
Waterline Elevation (m)	Volume (m ³)	Volume Center		Moment X	Moment Z
		X (m)	Z (m)		
0,6	3,75	9,813	0,377	36,799	1,414
0,8	8,092	9,981	0,556	80,766	4,499
1	15,315	10,01	0,722	153,303	11,057
1,2	25,599	10,007	0,875	256,169	22,399
1,4	38,4	9,998	1,018	383,923	39,091
1,6	53,146	9,988	1,152	530,822	61,224
1,8	69,455	9,978	1,281	693,022	88,972
2	87,076	9,678	1,407	842,722	122,516
2,2	105,838	9,958	1,53	1053,935	161,932
2,4	125,625	9,95	1,651	1249,969	207,407

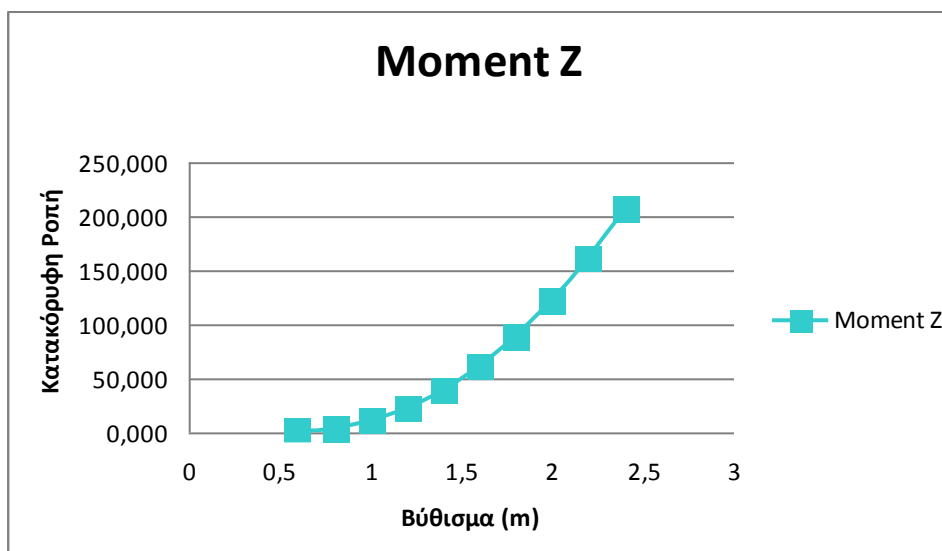
Waterline Elevetaion(m)	Wetted Surface Area(m ²)	Waterline Length(m)	Maximum Waterline Beam (m)
0,6	31,5055	18,8043	1,27121
0,8	47,2063	19,1493	2,18944
1	65,182	19,4569	3,32782
1,2	82,1896	19,7352	4,40216
1,4	96,3205	19,9897	5,09244
1,6	108,672	20,2241	5,56183
1,8	120,019	20,441	5,90551
2	130,822	20,6424	6,17797
2,2	141,337	20,8298	6,40282
2,4	151,718	21,0046	6,59125

Center Of Flotation

Waterline Elevetaion(m)	Water Plane Area (m ²)	X (m)	Y (m)	Z (m)
0,6	15,3819	10,2163	0	0,6
0,8	28,4991	10,0754	0	0,8
1	43,9687	10,0202	0	1
1,2	58,2813	9,99045	0	1,2
1,4	69,2474	9,97245	0	1,4
1,6	77,8934	9,95365	0	1,6
1,8	84,9946	9,93542	0	1,8
2	91,0716	9,92008	0	2
2,2	96,4525	9,90831	0	2,2
2,4	101,351	9,90035	0	2,4







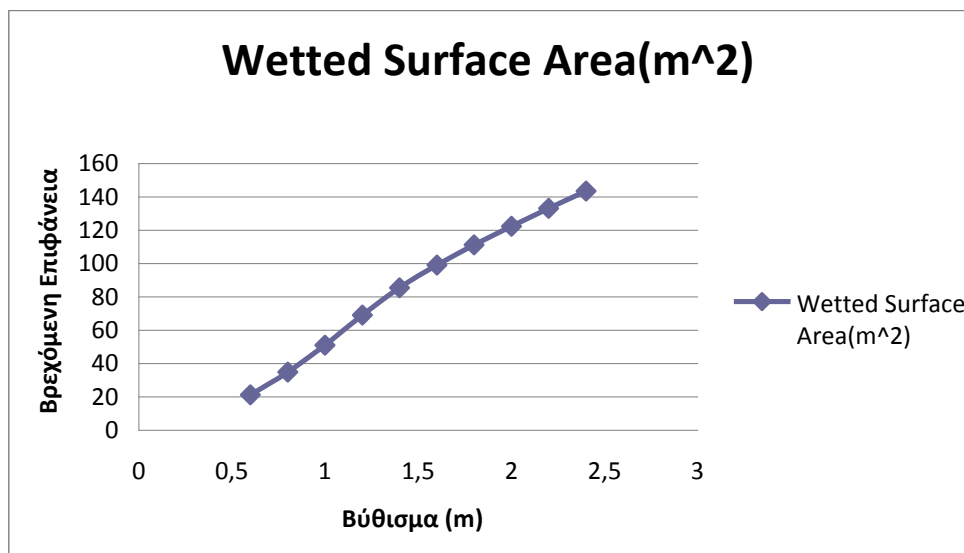
7.2.2. Έμπρομη Διαγωγή

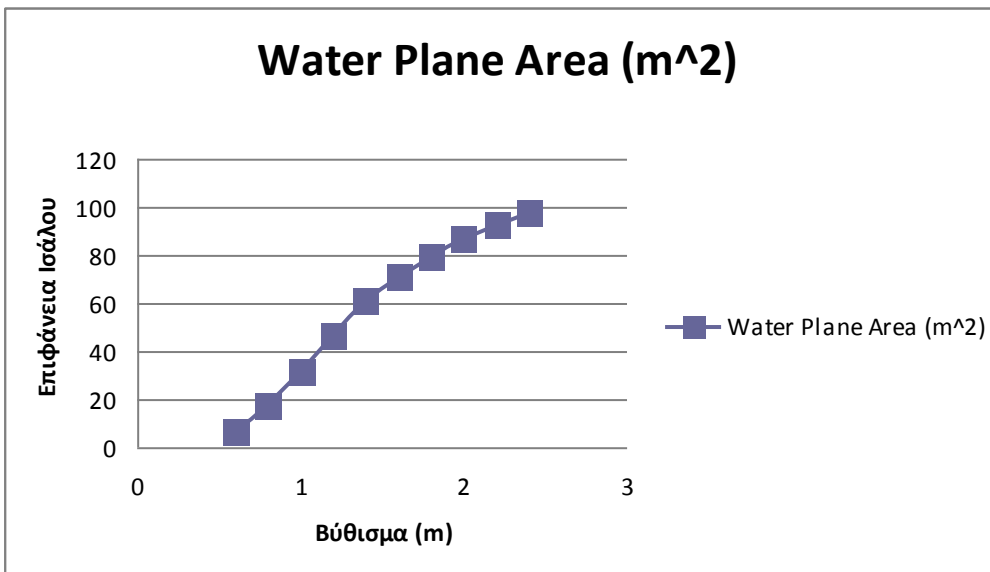
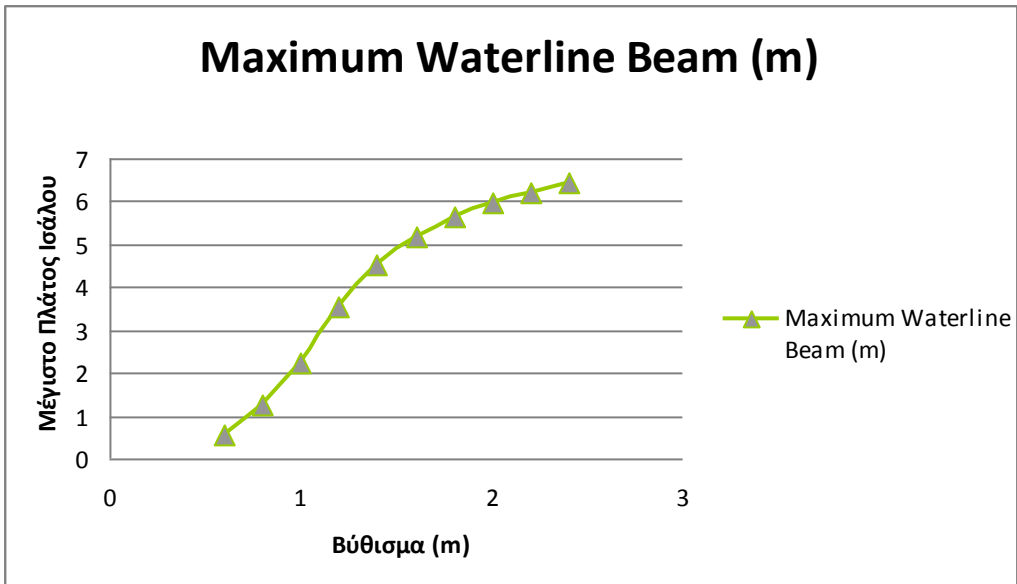
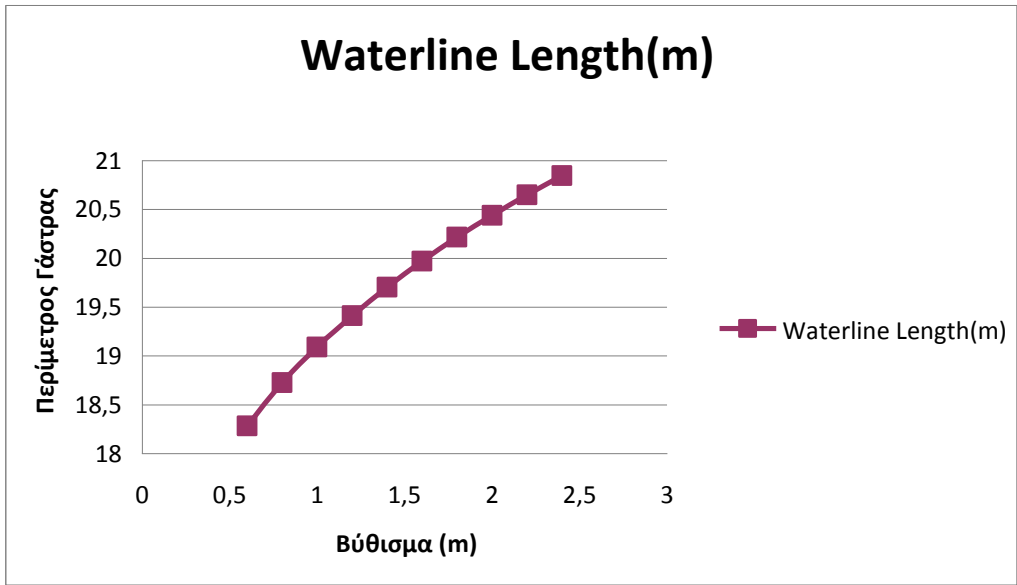
Σε αυτή τη θέση το σκάφος έχει κλίση μιας μοίρας, ώστε η πρύμνη να είναι πιο βυθισμένη από την πλώρη. Αυτή η θέση αντιστοιχεί περισσότερο στην πραγματική κατάσταση του σκάφους σε συνθήκες πλεύσης.

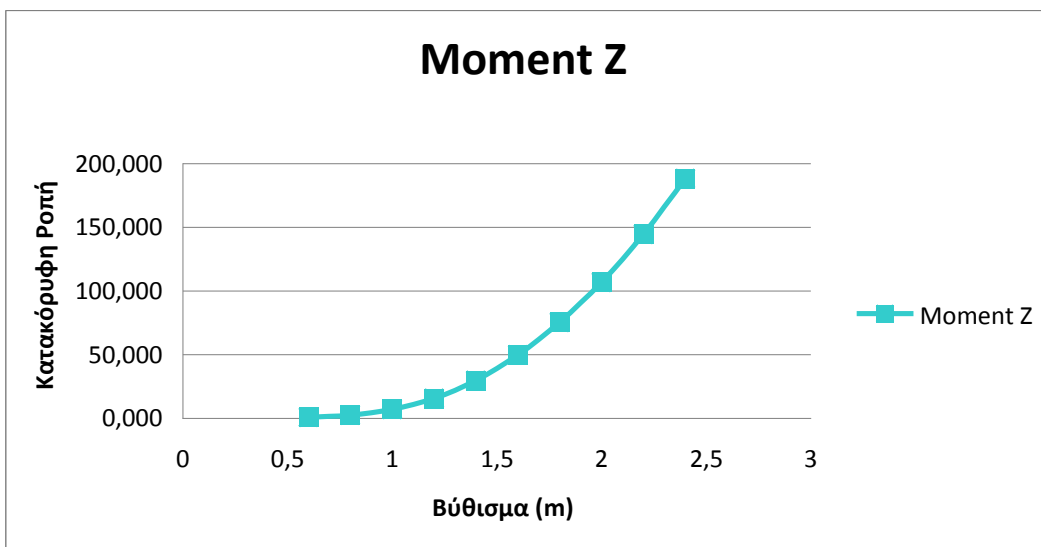
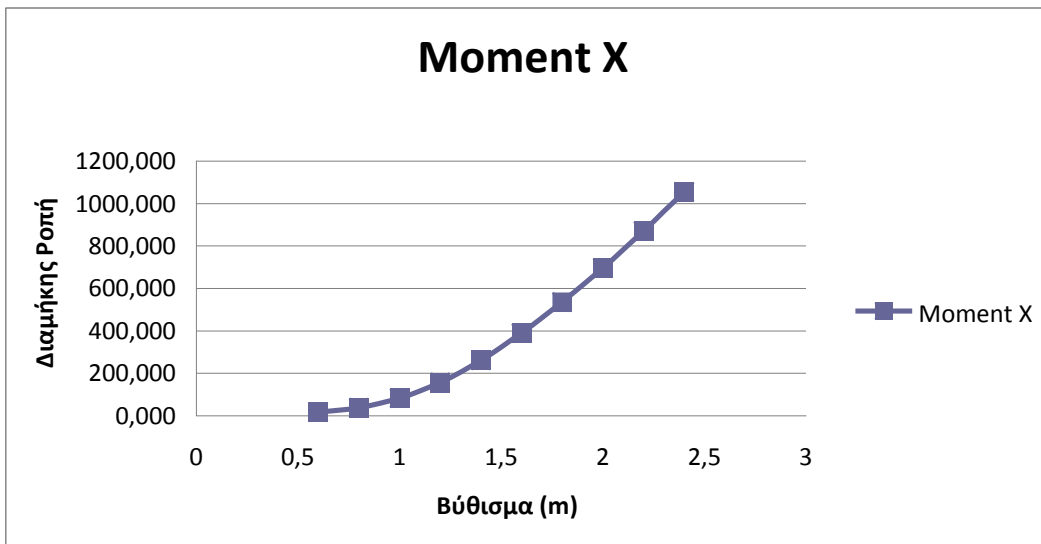
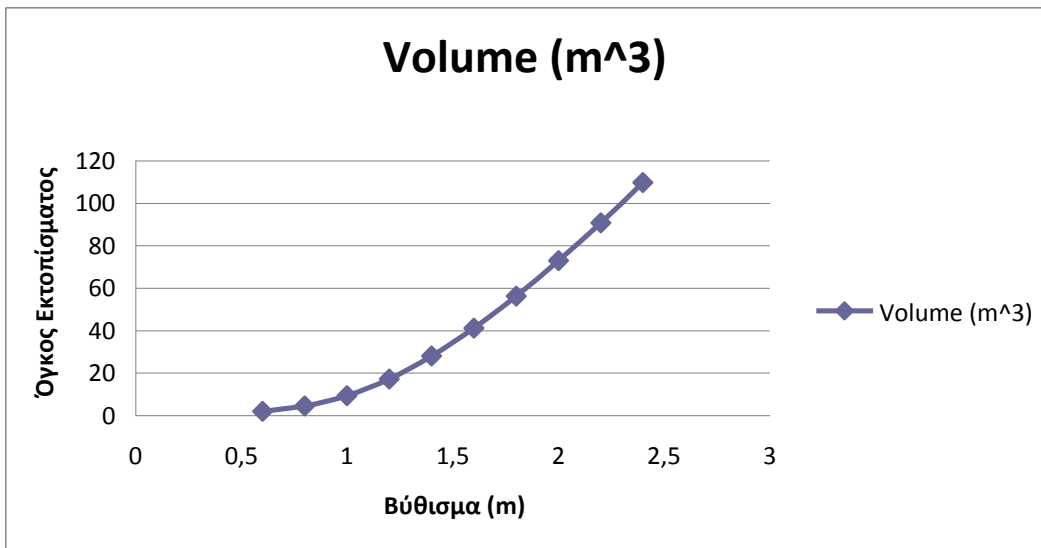
Waterline Elevation (m)	Volume (m ³)	Volume Center		Moment X	Moment Z
		X (m)	Z (m)		
0,6	2,019	7,975	0,386	16,102	0,779
0,8	4,465	8,514	0,566	38,015	2,527
1	9,35	8,911	0,745	83,318	6,966
1,2	17,187	9,158	0,91	157,399	15,640
1,4	28,007	9,319	1,063	260,997	29,771
1,6	41,218	9,426	1,204	388,521	49,626
1,8	56,3	9,496	1,337	534,625	75,273
2	72,896	9,544	1,466	695,719	106,866
2,2	90,767	9,576	1,591	869,185	144,410
2,4	109,754	9,599	1,714	1053,529	188,118

Waterline Elevetaion(m)	Wetted Surface Area(m ²)	Waterline Length(m)	Maximum Waterline Beam (m)
0,6	21,168	18,281	0,574
0,8	34,793	18,724	1,244
1	50,909	19,09	2,239
1,2	68,964	19,413	3,544
1,4	85,312	19,704	4,538
1,6	99,032	19,969	5,182
1,8	111,155	20,214	5,629
2	122,357	20,44	5,96
2,2	133,073	20,649	6,224
2,4	143,54	20,845	6,442

Waterline Elevetaion(m)	Water Plane Area (m ²)	Center Of Flotation		
		X (m)	Y (m)	Z (m)
0,6	7,006	8,583	0	0,6
0,8	17,877	9,137	0	0,8
1	31,442	9,37	0	1
1,2	46,997	9,518	0	1,2
1,4	60,594	9,62	0	1,4
1,6	71,086	9,675	0	1,6
1,8	79,435	9,699	0	1,8
2	86,326	9,708	0	2
2,2	92,254	9,71	0	2,2
2,4	97,522	9,708	0	2,4







ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

8.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εδώ θα παρουσιαστούν όσα συμπεράσματα εξήχθησαν για τα διάφορα στάδια αυτής της εργασίας.

Ακόμα θα αναφερθούν όλες οι ειδικές περιπτώσεις, καθώς και τα μη-αναμενόμενα προβλήματα που προέκυψαν.

Στο τέλος του κεφαλαίου δίνονται προτάσεις για μελέτη φαινομένων που προέκυψαν σε αυτή την εργασία, και για περαιτέρω εργασίες στο συγκεκριμένο τομέα, οι οποίες σχετίζονται με το περιεχόμενο της παρούσης ή ακόμα και βασίζονται σε αυτή.

8.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για το στάδιο αυτό τα συμπεράσματα είναι ως εξής:

- Επειδή η εργασία γίνεται με σκοπό την απόκτηση στοιχείων για το σκάφος τα οποία δεν υπήρχαν προηγουμένως, όπως και τα σχέδιά του, στόχος ήταν η γεωμετρική τεκμηρίωση του σκάφους θεωρώντας πως βρίσκεται στην ιδανική του γεωμετρία. Αυτό σημαίνει πως η γάστρα του σκάφους είναι συμμετρική. Έτσι, αρκεί η αποτύπωση της μιας μόνο πλευράς του.
- Αν απαιτείται η αναγνώριση αλλαγών στη γάστρα του σκάφους, τότε πρέπει να γίνει πλήρης αποτύπωση του σκάφους από όλες τις πλευρές του.
- Για την αποτελεσματική αποτύπωση, τα σημάδια που ορίζουν το δίκτυο πρέπει να τοποθετηθούν με προσοχή, και με τρόπο που να μην εξαφανιστούν στο πέρας μερικών ημερών.
- Η πραγματοποίηση της αποτύπωσης πρέπει να ολοκληρωθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα. Καθότι η διαδικασία εξελίσσεται σε ένα χώρο όπου πραγματοποιούνται συνεχώς εργασίες, υπάρχει ενδεχόμενο αλλαγής του περιβάλλοντος, καθώς και της γεωμετρίας του αντικειμένου αποτύπωσης.
- Στην περίπτωση αποτύπωσης με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό πρέπει να υπάρχουν αρκετά σημεία σε κάθε αποτυπωμένη τομή ώστε να αποτυπωθεί επαρκώς η πολύπλοκη επιφάνεια του σκάφους.
- Στην αποτύπωση με total station είναι φρόνιμο να έχουν σκοπευθεί παραπάνω σημεία από το αρχικά στοχευόμενο αριθμό, ώστε να υπάρχει δυνατότητα κάλυψης των κακώς στοχευθέντων σημείων, ή

την αποφυγή δυσχερών καταστάσεων που μπορεί να εμφανιστούν, μια και δεν είναι δυνατός ο έλεγχος των δεδομένων παρά μόνο στο στάδιο της επεξεργασίας με αυτή τη μέθοδο.

- Στη μέθοδο με total πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι χρειάζονται αρκετές ώρες για τη πλήρη αποτύπωση. Άρα, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για οποιαδήποτε αλλαγή στις καιρικές συνθήκες.
- Οι μέθοδοι με σαρωτή και εικονοσταθμό χρειάζονται μια εξοικείωση με τα όργανα, για να εκτελεστεί ομαλά η διαδικασία της αποτύπωσης στο πεδίο.
- Ο απαιτούμενος εξοπλισμός στη μέθοδο αποτύπωσης με σαρωτή είναι αρκετά ογκώδης, οπότε πρέπει να γίνει ένας μικρός προγραμματισμός για την εύκολη μεταφορά του. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δυο αυτοκίνητα για τη μεταφορά του,
- Η αποτύπωση με το σαρωτή είναι αρκετά βολική από άποψη χρόνου. Αφού είναι αυτοματοποιημένη από το συνοδευτικό λογισμικό, είναι αρκετά σύντομη.
- Η μέθοδος με σαρωτή επιτρέπει τον έλεγχο των στοιχείων επιτόπου μέσα από το ειδικό πρόγραμμα που το συνοδεύει, και έτσι δίνει τη δυνατότητα για γρήγορες διορθωτικές ή συμπληρωματικές ενέργειες στο πεδίο.
- Η μέθοδος με σαρωτή απαιτεί την ύπαρξη πηγής ρεύματος, τόσο για τη συνεχή λειτουργία του σαρωτή, όσο και για το φορητό υπολογιστή από τον οποίο ελέγχεται. Στη περίπτωση που οποιοδήποτε από τα δυο όργανα σταματήσει να λειτουργεί, τερματίζεται και η διαδικασία της σάρωσης.
- Για να γίνει πλήρης κάλυψη του σκάφους, χρειάζονται σαρώσεις από διάφορες στάσεις, λόγω της μεγάλης έκτασης της επιφάνειας του σκαριού.
- Στην αποτύπωση με σαρωτή υπήρχε περίσσεια πληροφορία, οπότε δε χρειαζόταν μια τόσο αναλυτική σάρωση.
- Για να γίνει σύγκριση των στοιχείων στο ίδιο σύστημα αναφοράς χρειάζεται ο όρισμός του δικτύου με γεωδαιτικό σταθμό, ο οποίος θα δώσει συντεταγμένες στα σημεία αναφοράς που θα χρησιμοποιηθούν και στις υπόλοιπες μεθόδους.
- Από τις κάμερες που υπάρχουν στο σαρωτή και τον εικονοσταθμό μπορεί να δει κανείς ποια τμήματα του αντικειμένου είναι ορατά από το όργανο και ποια είναι κρυφά, για τα οποία θα πραγματοποιήσει επιπλέον σάρωση, ή θα χρειαστεί να μετακινήσει το όργανο για να μπορέσει να τα καλύψει.
- Η μέθοδος αποτύπωσης με εικονοσταθμό είναι λιγότερο προτεινόμενη, καθώς λόγω του μεγέθους του σκάφους, και του

επιτρεπόμενου χρόνου λειτουργίας από τη μπαταρία του οργάνου, υποχρεωτικά αυξήθηκε το βήμα του καννάβου σάρωσης.

- Η διαδικασία συλλογής δεν έχει τελειώσει παρά μόνο όταν αντληθούν τα δεδομένα από το εκάστοτε όργανο.
- Στο θέμα ταχύτητας και αποτελεσματικότητας, η μέθοδος που υπερτερεί είναι αυτή με τον επίγειο σαρωτή.

8.3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για το στάδιο των εργασιών στο γραφείο, από την αρχική επεξεργασία μέχρι τη κατασκευή του μοντέλου και εξαγωγή των ζητούμενων στοιχείων, βγήκαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Οι αβεβαιότητες όλων των στοιχείων ήταν καλύτερες από 1 εκατοστό, και άρα γίνονται δεκτές, όπου τα ναυπηγικά πρότυπα προτείνουν ακρίβειες περίπου 1~2 εκατοστών.
- Οι μετρήσεις με το γεωδαιτικό σταθμό ανάγονται σε αποστάσεις και γωνίες μετρημένες από την εκάστοτε στάση. Με βασική γνώση τοπογράφου, μπορούν εύκολα να υπολογιστούν οι συντεταγμένες του κάθε σημείου. Για τους υπολογισμούς, η διαδικασία γίνεται ευκολότερη με τη χρήση ενός προγράμματος υπολογιστικού φύλλου.
- Καθότι τα δεδομένα της μεθόδου με total station είναι πολύ λιγότερα από το σαρωτή και τον εικονοσταθμό, η επεξεργασία τους πραγματοποιήθηκε πολύ ευκολότερα τόσο στο υπολογιστικό στάδιο, όσο και εντός του τρισδιάστατου γραφικού περιβάλλοντος.
- Χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά προγράμματα ανάλογα με τη χρησιμοποιηθείσα μέθοδο. Τα διακριτά σημεία από τον γεωδαιτικό σταθμό μπήκαν κατευθείαν στο Rhinoceros, ενώ για τα νέφη σημείων χρησιμοποιήθηκε πρώτα το Geomagic. Ακόμα, για το σαρωτή και τον εικονοσταθμό ήταν αναγκαία η χρήση των συνοδευτικών λογισμικών (Cyclone, ImageMaster) για την αρχική ανάγνωση των δεδομένων της σάρωσης.
- Στη μέθοδο σαρωτή, επειδή υπήρξε περίσσεια πληροφορίας, σε όλα τα στάδια της επεξεργασίας έπρεπε να γίνεται αφαίρεση της άχρηστης, και απομάκρυνση του θορύβου, ώστε η εξαγόμενη επιφάνεια και οι γραμμές της να είναι πιο ομαλές.
- Αντίθετα με τα προηγούμενα, το νέφος σημείων του εικονοσταθμού είχε οριακά επαρκή αριθμό σημείων, και έτσι η αφαίρεση θορύβου και άχρηστης πληροφορίας είχε περιοριστεί στο ελάχιστο.

- Οι τρύπες στα νέφη αποτέλεσαν μια δυσκολία στην παραγωγή των μοντέλων του σαρωτή και του εικονοσταθμού, καθώς δεν υπήρχε τρόπος ελέγχου της πλήρωσής τους. Ο μόνος τρόπος ήταν ο έλεγχος της ομαλότητάς τους με το έμπειρο μάτι του χρήστη, και η παρατήρηση στη συνέχεια των εξαγόμενων προϊόντων.
- Για την επεξεργασία των δεδομένων του σαρωτή και του εικονοσταθμού χρειάστηκε περισσότερη τεχνογνωσία λογισμικού συγκριτικά με τον γεωδαιτικό σταθμό.
- Τα εξαγόμενα μοντέλα πρέπει να έχουν τις ίδιες ακριβώς συντεταγμένες, δηλαδή να συμπίπτουν, προκειμένου να μπορέσει να γίνει η σύγκρισή τους.
- Οι τομές που βγήκαν από τα μοντέλα πραγματοποιήθηκαν στις ίδιες συντεταγμένες, για τον ίδιο λόγο με παραπάνω.
- Επειδή η επεξεργασία των δεδομένων στο Rhinoceros είχε περίπου την ίδια χρονική διάρκεια, ο επιπλέον χρόνος επεξεργασίας των νεφών στο Geomagic καθιστά τις δυο μεθόδους σάρωσης πιο χρονοβόρες.

8.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στη συνέχεια φαίνονται τα στοιχεία που εκήχθησαν παρατηρώντας τα αποτελέσματα της εργασίας, τόσο στο τελικό προϊόν όσο και στη σύγκριση των μεθόδων:

- Το μοντέλο κάθε μεθόδου ανταπεξέρχεται καλύτερα σε διαφορετική ανάγκη γεωμετρικής τεκμηρίωσης.
- Η μη-οριζοντιωμένη θέση του σκάφους στο πεδίο δεν αποτέλεσε εν τέλει αδυναμία, καθώς μέσω των λογισμικών μπορούν να πραγματοποιηθούν μετατοπίσεις και περιστροφές των εξαγόμενων μοντέλων προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή κατάσταση.
- Το μοντέλο με τη μέθοδο του ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού έδωσε ομαλότερες επιφάνειες και γραμμές, οπότε θεωρείται πως αυτή η ομαλότητα πλησιάζει περισσότερο στην ιδεατή μορφή του σκάφους, και δίνει καλύτερα ναυπηγικά σχέδια.
- Τα νέφη σημείων, καθώς καλύπτουν την επιφάνεια αποτύπωσης σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από την αποτύπωση με μεμονωμένα σημεία, εικονίζουν καλύτερα την παρούσα κατάσταση του σκάφους.

- Η εγγύτητα των γραμμών του εικονοσταθμού με το σαρωτή και η διαφορά τους από τις γραμμές του γεωδαιτικού σταθμού αποδεικνύουν τα δυο παραπάνω συμπεράσματα.
- Το δημιουργηθέν μοντέλο μπόρεσε με άμεσο τρόπο να δώσει τα υδροστατικά στοιχεία του σκάφους, τα οποία μπορούν να θεωρηθούν ως ένας δευτερεύων στόχος της εργασίας.
- Τα αρχικά μοντέλα και γραμμές πριν εξομαλυνθούν παρ' όλο που δε χρησιμοποιήθηκαν δεν αποτελούν λανθασμένα αποτελέσματα, αλλά αληθείς απεικονίσεις της γεωμετρίας του σκάφους τη στιγμή της αποτύπωσης. Όμως, στη προκειμένη περίπτωση όπου η ομαλότητα είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες στην εξαγωγή των σχεδίων, έπρεπε να γίνει η μεταποίησή τους.
- Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι αμοιβές ορίζονται συναρτήσει των εργατοωρών που αφιερώθηκαν σε κάθε μέθοδο, φαίνεται ότι οι αμοιβές για εργασίες πεδίου με χρήση ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού είναι μεγαλύτερες, αλλά οι εργασία γραφείου στις άλλες δυο μεθόδους αμοιβεται καλύτερα.

8.5. ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ

Καθ' όλη τη διεξαγωγή της εργασίας προέκυψαν δυσκολίες και προβλήματα, εκ των οποίων το καθένα ήθελε το δικό του τρόπο αντιμετώπισης. Κάποια από αυτά ήταν απλά, αλλά άλλα έπαιξαν σημαντικό ρόλο στο τελικό αποτέλεσμα.

Στη συνέχεια γίνεται η περιγραφή τους.

Περιβάλλον Αποτύπωσης

Η εργασίες πεδίου πραγματοποιήθηκαν εντός του ναυπηγείου. Το ναυπηγείο είναι ένας χώρος στον οποίο πραγματοποιούνται συνεχώς εργασίες, και η διαμόρφωση του χώρου ενδεχομένως να αλλάζει.

Για την αποτελεσματική αποτύπωση απαιτείται κενός χώρος (περίπου 8 με 10 μέτρα από το σκάφος). Ο χώρος αυτός όμως μπορεί να είναι καλυμένος με άλλα αντικείμενα. Ακόμα, εργάτες του ναυπηγείου μπορεί να διέλθουν στο χώρο αυτό κατά τη πραγματοποίηση της αποτύπωσης, και έτσι στη χειρότερη περίπτωση θα πρέπει να γίνει επανάληψή της.

Τέλος, λόγω του ανοιχτού χώρου, ενδεχομένως δυσχερή καιρικά φαινόμενα να εμποδίσουν περαιτέρω τη πραγματοποίηση των εργασιών. Ειδικά στις μεθόδους που απαιτούν περισσότερο χρόνο. Στη παρούσα

εργασία, αυτό συνέβη κατά τη πραγματοποίηση της μεθόδου με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό.

Μη-μονιμότητα αντικειμένου αποτύπωσης

Σε παρούσα εργασία το αντικείμενο είναι ένα σκάφος. Αντίθετα με άλλα αντικείμενα αποτύπωσης (π.χ. μνημεία, εκτάσεις) το συγκεκριμένο δεν παραμένει πάντα στάσιμο.

Καθώς είναι αδύνατη η αναβολή των εργασιών του ναυπηγείου επάνω στο σκάφος, πρέπει να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά ο δοσμένος χρόνος. Όταν το σκάφος μετακινηθεί ή ξαναριχθεί στη θάλασσα, δε μπορούν να πραγματοποιηθούν επιπλέον εργασίες.

Το πρόβλημα αυτό προέκυψε σε ένα στάδιο όπου είχε προγραμματιστεί να γίνουν μερικές ακόμα μικροσαρώσεις για κάλυψη τμημάτων της επιφάνειας για τα οποία δεν υπήρχαν επαρκή στοιχεία.

Φύση υλικού επιφάνειας αποτύπωσης

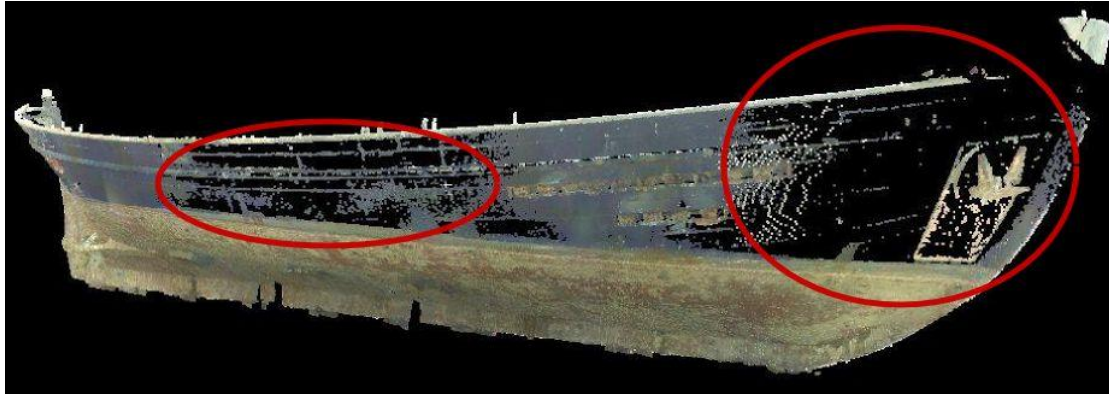
Το συγκεκριμένο πρόβλημα ήταν αυτό με τη μεγαλύτερη επιρροή στη διεξαγωγή της εργασίας.

Λόγω της φύσης της μπογιάς που υπήρχε πάνω στην επιφάνεια του σκάφους, προέκυψαν προβλήματα ανακλασιμότητας των δεσμών laser που εξέπεμπαν τα όργανα και στις τρεις μεθόδους.

Μελέτες πάνω στο θέμα της ανακλασιμότητας του στόχου σε σχέδη με το υλικό του έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν και έχει γίνει αναφορά σε αυτό σε παλαιότερες διπλωματικές εργασίες (Μελάς Ν. «E.D.M. WILD DIOR 3002S ΕΛΕΓΧΟΙ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ», και Μπαλτάς Π. «Όργανα μέτρησης αποστάσεων χωρίς κατάφωτο, Αρχές λειτουργίας – Μετρήσεις – Συγκρίσεις»).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η φύση της μπογιάς προκάλεσε προβλήματα σε όλες τις μεθόδους. Στη περίπτωση χρήσης των οργάνων, παρ' όλο που οι μετοπικές στοχεύσεις/σαρώσεις δε παρουσίασαν πρόβλημα, η στόχευση σε πλάγιες περιοχές δεν έδινε μετρήσεις, ή μπορεί να άφηνε κενά στα τελικά νέφη σημείων των σαρώσεων.

Μια τέτοια περίπτωση φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, όπου απεικονίζονται τρύπες σε νέφος σημείων του σαρωτή.



Εικόνα 8.1. Τρύπες στο νέφος σημείων λόγω υλικού επιφάνειας

Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, στη μέθοδο με γεωδαιτικό σταθμό έγινε αρκετές φορές επανάληψη μέτρησης του ίδιου σημείου, ενώ με το laser scanner πραγματοποιήθηκαν επιπλέον σαρώσεις, μια κοντά στη πρύμνη και μια κοντά στη πλώρη. Ακόμα, για σκόπευση κάποιων σημείων σε λίγες περιπτώσεις εφαρμόστηκε στην επιφάνεια μια χάρτινη κόλλα, η οποία επιστρέφει τη reflectorless δέσμη του οργάνου, και δεν αλλάζει την μετρημένη απόσταση, λόγω του πάχους του χαρτιού.

Στη περίπτωση των νεφών, οι τρύπες καλύφθηκαν όσο το δυνατόν καλύτερα μέσα στα ειδικά λογισμικά επεξεργασίας μοντέλων.

8.6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στη συνέχεια προτείνονται κάποιες ενέργειες σε περίπτωση πραγματοποίησης κάποιων από τις μεθοδολογίες που αναλύθηκαν στη συγκεκριμένη εργασία, καθώς και κάποια θέματα για μελλοντικές εργασίες.

- Επανάληψη αποτύπωσης παρόμοιου σκάφους και από της δυο πλευρές.
- Επανάληψη εργασιών σε σκάφος του οποίου η επιφάνεια δεν προκαλεί προβλήματα λόγω υλικού.
- Πραγματοποίηση αποτύπωσης με επίγειο σαρωτή σε σκάφος για το οποίο υπάρχουν σχέδια, με σκοπό τη σύγκριση του αποτελέσματος σάρωσης με αυτά.
- Δημιουργία ψηφιακής βάσης δεδομένων τρισδιάστατων μοντέλων παραδοσιακών σκαφών, με στόχο τη διατήρηση της πολιτισμικής κληρονομιάς της Ελλάδος.
- Πραγματοποίηση μελέτης ανακλασιμότητας υλικών σε μετρήσεις με τοπογραφικά όργανα, με σκοπό τη δημιουργία βάσης με τις

ιδιότητες διαφόρων υλικών που μπορεί να συναντήσει ο τοπογράφος μηχανικός στο πεδίο.

- Περαιτέρω χρήση του εικονοσταθμού για έλεγχο καταλληλότητάς του σε τέτοιες εφαρμογές.
- Προσπάθεια δημιουργίας τρισδιάστατου μοντέλου σκάφους με φωτογραμμετρικές μεθόδους, και σύγκρισή της με ήδη υπάρχουσες μεθόδους γεωμετρικής τεκμηρίωσης.

Βιβλιογραφία

Ξένη

- Lipke P., Spectre P., Benjamin A.G. Fuller**, «Boats:A Manual for their Documentation» 1993
- INTERNATIONAL 420 CLASS ASSOCIATION**, «HULL MEASUREMENT GUIDE» 2005
- MENNA F., ACKERMANN S., SCAMARDELLA A., TROISI S.**, «Digital photogrammetry: a usefull tool for shipbuilding applications» 2009
- Menna F., Troisi S.**, «PHOTOGRAMMETRIC 3D MODELLING OF A BOAT'S HULL» 2010
- Menna F., Nocerino E., Scamardella A.**, «REVERSE ENGINEERING AND 3D MODELLING FOR DIGITAL DOCUMENTATION OF MARITIME HERITAGE» 2011

Ελληνική

- Αντωνίου Κ.**, «ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ», Αθήνα, 1984
- Γάνος Γ.**, «ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΣΕΙΡΑ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΛΙΕΥΤΙΚΩΝ ΣΚΑΦΩΝ», 1988
- Δαμανίδης Κ, Λεοντίδης Α.**, «ΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΙΣΤΙΟΦΟΡΑ ΚΑΪΚΙΑ ΤΟΥ 20^{ου} ΑΙΩΝΑ», Εκδόσεις Γαβριηλίδης, Αθήνα, 1992
- Δογγούρης Σ.**, «Βιομηχανική Γεωδαισία, Σημειώσεις μαθήματος Τεχνική Γεωδαισία», 2005
- Καρδαμπίκης Χ., Τσακνιάς Δ.**, «Πτυχιακή Εργασία Αποτύπωση, ανασχεδίαση ναυπηγικών γραμμών και ναυπηγικοί υπολογισμοί γνωστών παραδοσιακών σκαφών», Αθήνα, 2015
- Μελάς Ν.**, «E.D.M. WILD DIOR 3002S ΕΛΕΓΧΟΙ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ», 1995
- Μπαλοδήμος Δ., Σταθάς Δ., Αραμπατζή Ο.**, «Γεωδαισία (Δίκτυα – Αποτυπώσεις – Χαράξεις)», 2000
- Μπαλτάς Π.**, «ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ ΧΩΡΙΣ ΚΑΤΑΦΩΤΟ: ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ», 2003
- Πουλής Α. & Χατζηκωσταντής Γ.Κ.**, «ΝΑΥΠΗΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ – ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ», Αθήνα 2003
- Χριστοδούλου Ο.**, «ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΧΡΗΣΗ ΕΠΙΓΕΙΟΥ ΣΑΡΩΤΗ ΣΤΗ ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ», 2014

Ιστότοποι

- http://www.leica-geosystems.com/en/Leica-Nova-MS50_103592.htm
- <http://www.ortsa.gr/>
- <http://www.naftotopos.gr/>
- <http://gcaptain.com/classnk-starts-joint-research/>

<http://www.foundation3d.com/>
<http://el.wikipedia.org/wiki>
<http://www.boatdesign.net/>
<http://www.ipet.gr/>
<http://research.ucc.ie/>
<http://www.leica-geosystems.com/>
<http://www.sccssurvey.co.uk/>
<http://www.deskeng.com/>
<http://www.tankonyvtar.hu/en/>
<http://www.scottishheritagehub.com/>
<http://www.trimble.com/>
<https://www.topconpositioning.com/total-stations/>
<http://www.cadalyst.com/>
<http://chansurveying.com/>
<http://www.landmark.com.gr/>
<https://www.benchmarkarizona.com/>
<http://www.kyreniaship.org/>
<http://www.na.teiath.gr/>
<https://sites.google.com/site/greekboatplans/home>
<http://www.sailing-info.gr/>
<http://www.nayiadownward.gr/>
<http://www.thegreenbook.com/>
<http://www.archiproducts.com/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΝΑΥΠΗΓΙΚΩΝ ΟΡΩΝ

Σε αυτό το παράρτημα δίνονται μερικοί βασικοί ορισμοί για στοιχεία της ναυπηγικής, που αφορούν τμήματα του σκάφους και επιμέρους χαρακτηριστικά της γεωμετρίας του.

Γάστρα: Ονομάζεται το τμήμα του σκάφους, που περικλείεται από το εξωτερικό περίβλημα (Shell), και καλύπτεται από ένα συνεχές υδατοστεγές κατάστρωμα, που βρίσκεται έξω από το νερό στη κανονική οριζόντια θέση ισορροπίας του πλοίου σε ήρεμο νερό.

Πλώρη: Το μπροστινό τμήμα του σκάφους. Καταλήγει στο ακρόπρωρο.

Πρύμνη: Το πίσω μέρος του σκάφους. Καταλήγει στο ποδόστημα.

Καρίνα: Το κατώτερο τμήμα του σκελετού ενός πλοίου ή μιας βάρκας, που εκτείνεται από την πλώρη ως την πρύμνη και τις ενώνει. Αποτελείται από ένα ή από περισσότερα ξύλινα ή σιδερένια δοκάρια και λειτουργεί ως αντίβαρο για την καλύτερη ισορροπία και πλευση του σκάφους.

Κουπαστή: Οριοθετεί το πάνω μέρος της επιφάνειας της γάστρας. Σε αυτή καταλήγουν οι νομείς κατασκευής, καθώς και η καρίνα στην πλώρη και την πρύμνη.

Κατάστρωμα: Είναι η συνεχής οριζόντια επιφάνεια που μπορεί να εκτείνεται σε όλο το μήκος του πλοίου ή να περιορίζεται σε μέρος αυτού. Σε ένα πλοίο μπορούν να υπάρχουν πάνω του ενός καταστρώματα.

Πέτσωμα: Είναι το εξωτερικό κέλυφος (Shell) που καλύπτει τη γάστρα του σκάφους, και αποτελείται από ξύλινες σανίδες ή μεταλλικά ελάσματα.

Ίσαλος: Η τομή της επιφάνειας της θάλασσας (ευρισκόμενη σε ηρεμία) με την επιφάνεια αναφοράς του πλοίου. Το τμήμα της γάστρας κάτω αυτής ονομάζεται ύφαλα, ενώ άνω αυτής έξαλα.

Νομείς: Είναι τα εγκάρσια πλευρικά στοιχεία του σκελετού του σκάφους στον οποίο στηρίζεται το εξωτερικό περίβλημα. Γεωμετρικά, αποτελούν τα καμπύλα τμήματα που προέρχονται από την τομή της γάστρας του σκάφους με κατακόρυφα επίπεδα.