



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ & ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ ΤΡΙΗΡΟΥΣ



Επιβλέπων Καθηγητής: Α. Α. Γκίνης

Αλέξιος – Ιωάννης Κατσίνας | Αθήνα | Φεβρουάριος 2021

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	1
Ευχαριστίες	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
Ιστορική αναδρομή.....	3
<i>Η αρχαία Τριήρης και η προσπάθεια ανακατασκευής της</i>	3
<i>Διαστάσεις Γάστρας</i>	7
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ	27
Εξαγωγή του Υπάρχοντος Μοντέλου σε Διαχειρίσιμο Αρχείο	27
<i>Χρήση Προγράμματος Autodesk Inventor</i>	27
Χρήση του Προγράμματος RHINOCEROS 3D	29
<i>Εξομάλυνση της Γάστρας</i>	30
<i>Ομαδοποίηση/Διαχωρισμός σε Layer</i>	34
<i>Δημιουργία Closed Polysurfaces</i>	36
<i>Διόρθωση Θέσεων και υποποδίων κωπηλατών</i>	43
<i>Έλεγχος Βάρους Κατασκευής</i>	47
<i>Εξαγωγή του αρχείου σε αρχείο διαχειρίσιμο</i>	51
Χρήση του Προγράμματος Blender	53
<i>Επεξεργασία του Μοντέλου</i>	55
<i>Τεχνικές Ρεαλιστικής Απεικόνισης Τρισδιάστατων Μοντέλων</i>	59
<i>Δημιουργία του κύριου υλικού material του ξύλου</i>	65
<i>Δημιουργία κινούμενων εικόνων στα κινητά μέρα (animation)</i>	71

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η επεξεργασία του λεπτομερούς τρισδιάστατου γεωμετρικού ομοιόμορφου (3D model) της Αθηναϊκής Τριήρους, η αληθοφανείς εμφάνισή της και η προσομοίωση της πραγματικής κίνησής της σε πραγματικές συνθήκες.

Η εργασία αυτή αποτελεί συνέχεια προηγούμενης διπλωματικής εργασίας του τομέα, που εκπονήθηκε από τον συνάδελφο Αρχοντή Κωνσταντίνο με τίτλο «Μοντελοποίηση της Αθηναϊκής Τριήρους» τον Ιούνιο του 2010 και επιβλέπων καθηγητή τον κ. Αλέξανδρο – Αλβέρτο Γκίνη. Η αρχική σχεδίαση έγινε στο σχεδιαστικό πρόγραμμα CAD: CATIA V5, και βασίστηκε στις ναυπηγικές γραμμές του συγγράμματος «The Athenian Trireme» των J. S. Morrison, J.F. Coates και N.B. Rankov.

Το αρχείο που εξάχθηκε από την εργασία αυτή, παραλήφθηκε και επεξεργάστηκε περαιτέρω στο πρόγραμμα Rhinoceros 3D, όπου πραγματοποιήθηκαν μια σειρά από ενέργειες ώστε να γίνει το μοντέλο ευκολότερα διαχειρίσιμο. Αρχικά, εξομαλύνθηκαν περαιτέρω κάποιες επιφάνειες στις οποίες παρατηρήθηκαν προβλήματα μη συνέχειας. Έπειτα, οι επιφάνειες έγιναν κλειστές επιφάνειες ή στερεά προσομοιώνοντας καλύτερα και με περισσότερο αληθοφάνεια την πραγματικότητα. Τέλος ομαδοποιήθηκαν σε επίπεδα τα βασικά αντικείμενα, όπως και διαχωρίστηκαν τα Port και Starboard δεδομένα.

Στην συνέχεια, το μοντέλο εισήχθη στο πρόγραμμα Blender. Εκεί έγινε μια περαιτέρω εξειδίκευση των αντικειμένων του μοντέλου, ένας επιπλέον διαχωρισμός των αντικειμένων, η εφαρμογή textures και UV mapping, ένα πρώτο αποτέλεσμα εξαγωγικών φωτορεαλιστικών αρχείων εικόνας και βίντεο. Το τελευταίο κομμάτι εφαρμογής του προγράμματος ήταν η κίνηση των κινητών μερών της Τριήρους, τα πανιά, η κίνηση των κουπιών και των πηδαλίων.

Τέλος, το μοντέλο εισήχθη στο πρόγραμμα Unity 3D. Εκεί ενσωματώθηκε με το αληθοφανή περιβάλλον που κινείται η Τριήρης, την μοντελοποιημένη θάλασσα που δημιουργήθηκε από τον υποψήφιο Διδάκτορα Ορέστη Λιάσκο.

Η συγγραφή της παρούσας εργασίας σηματοδοτεί την αποφοίτησή μου από την σχολή των Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π., ένα υπέροχο ταξίδι που έζησα τα σημαντικότερα και ενδιαφέροντα χρόνια της ζωής μου. Με εξόπλισε με εφόδια ικανά να εργαστώ και να εξελιχτώ γύρω από την επιστήμη της Ναυπηγικής, αλλά και με μαθήματα ζωής ώστε να ικανοποιήσω και τις προσωπικές μου φιλοδοξίες.

Ευχαριστίες

Ιδιαίτερος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Αλέξανδρο – Αλβέρτο Γκίνη, ο οποίος μου έδωσε εφόδια και δυνατότητες για να φθάσω στην σημερινή μου θέση να εκπονώ αυτήν εδώ την εργασία.

Ευχαριστώ επίσης τον υποψήφιο διδάκτορα Ορέστη Λιάσκο για την συνεχόμενη και (χωρίς ανταπόδοση) βοήθειά του που ήταν καταλυτική για την περάτωσή της.

Ευχαριστώ την οικογένεια μου για την υπομονή και την υποστήριξή της, οικονομική και συναισθηματική σε όλα τα ευχάριστα και δυσάρεστα γεγονότα της περιόδου αυτής που τελειώνει εδώ.

Τέλος, σε μία σειρά από φίλους που με συντρόφευσαν σε αυτό το ταξίδι, και θα συνεχίσουμε να ταξιδεύουμε μαζί σε άλλα ταξίδια της καθημερινότητας.

στον Χρήστο...

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η αρχαία Τριήρης και η προσπάθεια ανακατασκευής της

Η Τριήρης ήταν ο κύριος τύπος πολεμικού πλοίου των κλασικών ελληνικών και ρωμαϊκών κόσμων. Για την κίνησή του διέθετε δύο παραλληλόγραμμα ιστία, ένα κύριο στο μέσο του πλοίου και ένα μικρότερο στο πρωραίο μέρος όπως επίσης και 170 κουπιά τοποθετημένα εκατέρωθεν. Πριν από την θαλάσσια μάχη τα κατάρτια με τα πανιά αφαιρούνταν, αφήνονταν στην στεριά και το σκάφος κινούταν αποκλειστικά από τα κουπιά του. Η χρήση των κουπιών επέτρεπε στην τριήρη την απαιτούμενη ταχύτητα εμβολισμού των αντίπαλων σκαφών, αλλά και την δυνατότητα ελιγμών για την αποφυγή ενός ενδεχόμενου εμβολισμού της.

Σύμφωνα με τον Θουκυδίδη, οι θαλάσσιες μάχες δεν στηρίζονταν κατά βάση στην στρατηγική και την θαλάσσια τέχνη, αλλά τα πλοία είχαν κατά βάση τον ρόλο επέκτασης της ξηράς και την εφαρμογή μάχης σώμα με σώμα σε αντιστοιχία με αυτή που πραγματοποιούνταν στην στεριά. Την περίοδο που εξαπλώθηκε η χρήση της τριήρους, αλλάζει η δομή της ναυμαχίας αποκτώντας στρατηγικές υλοποιήσεις εμβολισμού και αχρήστευσης των αντίπαλων πλοίων, στηριζόμενοι πια στις δυνατότητες των σκαφών και την τέχνη χειρισμού τους.

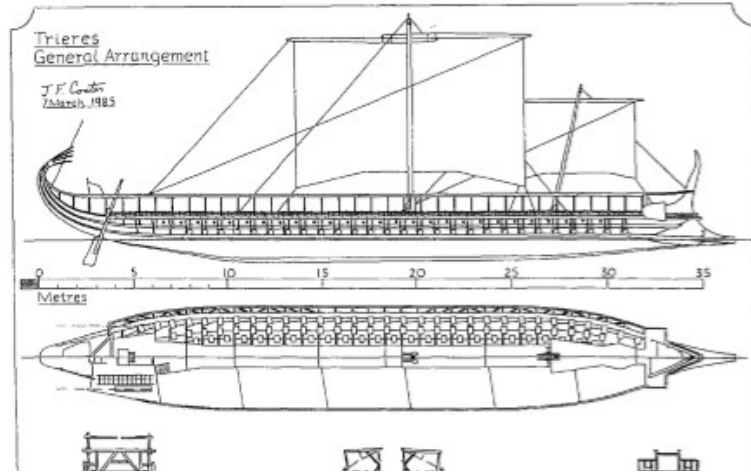


Εικόνα 1. Το Ανάγλυφο Λένορμαν, από την ακρόπολη των Αθηνών, που παρουσιάζει ένα προφίλ με κωπηλάτες αθηναϊκής τριήρους, χρονολογημένο γύρω στο 412 π.Χ.

Ο τύπος αυτός πλοίου αναφέρεται η ευρεία χρήση του περί του βου αιώνα π.Χ., αν και υπάρχουν μη βάσιμες αναφορές για την παραγωγή του ήδη από τον 8ο αιώνα π.Χ. Διευρυμένη χρήση αποκτά από

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Ιστορική αναδρομή

τα τέλη του 6ου αιώνα π.Χ. έως τις αρχές του 4ου αιώνα μ.Χ. Διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στον Πελοποννησιακό Πόλεμο, στα Μηδικά και σε διάφορες ναυμαχίες στην περιοχή της ανατολικής μεσογείου με χαρακτηριστικότερη αυτή της Ναυμαχίας της Σαλαμίνας. Παρόλα αυτά, δεν έχει ανακαλυφθεί κανένα ναυάγιο τριήρους.



Εικόνα 2. Σχέδιο γενικής διάταξης τριήρης Ολυμπίας

Η φύση των πλοίων αυτών προδιαθέτει την ανυπαρξία ναυαγίων. Οι τριήρεις χτιζόντουσαν με γνώμονα την ελαφριά κατασκευή, για την επίτευξη της βέλτιστης ευελιξίας και ταχύτητας. Αυτά τα χαρακτηριστικά γίνονται κατανοητά με βάση τις ναυμαχίες και τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιήθηκαν, όπως επίσης και από το γεγονός ότι τα πολιορκημένα πλοία δεν βυθίζονταν. Ενώ οι αρχαίοι γραφείς χρησιμοποιούν την λέξη "καταδύειν" παρά τούτα δεν παρουσιάζεται κάπου η δημιουργία ναυαγίων και για τον λόγο αυτό η νεοελληνική μετάφραση αποτυπώνεται με την λέξη "αχρηστεύθηκε".

Χαρακτηριστική η ύπαρξη δύο αναφορών του **Θουκυδίδη**, η πρώτη στην περιγραφή της Ναυμαχίας στα Σύβοτα μεταξύ Κερκυραίων και Κορινθίων (ΘΟΥΚ 1.50.1), λίγο πριν την έναρξη του πελοποννησιακού πολέμου αναφέρει «Μετά την κατατρόπωση των Κερκυραίων, οι Κορίνθιοι δεν ερρυμούλκησαν τα σκάφη των εχθρικών πλοίων, όσα είχαν αχρηστεύσει, αλλά πλέοντες δια μέσου αυτών έστρεψαν την προσοχήν των προς τους ανθρώπους». Η δεύτερη αναφορά στην Ναυμαχία στον Ερινεό της Αχαΐας (ΘΟΥΚ 7.34.6) αναφέρει «οι Αθηναίοι πήραν τα ναυάγια, που τα έσπρωχνε ο άνεμος στο πέλαγος».



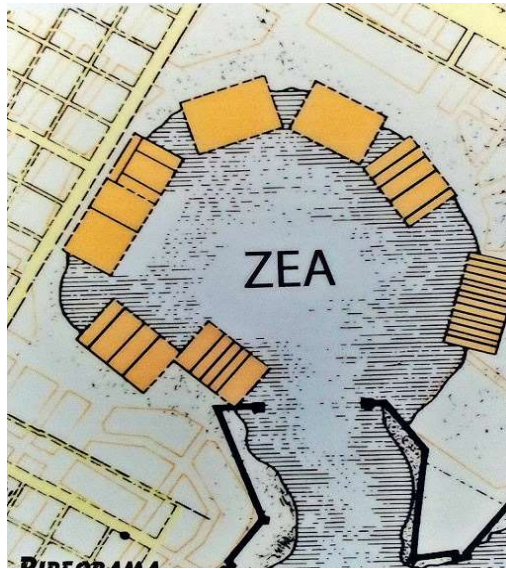
Εικόνα 3. Η υποθετική ανακατασκευή της Αρχαίας Τριήρους

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Ιστορική αναδρομή

Οι τριήρεις αποτελούνταν αποκλειστικά από φυσικά υλικά και συγκεκριμένα από ξύλο. Η μικρή πυκνότητα του ξύλου προσδίδει την ιδιότητα του να επιπλέει και για τον λόγο θεωρείται μηδαμινή η πιθανότητα εύρεσης ναυαγίων ή έστω διαλυμένων μερών του πλοίου. Η ανυπαρξία επομένως ενός ναυαγίου που να αποδεικνύει επαρκώς τα χαρακτηριστικά του σκάφους δημιουργεί αμφιβολίες και προβληματισμούς για την κατασκευή μίας σύγχρονης πιστής αποτύπωσης του.

Υπάρχουν δύο ακλόνητες μέθοδοι για να αναπαρασταθεί ένα αρχαίο αντικείμενο σε πιστό αντίγραφο του. Ο πρώτος είναι μέσω της χρήσης υπαρκτών αναγνωρισμένων και αυθεντικών αντικειμένων της εποχής και δεύτερον στη βάση λεπτομερών αναφορών και σχεδίων στην λογοτεχνία της εποχής. Στην περίπτωση της αρχαίας τριήρους καμία από τις δύο μεθοδολογίες δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Υπό αυτές τις συνθήκες η ανακατασκευή της ιστορικής τριήρους βασίζεται σε έμμεσα στοιχεία από μία μεγάλη δεξαμενή διαφορετικών πηγών, συμπεριλαμβανομένων ανάγλυφων και αγγειογραφιών, αρχαίας λογοτεχνίας, επιγραφών και διαφόρων ενδείξεων κυρίως από την αρχαιολογική έρευνα, η πλειονότητα των οποίων απαιτεί ερμηνεία η οποία είναι αμφισβητήσιμη.



Εικόνα 4. Θέσεις των αρχαίων νεωσοίκων στην περιοχή της Μαρίνας Ζέας

Για τον λόγο αυτό, δεν είναι δυνατό να κατασκευαστεί οτιδήποτε το οποίο θα μπορέσει εύλογα να χαρακτηριστεί “replica”, πιστό αντίγραφο, αν και τα τελευταία χρόνια υπήρξαν αρκετές προσπάθειες σε οτιδήποτε μπορεί να χαρακτηριστεί ως «υποθετική ανακατασκευή» (“hypothetical reconstructions”), κυρίως σε χαρτί αλλά και σε πραγματικό μοντέλο. Το μοντέλο που κατασκευάστηκε για το πολεμικό ναυτικό και η παρούσα διπλωματική που βασίζεται σε αυτήν την κατασκευή είναι λοιπόν μία προσπάθεια αποτύπωσης μίας πιθανής αναπαράστασης της αρχαίας τριήρους, χωρίς όμως να είναι υποχρεωτικά η ορθή.

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Ιστορική αναδρομή

Διαστάσεις Γάστρας

Οι μέγιστες διαστάσεις του μήκους και του πλάτους της τριήρους του 5ου και 4ου αιώνα π.Χ. εξάγονται από τα ναυπηγεία και τους νεωσοίκους της αρχαιότητας. Τέτοια υπήρχαν σε ολόκληρη την επικράτεια του αρχαίου γνωστού κόσμου. Η βασική πληροφορία εξάγεται από το χώρο αποθήκευσης των πλοίων αυτών της αρχαίας Αθήνας στην περιοχή της Ζέας στον Πειραιά. Το καθαρό πλάτος μεταξύ υπόστυλων είναι ελάχιστα κάτω από 6 μέτρα και το μέσο μήκος στα 37 μέτρα. Τα υπόστεγα για την αποθήκευση των τριηρών κατασκευάστηκαν αρχικά τον 5ο αιώνα, στην συνέχεια καταστράφηκαν στην ήττα των Αθηναίων, και ανακατασκευάστηκαν τον 4ο αιώνα.



Εικόνα 5. Οι νεώσοικοι στην περιοχή του Πειραιά



Εικόνα 6. Αναπαράσταση αρχαίου ναυπηγείου

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Ιστορική αναδρομή

Το έμβολο

Η πρώτη αναφορά για την ύπαρξη του πλωριού εμβόλου ήταν του ιαμβικού ποιητή και σάτυρου Ιππώναξ, στα μέσα του 6ου αιώνα π.Χ., όπου βρίσκεται και η πρώτη αναφορά για το σκάφος τριήρης.

Πρώτη γνωστή χρήση σε μάχη του είναι η μάχη της Αλαλίας το 535 π.Χ., όπου τα έμβολα των Φοινικικών πεντηκοντήρων αναφέρονται να έχουν αποκοπεί από το πλοίο.



Εικόνα 7. Το έμβολο που ανακαλύφθηκε στο Ατλίτ της Παλαιστίνης

Ο Αισχύλος στο έργο του Πέρσαι γράφει για την χρήση χάλκινων εμβόλων στην μάχη της Σαλαμίνας, και εμφανίζονται στην λίστα του εξοπλισμού που διασώθηκε με την επιστροφή ενός αχρηστευμένου σκάφους σε ένα ναυπηγείο της εποχής. Επιπλέον, απεικονίζεται ένα χάλκινο έμβολο σε ένα αγγείο του 6ου αιώνα π.Χ. στο πλοίο του Οδυσσέα. Το σημαντικότερο εύρημα είναι σε ένα μεγαλύτερο χάλκινο έμβολο που βρέθηκε στην θάλασσα του Ατλίτ της Παλαιστίνης



Εικόνα 8. Αρχαίο νεώριο στις Οινιάδες στην Αιτωλοακαρνανία

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Ιστορική αναδρομή

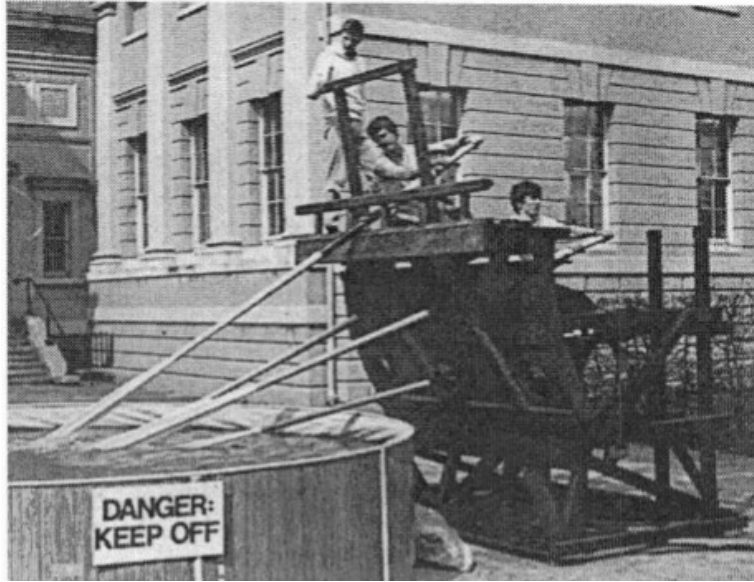
προσκολλημένο σε μερικά ξύλινα ενισχυτικά του σκάφους. Δεν αποτελεί πιθανότατα το έμβολο μίας τριήρους διότι είναι υπερβολικά βαρύ, περί τα 400 κιλά συγκριτικά με τα 200 κιλά που υπολογίζεται το βάρος του εμβόλου μίας τριήρους.

Ανήκει πιθανότατα σε κάποιο μεταγενέστερο μεγαλύτερο πλοίο τα οποία κατασκευάζοντουσαν αργότερα, στα τέλη το 4ου αιώνα στην Κύπρο. Παρά τούτα παρέχει αρκετές ενδιαφέρουσες πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο πρόσδεσης στο σκάφος που πιθανολογικά έχει άμεση σχετικότητα με τον αντίστοιχο τρόπο στην τριήρης.

Επιπλέον, το σχήμα του εμβόλου θα είναι κοινό με το αντίστοιχο της τριήρους καθώς διαφαίνεται ο εξαιρετικός σχεδιασμός που επιτρέπει στο επιτιθέμενο σκάφος να δημιουργήσει την μέγιστη ζημιά στο επίπεδο της θάλασσας (waterline) διεμβολίζοντας το αμυνόμενο σκάφος σε ικανοποιητικό μήκος αλλά με την εύκολη δυνατότητα του επιτιθέμενου αποκολληθεί από το αχρηστευμένο σκάφος.

Το σύστημα κωπηλασίας

Ο βασικός προβληματισμός που διαμορφώνει και την συνολική κατασκευή είναι η θέση που έχουν τα κουπιά και ο σχηματισμός τους. Υπάρχουν αντικρουόμενες αντιλήψεις σχετικά με την ορθή θέση τους, τα επίπεδα στα οποία διαχωρίζοντουσαν οι κωπηλάτες, τον αριθμό των κωπηλατών και εν τέλει για την ολική κατασκευή της τριήρους. Η κοινή παραδοχή είναι ότι κάθε κουπί κινούταν από έναν άνδρα, καθώς δεν υπάρχουν πληροφορίες για διαφορετική μέθοδο κωπηλασίας εκείνη την εποχή.



Εικόνα 9. Το ομοίωμα του σχηματισμού κωπηλασίας των John Coates και David Moss

Η διάταξη που επέλεξαν και δημιούργησαν οι κατασκευαστές της τριήρους «Ολυμπία» βασίζεται στην εξής αρχή. Οι άνδρες σε κάθε εγκάρσια τομή του πλοίου ήταν από 3 στο κάθε μισό το πλοίου, δηλαδή 3 άνδρες στην port πλευρά και 3 στην starboard, σύνολο 6. Βασιζόμενοι στο ανάγλυφο του Lenormant και στον ελικωτό κρατήρα του Ταλώ, σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε από τους John Coates και David Moss τον χειμώνα του 1982/83, ένα μέρος του κωπηλατικού συστήματος 3 επιπέδων. Τα κουπιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν όλα μήκους 4.2 μέτρων σε όλα τα επίπεδα. Οι αναφορές των αρχαίων ιστορικών περιγράφουν την κατασκευή όλων των κουπιών σε μήκος 9,5 πηχών, με τον αθηναϊκό πήχη να αποτελεί περίπου 0,444 μέτρα.

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Ιστορική αναδρομή

Το ομοίωμα σχεδιάστηκε έτσι ώστε να αποτελεί μέρος ενός κατάλληλου σχήματος της γάστρας και ιδιαίτερα του πλάτους στο επίπεδο του βυθίσματος με προσοχή στους σκαλμούς του εκάστοτε επιπέδου των κουπιών να είναι σε συμφωνία με εκείνα των άλλων επιπέδων. Η διαμήκης απόσταση μεταξύ σκαλμών και άρα ο χώρος του κάθε κωπηλάτη αναφέρεται στους 2 πήχεις, περίπου 0,9 μέτρα.

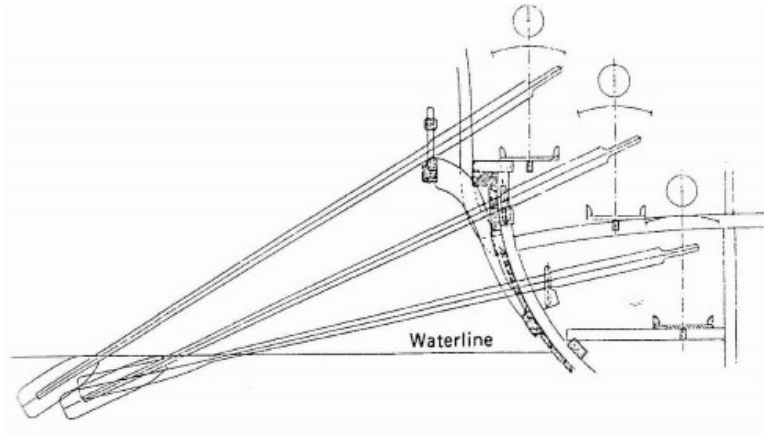


Εικόνα 10. Απόκομμα από τον ελικωτό κρατήρα του Ταλώ

Η τριήρης σύμφωνα με την κυρίαρχη αντίληψη έφερε τρεις σειρές κωπηλατών οι οποίοι ανάλογα με την θέση τους στο ύψος του πλοίου είχαν και τρεις διαφορετικές ονομασίες : θρανίτες, ζυγίτες και θαλαμίτες. Οι θρανίτες κάθονταν σε θρόνους εξωτερικά της γάστρας (παρεξειρέσια), οι ζυγίτες στους ζυγούς του σκάφους του κυρίως καταστρώματος και οι θαλαμίτες στο ύψος του θαλάμου(καμπίνα) του τριήραρχου στο χαμηλότερο κατάστρωμα εσωτερικά της γάστρας του πλοίου.

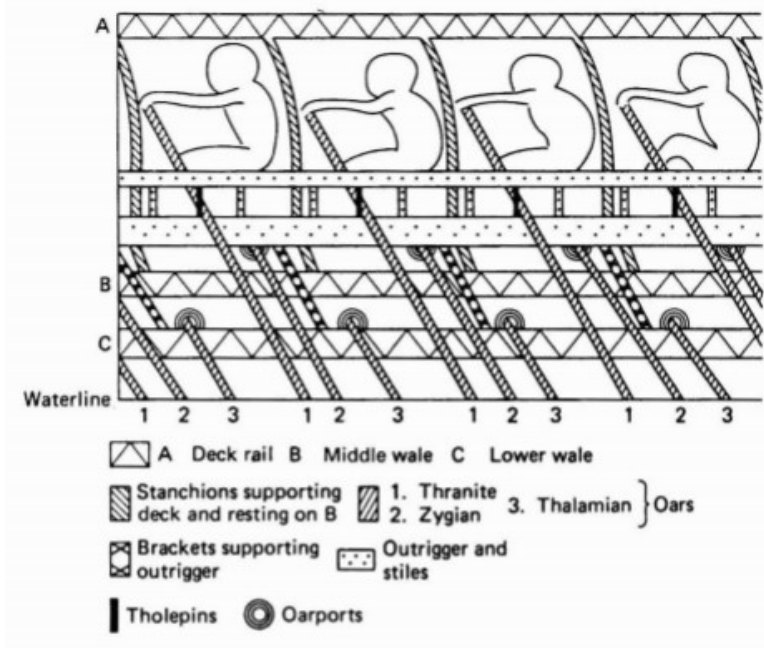
ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
 ΤΡΙΗΡΟΥΣ
 ΕΙΣΑΓΩΓΗ
 Ιστορική αναδρομή

Για την εξυπηρέτηση αυτών των αναγκών ήταν απαραίτητη η ρύθμιση των σκαλμών των θαλαμιτών πάνω σε διαμήκη ενισχυτικά που στηριζόντουσαν στην εσωτερική πλευρά των εγκάρσιων κύριων ενισχυτικών. Αυτό έγινε εφικτό εξαιτίας των μεγαλύτερων ανοιγμάτων των κουπιών (oarports) που χρησιμοποιήθηκε στο επίπεδο των θαλαμιτών, επιτρέποντας την ορθή κίνηση των κουπιών μέσα από την γάστρα.



Εικόνα 11. Το σύστημα κουπιών της τριήρους Ολυμπίας

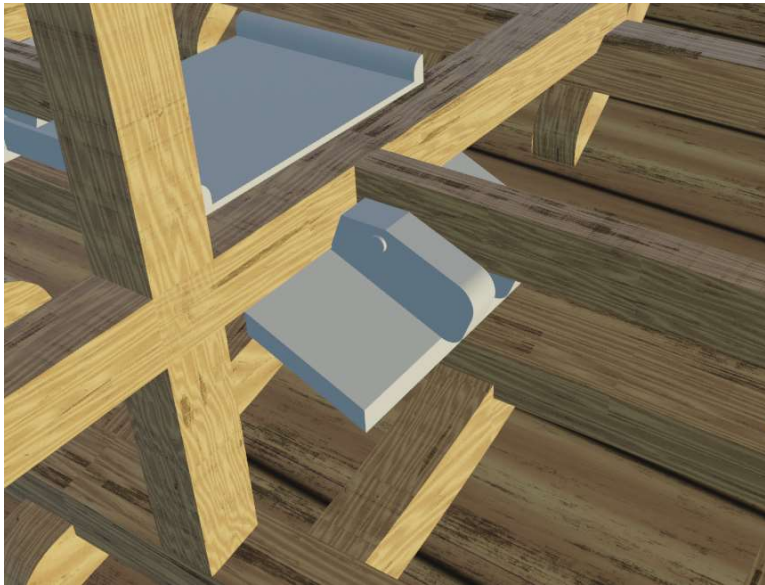
Η ύπαρξη όμως μεγαλύτερων ανοιγμάτων στην γάστρα και ειδικά κοντά στην γραμμή ισάλου απαιτεί την ύπαρξη απαραίτητης αναγκαϊότητας καθώς δημιουργεί έναν επιπλέον κίνδυνο αστοχίας. Στην παρούσα κατασκευή ήταν αναγκαία η αποτύπωση αυτής της ανωμαλίας για την εξυπηρέτηση των θέσεων των θαλαμιτών με σκοπό να μετακινηθούν κάποια εκατοστά κοντύτερα στο μέσο του πλοίου.



Εικόνα 12. Η περιγραφή των χαρακτηριστικών του ανάγλυφου του Lenormant

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Ιστορική αναδρομή

Την περίοδο μελέτης και κατασκευής της πιθανολογικής αποτύπωσης της αρχαίας τριήρους δημιουργήθηκε ένας ευρύς διάλογος σε σχέση με την ορθή κατασκευή της και την πιθανή θέση των κουπιών της. Υπήρχε μία δεύτερη άποψη, υποστηριζόμενη από τον ναυπηγό και αναλυτή αρχαίων σκαφών Alec Tilley αναφέροντας χαρακτηριστικά “Η τριήρης Ολυμπία και οι άλλες προσπάθειες ανακατασκευής των τριήρων βασίστηκαν σε μία παρανόηση των ελληνικής ορολογίας.”



Εικόνα 13. Η ένωση των διαμήκων ενισχυτικών για την εξυπηρέτηση των θέσεων των θαλαμιτών

Το μέρος που βρίσκεται μία σειρά κωπηλατών αναφέρεται ως “room”, μεταφρασμένο ως “εγκάρσια θέση κωπηλατών”. Σύμφωνα με την ελληνική χρήση της γλώσσας η λέξη τριήρης, περιέχοντας το πρόθεμα τρι- που εκπορεύεται από τον αριθμό τρία, προδίδει ότι σε κάθε εγκάρσια θέση των κωπηλατών θα πρέπει να υπάρχουν τρεις άνδρες αντί για έξι. Η αντίληψη αυτή βασίζεται στον χαρακτηρισμό των σκαφών στην βάση των ανθρώπων που υπήρχαν σε μία εγκάρσια τομή του σκάφους, όπως ακριβώς και το σκάφος δίκροτος που αναφέρεται στην



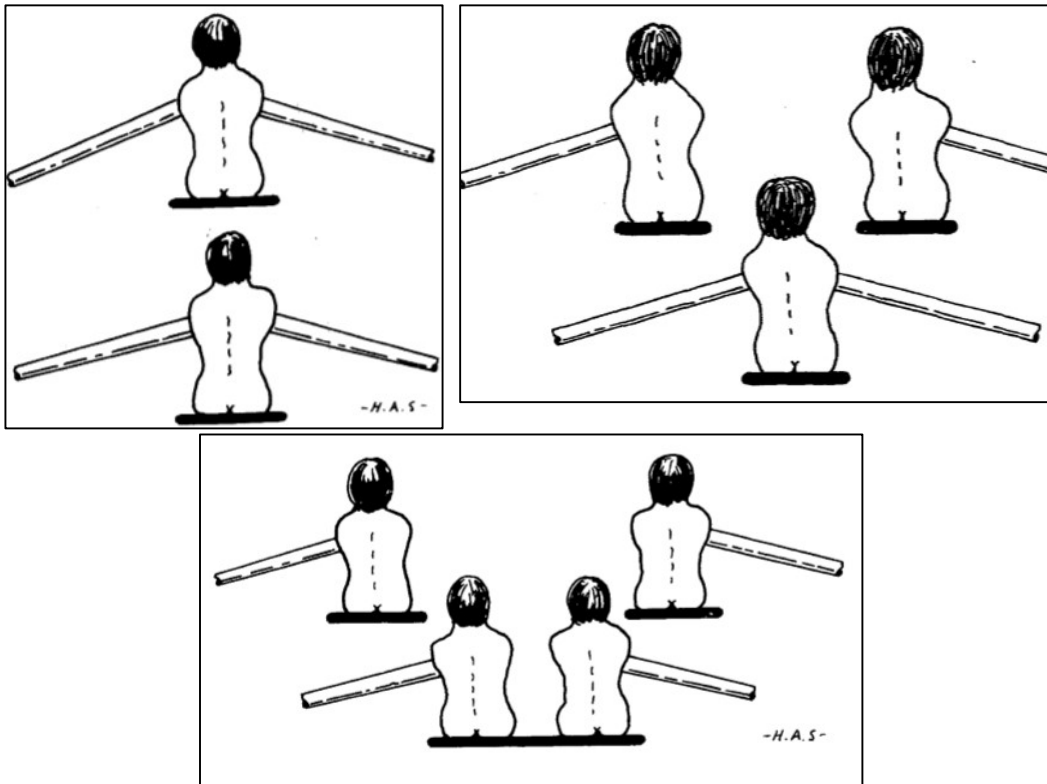
Εικόνα 14. Η πρώτη απεικόνιση σκάφος με κουπιά πιθανά σε δύο επίπεδα.
Φοινικικό πολεμικό πλοίο από τοιχογραφία στο παλάτι του Σενναχειρείμ περί το 700 π.Χ.

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Ιστορική αναδρομή

πεντηκοντόρο, στο πλοίο που προϋπήρχε της τριήρους, που αποτελούνταν από μία σειρά κωπηλατών στην port και μία στην starboard.

Επομένως, το πρόθεμα δι- δεν αναφερόταν στους μισούς κωπηλάτες της εγκάρσιας τομής, αλλά στον συνολικό αριθμό τους. Επιπλέον, η λέξη διήρης, που “θεωρείται” ότι αποτελεί την βάση που στηρίχθηκε η τριήρης εμφανίζεται στην λογοτεχνία πολύ αργότερα, τα όψιμα ρωμαϊκά χρόνια. Τέλος, υπήρχε ένα αρχαίο εμπορικό σκάφος το φάσηλος, το οποίο σε κατάσταση ανάγκης μετατρέποταν σε φάσηλος τριαρετικός. Το πιθανότερο είναι στο υπάρχον δίκροτο σκάφος να εισαγόταν μία επιπλέον γραμμή κωπηλατών στο κέντρο του πλοίου.

Στην Εικόνα 15 παρουσιάζονται οι κυρίαρχες αντιλήψεις για την θέση των κωπηλατών του Φοινικικού πολεμικού πλοίου της Εικόνα 14. Πιθανότερη είναι η απεικόνιση που παρουσιάζει 3 ανθρώπους καθούμενους σε δύο επίπεδα, με τον έναν στο κάτω επίπεδο να χειρίζεται δύο κουπιά, ένα σε κάθε πλευρά. Η ταξινόμηση αυτή προσεγγίζει καλύτερα τις διαστάσεις της γάστρας, αλλά και την τρομερή δυνατότητα ελιγμών αποφυγής ή επίθεσης στην διάρκεια της ναυμαχίας.



Εικόνα 15. Οι τρεις θεωρίες για την εγκάρσια θέση των κωπηλατών για το Φοινικικό πολεμικό πλοίο

Στην αγγειογραφία που απεικονίζεται στο αγγείο της Εικόνα 16 «Ο Οδυσσέας και οι Σειρήνες» παρουσιάζεται μια λεπτομερής απεικόνιση των κουπιών και του εμβόλου. Σε αυτήν την ζωγραφιά παρουσιάζεται ο Οδυσσέας δεμένος στο κατάρτι, και 4 κωπηλάτες, αλλά

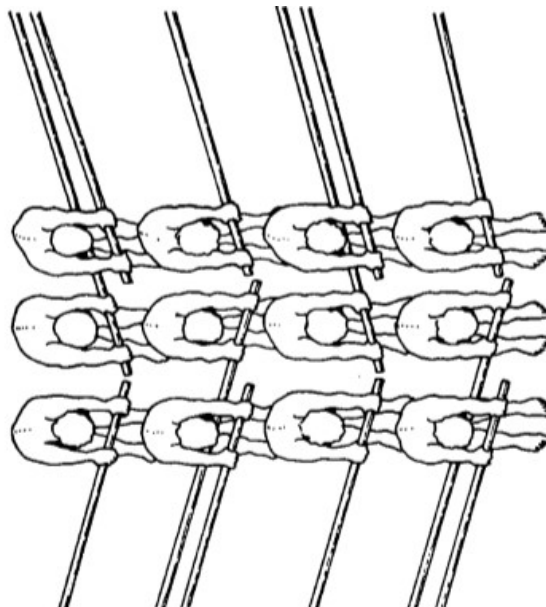
ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Ιστορική αναδρομή

6 κουπιά. Υποτιθέμενοι ότι εκτός από τους 4 κωπηλάτες που βρίσκονται στην port πλευρά του σκάφους, θα βρίσκονται και άλλοι 4 στην starboard πλευρά. Παρόλα αυτά ένα κουπί φαίνεται να περνάει κάτω από τον ώμο του τελευταίου κωπηλάτη και μπροστά από την κοιλιά του, πιθανολογικά στα χέρια ενός κωπηλάτη ο οποίος δεν φαίνεται. Ο επόμενος φανερός κωπηλάτης δεν επιβαρύνεται με κάποιο κουπί, ενώ ο επόμενος φανερός απεικονίζεται σαν τον πρώτο, μαζί με ένα ακόμη κουπί



Εικόνα 16. Αγγειογραφεία του πλοίου του Οδυσσέα στο αγγείο "Ο Οδυσσέας και οι Σειρήνες". 480-470 π.Χ. που δεν το κρατάει αυτός.

Η πρόταση επομένως του ναυπηγού Allec Tilley απεικονίζεται στην Εικόνα 17. Ο Αισχύλος χρησιμοποιεί την λέξη τρίςκαλμος για να χαρακτηρίσει τα πλοία που συμμετείχαν στην ναυμαχία της Σαλαμίνας, δηλαδή στις τριήρεις. Σίγουρα δεν περιγράφει τους συνολικούς



Εικόνα 17. Απεικόνιση του πλοίου του Οδυσσέα, κάτοψη

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Ιστορική αναδρομή

σκαλμούς του πλοίου, αλλά το πιθανότερον είναι να αναφέρεται στους σκαλμούς που υπήρχαν σε κάθε μία σειρά κωπηλατών προσδίδοντας ένα ακόμη επιχείρημα αμφισβήτησης της κυρίαρχης αντίληψης.

Εν τέλει, δεν υπάρχει απόλυτη ακρίβεια στο πως ήταν μία αρχαία τριήρης, αλλά βασιζόμενοι στις υπάρχοντες πληροφορίες δημιουργούνται διάφορες εκδοχές της.

Μεγαλύτερη απεύθυνση έχει η εξήγηση των J.S. Morrison, J.F. Coates και N.B. Rankon, που κορυφώθηκε με την κατασκευή του πλοίου του ελληνικού πολεμικού ναυτικού «Ολυμπία». Το πλοίο αυτό κατασκευάστηκε τελικά στα τέλη του 1980 και πραγματοποιήθηκαν 5 θαλάσσιες δοκιμές (sea trials) μεταξύ του 1987 έως το 1994. Αυτήν την στιγμή βρίσκεται προσαραγμένο στην μαρίνα Φλοίσβου, όπου είναι ανοικτό για το κοινό, και επιπλέον παρέχει την δυνατότητα στους υποψήφιους κωπηλάτες να απολαύσουν την εμπειρία της συνεργασίας και πλεύσης μιας σύγχρονης ανακατασκευής ενός αρχαίου επιτεύγματος.



Εικόνα 18. Η σύγχρονη εκδοχή της υποθετικής ανακατασκευής της αρχαίας τριήρους



Εικόνα 19. Η ανακατασκευασμένη αρχαία τριήρης του πολεμικού ναυτικού "Ολυμπία"

Η Ιστορία της Τριήρης

Η Τριήρης εξελίχθηκε στην βάση των παλαιότερων τύπων σκαφών με κουπιά που υπήρχαν στην περιοχή του Αιγαίου και της Ανατολικής Μεσογείου στην τελευταία χιλιετία προ Χριστού. Περίπου από το 900 π.Χ. σκάφη με κίνηση μέσω κουπιών εμφανίζονται τακτικά και με λεπτομέρεια σε αρχαιοελληνικά αγγεία και συχνά απεικονίζουν να μεταφέρουν πολεμιστές. Τα κουπιά φαίνεται να βρίσκονται σε ένα επίπεδο με τον κάθε κωπηλάτη να ελέγχει ένα κουπί. Αυτά τα σκάφη αποτελούσαν τη βασική ναυτική δύναμη της εποχής και διέθεταν 20, 30 ακόμη και 50 κωπηλάτες (πεντηκόντορος). Χρησιμοποιούνταν κατά βάση για την μεταφορά σημαντικών ατόμων, ως μεταφορείς στρατιωτών ή και ως κατασκοπευτικά ή ερευνητικά σκάφη.



Εικόνα 20. Η πεντηκόντορος Αργώ του Δήμου Βόλου

Από το δεύτερο μισό του 8ου αιώνα π.Χ. ένα νέο σκάφος εμφανίζεται στις ελληνικές αγγειογραφίες και σε ανάγλυφα της Ασσυρίας (κράτος της ανατολικής Μεσογείου), με κουπιά τοποθετημένα σε δύο επίπεδα, τις λεγόμενες διήρεις, επιτρέποντας έτσι την κατασκευή σκαφών μικρότερου μήκους, με καλύτερες δυνατότητες ελιγμού αλλά με αντίστοιχο αριθμό κωπηλατών.

Η επακόλουθη ανάπτυξη της τριήρους ήταν η φυσική ανάπτυξη της πεντηκοντόρου και της διήρης, που επιτεύχθηκε με την προσθήκη ενός τρίτου επιπέδου κωπηλατών στην κορυφή. Αυτό επιτεύχθηκε είτε τροποποιώντας την γάστρα αυξάνοντας το πλάτος και το βάθος έτσι ώστε το ανώτερο επίπεδο κωπηλατών να βρίσκεται πάνω από την κουπαστή, ενώ τα δύο κατώτερα επίπεδα βρίσκονται στο εσωτερικό της γάστρας και κωπηλατούν διαμέσου ειδικών στρογγυλών σχισμών της γάστρας, είτε τοποθετώντας τα καθίσματα του ανώτερου επιπέδου σε ένα εξωλέμβιο ενισχυτικό στην κορυφή της γάστρας.

Ο Θουκυδίδης, ο οποίος γράφει στα τέλη του 5ου αιώνα π.Χ., αποδίδει την εφεύρεση αυτού του σκάφους περί το 700 π.Χ. από τους Κορίνθιους, υπάρχει βάσιμη επιχειρηματολογία να δοθούν τα εύσημα στους Φοίνικες, ενός λαού που ζούσε στα παράλια της σύγχρονης Συρίας και Λιβάνου, ενάμιση αιώνα αργότερα. Ωστόσο, η πρώτη σαφής αναφορά που έχουμε και την τριήρη βρέθηκε σε ένα κομμάτι του Έλληνα

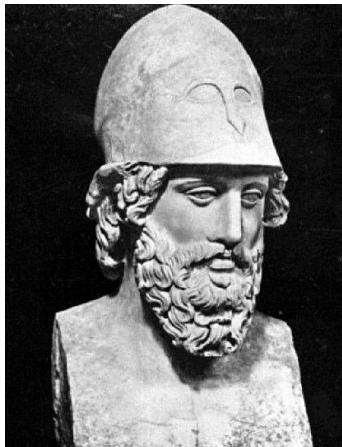
ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Ιστορική αναδρομή

ποιητή Ιπώναξ, από την Έφεσο στα παράλια της Μ. Ασίας, που γράφτηκε το 530 π.Χ. Εκείνη την περίοδο, περί το 535 π.Χ. διεξήχθη και η πρώτη καταγεγραμμένη ναυμαχία που περιλάμβανε τακτικές διεμβόλισης, στην περιοχή της Αλαλίας στην Κορσική μεταξύ μετεγκατεστημένων προσφύγων από την Φώκαια της Μ. Ασίας και ενός συνδυασμό στόλων των Ετρούσκων και των Φοίνικων.

Γνωρίζουμε από επιγραφές ότι στον 4ο αιώνα π.Χ. οι τριήρεις είχαν 170 κωπηλάτες, 85 από κάθε πλευρά, από τους οποίους 62 ήταν θρανίτες - ανώτερο επίπεδο -, 54 ζυγίτες - μέσο επίπεδο- και 54 θαλαμίτες -κατώτερο επίπεδο-, δίνοντας 31, 27 και 27 χώρους στα τρία επίπεδα αντίστοιχα. Κάθε κουπί ελέγχονταν από έναν άνδρα. Ένα τέτοιο σκάφος εκτοπίσματος 48 τόνων σε κατάσταση πλήρως επανδρωμένη κατείχε περίπου το ίδιο μήκος και αντίστοιχη δυνατότητα ελιγμών με τα μεγαλύτερα σκάφη μορφής διήρης, όμως κατείχε έως και 70 τοις εκατό περισσότερη δύναμη κουπιών. Αυτό του έδινε πλεονέκτημα μέχρι και 1 κόμβο στην ταχύτητα σπριντ, και περίπου 2.5 κόμβους από ένα συνηθισμένο πεντηκόντορο στην ταχύτητα πλεύσης όσο και στην ταχύτητα διεμβόλισης, αρκετή για να εξαλείψει το πλεονέκτημα της πεντηκοντόρου στην δυνατότητα ελιγμών.

Αυτό το επιπλέον όριο επιδόσεων δικαιολογεί τη σημαντική αύξηση κόστους που χαρακτήριζε τα εν λόγω σκάφη, όσον αφορά τόσο το κόστος κατασκευής της γάστρας, αλλά και το κόστος λειτουργίας της λόγω του μεγαλύτερου πληρώματος που ήταν αναγκαίο για την λειτουργία τους.

Η δαπάνη εξηγεί με την σειρά της γιατί οι Φοίνικες και άλλα κράτη υπόκεινται στην Περσική κυριαρχία, καθώς οι Πέρσες ήταν οι πρώτοι που ανέπτυξαν και υιοθέτησαν αυτόν τον τύπο πολεμικών σκαφών. Μόνο μια πλούσια αυτοκρατορία θα μπορούσε να χρηματοδοτήσει έναν τέτοιο εξελεγμένο για την εποχή στόλο. Για κάποιον καιρό οι ελληνικές πόλεις - κράτη αγωνιζόντουσαν να συμβαδίσουν σε αυτήν την περσική ναυτική υπεροχή.



Εικόνα 21. Θεμιστοκλής (565 - 461 π.Χ.)

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Ιστορική αναδρομή

Μέσα σε λίγα χρόνια, όμως, η Αθήνα είχε αναπτυχθεί λόγω της εύρεσης αργύρου στην περιοχή του Λαυρίου, στο νοτιοανατολικό άκρο της Αττικής χερσονήσου, και το 483 π.Χ. ένας επιδέξιος και οραματικός πολιτικός με το όνομα Θεμιστοκλής έπεισε την Αθηναϊκή Συνέλευση να δαπανήσει τα απροσδόκητα έσοδα στην απόκτηση 100 νέων τριηρών.

Στην συνέχεια, προστέθηκαν σύντομα επιπλέον 100 σκάφη όταν έγινε αντιληπτό ότι οι Πέρσες θα εισέβαλαν ξανά στην ελληνική επικράτεια. Αυτά τα 200 πλοία αποτέλεσαν την ραχοκοκαλιά του ενοποιημένου ελληνικού στόλου και οδήγησε στην μεγάλη νίκη το 480 π. Χ. στην ναυμαχία της Σαλαμίνας, την σημαντικότερη θαλάσσιας μάχης του αρχαίου κόσμου. Η τριήρης αποτελούσε πια τον κυρίαρχο τύπο πολεμικού πλοίου στην ανατολική Μεσόγειο.

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Ιστορική αναδρομή

Το πλήρωμα

Από υπάρχουσες πηγές (Ηρόδοτος, Θουκυδίδης, Δημοσθένης, κ.ά.) προκύπτει ότι το πλήρωμα της τριήρους ήταν 200 άνδρες οι οποίοι κατανέμονταν σε 7 αξιωματικούς, 10 ναύτες γενικών καθηκόντων, 170 ερέτες (κωπηλάτες), 10 οπλίτες-ακοντιστές, 4 τοξότες.



Εικόνα 22. Το πλήρωμα της τριήρους Ολυμπία

Οι κωπηλάτες ήταν κανονικοί πολίτες και όχι δούλοι ή κατάδικοι. Αν υπήρχε η ανάγκη απασχόλησης δούλων ή καταδίκων, τότε αυτοί έπρεπε πρώτα να απελευθερωθούν. Επίσης δεν ήταν δεμένοι στις θέσεις τους και ήταν συνήθως οπλισμένοι, ιδίως οι θρανίτες οι οποίοι έπαιρναν μέρος στη μάχη καταστρώματος σε περίπτωση επιθέσεως σε εχθρικό πλοίο (ρεσάλτο). Ποτέ στην αρχαία Ελλάδα δεν χρησιμοποιήθηκαν τριήρεις για καταναγκαστικά έργα καταδίκων, όπως για παράδειγμα γίνονταν στις Ρωμαϊκές τριήρεις και άλλες γαλέρες

Η πλεύση

Η τριήρης δεν προοριζόταν για να πραγματοποιεί μεγάλα και υπεράκτια ταξίδια. Χαρακτηριστικό της ήταν η μεταφορά της στην στεριά την νύχτα ή σε περίπτωση αποθήκευσής της. Επιπλέον, δεν ταξίδευε με έντονο καιρό, όπως και δεν επιλεγόταν η απομάκρυνση της για μέρες από την ακτή. Ως κύριο σύστημα πλεύσης διέθετε δύο πανιά, ένα μεγάλο στο κατάρτι που βρισκόταν στο μέσο του πλοίου και ένα μικρότερο στο πλωριό κατάρτι της. Η ύπαρξη αυτών των δύο πανιών της επέτρεπε την κίνηση αποκλειστικά και μόνο στην διεύθυνση του ανέμου.



Εικόνα 23. Μηχανισμός ελέγχου του πηδαλίου

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Ιστορική αναδρομή

Επομένως, χρησιμοποιούταν μόνο σε περίπτωση ούριου ανέμου.



Εικόνα 24. Η τριήρης Ολυμπία με τα δύο κατάρτια της

Σε διαφορετική περίπτωση κινούταν με την βοήθεια των κουπιών, με τους περιορισμούς στην απόσταση που θα μπορούσαν να παρέχουν λόγω της κούρασης, αλλά και της ανάγκης για ανεφοδιασμό και παροχών του πληρώματος. Τέλος, κατά την διάρκεια της μάχης τα κατάρτια και τα πανιά, αποθηκεύονταν στην στεριά και η κίνηση γινόταν αποκλειστικά με την χρήση των κουπιών.



Εικόνα 25. Το port πηδάλιο της τριήρους Ολυμπίας

Η τριήρης διέθετε δύο πηδάλια στο πρυμναίο μέρος της, ένα από την κάθε πλευρά. Στην περίπτωση της ιστιοπλοΐας του πλοίου, καθοδηγούσαν το σκάφος στην σωστή του πορεία. Η κίνηση πιθανά γινόταν με αντίθετες κινήσεις των δύο πηδαλίων, ανάλογα την αλλαγή κατεύθυνσης που απαιτούνταν. Δεν είναι σίγουρο αν πριν την μάχη αφαιρούνταν και αποθηκεύονταν, ή λειτουργούσαν επικουρικά στην κίνηση ελιγμών του πλοίου στην ναυμαχία, αλλά το πιθανότερο είναι να μην ακολουθούσαν το πλοίο και να αφήνονταν στην στεριά.

Τεχνική κωπηλασίας, εμβολισμού και ελιγμού

Για τον συντονισμό των 170 κωπηλατών της, η τριήρης διέθετε αξιωματικούς που ήταν υπεύθυνη για την αρμονική κίνηση των κουπιών της. Δεν είναι ακριβές πόσα άτομα διαδραμάτιζαν ταυτόχρονα αυτόν τον ρόλο, αλλά είναι σίγουρο ότι διέθετε έναν κελευστή που καθοδηγούσε το πλήρωμα. Ίσως υπήρχε και ένας δεύτερος αξιωματικός στο μέσο του πλοίου που επικοινωνώντας με κινήσεις με τον πρώτο, επαναλάμβανε της εντολές στο πλωριό κομμάτι του πληρώματος.



Εικόνα 26. Κορινθιακό πολεμικό πλοίο του 6ου αιώνα π.Χ.

Σε περίπτωση αλλαγής κατεύθυνσης η πλευρά κατά την οποία πραγματοποιούνταν η στροφή διατηρούσε τα κουπιά της μέσα στο νερό λειτουργώντας σαν φρένο και μοχλοβραχίονας, ενώ η άλλη πλευρά συνεχίζει να κωπηλατεί. Αυτό δεν είναι απλή υπόθεση καθώς μη έμπειροι κωπηλάτες πετιούνται από τα καθίσματά τους αδυνατώντας να κρατήσουν σταθερά τα κουπιά τους απέναντι στην αρνητική μόχλευση. Αντίθετα, αν είναι υπερβολικά αποφασιστικοί και χρησιμοποιήσουν υπερβάλλοντα ζήλο μπορεί να σταθούν τελείως ακίνητοι και τα κουπιά να σπάσουν.

Χαρακτηριστική η κίνηση του κελευστή Εικόνα 26. Κορινθιακό πολεμικό πλοίο του 6ου αιώνα π.Χ. Εικόνα 26, όπου το πλοίο φαίνεται να κινείται στην αριστερή πλευρά του, με τον κελευστή να καλεί με το αριστερό του χέρι τα κουπιά να μείνουν σταθερά, ενώ τα κουπιά στην δεξιά πλευρά να συνεχίζουν να κωπηλατούν. Αντίστοιχη κίνηση θα πραγματοποιήσουν και τα πηδάλια για να οδηγήσουν το σκάφος στην επιθυμητή κατεύθυνση.



Εικόνα 27. Τελική μορφή του ψηφιακού μοντέλου της τριήρους

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Ιστορική αναδρομή

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ

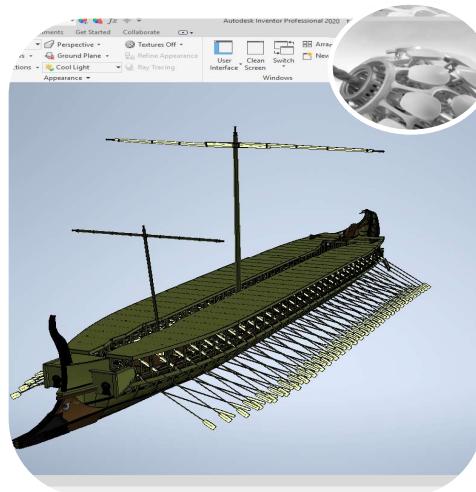
ΕΞΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΕ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΙΜΟ ΑΡΧΕΙΟ

Χρήση Προγράμματος Autodesk Inventor

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται η ακολουθία που χρησιμοποιήθηκε για την μετατροπή του υπάρχοντος αρχείου του ήδη κατασκευασμένου από τον συνάδελφο Κ. Αρχοντή 3D μοντέλου σε έναν τύπο αρχείου που θα είναι διαχειρίσιμος από τις εφαρμογές που διαθέτει η σχολή.

Στην προηγούμενη εργασία το τελικό μοντέλο είχε κατασκευαστεί στο πρόγραμμα CATIA V5, ένα πρόγραμμα που δεν διαθέτει πια η σχολή άδεια χρήσης και για τον λόγο αυτό το αρχείο μορφής .CATPart έπρεπε να μετατραπεί σε κάποια προσιτή μορφή αρχείου, κατά προτίμηση .3dm για να μπορέσει να γίνει η περαιτέρω σχεδίαση με την χρήση του προγράμματος RHINOCEROS 3D.

Τελικά, μετά από διάφορες προσπάθειες, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Autodesk Inventor professional 2020, που διατίθεται δωρεάν σε πανεπιστημιακά ιδρύματα και φοιτητές, ικανό να εισάγει αρχεία της μορφής .CATPart.



Εικόνα 28. Πρόγραμμα Autodesk Inventor 2020

Το τελικό αρχείο που θα χρειαστούμε θα είναι αποτυπωμένο με τριγωνοποίηση (mesh), αλλά όλη η διαδικασία βελτιστοποίησης και διαχείρισής του επιλέγεται να πραγματοποιηθεί με την μορφή NURBS. Για τον λόγο αυτό το εξαγόμενο μοντέλο από το πρόγραμμα Autodesk Inventor αποθηκεύεται σε αρχείο τύπου IGES.

Η ακόλουθη αλληλουχία εντολών εφαρμόστηκε για να γίνει εφικτή η επιλεγμένη διαδικασία και να αποθηκευτεί το αρχείο σε

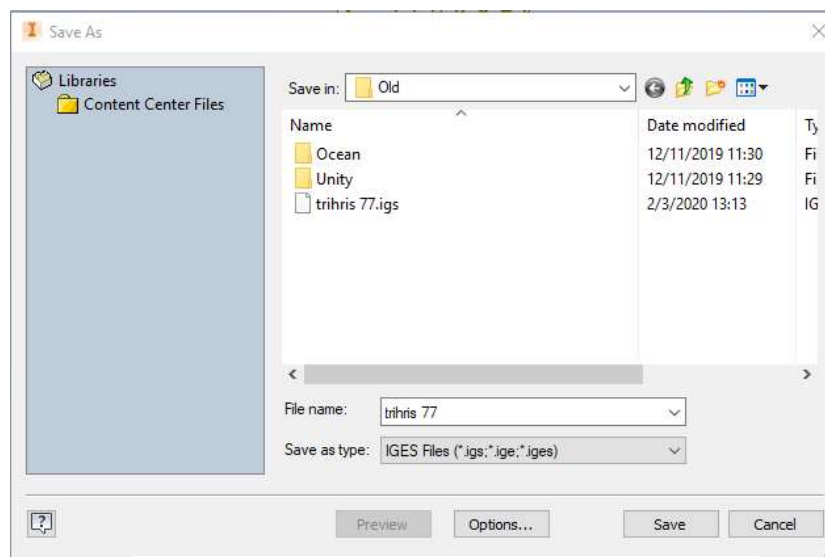
ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Εξαγωγή του Υπάρχοντος Μοντέλου σε Διαχειρίσιμο Αρχείο

μορφή .igs. Το πρόγραμμα Rhinoceros 3D είναι απόλυτα λειτουργικό και ιδανικό για την επεξεργασία αρχείων igs.

Αρχικά ανοίγουμε το πρόγραμμα inventor και εισάγουμε το αρχείο που υπάρχει το μοντέλο της τριήρους. Στην συνέχεια, εφόσον παρουσιάζεται το ολόκληρο το μοντέλο επιλέγουμε:

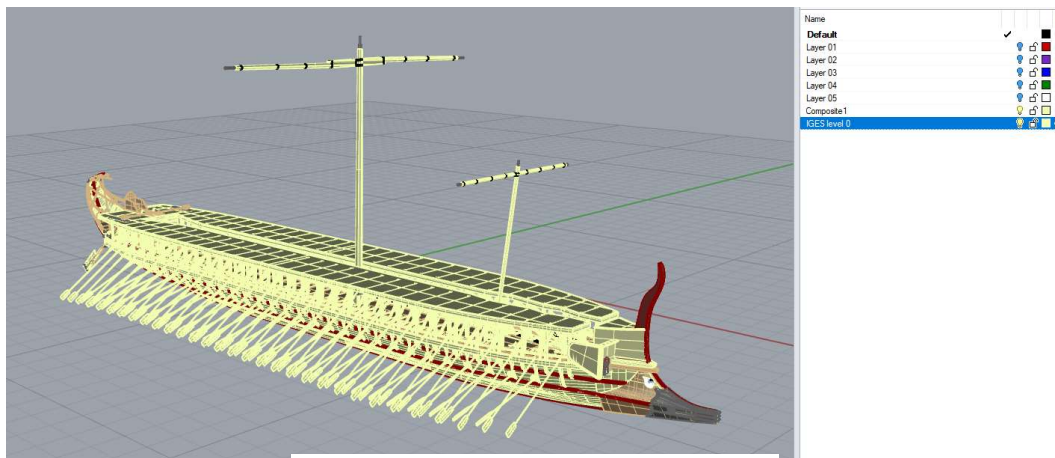
File → Export → CAD Format

Τέλος, επιλέγουμε την διεύθυνση που θα αποθηκευτεί το αρχείο, το όνομα και στο Save as type εισάγουμε την μορφή που θέλουμε να έχει το αρχείο μας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση επιλέγουμε IGES Files (*.igs).



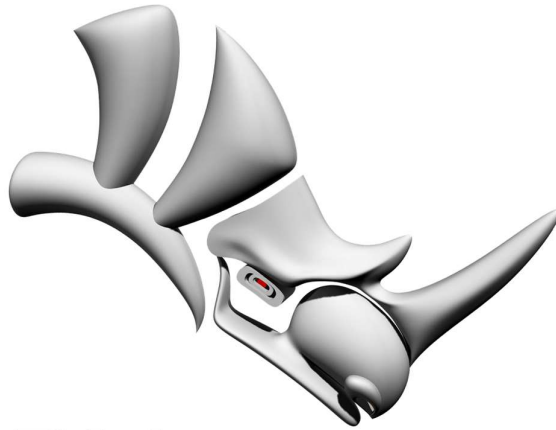
Εικόνα 29. Ρυθμίσεις αποθήκευσης σε αρχείο τύπου IGES

Τελικά ανοίγουμε το αρχείο *.igs κάνοντάς το import στο πρόγραμμα RHINOCEROS 3D.



Εικόνα 30. Άνοιγμα του αρχείου με το Rhino3D

ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ RHINOCEROS 3D



Rhino**ceros**

Εικόνα 31. Το Πρόγραμμα Rhinoceros

Εισάγοντας το αρχείο στο πρόγραμμα, παρουσιάζονται κάποια πρώτα προβλήματα τα οποία θα πρέπει να επιλυθούν:

- ✓ Εξομάλυνση της γάστρας.
- ✓ Ομαδοποίηση όλων των διαφορετικών συντελεστών του πλοίου

σε:

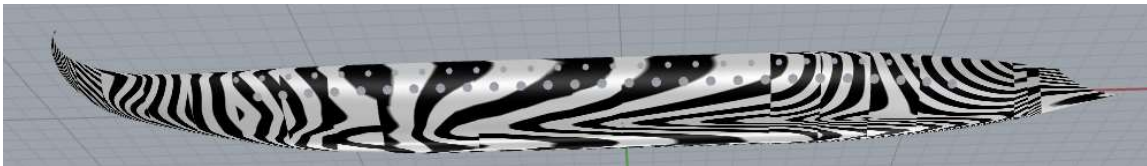
1. Κατάρτια
2. Υπερκατασκευές
3. Γάστρα
4. Καταστρώματα
5. Κουπιά
6. Πηδάλια
7. Καθίσματα
8. Θέσεις ποδιών
9. Εγκάρσια Ενισχυτικά
10. Διαμήκη Ενισχυτικά
11. Ανοίγματα γάστρας (Chocks)
12. Σκαλμούς

- ✓ Ενοποίηση των επιμέρους επιφανειών που συγκροτούν κοινό αντικείμενο σε μορφή closed polysurfaces ή solids.
- ✓ Διόρθωση των θέσεων κουπιών, καθισμάτων και υποποδιών.

Εξομάλυνση της Γάστρας

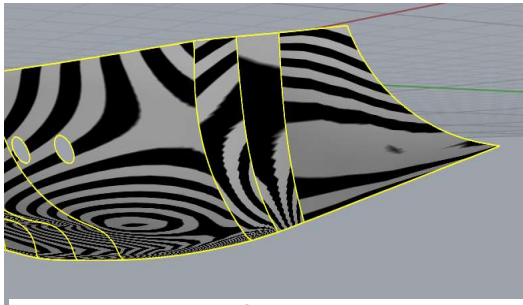
Το πρώτο πρόβλημα που παρουσιάστηκε ήταν η κακή αποτύπωση της γάστρας. Παρουσιάζεται στην Εικόνα 32 η ασυνέχεια μεταξύ των επιφανειών που δημιουργούν την γάστρα.

Η γάστρα αποτελείται από 21 διαφορετικές επιφάνειες και δεν υπάρχει συνέχεια μεταξύ των επιμέρους επιφανειών. Αυτό γίνεται εμφανέστερα με την χρήση της εντολής Zebra, η οποία γραφικά παρουσιάζει την ομαλότητα και την συνέχεια των επιφανειών μέσω της χρήσης παράλληλων γραμμών 2 διαφορετικών χρωμάτων που αποτυπώνονται εναλλάξ.

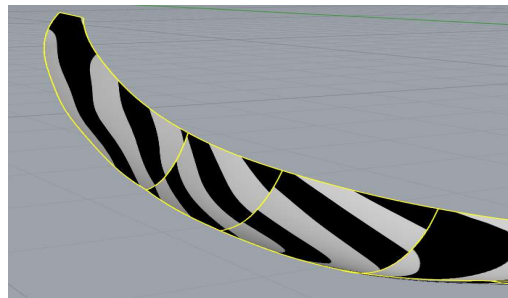


Εικόνα 32. Χρήση της εντολής zebra και παρουσίαση της ασυνέχειας των επιφανειών της γάστρας

Ειδικότερα προβλήματα εμφανίζονται στην πλώρη και την πρύμνη της γάστρας.



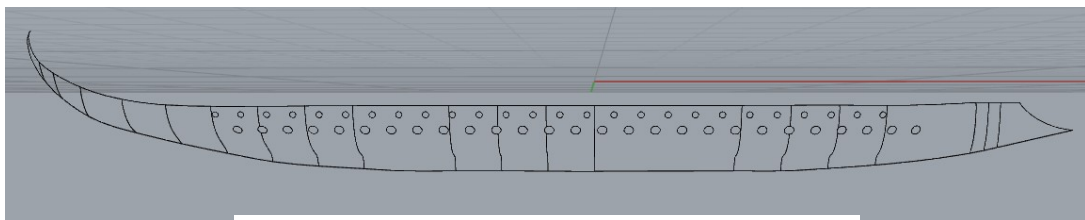
Εικόνα 34. Πλώρη της Γάστρας



Εικόνα 33. Πρύμνη της Γάστρας

Τα προβλήματα που παρουσιάζονται σε αυτήν την κατάσταση είναι πολύ σοβαρά. Καταρχάς, δεν προσεγγίζει το πραγματικό σκάφος, εφόσον αυτές οι ασυνέχειες δεν υπάρχουν. Δεύτερον, δημιουργεί έντονα προβλήματα στην συνέχεια διαχείρισης του μοντέλου, καθώς όταν θα γίνει η προσέγγιση για την ρεαλιστική απεικόνιση θα δημιουργηθούν ασυνέχειες και μη ρεαλιστική απεικόνιση.

Μετάπειτα, που θα αποτυπωθεί το υλικό και η υφή (texture) έτσι ώστε να είναι ένα ρεαλιστικό μοντέλο θα δημιουργήσει επιπλέον προβλήματα. Τέλος, επιθυμούμε μια ρεαλιστική απεικόνιση και μια βέλτιστη αναπαράσταση της πραγματικότητας.



Εικόνα 35. Δημιουργία των Curves με την εντολή DupBorder

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος RHINOCEROS 3D

Ο τρόπος που επιλέχθηκε να λυθεί το πρόβλημα, καθώς επιλέχθηκε η παρούσα εργασία να διαχειριστεί την προηγούμενη εργασία και να την προχωρήσει, και όχι να επαναδημιουργήσει το 3D μοντέλο, ήταν ο περισσότερο αποδοτικός, χωρίς να γίνει έντονη παρέμβαση στο μοντέλο.

Για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιώντας την εντολή Duplicate Borders για την κάθε μία από τις 21 επιφάνειες δημιουργούμε σε μορφή curves τις καμπύλες που αποτύπωνουν τα όρια της εκάστοτε επιφάνειας. Μέσα σε αυτά δημιουργείται το profile της γάστρας, κάποιες εγκάρσιες τομές της και τα ανοίγματα μέσα από τα οποία περνάν τα κουπιά.

Για πρώτο βήμα, αποθηκεύουμε τα curves που αποτυπώνουν τα ανοίγματα, oarports, έτσι ώστε να ξαναδημιουργηθούν στην τελική γάστρα, στα ίδια ακριβώς σημεία. Τα μεταφέρουμε λοιπόν σε δεύτερο Layer, έτσι ώστε να μην μας επηρεάζουν σε αυτό το κομμάτι της εργασίας μας, αλλά να υπάρχουν ως πληροφορία στο αρχείο. Τέλος, κάνουμε Hide το layer, ώστε να μην φαίνονται.

Έπειτα, πρέπει να αποτυπωθεί το profile της γάστρας του πλοίου. Σε αυτήν την κατάσταση διαφαίνεται ότι οι γραμμές της εκάστοτε επιφάνειας που ορίζουν το profile του πλοίου είναι συνεχείς. Επομένως, μέσω της εντολής Join καταφέρνουμε και κατασκευάζουμε την πρώτη βασική παράμετρο για την κατασκευή της τελικής γάστρας το profile της γάστρας του πλοίου.

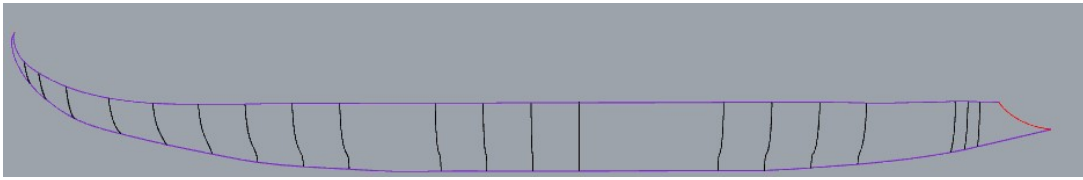


Εικόνα 36. Το profile της γάστρας του Πλοίου

Χρησιμοποιούμε τις εγκάρσιες καμπύλες που αποτελούν τα επιμέρους διαμήκη όρια των επιφανειών ως βοηθητικές γραμμές για την ορθότερη γραφική αποτύπωση της ενιαίας επιφάνειας της γάστρας. Επομένως, οι εν λόγω καμπύλες γραμμές, που θα τις χαρακτηρίσουμε «νομείς», λειτουργούν ως οδηγοί για την κατασκευή της γάστρας.

Σε αυτό το στάδιο έχουμε το profile της γάστρας, και ένα καλό σύνολο νομέων. Θα προσπαθήσουμε λοιπόν να δημιουργήσουμε την επιφάνεια της γάστρας.

Χρησιμοποιώντας την εντολή **Curve Network**, με βασικές γραμμές το profile της γάστρας του πλοίου, όπως αποτυπώνονται στην Εικόνα 38 αυτές που αποτυπώνονται με μωβ και κόκκινο χρώμα, και βοηθητικές τις μαύρες, καταφέρνουμε να δημιουργήσουμε μία συνεχόμενη και ομαλή επιφάνεια.



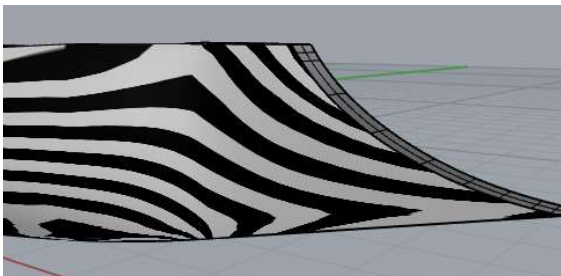
Εικόνα 38. Οι καμπύλες που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία της νέας γάστρας

Φαίνεται στην Εικόνα 37 το αποτέλεσμα της νέας γάστρας. Η νέα επιφάνεια είναι ενιαία, συνεχής και ομαλή αποτυπώνοντας ρεαλιστικότερα την γάστρα. Επιπλέον, είναι βασισμένη στην αρχική γάστρα, καθώς πατάει στις γραμμές της και για τον λόγο αυτό εννώνεται υπέροχα με την υπόλοιπη κατασκευή.

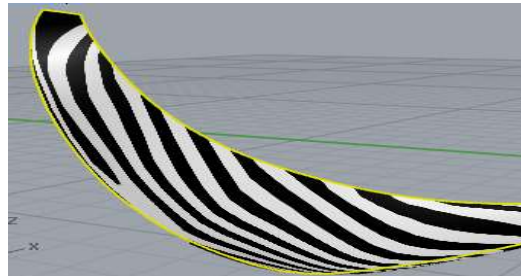


Εικόνα 37. Η νέα ομαλή και συνεχής επιφάνεια της γάστρας

Χαρακτηριστικές είναι οι Εικόνα 39 και Εικόνα 40 όπου φαίνεται πόσο βοήθησε η κατασκευή της νέας γάστρας. Με την βοήθεια της εντολής Zebra είναι αντιληπτή η διαφορά με την προηγούμενη κατάσταση.

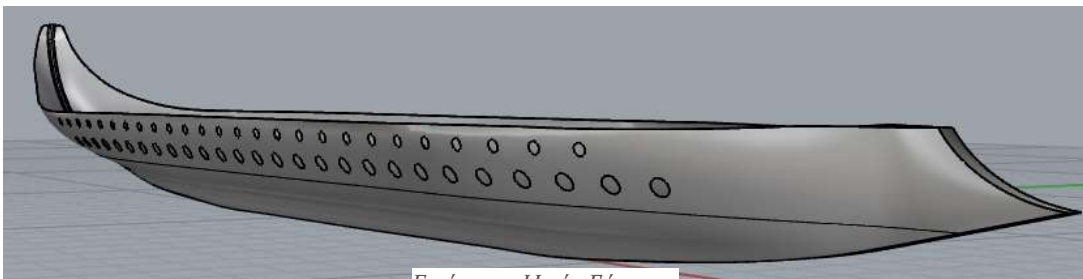


Εικόνα 39. Η νέα πλώρη



Εικόνα 40. Η νέα πρύμνη

Τελικό βήμα για την ολοκλήρωση της επιφάνειας της γάστρας είναι η κατασκευή των ανοιγμάτων της γάστρας, στις θέσεις που βγαίνουν τα κουπιά. Εμφανίζουμε το layer που αποθηκεύσαμε τις καμπύλες που αποτυπώνουν τα ανοίγματα. Στην συνέχεια, με την εντολή Trim, κόβουμε την επιφάνεια στο εσωτερικό των καμπύλων. Έτσι, καταφέρνουμε να ολοκληρώσουμε την γάστρα με τα χαρακτηριστικά της.



Εικόνα 41. Η νέα Γάστρα

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος RHINOCEROS 3D

Τέλος, με την εντολή Mirror, δημιουργούμε την Port πλευρά της γάστρας ολοκληρώνοντας συνολικά την κατασκευή της γάστρας.

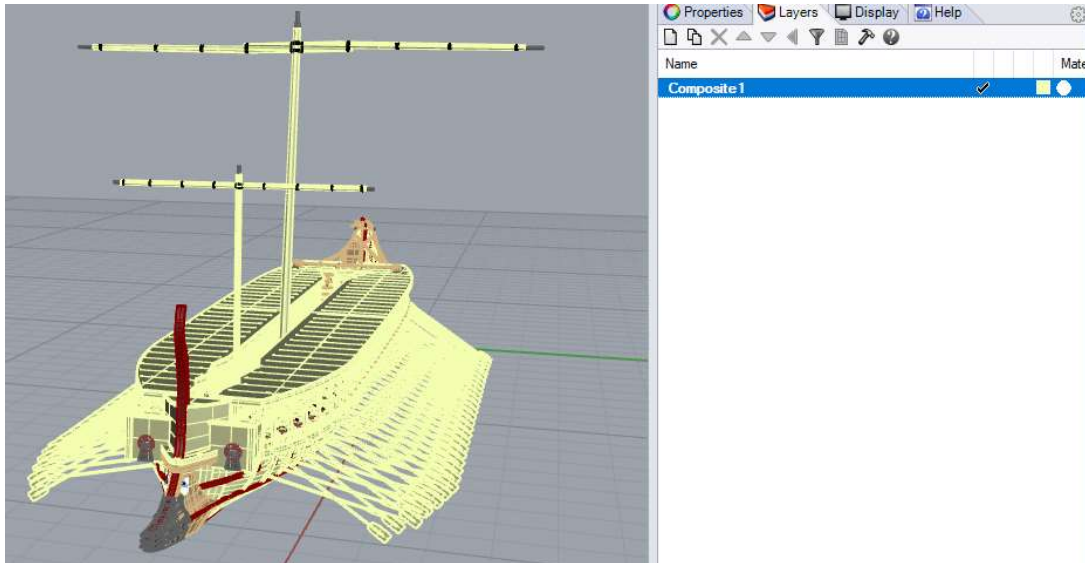
Εδώ αξίζει να αναφερθεί η υπόθεση ότι οι μετρήσεις και η αποτύπωση της προηγούμενης γάστρας ήταν ορθή σε σχέση με τις ναυπηγικές γραμμές που χρησιμοποιήθηκαν. Αυτό είναι αποδεκτό αφού επεξεργαζόμενοι το μοντέλο, έγιναν αντιληπτά κάποια κατασκευαστικά προβλήματα της γάστρας, τα οποία όμως δεν μας δίνει κάποιο σημάδι ότι οι χρησιμοποιούμενες ως «νομείς» γραμμές είναι αποκλίνοντες και μη αποδεκτές ως ναυπηγικές γραμμές. Η κατασκευή ακολουθεί τις γραμμές πάνω στις οποίες το μοντέλο δημιουργήθηκε εξαρχής, απλά έπρεπε να βελτιστοποιηθεί και για τον λόγο αυτό αποφασίστηκε η δημιουργία μίας συνεχής επιφάνειας.

Επιπλέον, ο όγκος της νέας γάστρας δεν διαφέρει συγκριτικά με το προϋπάρχον μοντέλο, αλλά και το μήκος της ίσαλος πλεύσης είναι ίδια με την αρχική. Τέλος, είναι φανερό δια γυμνού οφθαλμού η διαφορά και η βελτίωση του μοντέλου.

Ομαδοποίηση/Διαχωρισμός σε Layer

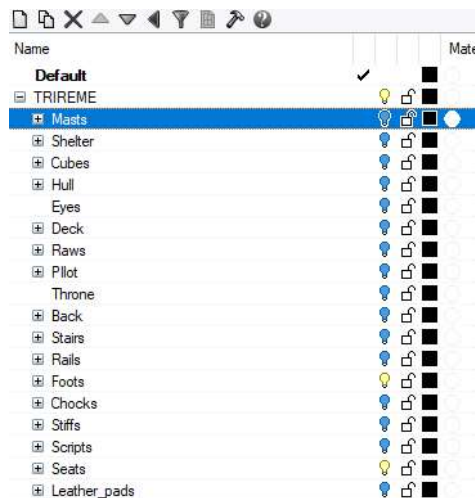
Στην συνέχεια, κρίθηκε αναγκαίος ο διαχωρισμός των επιμέρους αντικειμένων σε επίπεδα, Layers, με σκοπό την ευκολότερη επεξεργασία, αποθήκευση και απλοποίηση της όλης διαδικασίας.

Παρατηρούμε ότι όλα τα στελέχη του σκάφους είναι αποθηκευμένα σε ένα μοναδικό Layer, που δεν μας επιτρέπει να λειτουργήσουμε σωστά (Εικόνα 42).



Εικόνα 42. Αρχική εικόνα των Layers

Αρχικά δημιουργούμε τα καινούργια Layers και τα ονοματίζουμε ώστε να είναι κατανοητό τί περιέχουν. Στην συνέχεια επιλέγουμε τα επιμέρους αντικείμενα και χρησιμοποιώντας την εντολή **Change Object Layer**, επιτεύχθηκε το εξής αποτέλεσμα:



Εικόνα 43. Τα νέα Layers

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος RHINOCEROS 3D

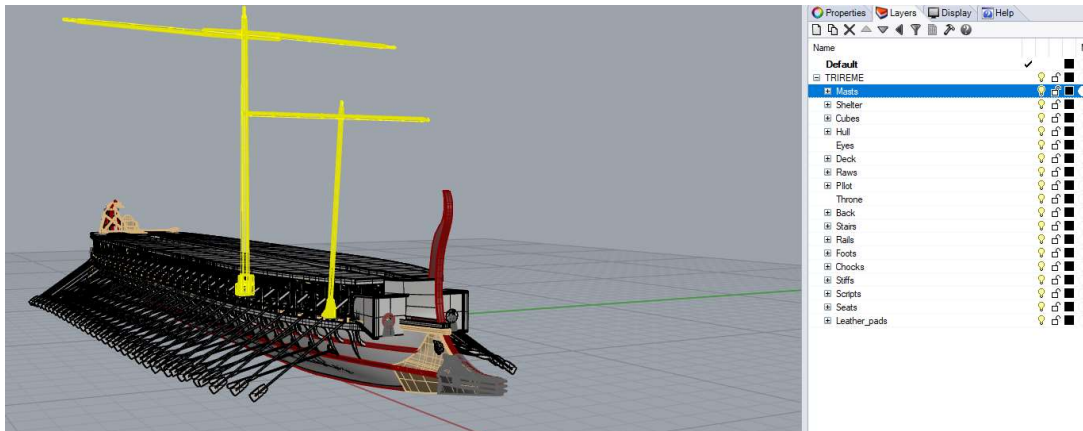
Τα Layers που αποφασίστηκαν να δημιουργηθούν, αποτελούν και τις βασικές ομάδες αντικειμένων που αποτελούν το μοντέλο.

Όπου υπήρχε ανάγκη, επί παραδείγματι στα κουπιά ή τις θέσεις των κωπηλατών, έχουν διαχωριστεί με υποεπίπεδα, sublayers, σε Starboard και Port.

Τα βασικά Layers λοιπόν είναι:

- Κατάρτια, που περιέχει το πρόσθιο και το κεντρικό κατάρτια, τις βάσεις τους και τα σχοινιά πρόσδεσης των πανιών
- Τις υπερκατασκευές, που είναι τα οι ξύλινες οροφές και τα στηρίγματά τους
- Οι ξύλινες κατασκευές μπροστά, πρόστεγο
- Η γάστρα
- Το επίπεδο του καταστρώματος
- Τα κουπιά
- Τα πηδάλια
- Η θέση του κελουστή
- Οι σκάλες και τα επιμέρους μικρά καταστρώματα
- Οι κουπαστές
- Τα υποπόδια
- Οι κατασκευές στα ανοίγματα της γάστρας
- Τα ενισχυτικά, διαμήκη και εγκάρσια
- Οι σκαλμοί
- Οι θέσεις των κωπηλατών

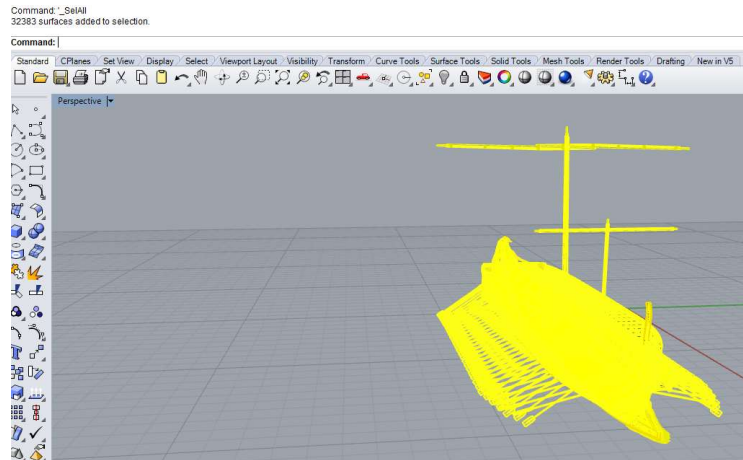
Με τον τρόπο αυτό έχει γίνει μια πρώτη ομαδοποίηση των αντικειμένων, που επιτρέπει την επιμέρους διαχείριση των εκάστοτε κατασκευών, την επιμέρους αποθήκευση, προβολή και επεξεργασία τους.



Εικόνα 44. Παράδειγμα επιλογής ενός νέου Layer (Mast)

Δημιουργία Closed Polysurfaces

Ένα άλλο πρόβλημα που παρουσιάστηκε είναι το τεράστιο πλήθος επιφανειών. Αναφέρεται ότι όλο το μοντέλο αποτελείται πάνω από 32 χιλιάδες επιφάνειες. Οι περισσότερες από αυτές τις επιφάνειες είναι κομμάτια από το ίδιο αντικείμενο.

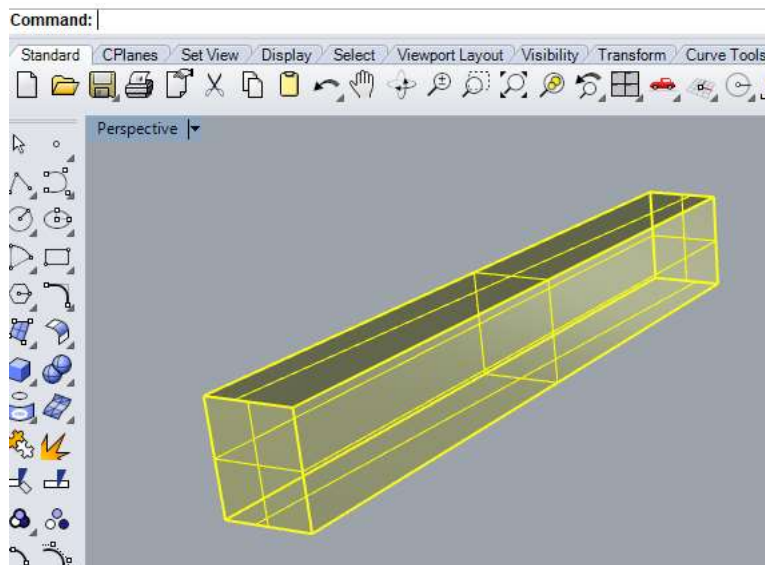


Εικόνα 45. Το μοντέλο αποτελείται με πάνω από 32000 επιφάνειες

Για τον λόγο αυτό αποφασίστηκε επιφάνειες που συγκροτούν το εκάστοτε αντικείμενο να ομαδοποιηθούν και να ενωθούν σε κλειστές πολύ-επιφάνειες ή στερεά.

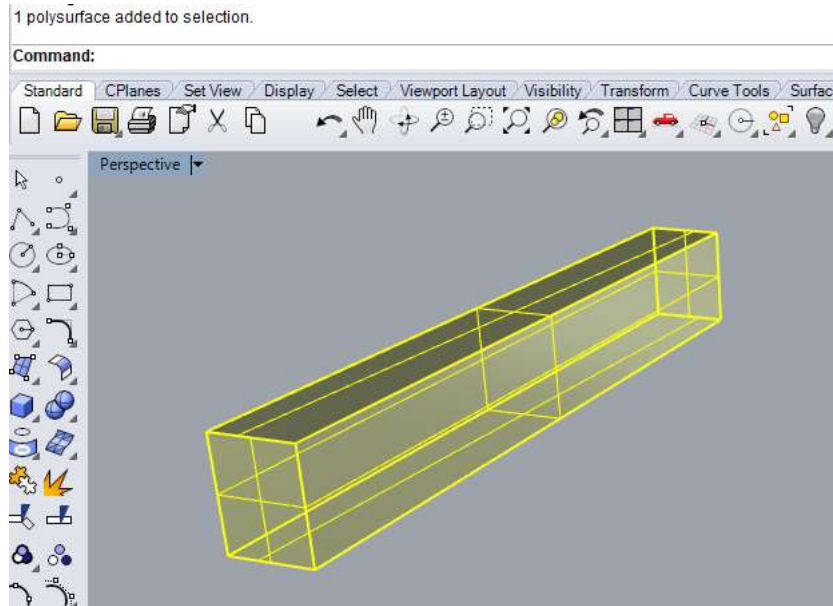
Για παράδειγμα ένα ενισχυτικό μορφής ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου αποτελείται από 6 διαφορετικές επιφάνειες, αφού η κάθε μία πλευρά του εκφράζεται από διαφορετική επιφάνεια.

6 surfaces added to selection.



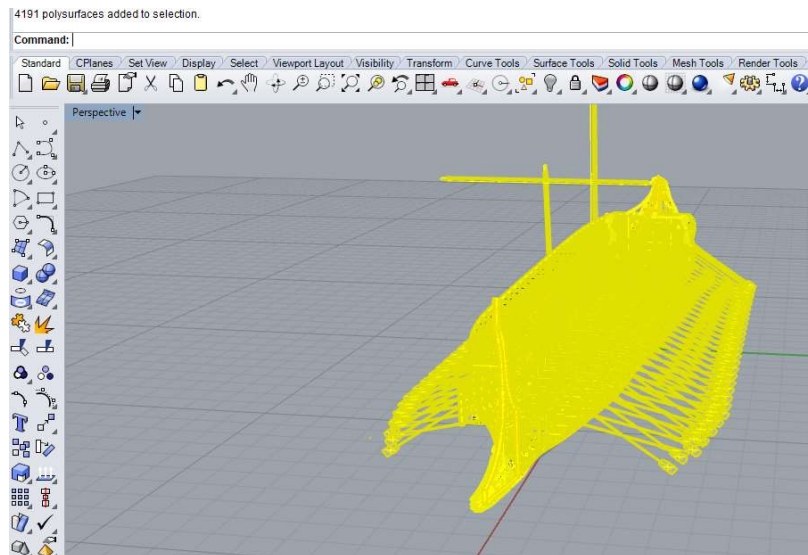
Εικόνα 46. 6 διαφορετικές επιφάνειες για κάθε αντικείμενο

Με την επιλογή των συγκεκριμένων επιφανειών και χρησιμοποιώντας την εντολή **Join** ενοποιούμε τις επιφάνειες και διαμορφώνουμε 1 πολύ-επιφάνεια.



Εικόνα 47. Δημιουργία 1 πολυ-επιφάνειας

Με τον τρόπο αυτό καταφέρνουμε να ομαδοποιήσουμε τις επιφάνειες και εν τέλει να μειώσουμε τον αριθμό των αντικειμένων που καλούμαστε να διαχειριστούμε από πάνω από 32000 σε μόλις 4191.



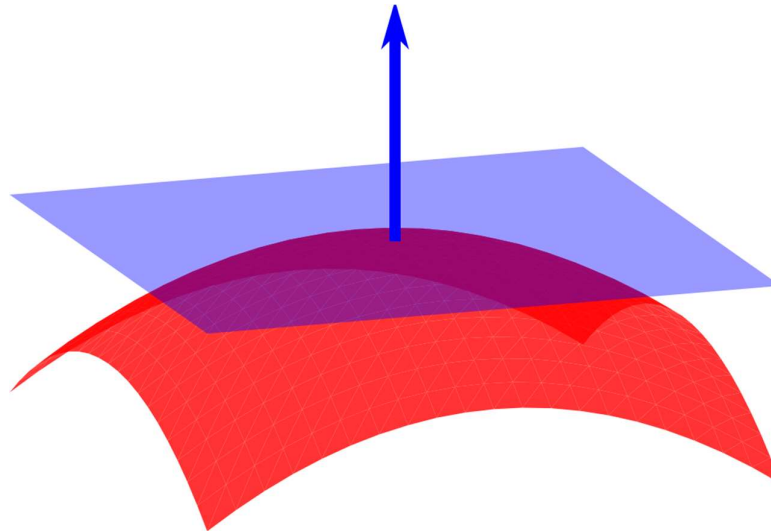
Εικόνα 48. Μείωση του αριθμού αντικειμένων από 32000 σε 4200

Ένας ακόμη βασικός λόγος που πραγματοποιήθηκε όλη αυτή η διαδικασία είναι για να ελεγχθεί και να επιβεβαιωθεί η διεύθυνση της επιφανείας (**normal**).

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος RHINOCEROS 3D

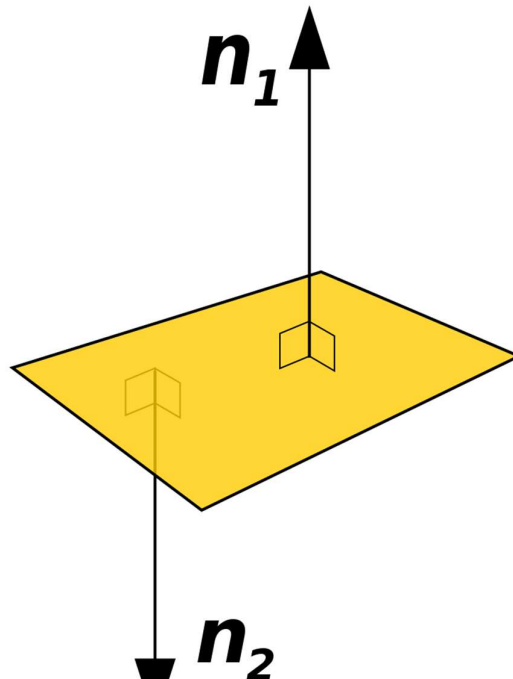
Normals

Κάθε επιφάνεια διαθέτει ένα χαρακτηριστικό που αναφέρεται ως normal. Το normal είναι ένα διάνυσμα κάθετο στο υπό εξέταση αντικείμενο. **Στον τρισδιάστατο χώρο**, το normal μιας επιφάνειας στο σημείο P είναι το διάνυσμα που είναι κάθετο στο εφαπτόμενο επίπεδο της επιφάνειας στο σημείο P.



Εικόνα 50. Normal vector της επιφάνειας στο σημείο P

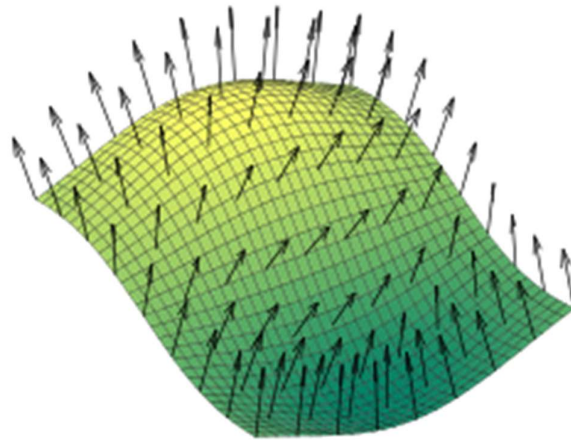
Κάθε επιφάνεια διαχωρίζεται μεταξύ του *inward-pointing normal* και του *outer-pointing normal*. Για την αποτύπωση ορθών ρεαλιστικών απεικονίσεων, μας ενδιαφέρει η σωστή κατεύθυνση του διανύσματος του normal, καθώς χρησιμοποιείται στους αλγόριθμους



Εικόνα 49. Normals ενός πολυγώνου

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος RHINOCEROS 3D

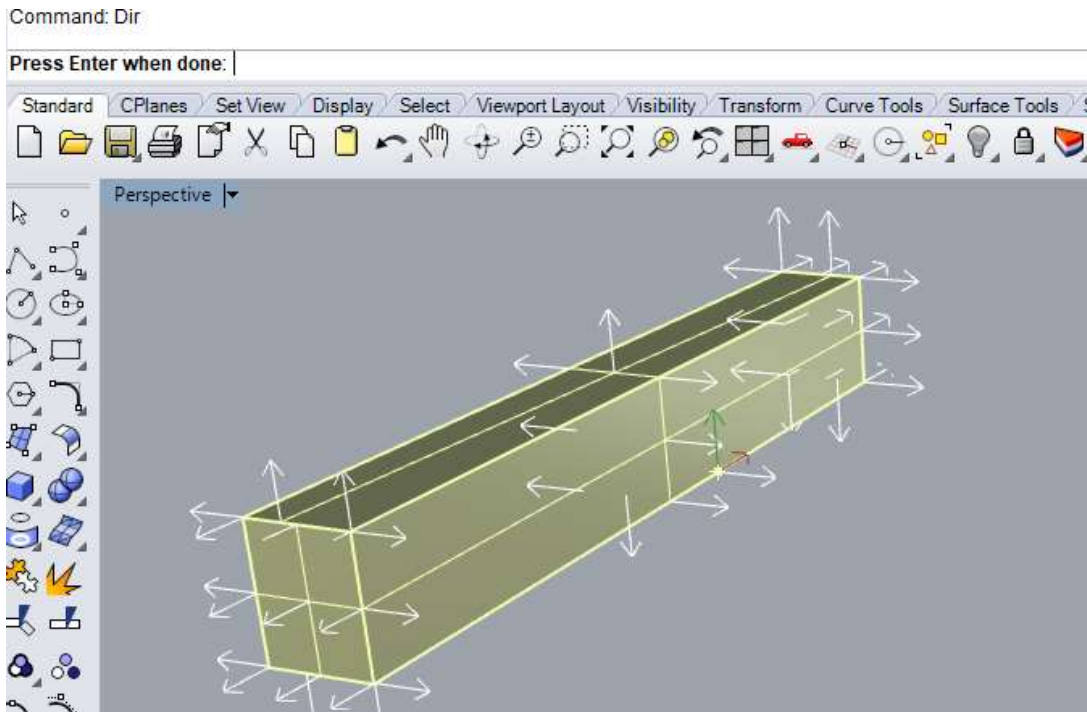
υπολογισμού της αντανάκλασης του φωτός, δημιουργώντας αληθοφανείς εικόνες. Λόγω της χρησιμοποίησής του στις μεθόδους υπολογισμού της αντανάκλασης του φωτός, μας ενδιαφέρει το διάνυσμα



*Εικόνα 51. Το εύρος διανυσμάτων των normals πάνω σε μία επιφάνεια
να έχει κατεύθυνση την πορεία προς το μάτι μας.*

Με την εφαρμογή, λοιπόν, της ενοποίησης των επιφανειών, αυτόματα το πρόγραμμα μετατρέπει τα normal των επιμέρους επιφανειών εξωτερικά από το αντικείμενο διασφαλίζοντας την σωστή αποτύπωση της επιφάνειας και βοηθώντας την συνέχεια της διαδικασίας. Με την χρήση της εντολής Dir το πρόγραμμα αποτυπώνει την διεύθυνση της επιφάνειας.

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος RHINOCEROS 3D



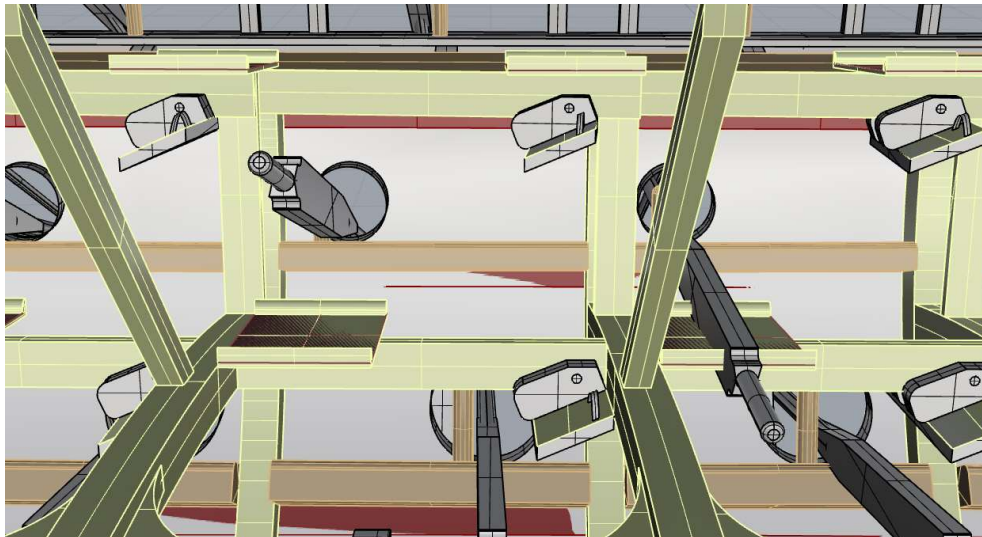
Εικόνα 52. Παράδειγμα εντολής Dir

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος RHINOCEROS 3D

Διόρθωση Θέσεων και υποποδίων κωπηλατών

Καθώς συνεχιζόταν η βελτιστοποίηση του μοντέλου και είχε προχωρήσει στα επόμενα βήματα παρατηρήθηκε ένα πρόβλημα πολύ σοβαρό που θα έπρεπε να επιλυθεί σωστά. Η θέση των κουπιών ενώ δείχνει να είναι σωστή, δεν είναι συνακόλουθη με την θέση των θέσεων και των υποποδίων των κωπηλατών.

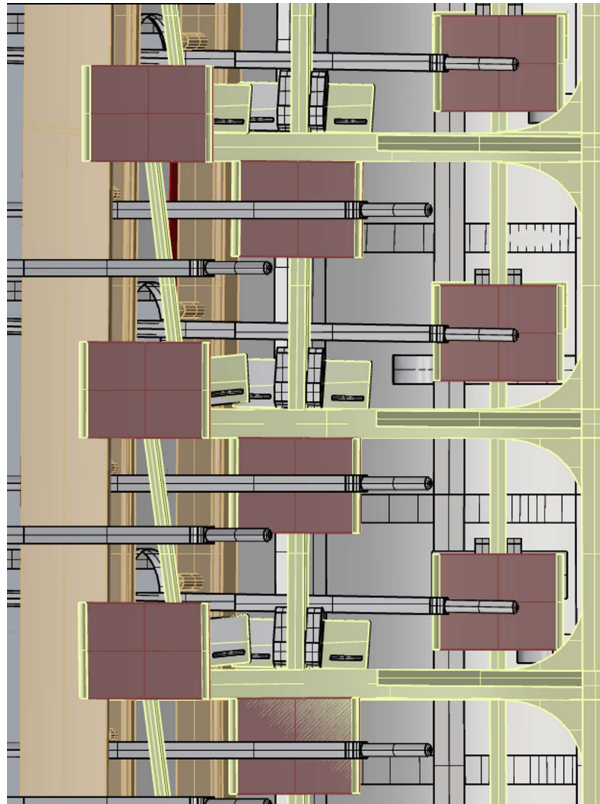
Για ένα μοντέλο που θέλει να περιγράψει την σωστή κίνηση και λειτουργία της τριήρους θεωρήθηκε μη αποδεκτό και διορθώθηκε ώστε να αποτυπώνει τον πραγματικό τρόπο.



Εικόνα 53. Πρόβλημα με κουπιά και θέσεις κωπηλατών

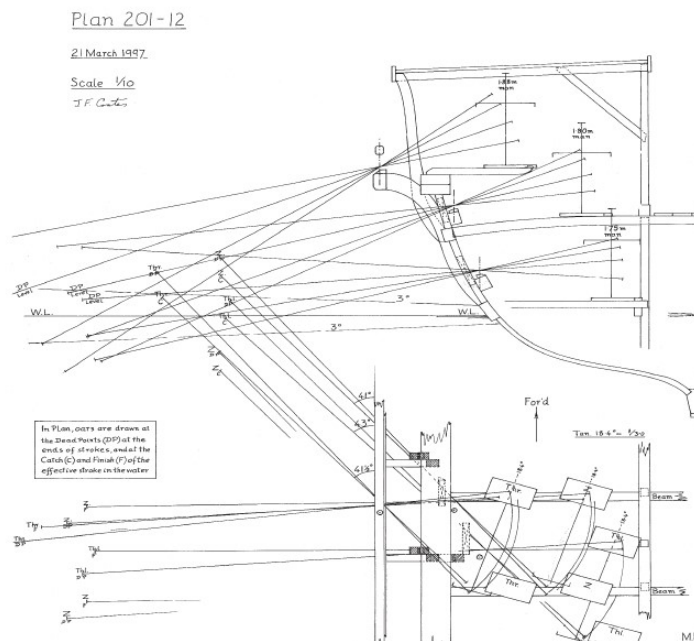
Η απόφαση που πάρθηκε ήταν να παραμείνουν τα κουπιά στις προϋπάρχουσες θέσεις, εφόσον λειτουργούν σωστά σε συνέχεια με τα υπόλοιπα κουπιά, καθώς το βασικό πρόβλημα βρίσκεται στα κουπιά των ζυγών (μεσαία σειρά) και λιγότερο των θαλαμιτών (κατώτερη σειρά), αλλά και να αποτυπώνονται σωστά με βάση τα εγκάρσια ενισχυτικά της κατασκευής. Για τους λόγους αυτούς, αποφασίστηκε να αλλάξουν οι θέσεις των καθισμάτων των κωπηλατών.

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
 ΤΡΙΗΡΟΥΣ
 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
 Χρήση του Προγράμματος RHINOCEROS 3D



Εικόνα 55. Κάτοψη θέσεων κωπηλατών του αρχικού μοντέλου

Επιπλέον, οι θέσεις των κωπηλατών και ειδικά των ζυγίων βλέποντας το μοντέλο σε κάτοψη φαίνεται ξεκάθαρα ότι δεν



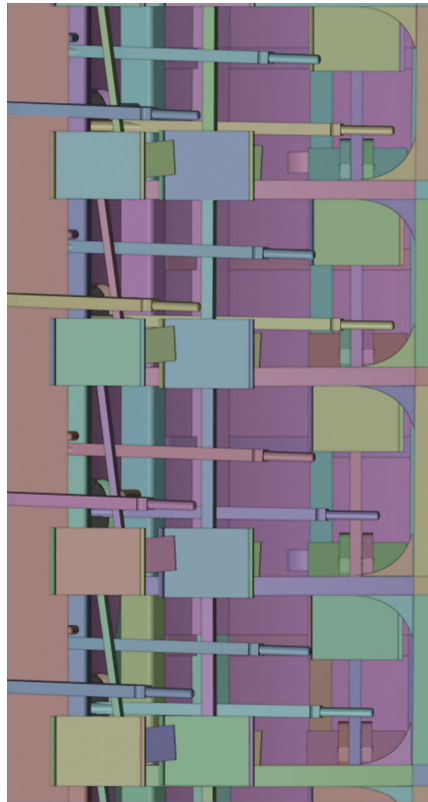
Εικόνα 54. Σχέδια των θέσεων των κωπηλατών

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος RHINOCEROS 3D

ακολουθούν τα σχέδια με βάση τα οποία έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί η τριήρης.

Επομένως, ακολουθώντας τα κατασκευαστικά σχέδια μετακινούμε τις θέσεις και τα υποπόδια των κωπηλατών έτσι ώστε να διορθωθεί το πρόβλημα.

Στην Εικόνα 56 παρουσιάζεται η κάτοψη των θέσεων που βρίσκονται οι κωπηλάτες μετά τις απαραίτητες διορθωτικές κινήσεις. Τέλος, οι θέσεις αυτές είναι παρόμοιες με τις θέσεις που υπάρχουν στα σχέδια των κατασκευαστικών της τριήρης (Εικόνα 54).



Εικόνα 56. Κάτοψη θέσεων κωπηλατών του τελικού μοντέλου

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος RHINOCEROS 3D

Έλεγχος Βάρους Κατασκευής

Κρίνεται αναγκαίο να γίνει μία μελέτη του υπό εξέταση μοντέλου με σκοπό την ταύτισή του με το πραγματικό σκάφος που έχει κατασκευαστεί. Με την βοήθεια του προγράμματος Rhinoceros, υπολογίζονται εύκολα οι όγκοι των επιμέρους αντικειμένων.

Εφόσον σε προηγούμενο βήμα τα βασικά στοιχεία του μοντέλου αποτυπώνονται ως στερεά ή κλειστές επιφάνειες, υπολογίζεται εύκολα το βάρος πολλαπλασιάζοντας τον εκάστοτε όγκο με την πυκνότητα του υλικού.

Τέλος, για περιπτώσεις όπου αποτυπώνονται με επιφάνειες, όπως για παράδειγμα η γάστρα, αρκεί να πολλαπλασιαστεί το εμβαδόν της επιφάνειας με το πάχος, να βρεθεί ο όγκος του αντικειμένου και τέλος να υπολογιστεί το βάρος.

Densities of seasoned & dry wood are indicated in the table below:

Solid	Density (kg/m ³) (lb/ft ³)
Alder	420 - 680
Afromosia	710
Agba	510
Apple	650 - 850
Ash, white	650 - 850
Ash, black	540
Ash, European	710
Aspen	420
Balsa	110 - 140
Bamboo	310 - 400
Basswood	320 - 590
Beech	700 - 900
Birch	510 - 770
Birch, British	670
Birch, European	670
Blue gum	1000
Blox	950 - 1160
Butternut	380
Cedar	490 - 570
Cedar of Lebanon	580
Cedar, western red	380
Cherry	630 - 900
Cherry, European	630
Chestnut, sweet	580
Cottonwood	410
Cypress	510
Dogwood	710
Douglas Fir	580

Εικόνα 57. Πυκνότητα υλικών ξύλου

Σύμφωνα με το βιβλίο των κατασκευαστών J.M. Morrison, J.E. Coates και N.B. Rankon, απόκομμα του οποίου είναι η Εικόνα 58, φαίνεται ότι επιλέχθηκε ως υλικό κατασκευής το Douglas Fir, ένα είδος έλατου, με πυκνότητα $\rho = 0,55 \text{ tons} / \text{m}^3$.

which it could be obtained in ancient times. The Trust decided with the agreement of the Hellenic Navy and after consulting the Building Research Establishment in Britain to specify **Douglas Fir** (*Pseudotsuga menziesii*) otherwise known as Oregon Pine and Columbian Pine, instead of the botanically authentic species such as silver fir, larch or several of the many pines which grow around the Mediterranean and Black Seas. All

Εικόνα 58. Υλικό Κατασκευής το Douglas fir

Στον πίνακα της Εικόνα 59 αποτυπώνονται τα εκάστοτε βάρη των ομάδων. Στον πίνακα φαίνονται ακριβώς οι όγκοι του εκάστοτε μέρους του πλοίου, και όπου δεν ήταν δυνατό το εμβαδό της επιφάνειας.

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος RHINOCEROS 3D

Επιπλέον, παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού του, καθώς και η πυκνότητα του υλικού που κατασκευάστηκε το κάθε αντικείμενο, είτε του ξύλου Douglas Fir πυκνότητας 0.55 tons/m³ είτε του χαλκού

Υπολογισμός Βαρών Τριήρης					
Όνομα Στοιχείου	Εμβαδόν	Πάχος	Όγκος	Υλικό	Βάρος
Κατάρτι στο Μέσο Κάθετο	-	-	0.46	0.55	0.253
Κατάρτι στο Μέσο Οριζόντιο Α	-	-	0.15	0.55	0.0825
Κατάρτι στο Μέσο Οριζόντιο Β	-	-	0.15	0.55	0.0825
Βάση Κατάρτιου στο Μέσο	-	-	0.14	0.55	0.077
Μεταλλικές Λεπτομέρειες Βάσης Καταρτιού στο Μέσο	-	-	0.001561	8.94	0.013959
Κατάρτι Πλώρο Κάθετο	-	-	0.077	0.55	0.04235
Κατάρτι Πλώρο Οριζόντιο	-	-	0.068	0.55	0.0374
Βάση Κατάρτιου Πλώρο	-	-	0.011	0.55	0.00605
Μεταλλικές Λεπτομέρειες Βάσης Καταρτιού Πλώρου	-	-	3.34E-05	8.94	0.000299
Υπερκατασκευές Συνολικά	-	-	6	0.55	3.3
Κύβοι Πλώρα	-	-	0.62	0.55	0.341
Γάστρα	186	0.12	22.32	0.55	12.276
Μάσκα Πλώρα	-	-	7.5	0.55	4.125
Πλώρο Bulkhead	2.11	0.12	0.2532	0.55	0.13926
Κόκκινα ξύλα (υποζώματα)	-	-	2.9829	0.55	1.640595
Καταστρώματα	-	-	1.2208	0.55	0.67144
Κουπιά	-	-	1.87	0.55	1.0285
Πηδάλια	-	-	0.16293	0.55	0.089612
Μεταλλικές Λεπτομέρειες στα Πηδάλια	-	-	0.0572	8.94	0.511368
Θρόνος Πρύμα	-	-	0.114	0.55	0.0627
Πρυμναίες Ξύλινες Κατασκευές	-	-	0.063	0.55	0.03465
Σκάλες Πρύμα	-	-	0.072	0.55	0.0396
Εξωλέμβιες Κατασκευές	-	-	1.77	0.55	0.9735
Υποπόδια	-	-	0.53	0.55	0.2915
Ενισχυτικά στο Εσωτερικό	-	-	4.33	0.55	2.3815
Καθήματα	-	-	0.26112	0.55	0.143616
Σκαλμοί	-	-	0.058	0.55	0.0319
				Σύνολο	28.6768

Εικόνα 59. Αναλυτική Παρουσίαση Βαρών Ψηφιακού Μοντέλου πυκνότητας 8,94 tons/m³. Αποτυπώνεται επομένως, ότι το βάρος της υπαρκτής κατασκευής βρίσκεται πολύ κοντά στο υπό μελέτη πλοίο.

Το κείμενο των κατασκευαστών αναφέρει το βάρος της γάστρας ως 15 tons, χωρίς να δίνει λεπτομέρειες για το πια θεωρεί ως βασική γάστρα, και συνολικά της κατασκευής στους 25 tons.

Ο υπολογισμός του ψηφιακού μοντέλου είναι λίγο μεγαλύτερος και ξεπερνά τους 28 tons. Η απόκλιση είναι της τάξεως του 12% που όμως μπορεί να εξηγηθεί εφόσον το κείμενο των κατασκευαστών δεν

The result was a shell, in the main little thicker in relation to its curvature than a plastic bucket, lightly stiffened over its general extent but with substantial members at the keel and, like the bucket, round its rim. The weight of this basic shell was only about 15 tonnes. The addition of outriggers, seats etc. for oarsmen, decks, stanchions and braces to complete the hull added another 10 tonnes or so to make a weight of 25 tonnes, a little more than half of the total weight of the fully manned and equipped trieres.

Εικόνα 60. Βάρος Κατασκευής - Απόκομμα του κειμένου των κατασκευαστών

αναφέρει επακριβώς τί εξετάζει στον συγκεκριμένο υπολογισμό.

Τέλος αν εξετάσουμε το συνολικό βάρος του σκάφους μαζί με το πλήρωμα, που αποτελείται από 200 ανθρώπους βάρους 70kg μέσο όρο της εποχής το εκτόπισμα του πλοίου είναι:

Βάρος Πληρώματος

$$200 \times 70 = 14 \text{ tons}$$

Βάρος Κατασκευής + Πληρώματος

$$28,7 + 14 = 42,7 \text{ tons}$$

ship-sheds (see p. 195). The overall displacement would go up from about 42 tonnes fully laden to **44 tonnes**. Wetted area and low-speed resistance

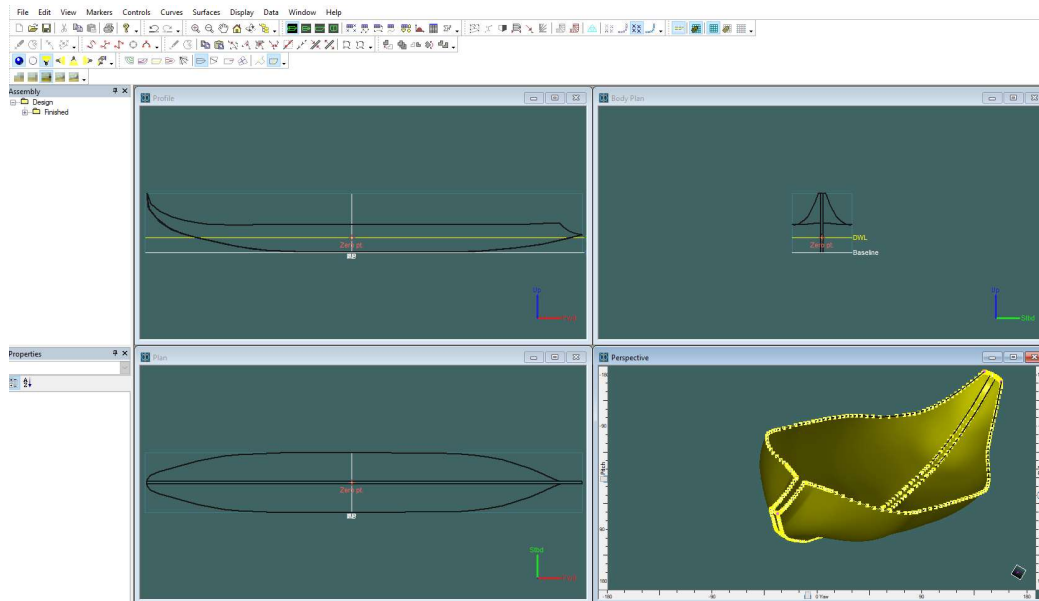
Εικόνα 61. Εκτόπισμα Πλοίου - Απόκομμα του κειμένου των κατασκευαστών

Τέλος, εισάγοντας την γάστρα στο πρόγραμμα Maxsurf Modeler υπολογίζεται ο πίνακας υδροστατικών μεγεθών της υπό μελέτης γάστρας. Για το βύθισμα 1,2 meter το συνολικό εκτόπισμα είναι λίγο πάνω από τους 45 tons. Στόχος δεν είναι μια μελέτη των υδροστατικών μεγεθών του σκάφους και μία ναυπηγική ανάλυση των χαρακτηριστικών του σκάφους, αλλά περισσότερο μια επιβεβαίωση ότι το μοντέλο αποτελεί μια καλή απεικόνιση του υπάρχοντος πλοίου.

B: ATHENIAN TRIREME	
Length:	36.80m (120ft)
Beam (hull):	3.65m (12ft)
Beam (outriggers):	5.45m (18ft)

Εικόνα 62. Γενικά Χαρακτηριστικά Αθηναϊκής Τριήρης Ολυμπία

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
 ΤΡΙΗΡΟΥΣ
 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
 Χρήση του Προγράμματος RHINOCEROS 3D



Εικόνα 64. Η Γάστρα στο Πρόγραμμα Maxsurf

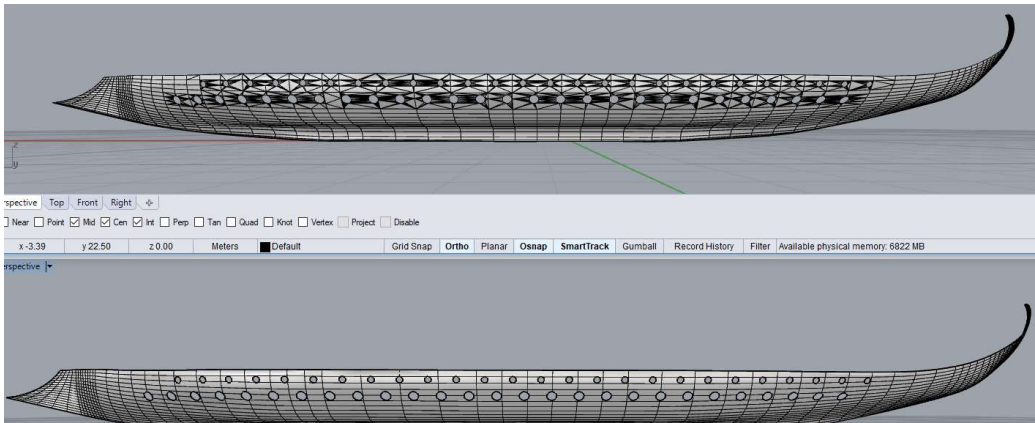
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	45.69	t
2	Volume (displaced)	44.572	m ³
3	Draft Amidships	1.200	m

Εικόνα 63. Αποτελέσματα Maxsurf

Εξαγωγή του αρχείου σε αρχείο διαχείρισιμο

Επόμενο βήμα στην διαδικασία είναι η εξαγωγή του τελικού και τροποποιημένου αρχείου από το πρόγραμμα Rhinoceros 3D, για την εισαγωγή του και περαιτέρω επεξεργασία του στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Blender.

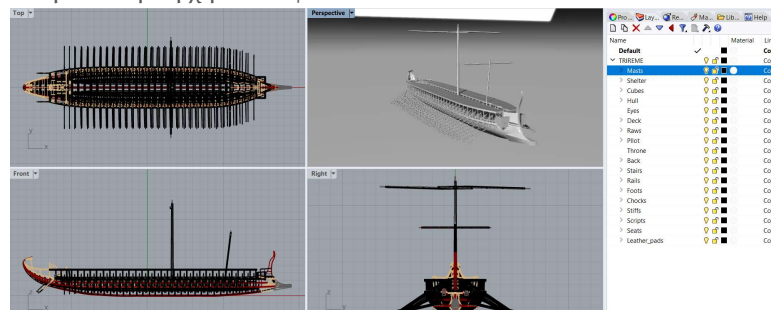
Επιλέχθηκε η μορφή αρχείου να είναι η MotionBuilder (*.fbx), που αποτελεί την πιο διαδεδομένη μορφή μεταφοράς αρχείων μεταξύ σχεδιαστικών προγραμμάτων ή προγραμμάτων κατασκευής ψηφιακών οπτικοακουστικών μέσων. Οι μαθηματικές εξισώσεις αποτύπωσης των Nurbs (Non-uniform rational B-spline), Nurms (non-uniform rational mesh smooth), Subdiv Surfaces μετατρέπονται σε πολύγωνα, τριών ή τεσσάρων πλευρών.



Εικόνα 65. Επάνω η γάστρα αποτυπωμένη με meshes. Κάτω η ίδια επιφάνεια με Nurbs

Το μοντέλο μας πια έχει πάρει την τελική του μορφή και για τον λόγο αυτό ακολουθούμε την διαδικασία της τριγωνοποίησης του σε αυτή την φάση της εργασίας. Εφόσον όλες οι διορθώσεις και αλλαγές έχουν πραγματοποιηθεί, δεν είναι αναγκαία πια η χρησιμοποίηση της μοντελοποίησης με την χρήση των πολύπλοκων μαθηματικών αποτυπώσεων των επιμέρους επιφανειών και επιλέγεται η τελική αποτύπωση του μοντέλου που θα επιτρέψει την βέλτιστη ρεαλιστική απεικόνιση της ψηφιακής κατασκευής.

Με λίγα λόγια, το μοντέλο αποτελεί πια την τελική μορφή της τριήρους μας, καθώς έχουν επιλυθεί όλοι οι προβληματισμοί που τέθηκαν στην αρχή του κεφαλαίου.



Εικόνα 66. Η τελική μορφή του μοντέλου στο πρόγραμμα Rhinoceros3D

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος RHINOCEROS 3D

ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ BLENDER

Επιλέχθηκε και αποφασίστηκε το βασικό κομμάτι επεξεργασίας και σχεδίασης του μοντέλου να γίνει στο πρόγραμμα Blender. Η επιλογή αυτή έγινε από την αρχή για πολύ συγκεκριμένους λόγους.

Καταρχάς, είναι ένα πρόγραμμα επαγγελματικού επιπέδου στην αποτύπωση και σχεδίαση 3-διάστατων μοντέλων ενώ επικοινωνεί άρτια με τα περισσότερα σχεδιαστικά προγράμματα. Οι δυνατότητες του είναι οι αναγκαίες για να ολοκληρωθεί σε αυτό η συνέχεια των εργασιών που χρειάζονται για την εισαγωγή του τελικού μοντέλου στο πρόγραμμα Unity3D.



Εικόνα 67. Πρόγραμμα Blender

Επιπλέον, μας επιτρέπει την περαιτέρω διαχείριση των επιφανειών και την εισαγωγή ρεαλιστικών αποτυπωμένων εικόνων και υφών (textures). Όπως επίσης και την δυνατότητα δημιουργίας κινούμενων λειτουργιών (animations) που μπορούν να εισαχθούν και αυτά στο πρόγραμμα Unity3D.

Το σημαντικότερο ίσως προσόν του είναι η ευκολία εκμάθησης και χρήσης του καθώς είναι φιλικό στον χρήστη με πολλές βοηθητικές οδηγίες στο διαδίκτυο, τόσο σε μορφή κειμένων όσο και σε μορφή βίντεο (tutorials).

Σημαντικό επίσης ότι αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα προγράμματα δημιουργίας ρεαλιστικών οπτικών αποτελεσμάτων (renders), καταφέροντας να προσεγγίσει με τον καλύτερο τρόπο την αληθοφανή αποτύπωση του αποτελέσματος. Τέλος, διατίθεται με δωρεάν άδεια χρήσης πράγμα που μας επιτρέπει να εκμεταλλευτούμε όλες τις δυνατότητες του προγράμματος.

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

Ανοίγουμε το πρόγραμμα **Blender** και επιλέγουμε:

New File → General.

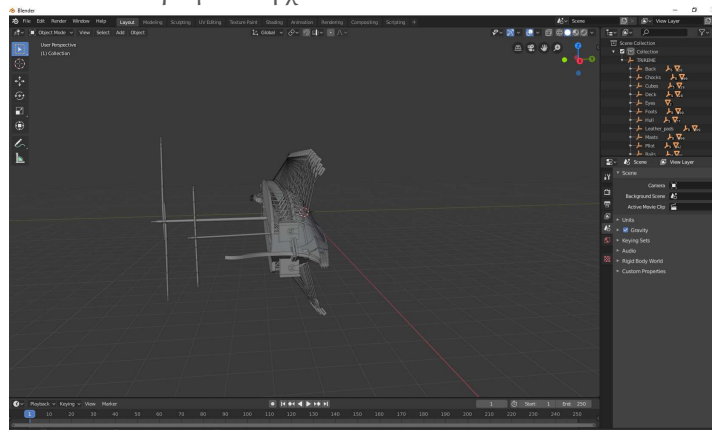
Στην συνέχεια διαγράφουμε όλα τα αρχικά δεδομένα τα οποία δεν θα χρησιμοποιηθούν στην μοντελοποίηση, αλλά θα δημιουργηθούν ξανά σε μεταγενέστερο στάδιο:

1. τον κύβο,
2. την κάμερα και
3. την πηγή φωτός.

Έπειτα επιλέγουμε

File → Import → FBX (.fbx)

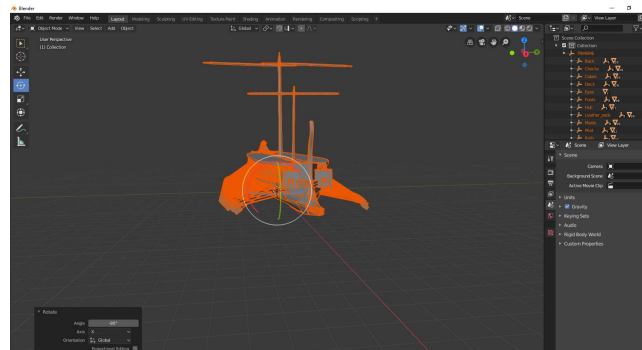
και εισάγουμε το αρχείο.



Εικόνα 68. Άνοιγμα του .fbx αρχείου στο Blender

Αρχικά, θα περιστρέψουμε το αρχείο ως προς τον άξονα x σε γωνία -90 μοιρών με σκοπό ο άξονας x να αποτελεί τον διαμήκη άξονα, ο άξονας y τον εγκάρσιο και ο άξονας z τον κατακόρυφο.

Επιλέγοντας την αρχική οθόνη του προγράμματος και με το πάτημα του κουμπιού A επιλέγουμε όλα τα αντικείμενα που υπάρχουν. Με την εντολή Rotation επιλέγουμε την περιστροφή τους ως προς τον άξονα x και με γωνία -90 μοίρες ούτως ώστε να επιτύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

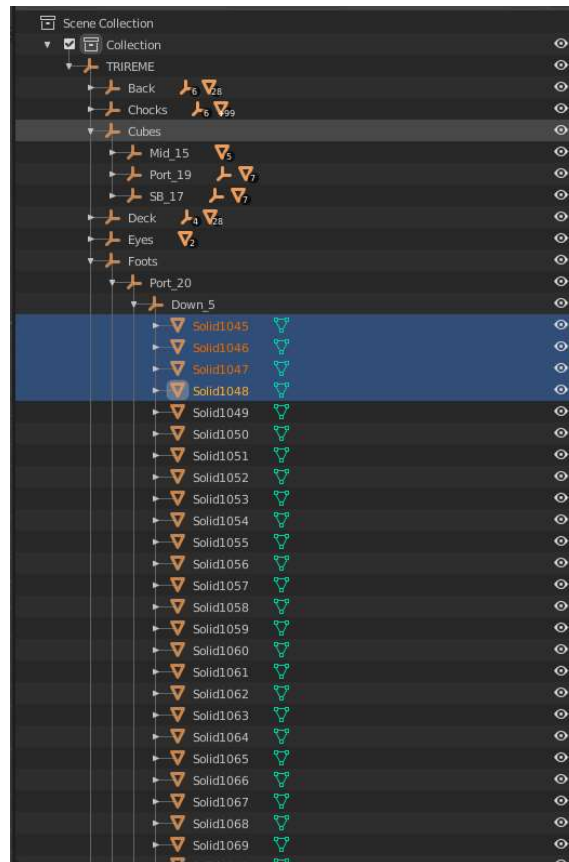


Εικόνα 69. Εντολή rotation

Επεξεργασία του Μοντέλου

Εισάγοντας το αρχείο στο πρόγραμμα Blender, το πρώτο βήμα είναι ο διαχωρισμός των επιμέρους αντικειμένων σε διαφορετικά επίπεδα, που στο συγκεκριμένο πρόγραμμα αναφέρονται ως collections, αντί για layers. Λόγω της τροποποίησης σε μορφή πολυγωνικού δικτυώματος (mesh), το μοντέλο έχει αποθηκευτεί σε ένα μοναδικό collection.

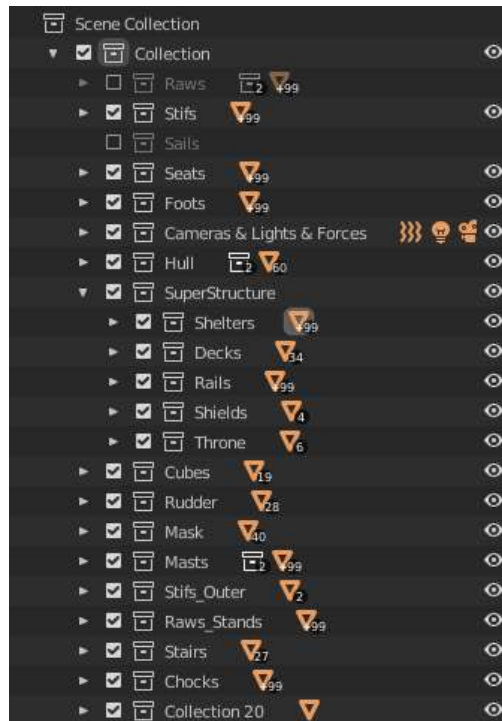
Η αρχή γίνεται δημιουργώντας νέα collections και μετονομάζοντάς τα ανάλογα με την ομάδα αντικειμένων. Στην συνέχεια επιλέγουμε τα αντικείμενα της συγκεκριμένης ομάδας και μεταφέρονται στο εκάστοτε collection. Η αρχική συλλογή αντικειμένων φαίνεται στην Εικόνα 70, ενώ η τελική στην Εικόνα 71.



Εικόνα 70. Η αρχική μορφή της συλλογής αντικειμένων

Σε προηγούμενο βήμα στο πρόγραμμα Rhinoceros είχαν δημιουργηθεί κλειστές πολύ-επιφάνειες (closed surfaces). Αυτό επιβεβαιώνεται και από το πρόγραμμα Blender που αντιλαμβάνεται τα επιμέρους σχεδιαστικά μοντέλα ως στερεά (Solid).

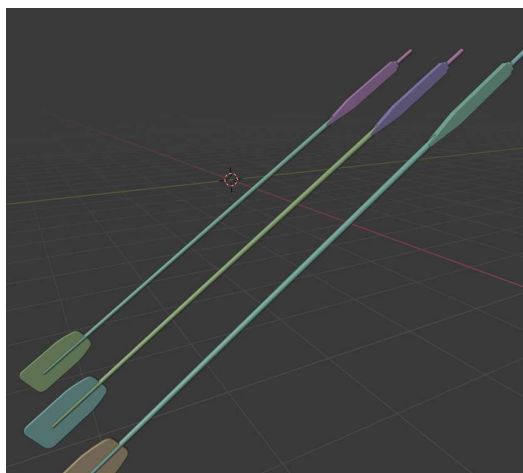
ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender



Εικόνα 71. Η τελική μορφή της συλλογής αντικειμένων

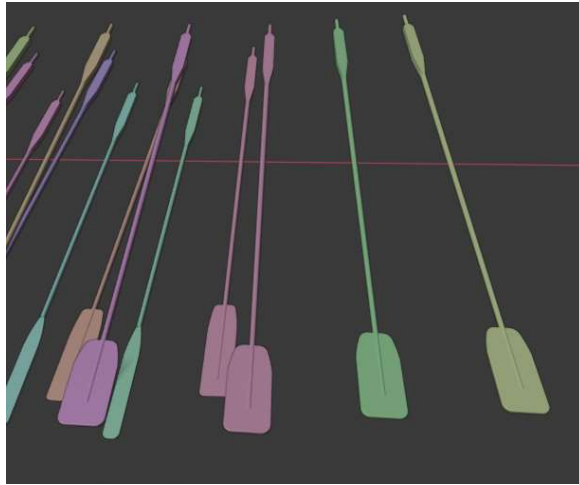
Στην συνέχεια ελέγχετε το μοντέλο αν υπάρχει κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα και γίνονται κάποιες βελτιστοποιήσεις. Αρχικά, τα κουπιά που αποτελούνται από 4 διαφορετικά objects, ενώνονται σε 1 αντικείμενο. Στην Εικόνα 72 παρουσιάζεται παράδειγμα κουπιών στην οποία κάθε χρώμα εμφανίζει και ένα διαφορετικό object.

Επιλέγοντας τα εκάστοτε object του κάθε κουπιού και χρησιμοποιώντας είτε την εντολή **Object Join**, είτε τη συντόμευση (Ctrl + J), ενοποιούμε τα επιμέρους αντικείμενα. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην Εικόνα 75.

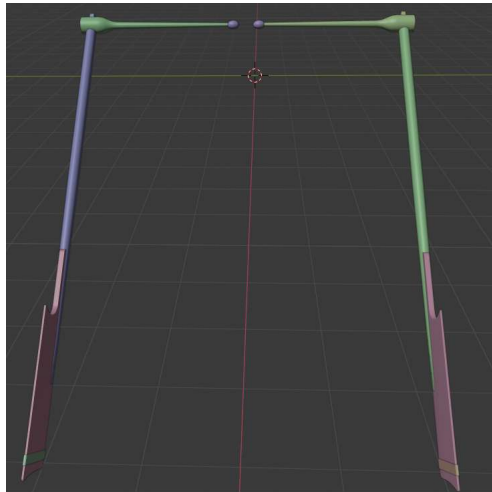


Εικόνα 72. Κάθε κουπί συγκροτείται από 4 διαφορετικά object

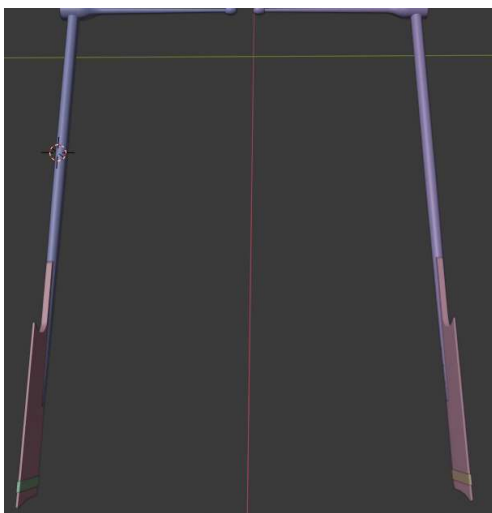
ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender



Εικόνα 75. Κάθε κουπί αποτελεί και από ένα μόνο object



Εικόνα 73. Η αρχική κατάσταση πηδαλίων.



Εικόνα 74. Τα ενοποιημένα πηδάλια

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

Την ίδια διαδικασία πραγματοποιούμε και στα πηδάλια που βρίσκονται στην περιοχή της πρύμνης. Η αρχική κατάσταση παρουσιάζεται στην Εικόνα 73, ενώ τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην Εικόνα 74.

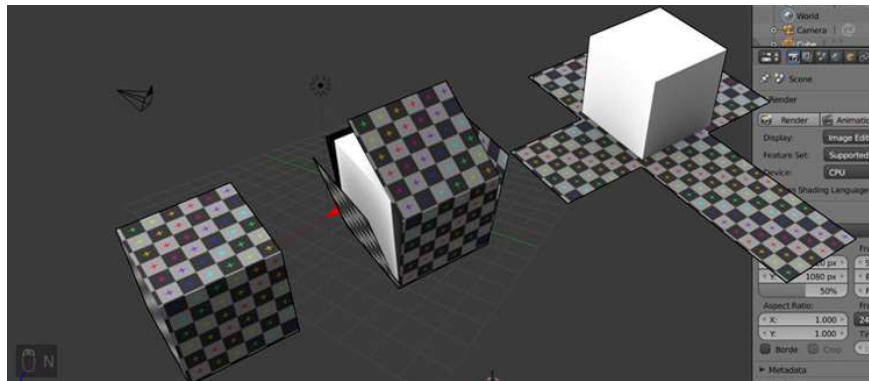
Με την διαδικασία αυτή, τα συνολικά objects του μοντέλου μειώθηκαν από 4,750 σε 3,725. Επιπλέον, κάθε κουπί αποτελείται από μία ενιαία μορφή που επιτρέπει την καλύτερη επεξεργασία και διαχείρισή του μοντέλου στα επόμενα βήματα, στην εισαγωγή ρεαλιστικών απεικονίσεων και στην ενσωμάτωση κίνησης.

Τεχνικές Ρεαλιστικής Απεικόνισης Τρισδιάστατων Μοντέλων

UV Mapping

Η διαδικασία του *UV mapping* είναι η προβολή μίας δισδιάστατης εικόνας (2D image) σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο (3D model). Η διαδικασία της δημιουργίας ενός “χάρτη UV” (UV map), καλείται “ξετύλιγμα UV” (UV unwrapping). Τα γράμματα U και V αναφέρονται στον οριζόντιο και κάθετο άξονα του δισδιάστατου χώρου, καθώς στον τρισδιάστατο χώρο οι άξονες ορίζονται με τα γράμματα X, Y και Z.

Η διαδικασία που ακολουθείται μετά την κατασκευή του μοντέλου είναι η ακόλουθη. Αρχικά, το πολυγωνικό δικτύωμα ξετυλίγεται (unwrap it) σε ένα χάρτη UV (UV map). Στην Εικόνα 76 ο χάρτης του κύβου είναι η ανοιγμένη επιφάνεια μορφής σταυρού που αποτελείται από άσπρα και μαύρα τετράγωνα. Στην συνέχεια, για να επιτευχθεί ο στόχος της ρεαλιστικής απεικόνισης του μοντέλου χρειάζεται σε αυτήν την δισδιάστατη απεικόνιση να προστεθεί η υφή/χρώμα (texture).



Εικόνα 76. Παράδειγμα UV Unwrapping Τρισδιάστατου Κύβου και δημιουργίας του UV Map

Ωστόσο, δεν υπάρχει απευθείας αποτύπωση και χρήση μίας τρισδιάστατης εικόνας, αλλά πάντα η διαδικασία βασίζεται στην χρήση μίας δισδιάστατης εικόνας. Αυτή είναι και η λειτουργία του UV mapping, καθώς μετατρέπει την πληροφορία του τρισδιάστατου δικτύωματος σε πληροφορία 2 διαστάσεων έτσι ώστε ο δισδιάστατος χάρτης να “τυλίγεται” (wrapping) στην γεωμετρία του αντικειμένου.

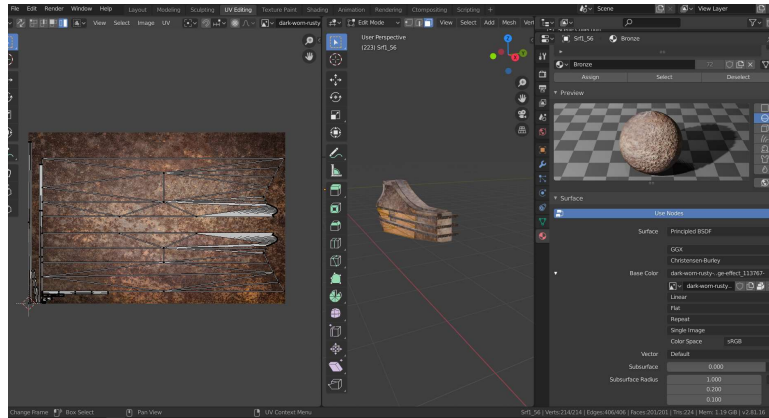
Η λογική που ακολουθείτε επομένως, προσομοιάζει την κατασκευή ενός τρισδιάστατου γεωμετρικού μοντέλου με την χρήση ενός φύλλο χαρτιού. Παρότι ο κύβος αποτελεί ένα πολύ καλό παράδειγμα για την κατανόηση της διαδικασίας, όσο τα μοντέλα και τα δικτυώματα αυξάνονται και περιπλέκονται τόσο οι χάρτες UV γίνονται πιο πολύπλοκοι. Η διαδικασία αυτή είναι χρονοβόρα και πολύ απαιτητική αλλά είναι αναγκαία για την δημιουργία ενός πλήρως ρεαλιστικού αποτελέσματος.

Ο βασικός λόγος που στο προηγούμενο πρόγραμμα, Rhinoceros, ενοποιήθηκαν οι επιφάνειες και δημιουργήθηκαν κλειστές

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

επιφάνειες ή αντικείμενα, closed polysurfaces και objects, είναι για να προσομοιάζει η όλη διαδικασία την λειτουργία που αναφέρθηκε και να μπορούν τα αποτυπωθούν ρεαλιστικά και ως ενιαία αντικείμενα.

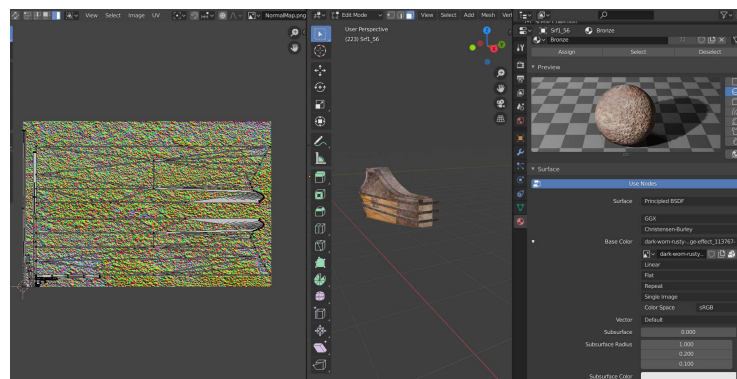
Παρόλα αυτά θα χρησιμοποιηθεί αυτή η τεχνική σε πολύ λίγες περιπτώσεις στο μοντέλο, όπως είναι το έμβολο, οι χάλκινες λεπτομέρειες, τα μάτια στο πλωριό μέρος και τα πανιά.



Εικόνα 77. Εισαγωγή texture στο έμβολο

Στην Εικόνα 77 παρουσιάζεται ο τρόπος εισαγωγής texture στο έμβολο. Στο κεντρικό παράθυρο είναι το μοντέλο μας, όπου επιλέγουμε το εκάστοτε αντικείμενο που θέλουμε να του προσδώσουμε κάποιο χαρακτηριστικό. Αριστερά βρίσκεται η 2-διάστατη εικόνα από την οποία το αντικείμενο θα υιοθετήσει την χαρακτηριστική όψη του. Οι βασικές ρυθμίσεις βρίσκονται στο δεξιά παράθυρο, όπου είναι το δημιουργημένο υλικό (material), που διαθέτει όλες τις απαραίτητες λεπτομέρειες για την ρεαλιστική απεικόνιση.

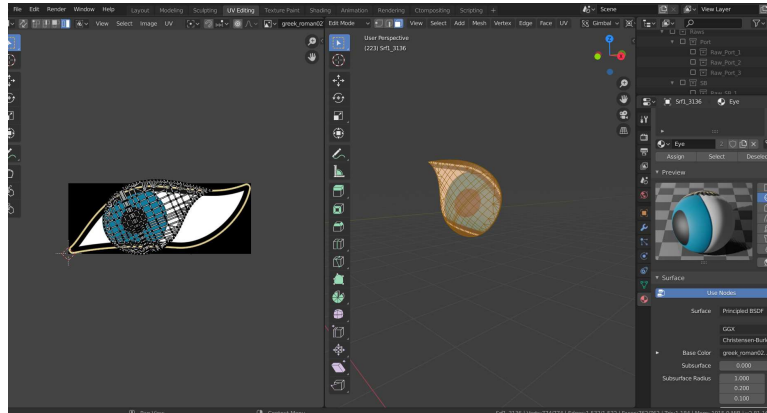
Δεν αρκεί μόνο η εισαγωγή μιας δισ-διάστατης εικόνας στο αντικείμενο. Βασική χρήση έχει το normal map, μία εικόνα βασισμένη στην αρχική, όπου συνήθως είναι ασπρόμαυρη ή αποτυπώνεται με διαβαθμίσεις ενός οποιουδήποτε χρώματος. Η εικόνα αυτή προσδίδει στο αντικείμενο την αίσθηση του βάθους, καθώς τα λιγότερα λευκά μέρη της εικόνας δείχνουν τα σημεία όπου δημιουργούνται σκιές στο αντικείμενο. Με λίγα λόγια προσδίδουν τις ασυνέχειες της επιφάνειας,



ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

κάνοντάς την λιγότερη ψεύτικη και δίνοντάς της μία διάσταση πραγματικού.

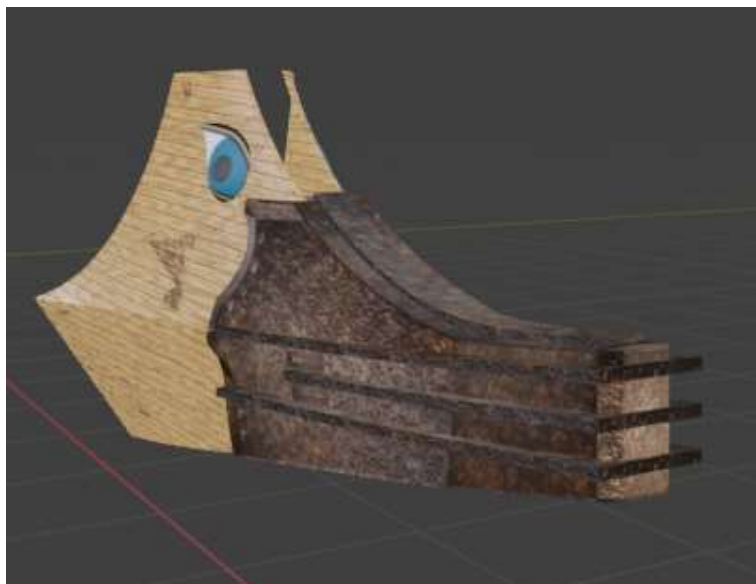
Αντίστοιχη ήταν και η διαδικασία που χρησιμοποιήθηκε στην λεπτομέρεια του ματιού που υπάρχει στο πλωριό μέρος του πλοίου.



Εικόνα 78. Η απεικόνιση του ματιού στο πλωριό μέρος

Χρησιμοποιήθηκε μία δισδιάστατη εικόνα που βρέθηκε στο διαδίκτυο, και με την κατάλληλη διαχείριση των τριγώνων που αποτελούν την επιφάνεια του ματιού, τελικά καταφέρνουμε να αποτυπώσουμε την εικόνα πάνω στην επιφάνεια.

Τελικά το πλωριό σημείο καταλήγει στην τελική του μορφή που παρουσιάζεται στην Εικόνα 8ο.



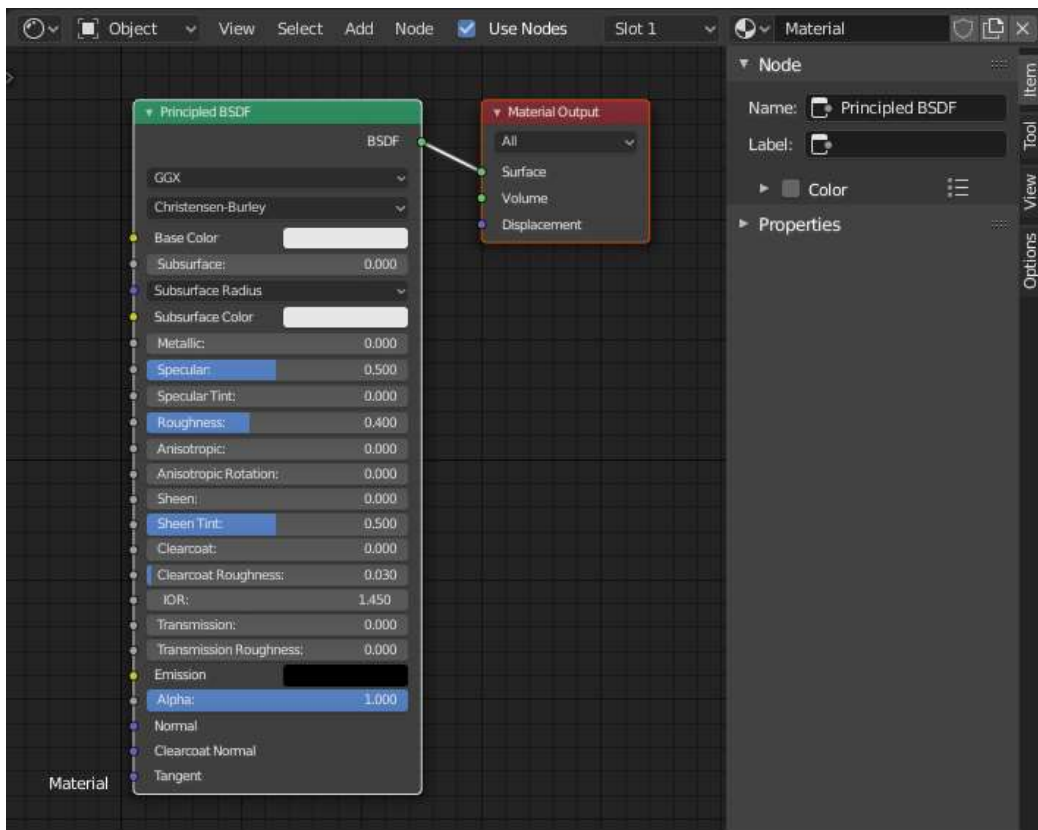
Εικόνα 8ο. Η τελική μορφή της πλώρης του πλοίου

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

Δημιουργία Υλικών (materials)

Τα υλικά (materials) ελέγχουν την παρουσίαση των πολύγωνων δικτυωμάτων, επιφανειών, στερεών και γενικά των αντικειμένων. Προσομοιάζουν το υλικό που είναι κατασκευασμένο το υλικό, το χρώμα του και την υφή του (Color και Texture), αλλά και το πως το φως αλληλοεπιδρά με το υλικό.

Το BLENDER για την δημιουργία των υλικών χρησιμοποιεί την μέθοδο του Shader Editor. Ο Shader Editor αποτυπώνει τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται για την φωτορεαλιστική απεικόνιση των μοντέλων. Τα υλικά αποτυπώνονται με την χρήση του δέντρου κόμβων (node tree). Για τον λόγο αυτό η βασική λειτουργία του Shader Editor είναι ένας εισαγωγέας κόμβων (node editor).

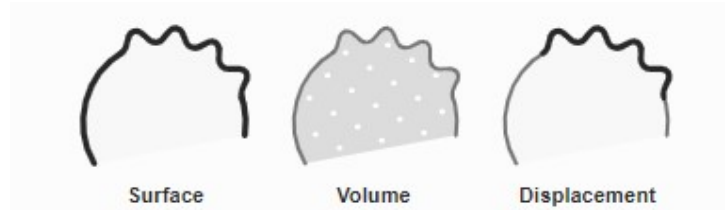


Εικόνα 81. Βασικό Παράθυρο του Shader Editor

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

Ο βασικός κόμβος είναι ο Material Output που εισάγει τελικώς το υλικό στο αντικείμενο.

Υπάρχουν 3 τρόποι εισαγωγής υλικού σε αντικείμενο, επιφάνειας, όγκου και εκτοπίσματος.



Εικόνα 82. Τρόποι απεικόνισης υλικού

Surface Shader: ελέγχει την υφή, το χρώμα και τις ρυθμίσεις αλληλεπίδρασης με το φως στην επιφάνεια του δικτύωματος.

Volume Shader: προσδιορίζει το εσωτερικό του δικτύωματος. Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις για την απεικόνιση φωτιάς ή καπνού, ή σε συνδυασμό με το surface shader για αποτυπώσεις θολού γυαλιού.

Displacement: χρησιμοποιείται όταν η επιφάνεια και ο όγκος στο εσωτερικό διαφέρουν συγκριτικά με το εκτόπισμα.

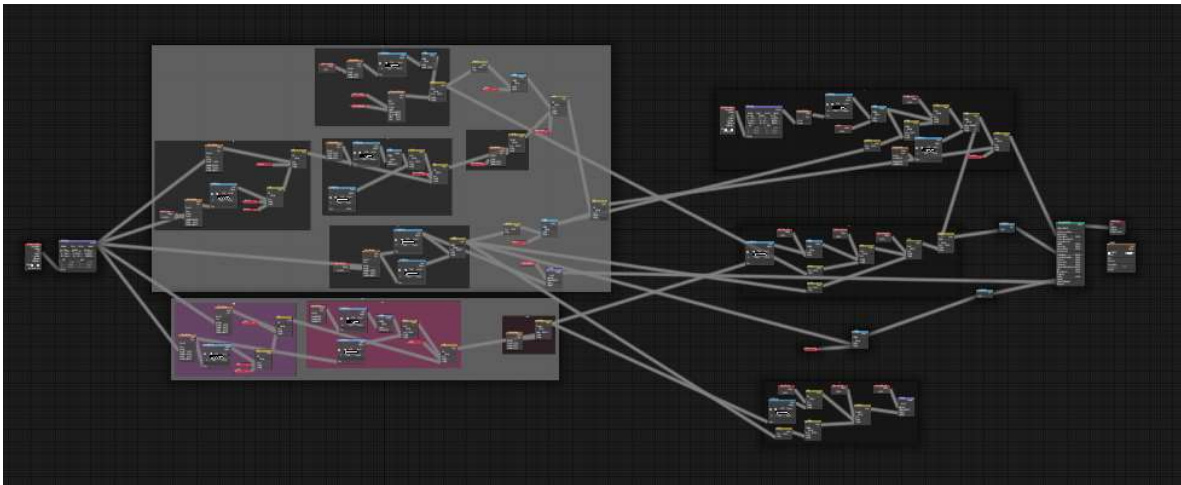
Η τελευταία μέθοδος αποτελεί την πιο αποδοτική και βέλτιστη επιλογή, αλλά λόγω της μεγάλης απαίτησης σε υπολογιστική δύναμη επιλέγονται άλλοι τρόποι, πιο αποδοτικοί και με καλή παρουσίαση. Στην συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήθηκαν εναλλακτικοί μέθοδοι λόγω του βάρους του αρχείου, οι οποίες αποτελούν ουσιαστικά γραφικές απεικονίσεις που επηρεάζουν το χρώμα, την διεύθυνση των normals και την αλληλεπίδρασή τους με το φως. Με τον τρόπο αυτό δίνουν όψη εκτοπίσματος και ασυνεχιών. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται η μέθοδος του Surface Shader.

Επόμενος βοηθητικός κόμβος είναι τα Principled, που διαθέτουν τα βασικά εργαλεία για την φωτορεαλιστική απεικόνιση ενός υλικού. Περιλαμβάνουν επί της ουσίας πολλαπλά επίπεδα (layers) σε ένα εύχρηστο κόμβο. Βασικά πραγματικά υλικά μπορούν να δημιουργηθούν με την χρήση των Principled BSDF, Principled Hair και Principled Volume shaders. Με αυτά τα εργαλεία, υλικά όπως πλαστικό, γυαλί, μέταλλο, ύφασμα, δέρμα, μαλλιά, καπνός και φωτιά μπορούν να αποτυπωθούν ικανοποιητικά.

Για την δημιουργία, όμως, ρεαλιστικών πραγμάτων που να αποτυπώνουν ακόμη πιο πραγματικά τα υλικά απαιτείται ένα μεγαλύτερο σύνολο κόμβων.

Δημιουργία του κύριου υλικού material του ξύλου.

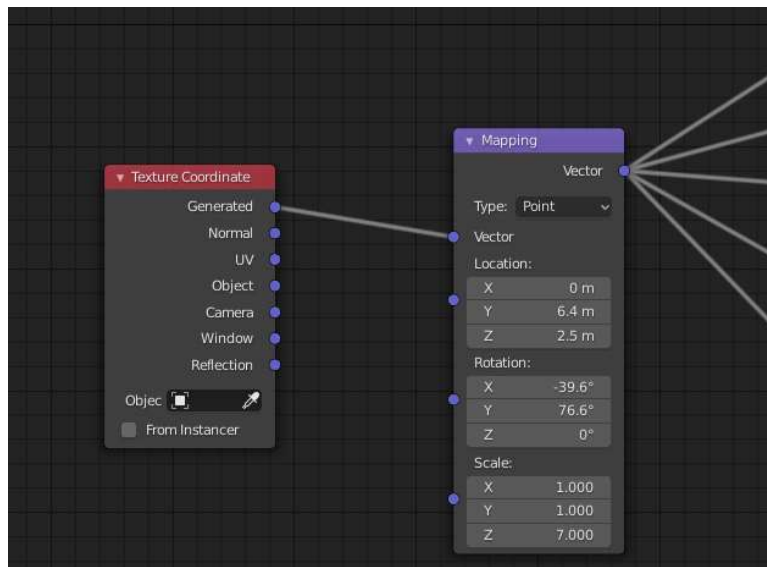
Το βασικό υλικό της τριήρους είναι το ξύλο. Το μεγαλύτερο κομμάτι της αποτελείται από αυτό, και ειδικότερα όλες οι μεγάλες επιφάνειες της. Για τον λόγο αυτό κρίθηκε αναγκαία η καλύτερη αποτύπωση αυτού του υλικού αλλά και η δυνατότητα τροποποιήσεων του ώστε να επιτευχθεί η ρεαλιστικότερη αποτύπωσή του.



Εικόνα 83. Το Shader Editor που χρησιμοποιήθηκε για το υλικό του ξύλου

Επιλέχθηκε η κατασκευή εξολοκλήρου υπολογιστικά του υλικού αυτού χωρίς την ενσωμάτωση κάποιας δισδιάστατης εικόνας, έτσι ώστε να είναι πλήρως διαχειρίσιμο και συνεχώς εξελίξιμο.

Αρχικά, δημιουργούνται οι δύο κεντρικοί κόμβοι, ο Texture Coordinate και ο Mapping. Ο κόμβος Texture Coordinate είναι ο βασικός κόμβος για την διαχείριση των συντεταγμένων του υλικού και χρησιμοποιείται για την εισαγωγή των διανυσμάτων εισαγωγής στην



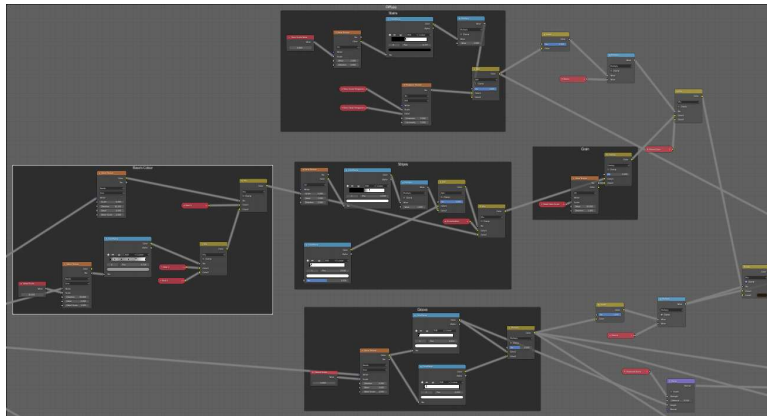
Εικόνα 84. Οι αρχικοί κόμβοι για την κατασκευή του υλικού

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

δημιουργία υλικών μέσω κόμβων. Με την χρήση της εξόδου Generated αυτόματα δημιουργεί τις συντεταγμένες του υλικού στην βάση των κορυφών των τριγώνων της τριγωνοποίησης (mesh) χωρίς παραμορφώσεις, διατηρώντας τα πάνω στην επιφάνεια.

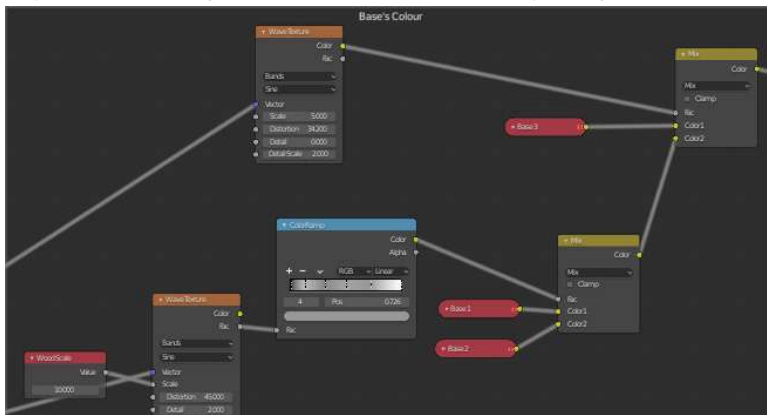
Ακολουθεί ο κόμβος mapping που χρησιμοποιείται για τον ορισμό εισαγωγής του texture. Για παράδειγμα χρησιμοποιείται για την μετατόπιση, την περιστροφή και την κλίμακα των textures. Παρέχει εύκολη αλλαγή αυτών των λειτουργιών στην διαδικασία των κόμβων. Έχει ως πληροφορία εισαγωγής το διάνυσμα που μετατρέπει, και στην συγκεκριμένη περίπτωση το διάνυσμα που δημιουργήθηκε στη βάση της επιφάνειας με την χρήση του Texture Coordinate. Επιλέγεται ο τύπος διανύσματος του σημείου (Point).

Στην συνέχεια δημιουργείται το βασικό χρώμα που θα έχει το υλικό μας - Diffuse. Μέσα σε αυτήν την ομάδα υπάρχουν συγκεκριμένες υποομάδες που προσδίδουν τις λεπτομέρειες στο υλικό.



Εικόνα 85. Diffuse, η βασική ομάδα του υλικού

Πρώτη υποομάδα είναι το βασικό χρώμα - Base's Color. Στην περιοχή αυτή γίνονται οι βασικές μαθηματικές πράξεις για την εφαρμογή του βασικού χρώματος. Μέσα σε αυτό εισάγονται και τα “νερά” του ξύλου, δίνοντας μια αληθοφανή όψη του υλικού. Το δέντρο κόμβων παρουσιάζεται στην Εικόνα 86, ενώ το αποτέλεσμα στην Εικόνα 87.

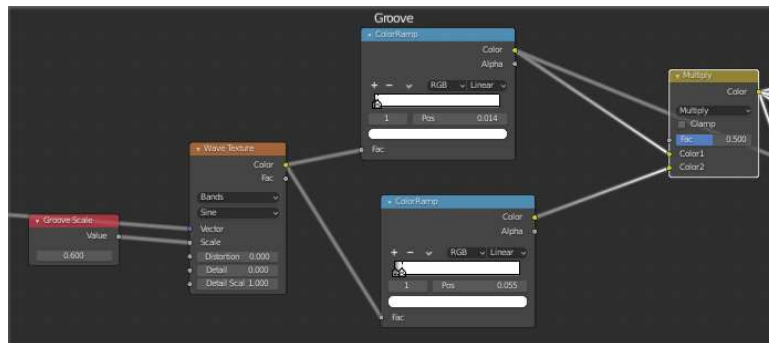


Εικόνα 86. Το δέντρο κόμβων του βασικού χρώματος



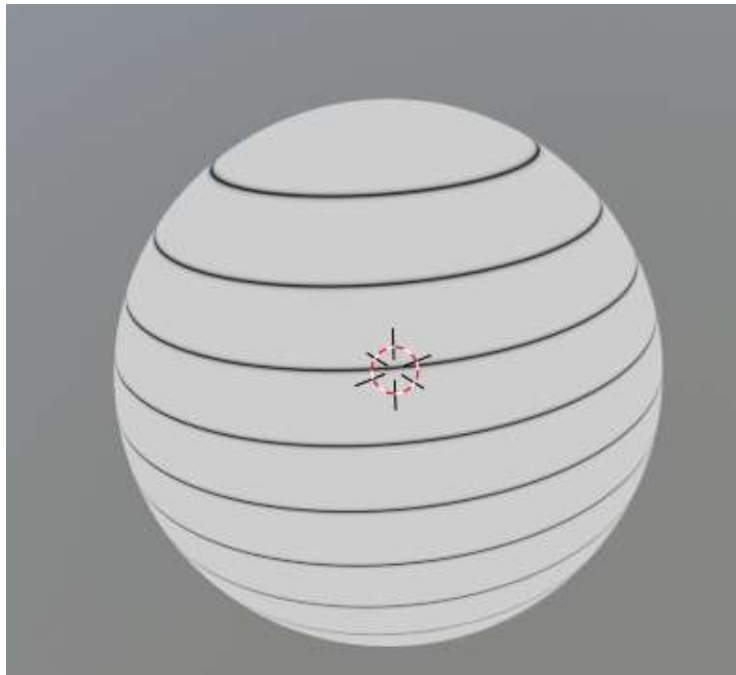
Εικόνα 87. Η αποτύπωση μόνο του Base's Color

Επόμενη υποομάδα είναι η κατασκευή των γραμμών – αρμών, έτσι ώστε το υλικό να δίνει την εντύπωση ότι αποτελείται από διαφορετικά σανίδια που έχουν ενωθεί. Η χρήση του Wave Texture, δημιουργεί την ασυνέχεια στο υλικό με τρόπο που είναι ισομήκης και συνεχόμενος. Η χρήση των ColorRamp είναι για να δημιουργεί συνέχεια ανάμεσα στα δύο διαφορετικά χρώματα, ενώνοντας οπτικά την ένωση με το υπόλοιπο χρώμα. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην Εικόνα 89.



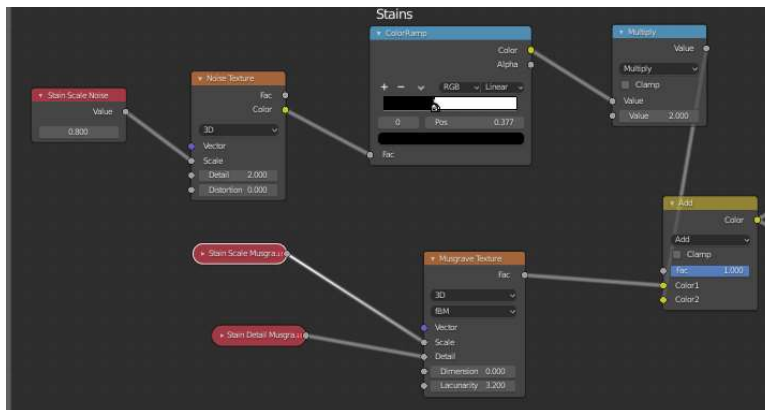
Εικόνα 88. Η εισαγωγή των αρμών του ξύλου

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

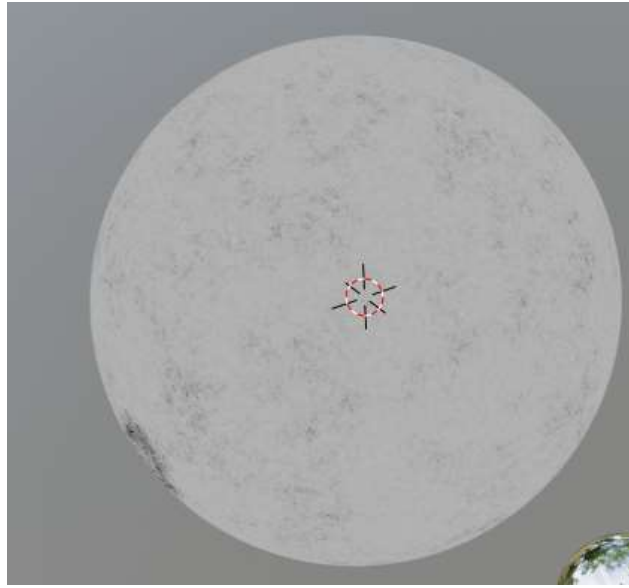


Εικόνα 89. Η απεικόνιση των αρμών

Στην συνέχεια για να δίνει το υλικό την όψη του πραγματικού θα πρέπει να δημιουργηθούν κάποια στίγματα. Για τον λόγο αυτό δημιουργείται η υποομάδα Stains.

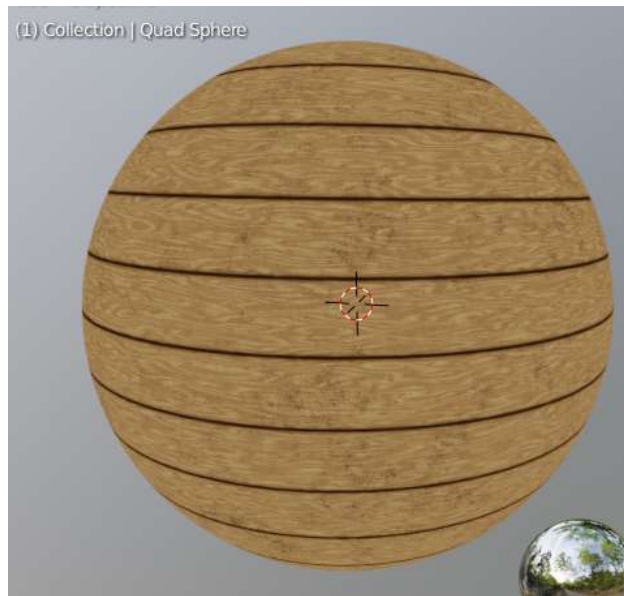


Εικόνα 90. Η εισαγωγή στιγμάτων στο υλικό

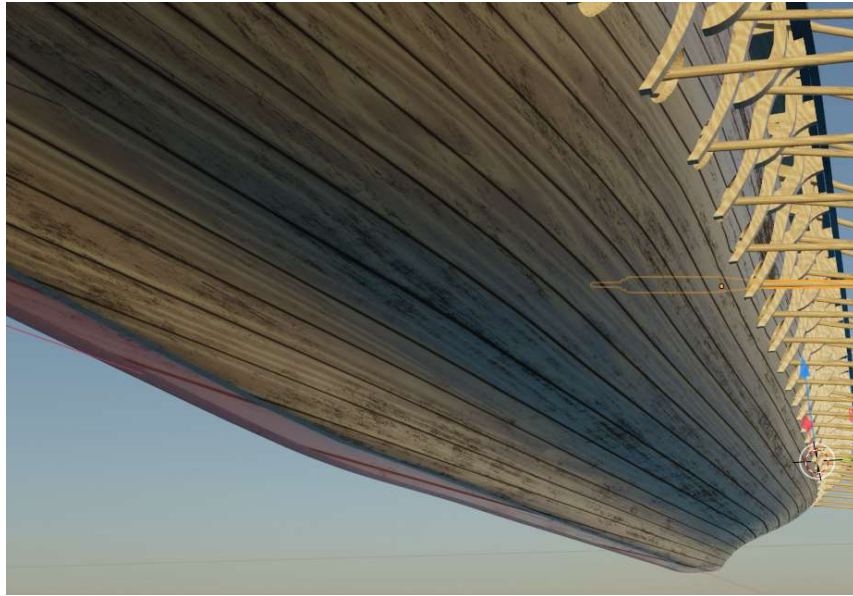


Εικόνα 91. Η αποτύπωση των στιγμάτων

Τελικά όλη αυτή η διαδικασία δημιουργεί το χρώμα του ξύλου μαζί με τις ασυνέχειες που υπάρχουν λόγω της ύπαρξης δοκαριών, και κάποιων λεκέδων που το κάνουν πιο αληθοφανή. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην Εικόνα 92.



Εικόνα 92. Το τελικό υλικό του ξύλου



Εικόνα 93. Η γάστρα του πλοίου με την εισαγωγή του υλικού

Το ίδιο υλικό, με λίγες ίσως τροποποιήσεις, χρησιμοποιείται και για τα υπόλοιπα αντικείμενα της τριήρους. Διαμορφώνουμε επομένως το μοντέλο, και το αποτέλεσμα του φαίνεται στην Εικόνα 94.



Εικόνα 94. Η τελική ρεαλιστική απεικόνιση της Τριήρους

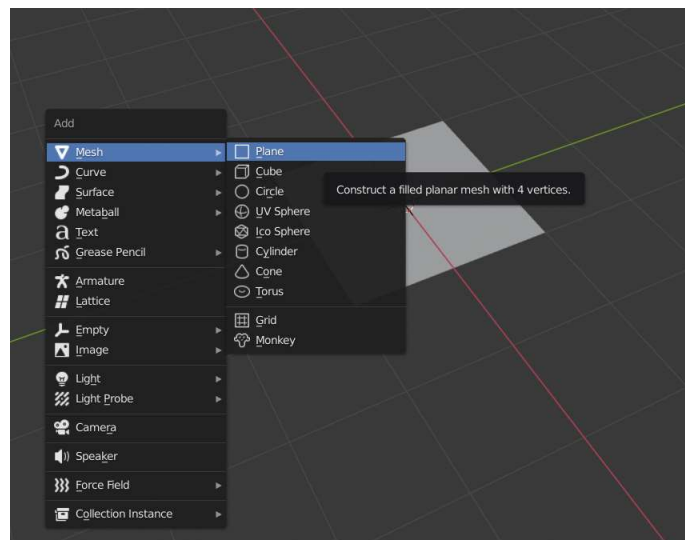
Δημιουργία κινούμενων εικόνων στα κινητά μέρα (animation)

Επόμενο βήμα είναι η κατασκευή των κινήσεων στα κουπιά, τα πανιά και τα πηδάλια του πλοίου. Η κατασκευή θα γίνει μέσα από το πρόγραμμα Blender που διαθέτει μια πληθώρα επιλογών και διευκολύνσεων για την διαδικασία αυτή.

Τα πανιά

Καταρχάς, είναι απαραίτητο να διευκρινιστεί ποιες κινήσεις θα ψηφιοποιηθούν. Αρχικά τα ιστία στην κατάσταση πλεύσης. Η χρήση των πανιών στην τριήρης γίνεται μόνο ο άνεμος φυσάει από το πριμναίο σημείο της. Η πλεύση αυτή στην ιστοπλοία αναφέρεται ως **πρύμα** πλεύση. Δεν υπάρχει δυνατότητα διαφορετικής πλεύσης από την τριήρη λόγω της κατασκευής της.

Αρχικά, κατασκευάζουμε ένα επίπεδο (plane) που θα είναι το πανί. Πατώντας Shift + A ανοίγεται το παράθυρο Add και επιλέγοντας Mesh και στην συνέχεια Plane, κατασκευάζουμε το επίπεδο.



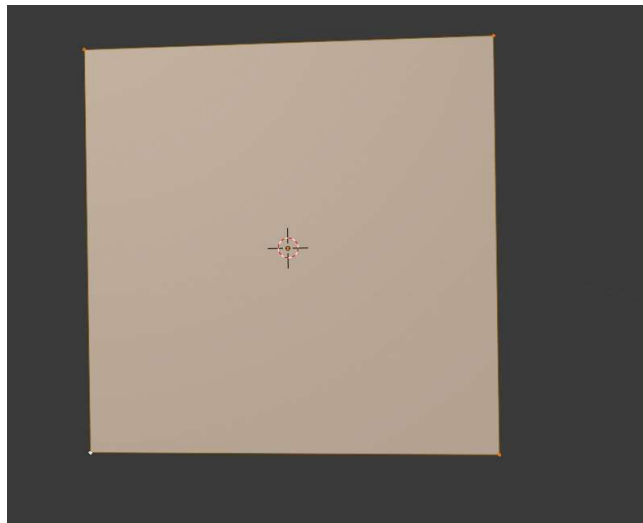
Εικόνα 95. Δημιουργία 2-διάστατου επιπέδου

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

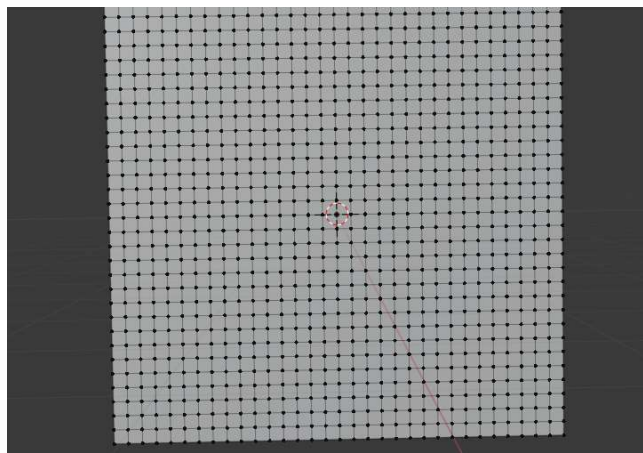
Στην συνέχεια με την εντολή Rotation το γυρίζουμε ως προς τον άξονα γ'γ (+)90 μοίρες. Στην κατάσταση αυτή στο παράθυρο Modifier Properties επιλέγουμε την εντολή Add Modifier και Subdivision Surface. Με την εντολή αυτή δημιουργούμε περισσότερα σημεία ελέγχου της επιφάνειας μας σε σύγκριση με τα 4 μόνο σημεία που διέθετε αρχικά.

Στις Εικόνα 98 και Εικόνα 97 παρουσιάζονται οι διαφορές των σημείων ελέγχου της επιφάνειας πριν και μετά την εντολή Subdivision Surface. Τα σημεία είναι οι κόμβοι όπου θα πραγματοποιηθούν οι μαθηματικές πράξεις του προγράμματος για να περιγράψει το φυσικό μοντέλο της μετατόπισης της επιφάνειας από τον άνεμο, και επομένως όσα περισσότεροι είναι οι κόμβοι, τόσο πιο ρεαλιστικά θα περιγραφεί η κίνηση του πανιού.

Από την άλλη πλευρά, μεγάλα μεγέθη πληροφορίας θα φορτώσουν το πρόγραμμα και θα δυσχερένει την συνέχεια των διαδικασιών. Θα πρέπει επομένως να βρεθεί μία χρηστή τομή ανάμεσα



Εικόνα 98. Αρχικά σημεία της επιφάνειας (Σύνολο 4)

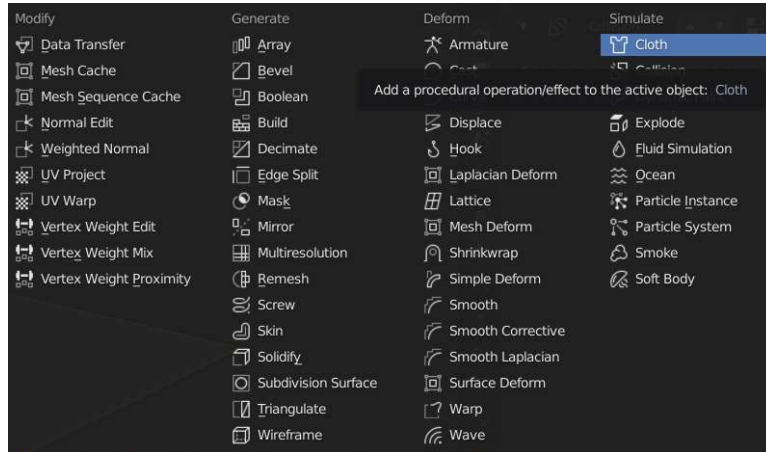


Εικόνα 97. Σημεία της επιφάνειας μετά την εντολή Sub Surface (Σύνολο 1089)

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

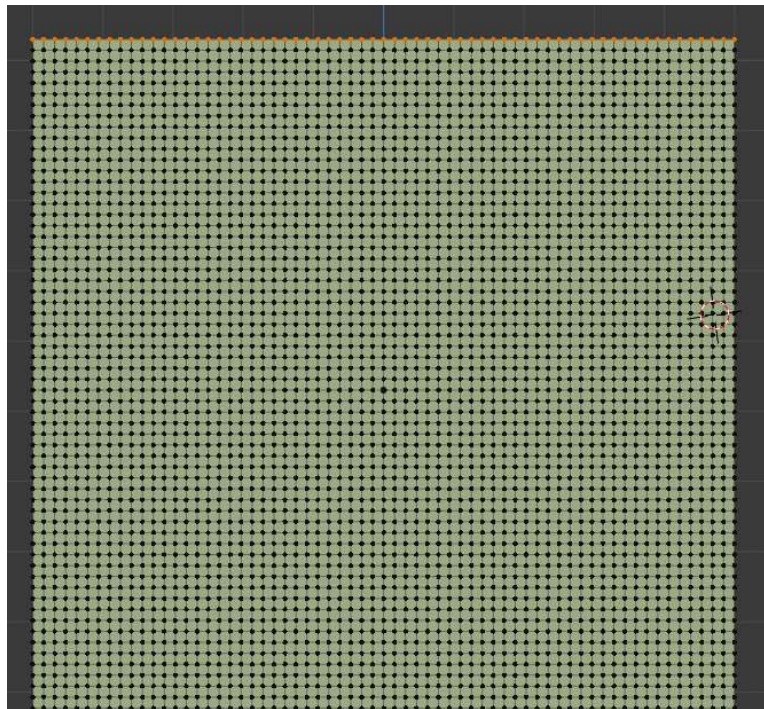
στην καλή απεικόνιση του φαινομένου, και από την άλλη στην δημιουργία ενός αποδοτικού και διαχειρίσιμου αρχείου.

Το πρόγραμμα Blender διαθέτει μία μεγάλη βιβλιοθήκη φυσικών απεικονίσεων. Στην περίπτωση αυτή θα χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο υφάσματος, Cloth Simulator. Επιλέγοντας το αντικείμενο του πανιού, στην επιλογή Modifier Properties, διαλέγουμε στην στήλη Simulate την πρώτη επιλογή Cloth.



Εικόνα 99. Ενσωμάτωση της λειτουργίας Υφάσματος στο επίπεδο

Κάθε πανί είναι δεμένο στο κατάρτι στην πάνω πλευρά του, και στις κάτω γωνίες με σκοινιά. Ανοίγοντας το πανί στο Edit Mode,

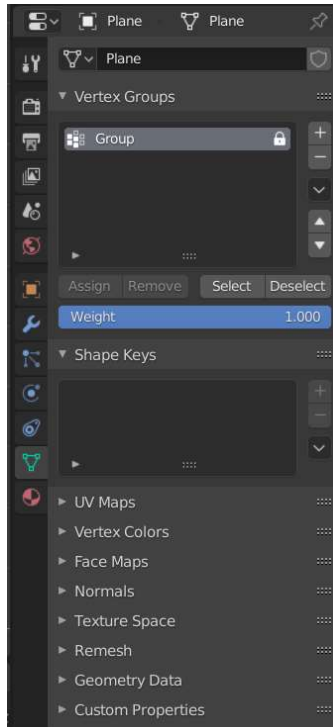


Εικόνα 100. Επιλογή των σημείων που έχουν περιορισμό κινήσεων

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

επιλέγουμε την άνω σειρά των σημείων, τα οποία είναι προσδεμένα στο κατάρτι και τα γωνιακά κάτω, που διατηρούνται από τα σκοινιά.

Έπειτα στην καρτέλα Object Data Properties τα εισάγουμε ως Vertex Group. Τα κάνουμε Assign και τα κλειδώνουμε επιλέγοντας το σήμα της κλειδαριάς δίπλα στο όνομα Group.

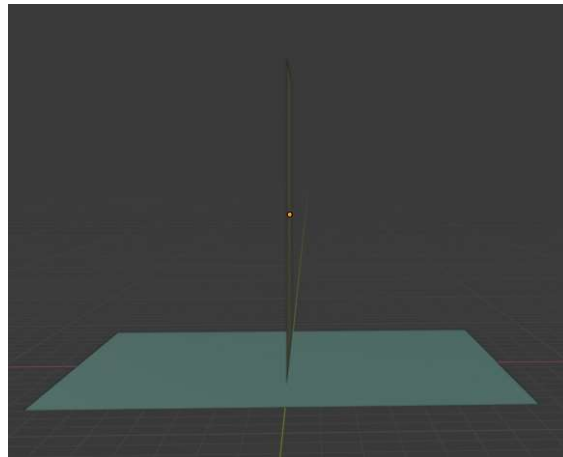


Εικόνα 101. Οι επιλογές στην κατασκευή του Vertex Group

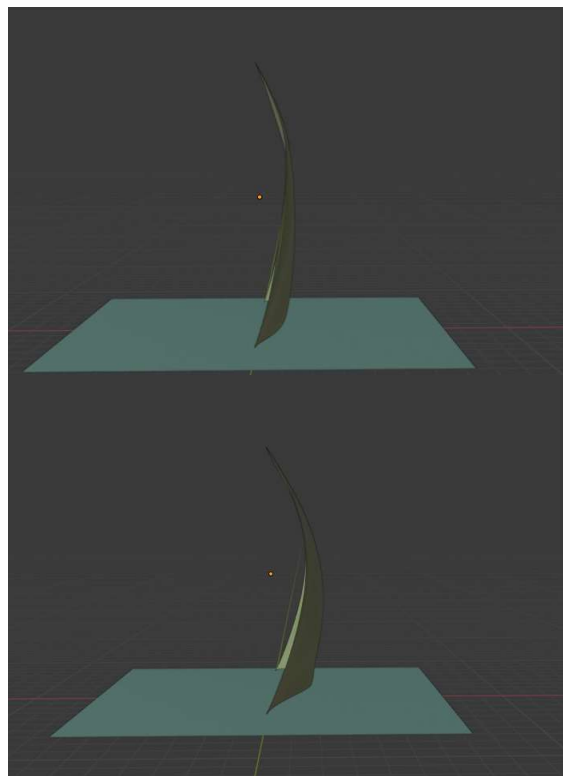
ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

Τελικό βήμα είναι εισαγωγή των σημείων ως σταθερά σημεία. Επιλέγοντας το πανί και επιστρέφοντας στο Object Mode, ανοίγουμε την καρτέλα Physics Properties. Στην επιλογή Shape, στο εισάγουμε το παραγόμενο group στην επιλογή Pin Group.

Για την δοκιμή της σωστής λειτουργίας του πανιού κατασκευάζουμε έναν άνεμο, για να δούμε τα χαρακτηριστικά του πανιού και την αληθοφανή κίνησή του. Έτσι τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στις επόμενες εικόνες. Με τον τρόπο αυτό κατασκευάζονται τα δύο πανιά της τριήρους, το μεγαλύτερο στο κέντρο και το πλωριό που φαίνονται στην Εικόνα 106.



Εικόνα 105. Frame 1



Εικόνα 103. Frame 100

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender



Εικόνα 106. Τα πανιά της τριήρους

Τα κουπιά.

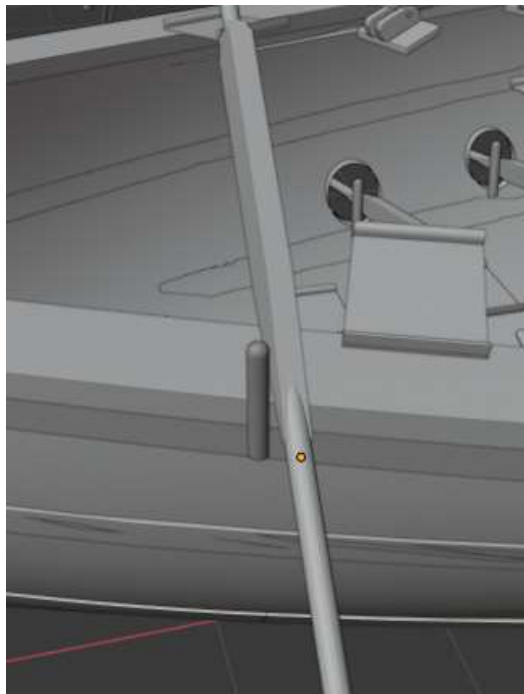
Πρώτη κίνηση είναι η επιλογή των κινήσεων που θα ψηφιοποιηθούν. Οι βασικές κινήσεις τους είναι από την κατάσταση ηρεμίας τους, δηλαδή όταν βρίσκονται στο εσωτερικό της γάστρας, να οδηγηθούν σε κατάσταση πλεύσης. Δεύτερη κίνηση είναι η διαδικασία της πλεύσης και τρίτη η επιστροφή στην κατάσταση ηρεμίας.

Επομένως θα δημιουργηθούν τρεις καταστάσεις.

1. Κατάσταση ηρεμίας σε κατάσταση πλεύσης
2. Πλεύση
3. Κατάσταση πλεύσης σε κατάσταση ηρεμίας

Αρχικά πρέπει να δημιουργήσουμε τον οδηγό στην βάση του οποίου θα κινείται το εκάστοτε κουπί. Θα δημιουργήσουμε την κίνηση για το πρώτο κουπί στην πρώτη θέση στην Port πλευρά του πλοίου. Κάθε ομάδα κωπηλατών θα διαθέτει διαφορετική κίνηση, καθώς είναι σε διαφορετικό επίπεδο και δεν ακολουθούν την ίδια τεχνική. Τέλος, κάθε κουπί θα διαθέτει και κάποιες λεπτομέρειες καθώς όλα τα κουπιά δεν μπορούν να κάνουν την ίδια ακριβώς κίνηση, θα φαίνεται αφύσικο, αλλά και η αλληλεπίδραση με τα υπόλοιπα κουπιά δημιουργεί ανωμαλίες.

Η διαδικασία ξεκινάει με την κατασκευή των bones πάνω στα οποία θα στηρίζεται η κίνηση και η ενσωμάτωση των κουπιών. Η κίνηση του κουπιού γίνεται γύρω από την πρόσδεσή του με τον σκαλμό στο σημείο που φαίνεται στην Εικόνα 107. Ακριβώς σε αυτό το σημείο θα



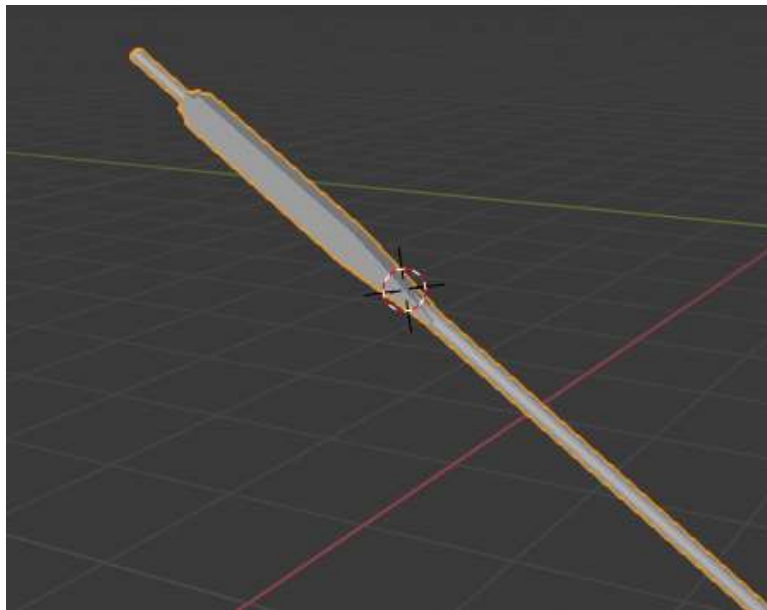
Εικόνα 107. Σημείο ένωσης κουπιού στον σκαλμό

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

θεωρήσουμε ότι το κουπί είναι σταθερό και κάνει αντιδιαμετρική κίνηση στην πλευρά του κωπηλάτη με την πλευρά που σπρώχνει την θάλασσα.

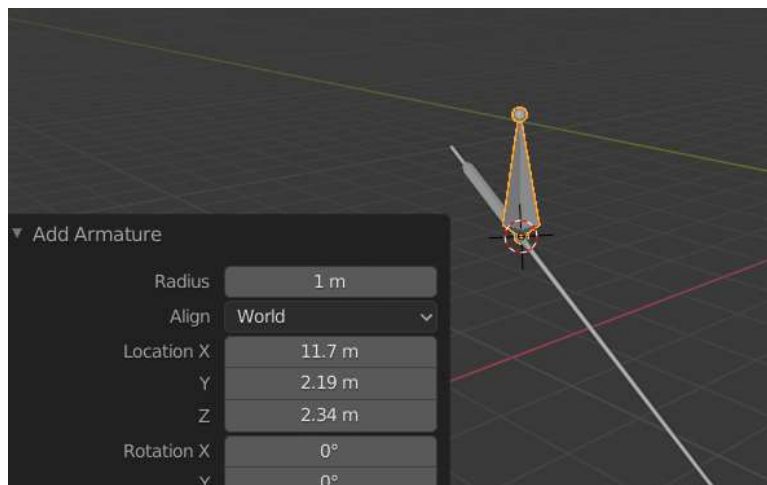
Για την κατασκευή των bones ξεκινάμε με την μετατόπιση του 3D Cursor στο σημείο ακριβώς που προαναφέραμε. Το σημείο του προγράμματος που περιγράφεται ως 3D Cursor, είναι το σημείο αναφοράς του προγράμματος. Στην συγκεκριμένη περίπτωση μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα καθώς οποιοδήποτε νέο αντικείμενο δημιουργηθεί θα μπει στην θέση αυτή.

Η μεταφορά του 3D Cursor στο επιθυμητό σημείο φαίνεται στην που Εικόνα 108.



Εικόνα 108. Μεταφορά του 3D Cursor στο σταθερό σημείο σκαλμού - κουπιού

Στην συνέχεια πατάμε Shift + A για την εισαγωγή ενός Armature, δηλαδή μηχανισμού κίνησης. Με την επιλογή αυτή



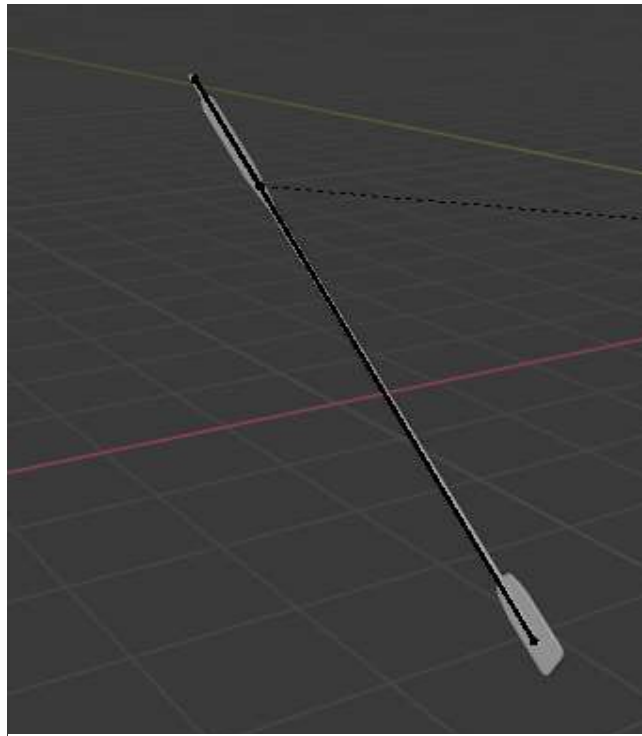
Εικόνα 109. Κατασκευή των bones

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

δημιουργείται το πρώτο κόκκαλο (bone) της απαραίτητης κατασκευής για την ενσωμάτωση animation.

Στην συνέχεια επιλέγοντας το νέο Armature επιλέγουμε το Edit Mode και διαμορφώνουμε το σύνολο των bones ώστε να περιγράφει ικανοποιητικά την κατασκευή μας.

Τελικά δημιουργούμε ένα σύνολο κόκκαλων (bones) που προσεγγίζουν τη γεωμετρία που θέλουμε να ενσωματώσουμε. Η κατασκευή αυτή φαίνεται στην εικόνα Εικόνα 110.



Εικόνα 110. Η κατασκευή των bones στο κουπί

Οι τρόποι που δημιουργούνται τα animation διαφέρουν σημαντικά ενώ το αποτέλεσμα μπορεί να φαίνεται ίδιο. Εξαρτάται κατά βάση από τον τρόπο αντίληψής του σχεδιαστή και των ικανοτήτων του αλλά και από τις επιλογές και τις δυνατότητες που δίνει το σχεδιαστικό πρόγραμμα. Δεν είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός συνόλου bones για την δημιουργία των animations, παρόλα αυτά η αρχική αυτή σχεδιάζει επιτρέπει την ευκολότερη επεξεργασία των μοντέλων σε επόμενο στάδιο.

Επιπλέον, η διαδικασία αυτή επιτρέπει την εισαγωγή διαφορετικών animation στο ίδιο armature και την δημιουργία αλληλουχιών μεταξύ τους. Επομένως, κρίνεται ιδανική η επιβαρυσμένη επεξεργασία στην αρχή, επιτρέποντας όμως μετά την ευκολία διαχείρισης και αλλαγής τυχών αστοχιών.

Εμείς επιλέξαμε την διαδικασία που θα περιγραφεί στην συνέχεια.

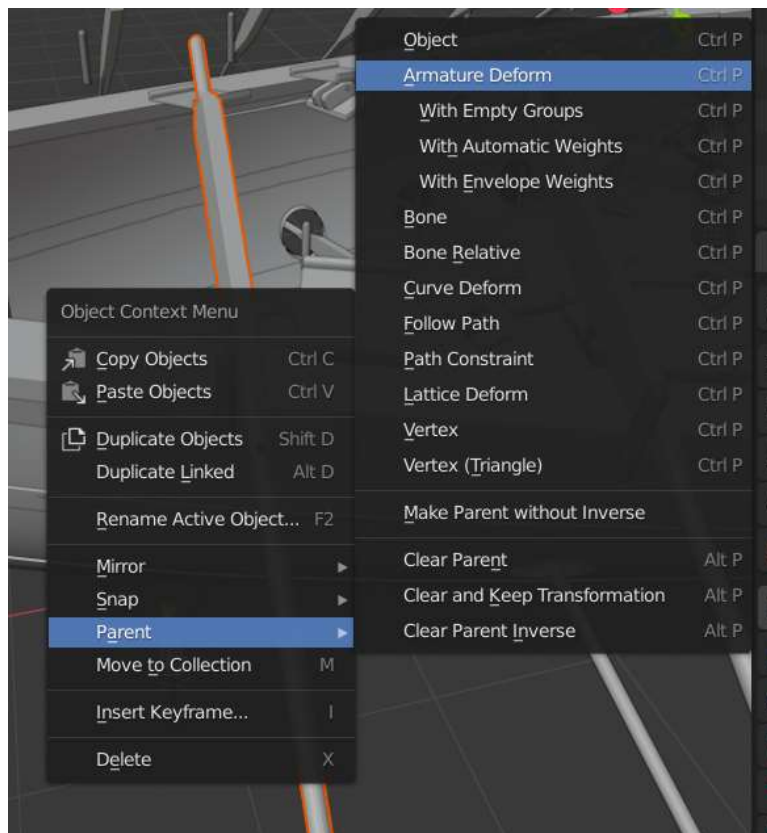
ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

Τα παράθυρα που είναι απαραίτητα για την κατασκευή ενός animation είναι

1. **3D Viewport**, δηλαδή το κεντρικό παράθυρο παρουσίασης του μοντέλου
2. **Timeline**, το παράθυρο διαχείρισης των frames
3. **Graph Editor**, το παράθυρο διαχείρισης των κινήσεων

Θα δημιουργηθεί το πρώτο animation σε 160 frames. Το κάθε δευτερόλεπτο αποτελείται από 25 frames, μια πολύ κοινή ρύθμιση για πολύ καλή απόδοση ενός οπτικού αρχείου. Επομένως, η κίνηση μιας πλήρους περιστροφής του κουπιού θα είναι στα 6.4 δευτερόλεπτα.

Αρχικά, θα πρέπει το κουπί να ενωθεί με το armature. Αυτό γίνεται επιλέγοντας το κουπί, στην συνέχεια πατώντας το shift επιλέγεται το armature και πατώντας δεξί κλικ επιλέγουμε την επιλογή Parent και Armature Deform.



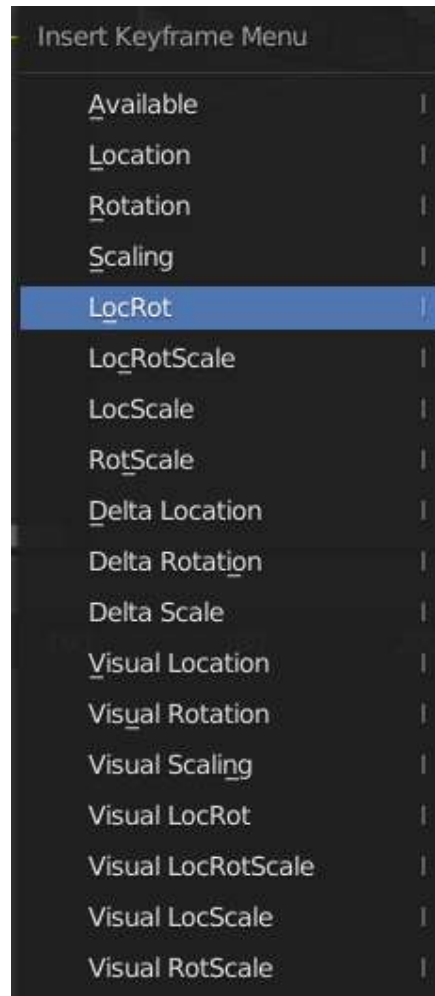
Εικόνα 111. Ένωση του κουπιού με το armature

Με την ένωση αυτή οποιαδήποτε κίνηση δοθεί στο armature, την ίδια ακριβώς θα ακολουθεί και το αντικείμενο που έγινε child. Έτσι δεν ασχολούμαστε πια με το κουπί, αλλά αρκεί απλά να δώσουμε τις κινήσεις σε μία απλοποιημένη μορφή του, αυτήν που κατασκευάσαμε ως armature.

Η κίνηση της πλεύσης

Αυτήν την στιγμή που δημιουργούμε το animation, δεν μας ενδιαφέρουν τα frames ως κινήσεις ολόκληρου του μοντέλου, επομένως αν αναφέρεται ως 1 frame, δεν αποτελεί στο μοντέλο, αλλά στο animation clip. Αυτό στην συνέχεια με την ολοκλήρωσή του θα μπορεί να καλείται σε όποιο frame επιλέξουμε εμείς. Θα γίνει περισσότερο κατανοητό στην συνέχεια.

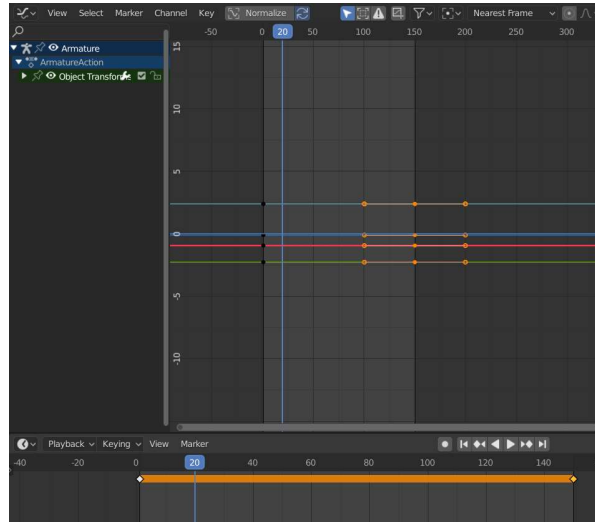
Επομένως, πηγαίνοντας στο frame 1 και επιλέγοντας το Armature, πατώντας δεξί κλικ επιλέγουμε Insert Keyframes και τέλος LocRot. Η τελική επιλογή σημαίνει ότι αποθηκεύουμε ως σίγουρες παραμέτρους και τα τρία χαρακτηριστικά του αντικειμένου μας, δηλαδή την θέση του στον χώρο (Location), την περιστροφή του (Rotation) και την κλίμακά του (Scale). Στην συγκεκριμένη περίπτωση δεν μας ενδιαφέρει αλλαγή στην κλίμακα το αντικείμενου, οπότε δεν χρειάζεται να το επιλέξουμε. Το ίδιο πράγμα κάνουμε και στο frame 160.



Εικόνα 112. Επιλογή της σταθερής Μετατόπισης και Περιστροφής

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

Μετά από την συγκεκριμένη διαδικασία έχει δημιουργηθεί η πληροφορία που φαίνεται στην Εικόνα 113. Το animation έχει αρχίσει και παίρνει μορφή, καθώς περιγράφονται οι θέσεις που ξεκινάει και η θέση που τελειώνει. Εισήχθησαν ως κοινές για τον λόγο ότι αποτελούν μία περιστροφή της πλεύσης αλλά και επειδή θα εισαχθούν σε μορφή επανάληψης loop, θα φαίνεται ρεαλιστικό.

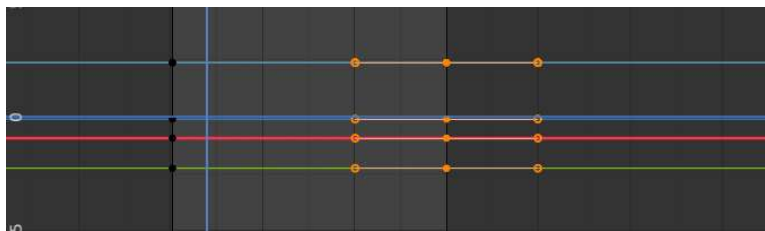


Εικόνα 113. Δημιουργία αρχικής και τελικής θέσης του animation πλεύσης

Στο αυτό το σημείο η διαδικασία θα γίνει στο παράθυρο Graph Editor. Ανοίγοντας το Object Transform φαίνονται οι αποθηκευμένες πληροφορίες του αντικειμένου που περιλαμβάνει τις μετατοπίσεις του στον κάθε άξονα και τις περιστροφές του.



Εικόνα 114. Οι αποθηκευμένες πληροφορίες του αντικειμένου



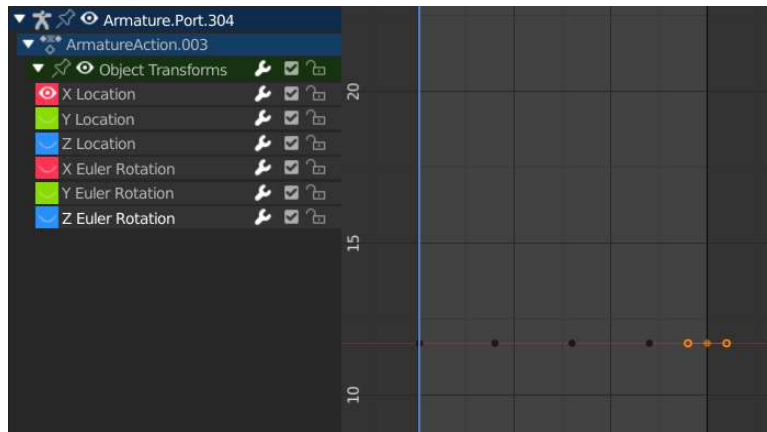
Εικόνα 115. Οι αρχικές καμπύλες των μετατοπίσεων

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

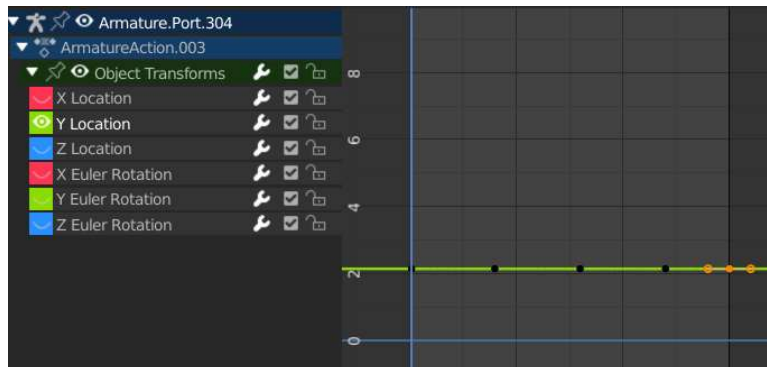
Έχουμε επιλέξει στην αρχή του animation και στο τέλος, το αντικείμενο να βρίσκεται στην ίδια θέση. Για τον λόγο αυτό όλες οι καμπύλες που ορίζουν τις επιμέρους κινήσεις είναι ευθείες όπως φαίνεται στην Εικόνα 115. Ξεκινώντας από την κάθε μία μετατόπιση που παρουσιάζεται θα εφαρμόσουμε τις απαραίτητες ρυθμίσεις.

Μετατοπίσεις στους άξονες x'x, y'y και z'z

Στους άξονες x'x, y'y και z'z το κουπί δεν παρουσιάζει κάποια μετατόπιση. Ο άξονας x'x είναι ο διαμήκης άξονας του πλοίου, ο άξονας y'y ο εγκάρσιος και ο άξονας z'z ο καθύψος και το κουπί δεν παρουσιάζει κάποια κίνηση. Επομένως θα παραμείνουν ευθείες οι επιμέρους περιγραφές της κίνησης.



Εικόνα 117. Η ευθεία της μετατόπισης στον x-άξονα

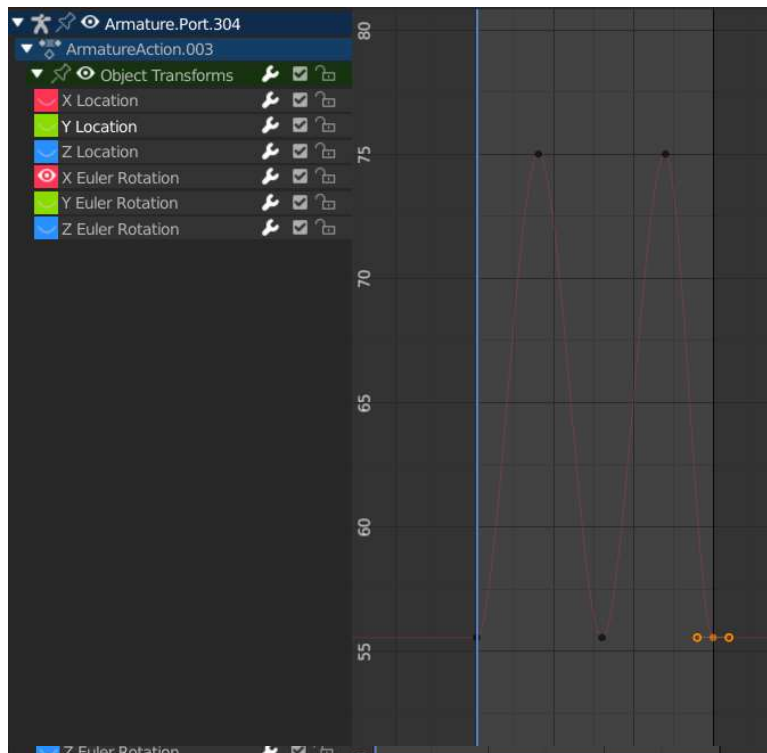


Εικόνα 116. Η ευθεία της μετατόπισης στον y-άξονα

Περιστροφή ως προς τον άξονα x'x

Το κουπί στην κατάσταση του frame 1 βρίσκεται μέσα στο νερό. Η κίνηση λοιπόν θα εκκινεί από την κατάσταση αυτή και θα κάνει ολόκληρη την περιστροφή που κάνει ένα κουπί για να δώσει ώθηση στο σκάφος.

Η κίνηση ως προς τον άξονα x'x, δηλαδή τον διαμήκη άξονα του πλοίου που θα πραγματοποιεί το κουπί περιγράφεται μέσω της καμπύλης που παρουσιάζεται στην Εικόνα 120.

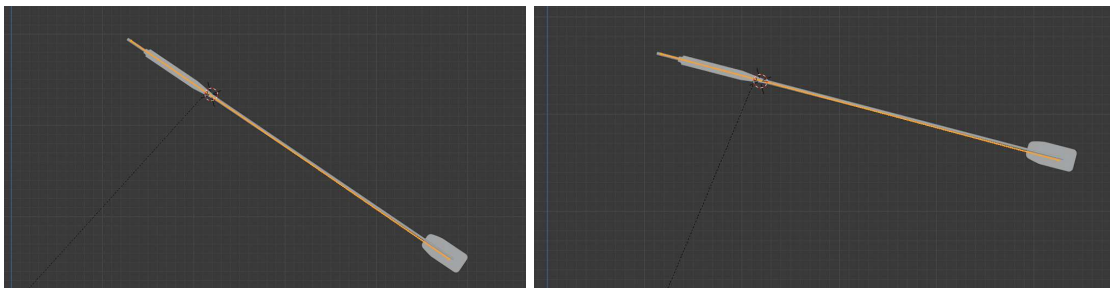


Εικόνα 120. Η περιστροφή του κουπιού ως προς τον άξονα x'x



Εικόνα 118. Η ευθεία της μετατόπισης στον z-άξονα

Η καμπύλη αυτή δείχνει ότι το κουπί στην αρχική θέση του έχει γωνία με το επίπεδο XZ στις 55 μοίρες. Στην συνέχεια θα δημιουργήσει



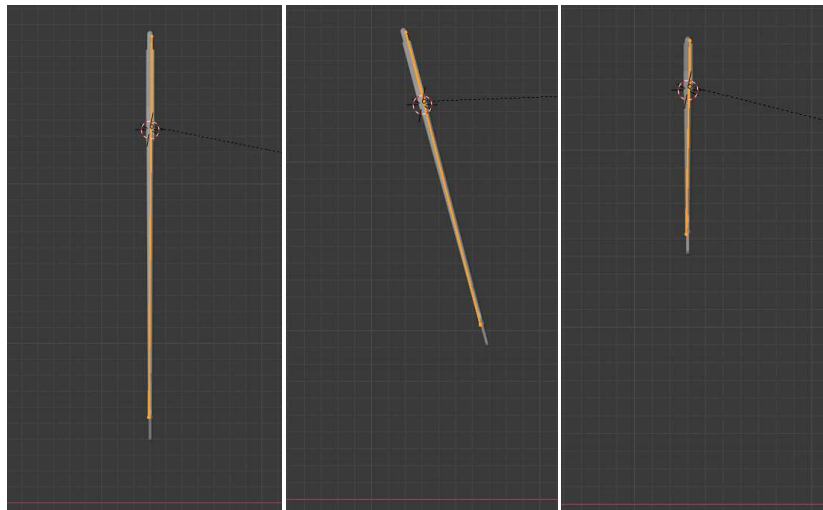
Εικόνα 119. Η περιστροφή του κουπιού ως προς τον άξονα x'x

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

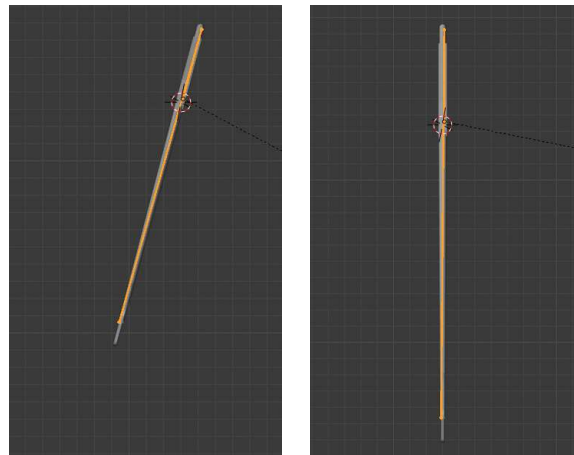
γωνία 75 μοιρών, με σταθερό το σημείο πρόσδεσης στον σκαλμό της γάστρας. Επομένως, το κουπί θα ανασηκωθεί από το επίπεδο της θάλασσας.

Περιστροφή ως προς τον άξονα y'y

γΤο κουπί στο frame 1 βρίσκεται στην θέση μέσα στο νερό και στο πιο βαθύ σημείο του. Έτσι καθώς το κουπί εξάγεται από το νερό ταυτόχρονα κινείται και πρυμναία, για να δώσει την απαραίτητη δύναμη στο σκάφος να κινηθεί. Στην συνέχεια επιστρέφει στην κεντρική θέση και τέλος πριν μπει στο νερό κινείται πλώρα ώστε να αυξήσει την κίνηση που θα πραγματοποιήσει μέσα στο νερό ώστε να αποδώσει την περισσότερη ενέργεια στο σκάφος.



Frame 1 Frame 40 Frame 80
Εικόνα 121. Η περιστροφή του κουπιού ως προς τον άξονα y'y (1/2)

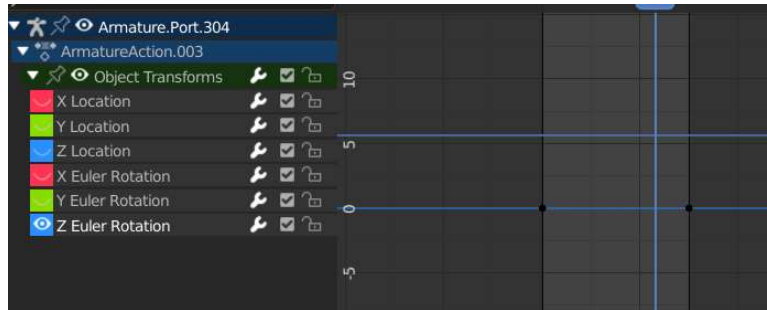


Frame 120 Frame 160
Εικόνα 122. Η περιστροφή του κουπιού ως προς τον άξονα y'y (2/2)

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

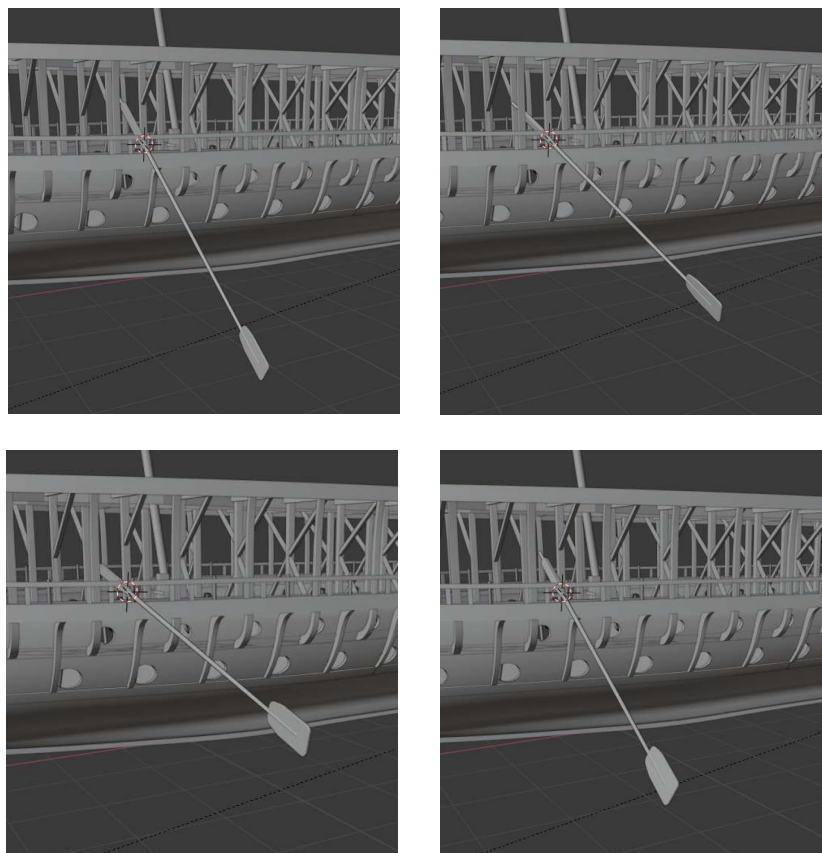
Περιστροφή ως προς τον άξονα z'z

Ως προς τον άξονα z'z, δεν χρειάζεται κάποια επιπλέον ρύθμιση καθώς η κίνηση έχει περιγραφεί με τις προηγούμενες ρυθμίσεις. Για τον λόγο αυτό η κίνηση στον άξονα αυτόν διαγράφει μία ευθεία.



Εικόνα 124. Η περιστροφή του κουπιού ως προς τον άξονα z'z

Τελικά η κίνηση του κουπιού στον 3-σδιάστατο χώρο παρουσιάζεται στην

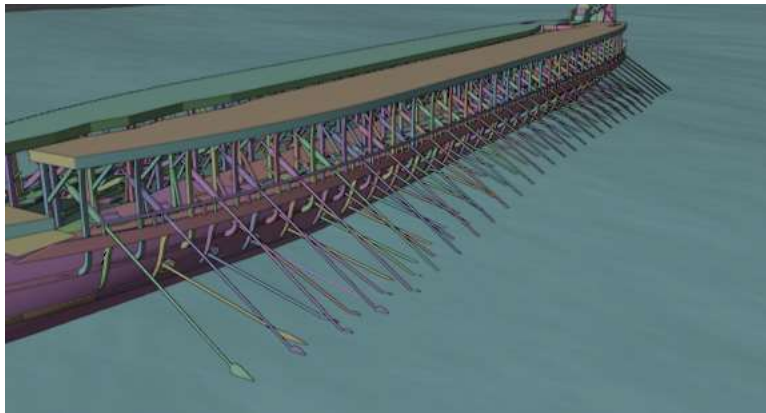


Εικόνα 123. Η κίνηση πλεύσης του κουπιού

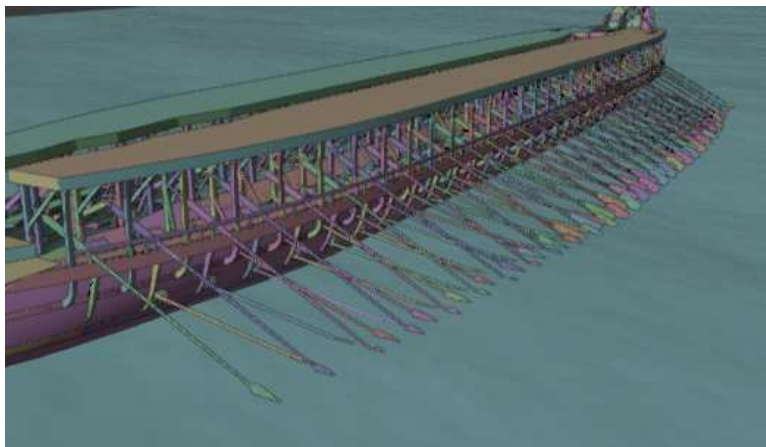
ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

Αυτή είναι η διαδικασία δημιουργίας της κίνησης και στις άλλες δύο σειρές κουπιών. Η αληθοφανής κίνηση των κουπιών εξαρτάται από τις ρυθμίσεις και τις καμπύλες που θα δημιουργηθούν. Για τον λόγο αυτό κάθε μία σειρά κουπιών δεν αποτελείται από τις ίδιες εξισώσεις αλλά εξειδικεύονται στην εκάστοτε περίπτωση. Τέλος γίνεται αντιγραφή των χαρακτηριστικών και στα υπόλοιπα κουπιά της σειράς, πραγματοποιώντας όμως κάποιες διορθωτικές κινήσεις σε κάθε κουπί, ώστε να βοηθά την αλληλεπίδραση με τα υπόλοιπα μέρη του πλοίου.

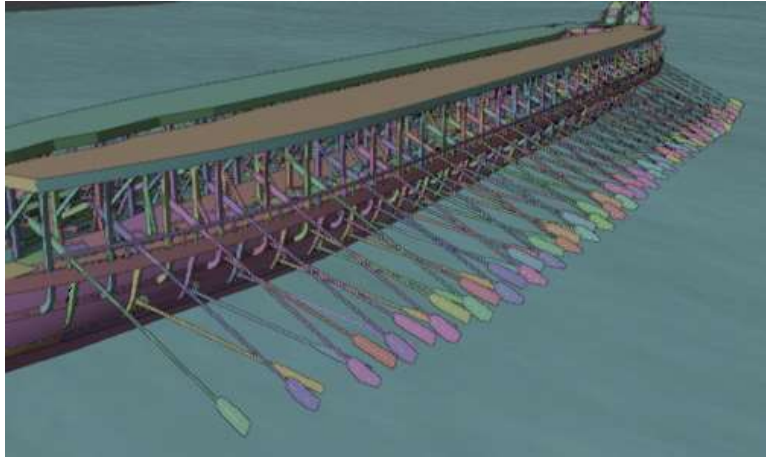
Μετά από όλη αυτήν την διαδικασία δημιουργείται το αποτέλεσμα που φαίνεται στις ακόλουθες εικόνες.



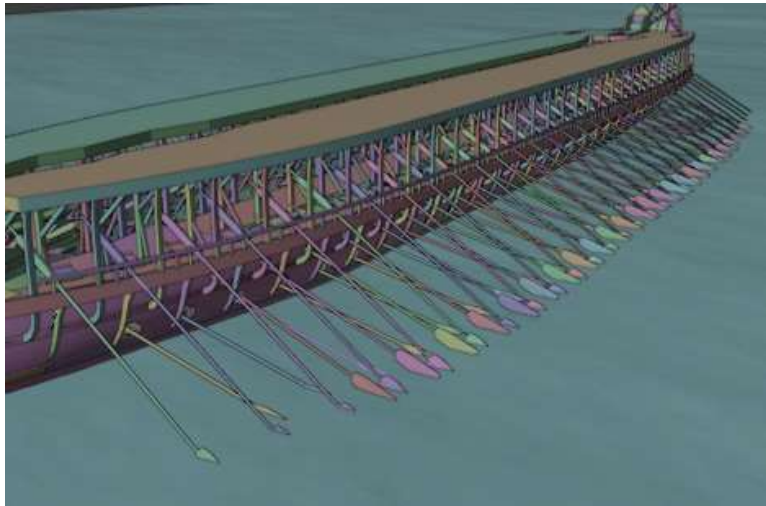
Εικόνα 125. Η πλεύση των κουπιών Frame 1



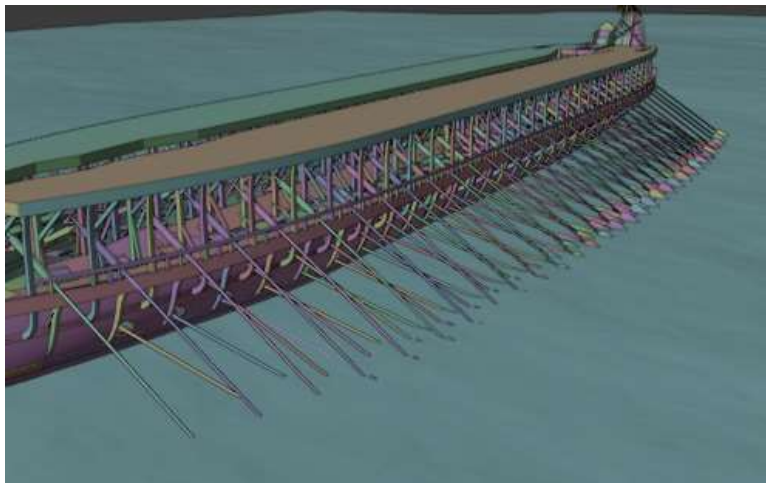
Εικόνα 126. Η πλεύση των κουπιών Frame 40



Εικόνα 129. Η πλεύση των κουπιών Frame 80



Εικόνα 128. Η πλεύση των κουπιών Frame 120



Εικόνα 127. Η πλεύση των κουπιών Frame 160

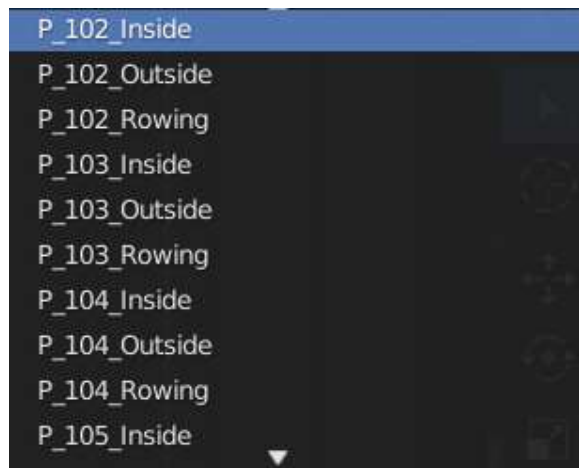
ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

Η κίνηση της αποθήκευσης των κουπιών

Για την αποθήκευση των κουπιών θα χρησιμοποιήσουμε το ίδιο *armature*, αφού για αυτό το κατασκευάσαμε και θα το αποθηκεύσουμε σε διαφορετικό *action*. Τα *action* βρίσκονται στο *Dope Sheet* και στην επιλογή *Action Editor*. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούμε διαφορετικά *animation clips* που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελεύθερα μετά την κατασκευή τους.

Για κάθε κουπί κατασκευάζονται 3 *clips* που φαίνονται στην Εικόνα 130. Αυτά είναι:

1. Το *clip* για την αποθήκευση των κουπιών (*Inside*)
2. Το *clip* για την διαδικασία πλεύσης (*Rowing*)
3. Το *clip* για την εξαγωγή των κουπιών (*outside*)



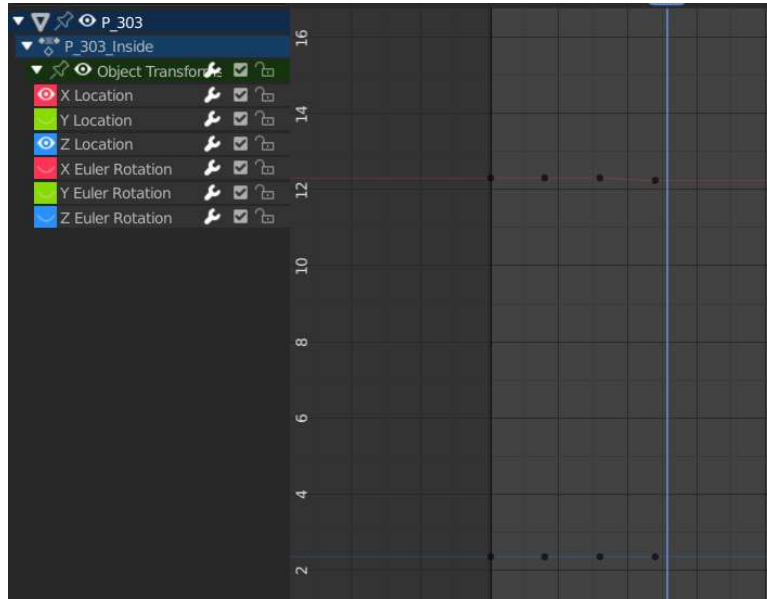
Εικόνα 130. Κομμάτι από τα action clips των κουπιών

Η κατάσταση *outside* θα είναι η κατάσταση *inside* αλλά αναπαράγοντας την ανάποδα. Από το τέλος προς την αρχή και με ταχύτητα -1 . Έτσι, θα κατασκευάσουμε την ενέργεια *inside* μόνο.

Η αρχική θέση του κουπιού θα είναι αυτή τελειώνει η κατάσταση πλεύσης. Επομένως, στο *frame 1* του καινούργιου *action clip* θα αποθηκευτεί αυτή η θέση μέσω της εντολής *Insert Keyframe* και επιλογή του *LocRot*.

Μετατοπίσεις στους άξονες x'x και z'z

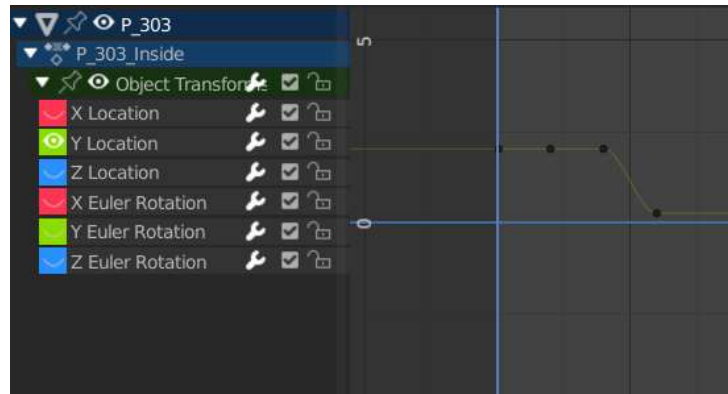
Στους άξονες x'x και z'z το κουπί δεν παρουσιάζει κάποια μετατόπιση. Επομένως θα παραμείνουν ευθείες οι επιμέρους περιγραφές της κίνησης.



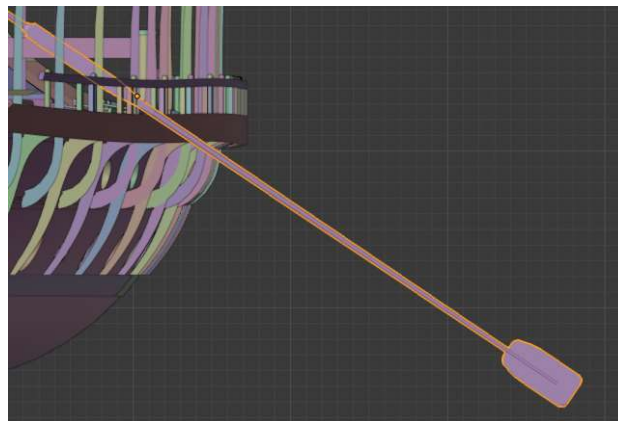
Εικόνα 131. Οι μετατοπίσεις στους άξονες x'x και z'z

Μετατόπιση στον άξονα γ'γ

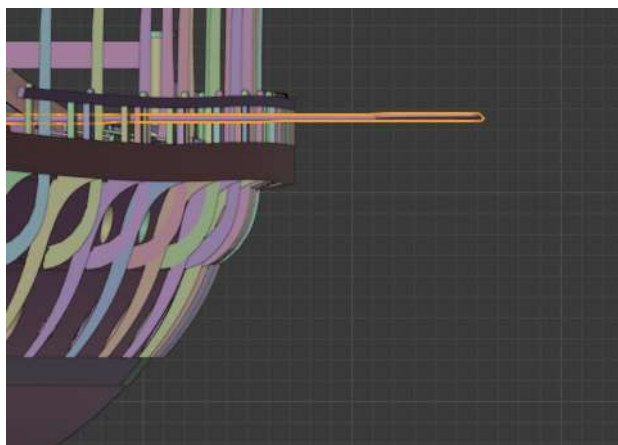
Το κουπί όμως ως προς τον άξονα γ'γ μετατοπίζεται. Η εγκάρσια κίνηση που κάνει για την αποθήκευσή του στο εσωτερικό της γάστρας γίνεται πάνω σε αυτόν τον άξονα. Επομένως το κουπί από την θέση έξω από την γάστρα, αρχίζει και οδηγείται προς τα μέσα



Εικόνα 133. Η μετατόπιση στον άξονα γ'γ



Εικόνα 132. Αρχική θέση κουπιού πριν την αποθήκευσή του

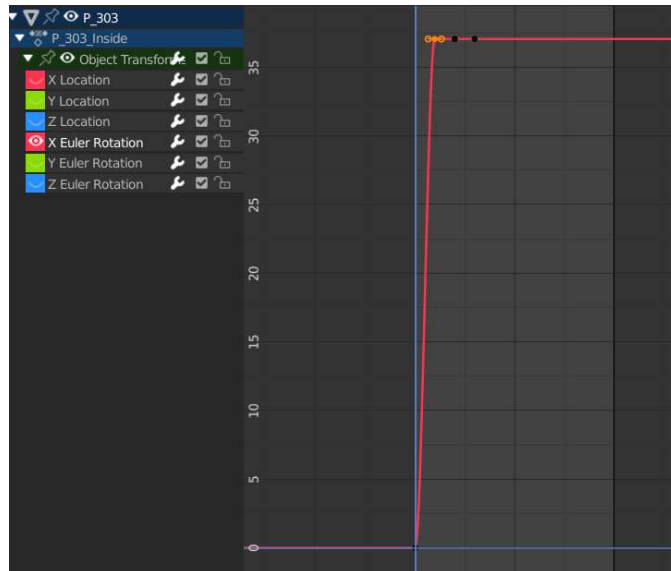


Εικόνα 134. Τελική θέση κουπιού στο τέλος της αποθήκευσής του

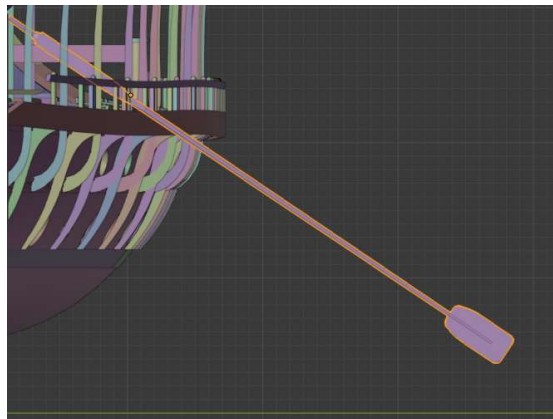
ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

Περιστροφή ως προς τον άξονα x'x

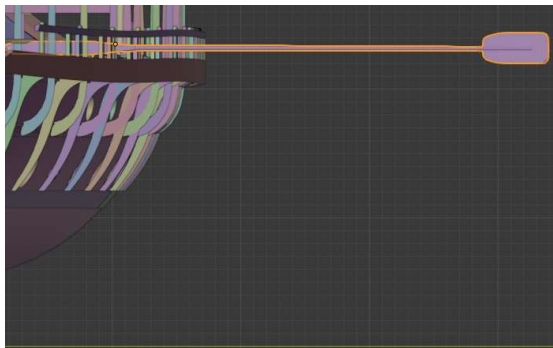
Η κίνηση του κουπιού στην διαδικασία αποθήκευσης ως προς τον άξονα x'x είναι η ακόλουθη. Πρώτη κίνηση του κουπιού είναι η τάση του να γίνει παράλληλο με το επίπεδο της θάλασσας. Για να πραγματοποιηθεί αυτό περιστρέφεται ως προς τον διαμήκη άξονα του πλοίου 37 μοίρες.



Εικόνα 135. Η περιστροφή ως προς τον άξονα x'x



Εικόνα 137. Αρχική θέση κουπιού πριν την αποθήκευσή του

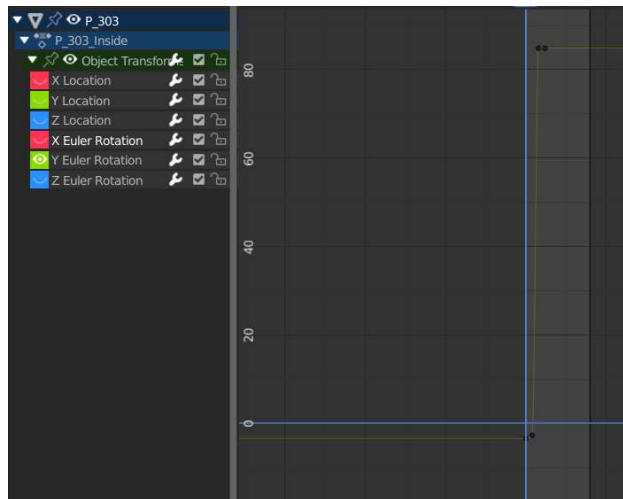


Εικόνα 136. Η θέση του κουπιού μετά την περιστροφή του ως προς τον άξονα x'x

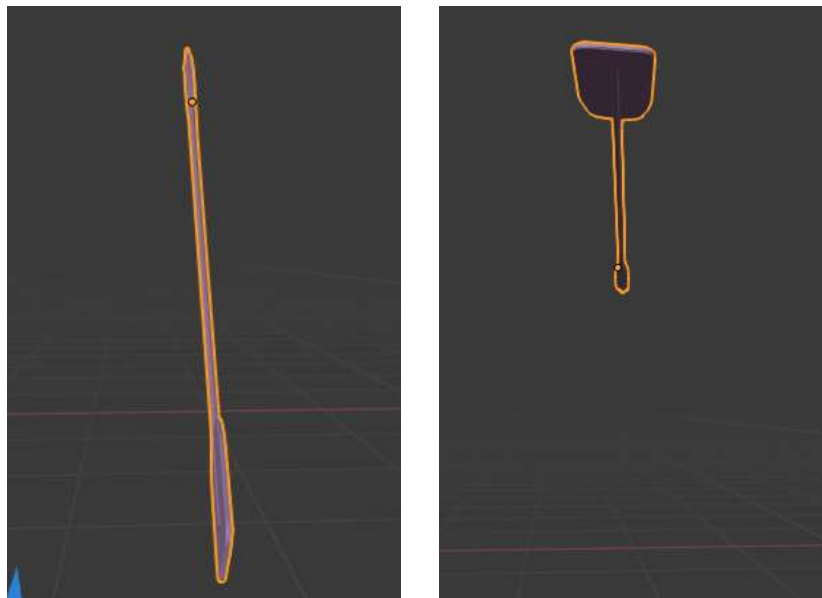
Περιστροφή ως προς τον άξονα $y'y'$

Το κουπί πραγματοποιεί μία σύνθετη περιστροφή ως προς τον άξονα των $y'y'$. Το μεγάλο πρόβλημα είναι ότι δεν κάνει την περιστροφή ως προς τον γενικό (global) άξονα $y'y'$, αλλά ως προς τον δικό του διαμήκη άξονα, που περιγράφεται κοντά στον γενικό άξονα.

Για να προσωμοιάσουμε αυτήν την περιστροφική κίνηση αλλάζουμε το σύστημα συντεταγμένων από global σε local. Έτσι το γράφημα της περιστροφής θα είναι αυτό που φαίνεται στην



Εικόνα 139. Η περιστροφή ως προς τον άξονα $y'y'$ (local)



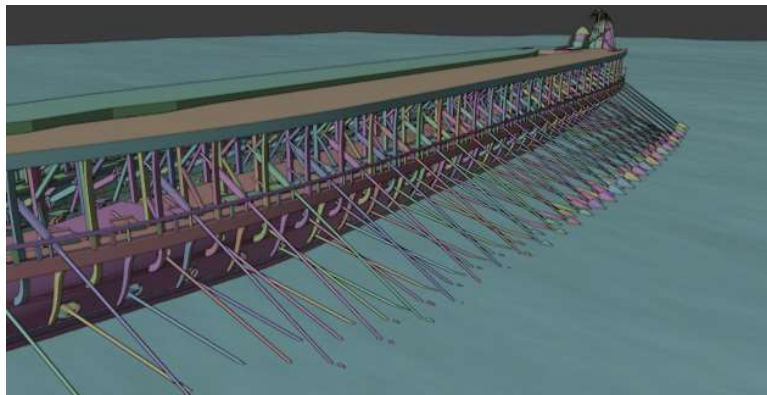
Εικόνα 138. Αρχική και τελική θέση της περιστροφής στον local άξονα $y'y'$

Περιστροφή ως προς τον άξονα $z'z'$

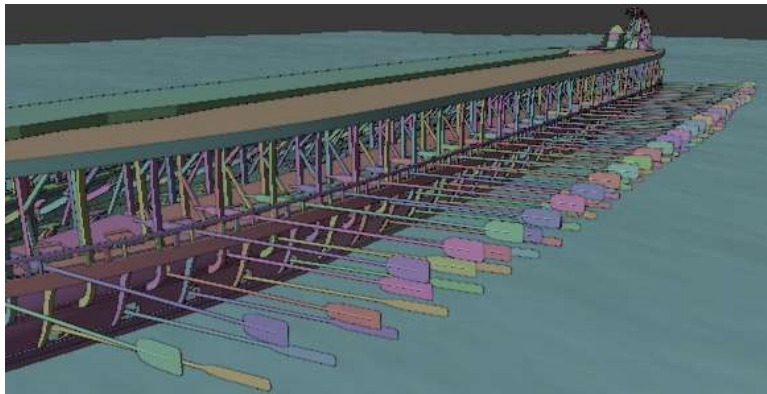
Τέλος, ως προς τον άξονα $z'z'$ δεν παρουσιάζει κάποια περιστροφή.

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

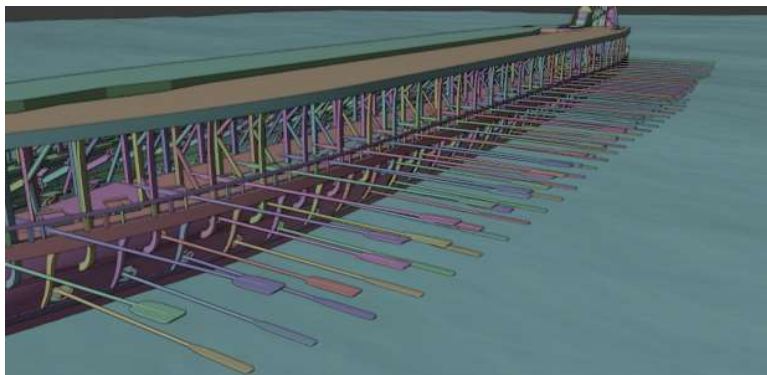
Μετά από όλη αυτήν την διαδικασία δημιουργείται το αποτέλεσμα που φαίνεται στις ακόλουθες εικόνες.



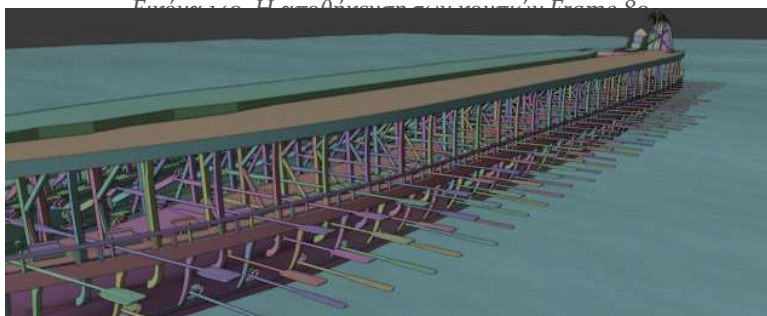
Εικόνα 142. Η αποθήκευση των κουπιών Frame 1



Εικόνα 141. Η αποθήκευση των κουπιών Frame 40



Εικόνα 140. Η αποθήκευση των κουπιών Frame 80



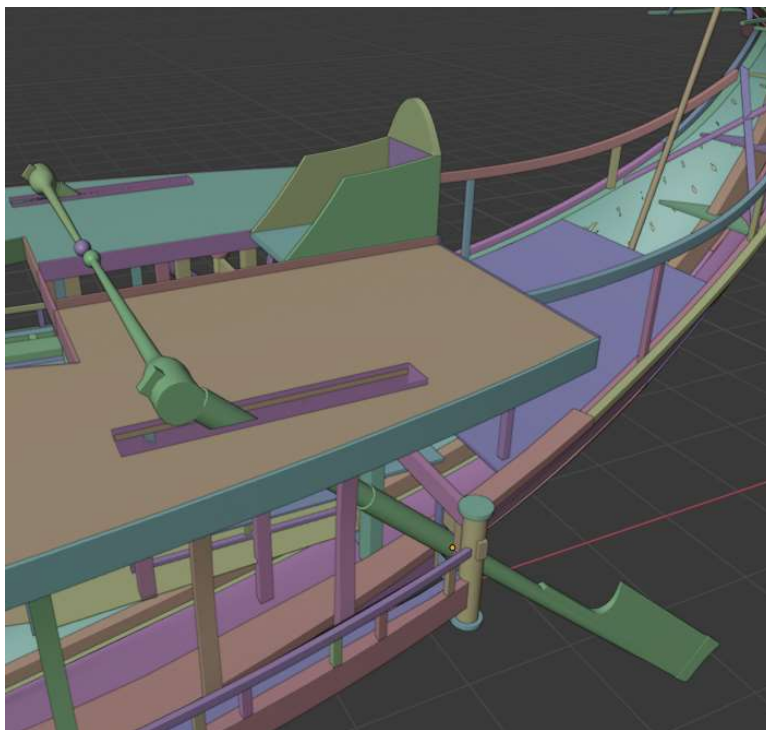
Εικόνα 143. Η αποθήκευση των κουπιών Frame 120

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

Το πηδάλιο

Η τριήρης διέθετε δύο πρυμναία πηδάλια, ένα στην Port Side και ένα στην Starboard. Τα πηδάλια αυτά είχαν ευθύνη να αλλάζουν την πορεία της τριήρους και λειτουργούσαν όπως και τα σύγχρονα. Δεν είναι ξεκάθαρο αν ένας άνθρωπος είχε υπό ευθύνη του και τα δύο πηδάλια, αλλά πιθανότερη είναι η περίπτωση να υπήρχαν δύο άτομα.

Η κίνησή τους ήταν αντίθετη, δηλαδή για να πάρει το πηδάλιο την ίδια γωνία θα έπρεπε η μετατόπιση του μοχλοβραχίονα να ήταν αντιδραμετρική. Οι βραχίονες ελέγχου βρισκόντουσαν στο ύψος που υπήρχε και το κάθισμα του αξιωματικού, πάνω από το στέγαστρο των κωπηλατών.



Εικόνα 144. Τα πηδάλια και ο βραχίονας κατεύθυνσής τους

Η βασικές κινήσεις που κάνουν τα πηδάλια είναι:

1. Από την θέση στάθμευσης στην ενεργή θέση
2. Στροφή για την κατεύθυνση του σκάφους προς την Port πλευρά του
3. Στροφή για την κατεύθυνση του σκάφους προς την Starboard πλευρά του

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

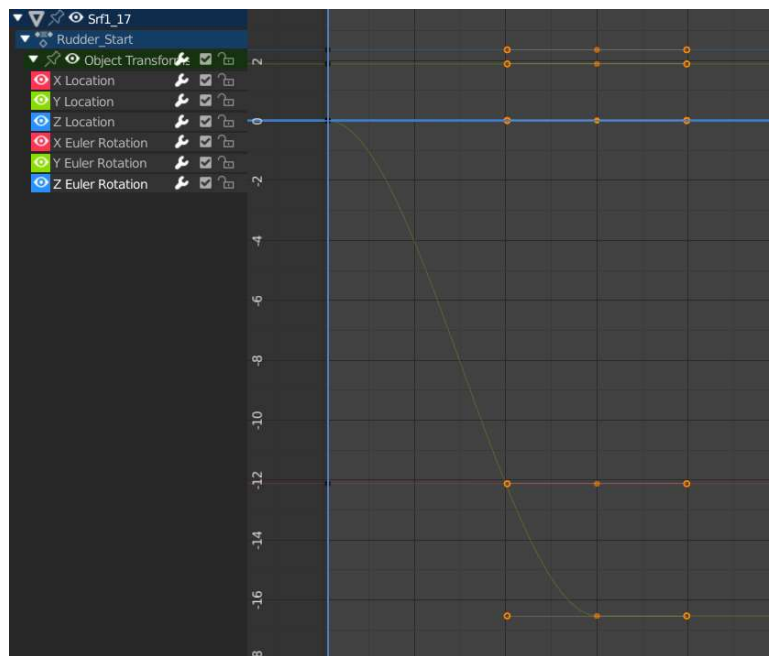
Για να αναπαρασταθούν αυτές οι κινήσεις δημιουργήθηκαν τρία μοντέλα. Αυτά φαίνονται στην Εικόνα 145.



Εικόνα 145. Τα action clips που δημιουργήθηκαν για την γάστρα

Η εκκίνηση των πηδαλίων

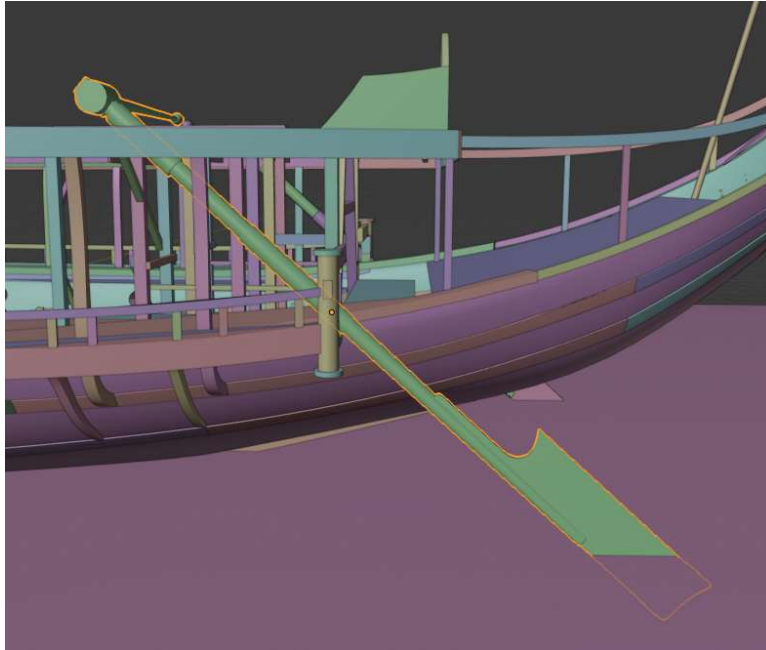
Τα πηδάλια βρίσκονται σε κατάσταση στάθμευσης. Για να ενεργοποιηθούν χρειάζεται να κατέβει το βασικό μέρος του πηδαλίου μέσα στο νερό. Επομένως, χρειάζεται η περιστροφή στον άξονα γ'γ. Οι υπόλοιπες μετατοπίσεις και περιστροφές δεν έχουν καμία αλλαγή και παρουσιάζονται με ευθείες.



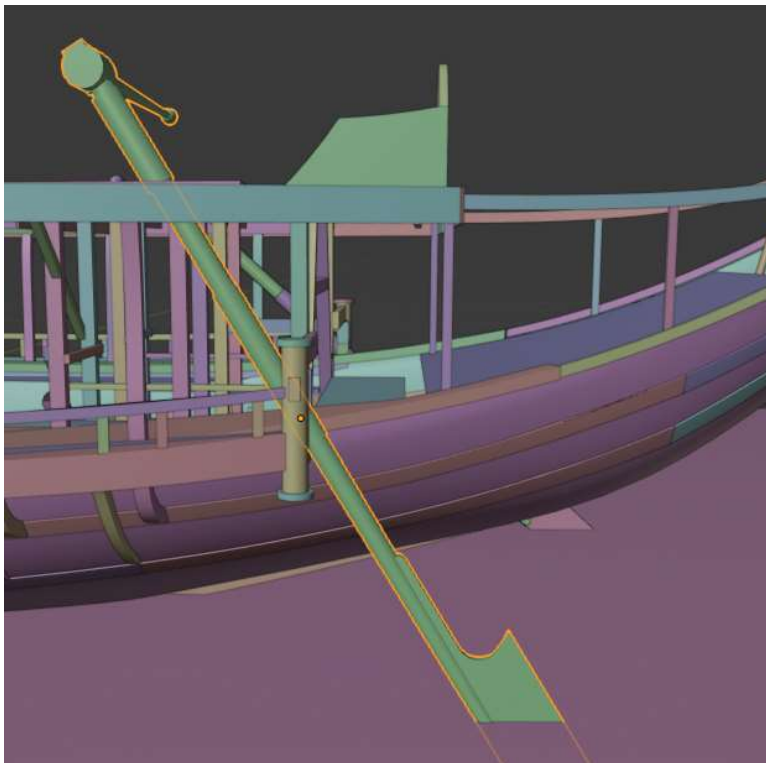
Εικόνα 146. Η μετατοπίσεις και περιστροφές της κατάστασης εκκίνησης του πηδαλίου

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζεται η αρχική θέση και η τελική θέση του πηδαλίου. Στην Εικόνα 148 είναι ξεκάθαρη η εισαγωγή του πηδαλίου στο νερό, κάνοντάς το πιο αποδοτικό και το ανασήκωμα του βραχίονά του, επιτρέποντας ευκολότερη χρήση από την πλευρά του χειριστή του.



Εικόνα 147. Αρχική θέση πηδαλίου



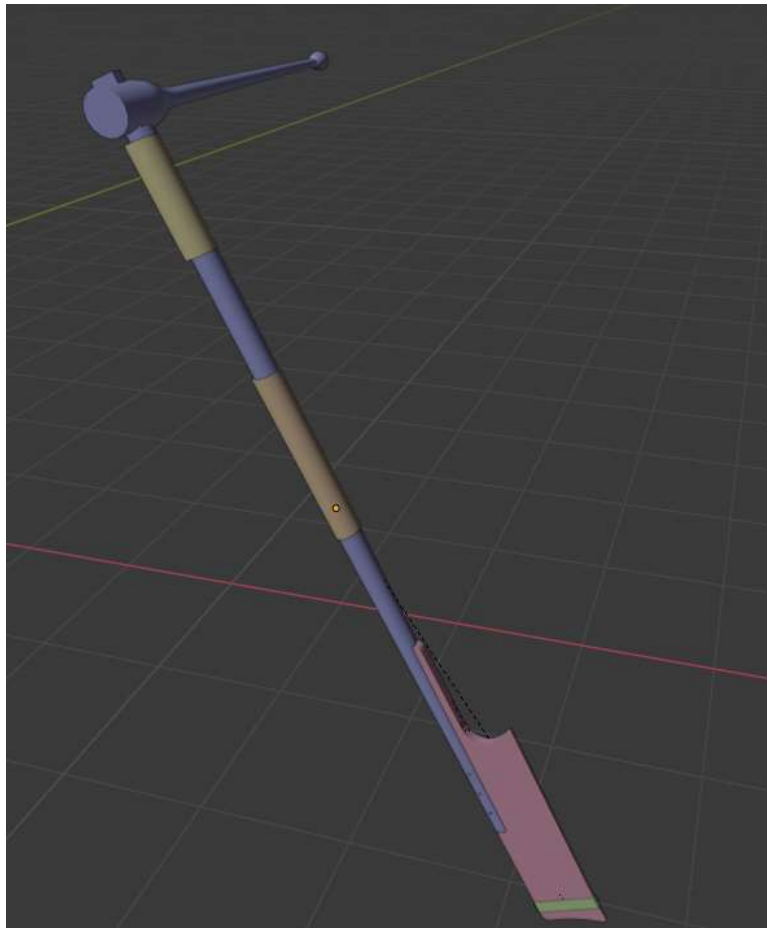
Εικόνα 148. Τελική θέση πηδαλίου

Η κίνηση του πηδαλίου προς την Port Side

Για να περιγραφεί ορθά η κίνηση του πηδαλίου είναι αναγκαία η περιγραφή της γεωμετρίας του, και της πρόσδεσής του στο πλοίο.

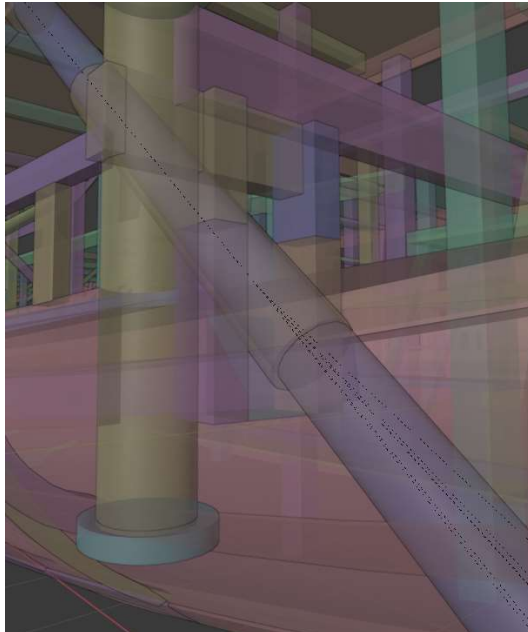
Τα κύρια μέρη του πηδαλίου φαίνονται στην Εικόνα 149. Στο κατώτερο σημείο είναι το στέλεχος που μπαίνει στο νερό και μέσω της αντίστασής του επιτελείται η στροφή του πλοίου. Αυτό στηρίζεται από μία δοκός που στο τέρμα της προσδέεται το μέρος του πηδαλίου που χρησιμοποιεί ο χειριστής του.

Η στήριξη όλου αυτού του μηχανισμού γίνεται στο μέσο του κάθετου δοκαριού που μέσω μίας μεταλλικής κατασκευής δένεται στο πλοίο. Η πρόσδεση αυτή γίνεται με τέτοιο τρόπο που επιτρέπεται η στροφική κίνηση του στελέχους είτε προς τον εγκάρσιο άξονα του σκάφους (κίνηση εκκίνησης και στάθμευσης πηδαλίου) είτε ως προς τον άξονα που ορίζει η κεντρική δοκός (κίνηση στροφής του πηδαλίου).



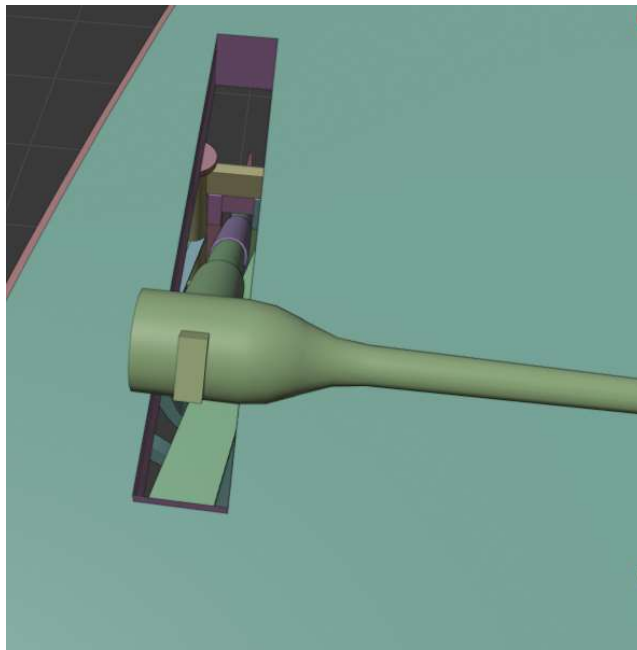
Εικόνα 149. Τα κύρια μέρη του πηδαλίου

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender



Εικόνα 151. Η στήριξη του πηδαλίου στο σκάφος

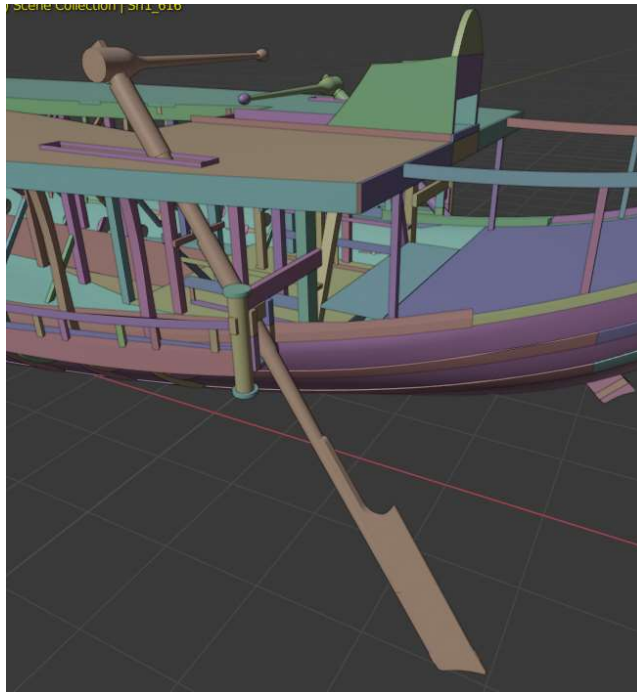
Επιπλέον, υπάρχει ένα άνοιγμα στο στέγαστρο των κωπηλατών (υπερκατασκευή) όπου από εκεί περνάει το πηδάλιο. Φαίνεται στην Εικόνα 150



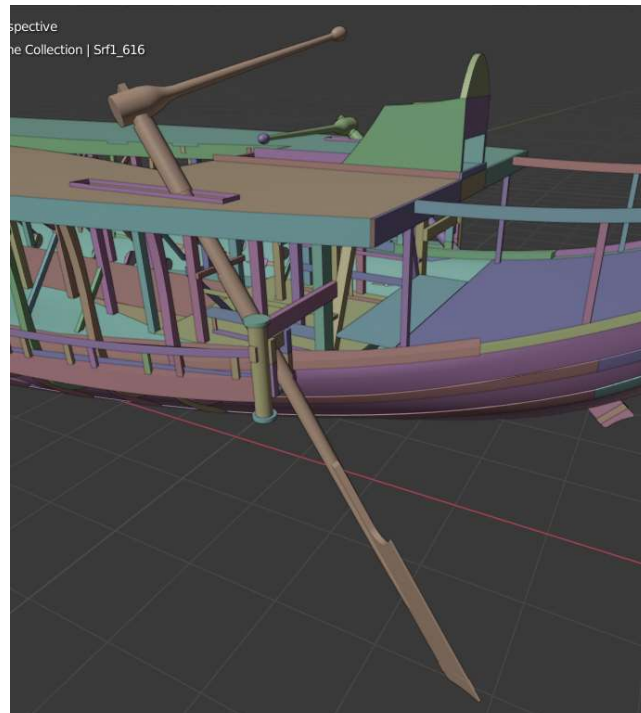
Εικόνα 150. Όψη του πηδαλίου από πάνω και άνοιγμα στην υπερκατασκευή

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

Το πηδάλιο από την κατάσταση μέσα στο νερό, μέσω της μεταφοράς του βραχίονα προς τα πρύμα, αρχίζει και περιστρέφεται προς την εξωτερική πλευρά της γάστρας. Σταθερό σημείο είναι στον μηχανισμό που κρατάει το πηδάλιο με το πλοίο καθώς δεν έχει καμία μετατόπιση.



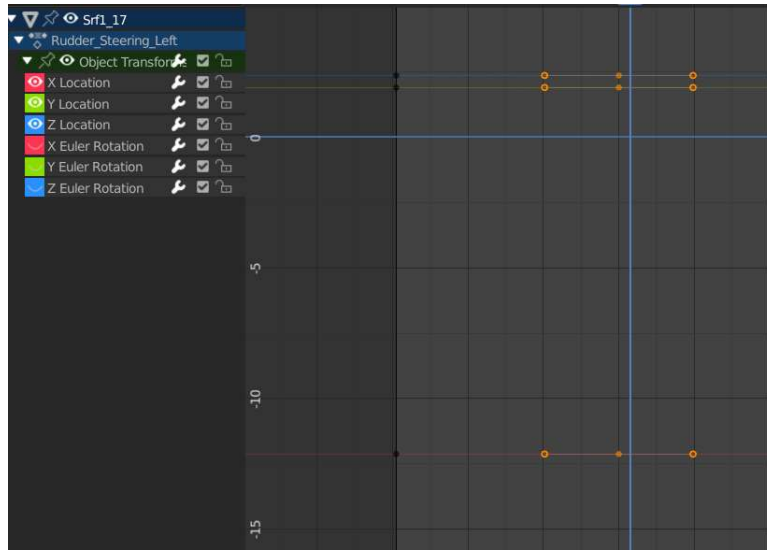
Εικόνα 153. Αρχική κατάσταση Frame 1



Εικόνα 152. Τελική κατάσταση Frame 60

Μετατοπίσεις ως προς τους άξονες x'x, y'y και z'z

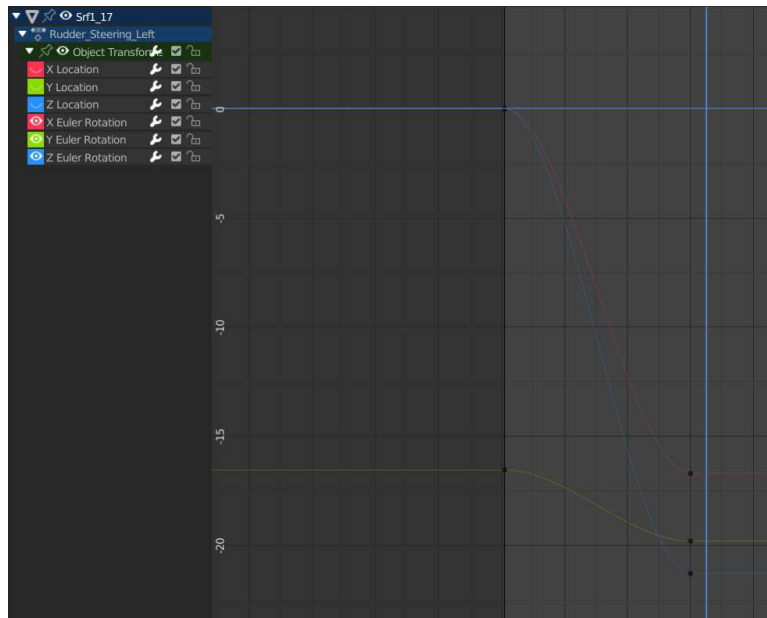
Ως προς τους άξονες αυτό, το σημείο αναφοράς μας μένει σταθερό. Επομένως οι συναρτήσεις των μετατοπίσεων αναπαριστούνται με ευθείες, όπως δείχνει και η Εικόνα 154.



Εικόνα 154. Οι μετατοπίσεις στους άξονες x'x, y'y και z'z

Περιστροφές ως προς τους άξονες x'x, y'y και z'z

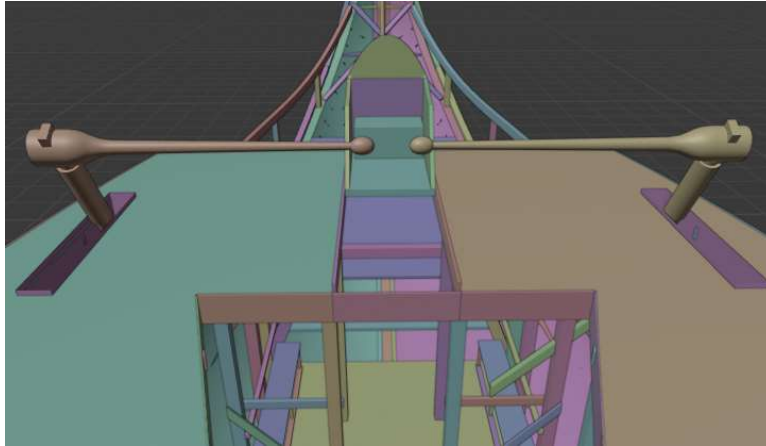
Για να δημιουργηθεί η κίνηση περιγράφηκε οι περιστροφές ως προς του άξονες x'x, y'y και z'z. είναι αυτές που φαίνονται στην



Εικόνα 155. Οι περιστροφές στους άξονες x'x, y'y και z'z

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

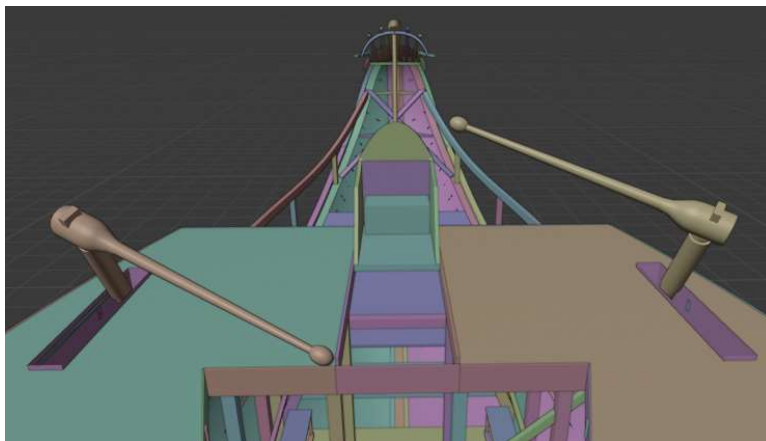
Οι κινήσεις λοιπόν των πηδαλίων για να κινηθεί το πλοίο προς Port πλευρά του είναι αυτές που φαίνονται στις ακόλουθες εικόνες. Αντίθετες θα είναι αυτές για να κινηθεί το πλοίο στην Starboard πλευρά.



Εικόνα 156. Αρχική θέση των χειριστήριων



Εικόνα 157. Αρχική θέση των πηδαλίων



Εικόνα 159. Τελική θέση των χειριστήριων



Εικόνα 158. Τελική θέση των πηδαλίων

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ
ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Denham Thomas, *What is UV Mapping & Unwrapping?*

International Journal of Nautical Archaeology

Lee Kunwoo, *Βασικές αρχές συστημάτων CAD/CAM/CAE*

Morrison J.S., Coates J.F. and Rankov N.B., *The Athenian Trireme
The history and reconstruction of an ancient Greek Warship - Second
Edition*

Morrison J.S., *Some problems in trireme reconstruction (IJNA 1984)*

Rankov Boris, *Trireme Olympias – The Final Report
Sea Trials 1992-4, Conference Papers 1998*

Torr Cecil, *Ancient Ships
Cambridge University Press (1894)*

Tilley Alec, *Three men to a room - a completely different trireme*

Blender 2.82 Manual

Αρχοντής Κωσταντίνος, *Μοντελοποίηση της Αθηναϊκής Τριήρους,
Διπλωματική Εργασία Ιούνιος 2010*

Κακλής Π.Δ., *Συστήματα CAD/CAM για την Σχεδίαση και Κατασκευή
Πλοίου*

Τσιώρας Πέτρος, *Δομή και ιδιότητες ξύλου*

The Engineering ToolBox, *Density of Various Wood Species*

Θουκυδίδης, *Άπαντα* (Greek-language.gr)

ΨΗΦΙΑΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΑΣ ΑΘΗΝΑΪΚΗΣ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΤΡΙΗΡΟΥΣ
Χρήση του Προγράμματος Blender

Εικόνα 1. Το Ανάγλυφο Λένορμαν, από την ακρόπολη των Αθηνών, που παρουσιάζει ένα προφίλ με κωπηλάτες αθηναϊκής τριήρους, χρονολογημένο γύρω στο 412 π.Χ.	3
Εικόνα 2. Σχέδιο γενικής διάταξης τριήρης Ολυμπίας.....	4
Εικόνα 3. Η υποθετική ανακατασκευή της Αρχαίας Τριήρους.....	4
Εικόνα 4. Θέσεις των αρχαίων νεωσοίκων στην περιοχή της Μαρίνας Ζέας	5
Εικόνα 5. Οι νέωσοικοι στην περιοχή του Πειραιά.....	7
Εικόνα 6. Αναπαράσταση αρχαίου ναυπηγείου.....	7
Εικόνα 7. Το έμβολο που ανακαλύφθηκε στο Ατλίτ της Παλαιστίνης	9
Εικόνα 8. Αρχαίο νεώριο στις Οινιάδες στην Αιτωλοακαρνανία.....	9
Εικόνα 9. Το ομοίωμα του σχηματισμού κωπηλασίας των John Coates και David Moss.....	11
Εικόνα 10. Απόκομμα από τον ελικωτό κρατήρα του Ταλώ	12
Εικόνα 11. Το σύστημα κουπιών της τριήρους Ολυμπίας.....	13
Εικόνα 12. Η περιγραφή των χαρακτηριστικών του ανάγλυφου του Lenormant	13
Εικόνα 13. Η ένωση των διαμήκων ενισχυτικών για την εξυπηρέτηση των θέσεων των θαλαμιτών	14
Εικόνα 14. Η πρώτη απεικόνιση σκάφος με κουπιά πιθανά σε δύο επίπεδα.	14
Εικόνα 15. Οι τρεις θεωρίες για την εγκάρσια θέση των κωπηλατών για το Φοινικικό πολεμικό πλοίο	15
Εικόνα 16. Αγγειογραφία του πλοίου του Οδυσσέα στο αγγείο "Ο Οδυσσέας και οι Σειρήνες". 480-470 π.Χ.	16
Εικόνα 17. Απεικόνιση του πλοίου του Οδυσσέα, κάτοψη	16
Εικόνα 18. Η σύγχρονη εκδοχή της υποθετικής ανακατασκευής της αρχαίας τριήρους	17
Εικόνα 19. Η ανακατασκευασμένη αρχαία τριήρης του πολεμικού ναυτικού "Ολυμπία"	18
Εικόνα 20. Η πεντηκοντόρος Αργώ του Δήμου Βόλου.....	19
Εικόνα 21. Θεμιστοκλής (565 - 461 π.Χ.).....	20
Εικόνα 22. Το πλήρωμα της τριήρους Ολυμπία.....	23
Εικόνα 23. Μηχανισμός ελέγχου του πηδαλίου.....	23
Εικόνα 24. Η τριήρης Ολυμπία με τα δύο κατάρτια της.....	24
Εικόνα 25. Το port πηδάλιο της τριήρους Ολυμπίας	24
Εικόνα 26. Κορινθιακό πολεμικό πλοίο του 6ου αιώνα π.Χ.....	25
Εικόνα 27. Τελική μορφή του ψηφιακού μοντέλου της τριήρους.....	25
Εικόνα 28. Πρόγραμμα Autodesk Inventor 2020	27
Εικόνα 29. Ρυθμίσεις αποθήκευσης σε αρχείο τύπου IGES.....	28
Εικόνα 30. Άνοιγμα του αρχείου με το Rhino3D.....	28
Εικόνα 31. Το Πρόγραμμα Rhinoceros.....	29
Εικόνα 32. Χρήση της εντολής zebra και παρουσίαση της ασυνέχειας των επιφανειών της γάστρας.....	30

Εικόνα 33. Πρύμνη της Γάστρας.....	30
Εικόνα 34. Πλώρη της Γάστρας	30
Εικόνα 35. Δημιουργία των Curves με την εντολή DupBorder	30
Εικόνα 36. Το profile της γάστρας του Πλοίου.....	31
Εικόνα 37. Η νέα ομαλή και συνεχής επιφάνεια της γάστρας	32
Εικόνα 38. Οι καμπύλες που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία της νέας γάστρας	32
Εικόνα 39. Η νέα πλώρη.....	32
Εικόνα 40. Η νέα πρύμνη	32
Εικόνα 41. Η νέα Γάστρα.....	32
Εικόνα 42. Αρχική εικόνα των Layers	34
Εικόνα 43. Τα νέα Layers.....	34
Εικόνα 44. Παράδειγμα επιλογής ενός νέου Layer (Mast).....	35
Εικόνα 45. Το μοντέλο αποτελείται με πάνω από 32000 επιφάνειες	36
Εικόνα 46. 6 διαφορετικές επιφάνειες για κάθε αντικείμενο.....	36
Εικόνα 47. Δημιουργία 1 πολυ-επιφάνειας.....	37
Εικόνα 48. Μείωση του αριθμού αντικειμένων από 32000 σε 4200	37
Εικόνα 49. Normals ενός πολυγώνου	39
Εικόνα 50. Normal vector της επιφάνειας στο σημείο P.....	39
Εικόνα 51. Το εύρος διανυσμάτων των normals πάνω σε μία επιφάνεια	40
Εικόνα 52. Παράδειγμα εντολής Dig	41
Εικόνα 53. Πρόβλημα με κουπιά και θέσεις κωπηλατών	43
Εικόνα 54. Σχέδια των θέσεων των κωπηλατών	44
Εικόνα 55. Κάτοψη θέσεων κωπηλατών του αρχικού μοντέλου	44
Εικόνα 56. Κάτοψη θέσεων κωπηλατών του τελικού μοντέλου.....	45
Εικόνα 57. Πυκνότητα υλικών ξύλου	47
Εικόνα 58. Υλικό Κατασκευής το Douglas fir	47
Εικόνα 59. Αναλυτική Παρουσίαση Βαρών Ψηφιακού Μοντέλου.....	48
Εικόνα 60. Βάρος Κατασκευής - Απόκομμα του κειμένου των κατασκευαστών	49
Εικόνα 61. Εκτόπισμα Πλοίου - Απόκομμα του κειμένου των κατασκευαστών.....	49
Εικόνα 62. Γενικά Χαρακτηριστικά Αθηναϊκής Τριήρης Ολυμπία.....	49
Εικόνα 63. Αποτελέσματα Maxsurf.....	50
Εικόνα 64. Η Γάστρα στο Πρόγραμμα Maxsurf.....	50
Εικόνα 65. Επάνω η γάστρα αποτυπωμένη με meshes. Κάτω η ίδια επιφάνεια με Nurbs	51
Εικόνα 66. Η τελική μορφή του μοντέλου στο πρόγραμμα Rhinoceros3D.....	51
Εικόνα 67. Πρόγραμμα Blender	53

Εικόνα 68. Άνοιγμα του .fbx αρχείου στο Blender	54
Εικόνα 69. Εντολή rotation	54
Εικόνα 70. Η αρχική μορφή της συλλογής αντικειμένων	55
Εικόνα 71. Η τελική μορφή της συλλογής αντικειμένων	56
Εικόνα 72. Κάθε κουπί συγκροτείται από 4 διαφορετικά object	56
Εικόνα 73. Η αρχική κατάσταση πηδαλίων	57
Εικόνα 74. Τα ενοποιημένα πηδάλια	57
Εικόνα 75. Κάθε κουπί αποτελεί και από ένα μόνο object	57
Εικόνα 76. Παράδειγμα UV Unwrapping Τρισδιάστατου Κύβου και δημιουργίας του UV Map ..	59
Εικόνα 77. Εισαγωγή texture στο έμβολο	60
Εικόνα 78. Η απεικόνιση του ματιού στο πλωριό μέρος	61
Εικόνα 79. Εισαγωγή Normal Map στο έμβολο	61
Εικόνα 80. Η τελική μορφή της πλώρης του πλοίου	61
Εικόνα 81. Βασικό Παράθυρο του Shader Editor	63
Εικόνα 82. Τρόποι απεικόνισης υλικού	64
Εικόνα 83. Το Shader Editor που χρησιμοποιήθηκε για το υλικό του ξύλου	65
Εικόνα 84. Οι αρχικοί κόμβοι για την κατασκευή του υλικού	65
Εικόνα 85. Diffuse, η βασική ομάδα του υλικού	66
Εικόνα 86. Το δέντρο κόμβων του βασικού χρώματος	66
Εικόνα 87. Η αποτύπωση μόνο του Base's Color	67
Εικόνα 88. Η εισαγωγή των αρμών του ξύλου	67
Εικόνα 89. Η απεικόνιση των αρμών	68
Εικόνα 90. Η εισαγωγή στιγμάτων στο υλικό	68
Εικόνα 91. Η αποτύπωση των στιγμάτων	69
Εικόνα 92. Το τελικό υλικό του ξύλου	69
Εικόνα 93. Η γάστρα του πλοίου με την εισαγωγή του υλικού	70
Εικόνα 94. Η τελική ρεαλιστική απεικόνιση της Τριήρους	70
Εικόνα 95. Δημιουργία 2-διάστατου επιπέδου	71
Εικόνα 96. Εισαγωγή Subdivision Surface	72
Εικόνα 97. Σημεία της επιφάνειας μετά την εντολή Sub Surface (Σύνολο 1089)	72
Εικόνα 98. Αρχικά σημεία της επιφάνειας (Σύνολο 4)	72
Εικόνα 99. Ενσωμάτωση της λειτουργίας Υφάσματος στο επίπεδο	73
Εικόνα 100. Επιλογή των σημείων που έχουν περιορισμό κινήσεων	73
Εικόνα 101. Οι επιλογές στην κατασκευή του Vertex Group	74
Εικόνα 102. Εισαγωγή του Pin Group	75

Εικόνα 103. Frame 100	75
Εικόνα 104. Frame 27.....	75
Εικόνα 105. Frame 1.....	75
Εικόνα 106. Τα πανιά της τριήρους	76
Εικόνα 107. Σημείο ένωσης κουπιού στον σκαλμό.....	77
Εικόνα 108. Μεταφορά του 3D Cursor στο σταθερό σημείο σκαλμού - κουπιού	78
Εικόνα 109. Κατασκευή των bones.....	78
Εικόνα 110. Η κατασκευή των bones στο κουπί	79
Εικόνα 111. Ένωση του κουπιού με το armature	80
Εικόνα 112. Επιλογή της σταθερής Μετατόπισης και Περιστροφής.....	81
Εικόνα 113. Δημιουργία αρχικής και τελικής θέσης του animation πλεύσης	82
Εικόνα 114. Οι αποθηκευμένες πληροφορίες του αντικειμένου.....	82
Εικόνα 115. Οι αρχικές καμπύλες των μετατοπίσεων.....	82
Εικόνα 116. Η ευθεία της μετατόπισης στον γ-άξονα.....	83
Εικόνα 117. Η ευθεία της μετατόπισης στον x-άξονα.....	83
Εικόνα 118. Η ευθεία της μετατόπισης στον z-άξονα.....	84
Εικόνα 119. Η περιστροφή του κουπιού ως προς τον άξονα x'x.....	84
Εικόνα 120. Η περιστροφή του κουπιού ως προς τον άξονα x'x.....	84
Εικόνα 121. Η περιστροφή του κουπιού ως προς τον άξονα y'y (1/2)	85
Εικόνα 122. Η περιστροφή του κουπιού ως προς τον άξονα y'y (2/2)	85
Εικόνα 123. Η κίνηση πλεύσης του κουπιού	87
Εικόνα 124. Η περιστροφή του κουπιού ως προς τον άξονα z'z	87
Εικόνα 125. Η πλεύση των κουπιών Frame 1.....	88
Εικόνα 126. Η πλεύση των κουπιών Frame 40	88
Εικόνα 127. Η πλεύση των κουπιών Frame 160	89
Εικόνα 128. Η πλεύση των κουπιών Frame 120	89
Εικόνα 129. Η πλεύση των κουπιών Frame 80	89
Εικόνα 130. Κομμάτι από τα action clips των κουπιών.....	91
Εικόνα 131. Οι μετατοπίσεις στους άξονες x'x και z'z	92
Εικόνα 132. Αρχική θέση κουπιού πριν την αποθήκευσή του.....	93
Εικόνα 133. Η μετατόπιση στον άξονα y'y.....	93
Εικόνα 134. Τελική θέση κουπιού στο τέλος της αποθήκευσής του.....	93
Εικόνα 135. Η περιστροφή ως προς τον άξονα x'x.....	95
Εικόνα 136. Η θέση του κουπιού μετά την περιστροφή του ως προς τον άξονα x'x	95
Εικόνα 137. Αρχική θέση κουπιού πριν την αποθήκευσή του.....	95

Εικόνα 138. Αρχική και τελική θέση της περιστροφής στον local άξονα y'y	96
Εικόνα 139. Η περιστροφή ως προς τον άξονα y'y (local)	96
Εικόνα 140. Η αποθήκευση των κουπιών Frame 80	97
Εικόνα 141. Η αποθήκευση των κουπιών Frame 40	97
Εικόνα 142. Η αποθήκευση των κουπιών Frame 1.....	97
Εικόνα 143. Η αποθήκευση των κουπιών Frame 120.....	97
Εικόνα 144. Τα πηδάλια και ο βραχίονας κατεύθυνσής τους.....	99
Εικόνα 145. Τα action clips που δημιουργήθηκαν για την γάστρα	100
Εικόνα 146. Η μετατοπίσεις και περιστροφές της κατάστασης εκκίνησης του πηδαλίου	100
Εικόνα 147. Αρχική θέση πηδαλίου	101
Εικόνα 148. Τελική θέση πηδαλίου.....	101
Εικόνα 149. Τα κύρια μέρη του πηδαλίου	102
Εικόνα 150. Όψη του πηδαλίου από πάνω και άνοιγμα στην υπερκατασκευή	103
Εικόνα 151. Η στήριξη του πηδαλίου στο σκάφος	103
Εικόνα 152. Τελική κατάσταση Frame 60	104
Εικόνα 153. Αρχική κατάσταση Frame 1.....	104
Εικόνα 154. Οι μετατοπίσεις στους άξονες x'x, y'y και z'z.....	105
Εικόνα 155. Οι περιστροφές στους άξονες x'x, y'y και z'z	105
Εικόνα 156. Αρχική θέση των χειριστήριων	106
Εικόνα 157. Αρχική θέση των πηδαλίων.....	106
Εικόνα 159. Τελική θέση των πηδαλίων.....	107
Εικόνα 158. Τελική θέση των χειριστήριων.....	107