



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική εργασία

**Υδροδυναμική Ανάλυση FPSO κατασκευής με χρήση εργαλείων υπολογιστικής
ρευστομηχανικής**

Hydrodynamic analysis of a FPSO using computational fluid dynamics tools

Συγγραφέας:

Θεανώ Χ. Λεβεντοπούλου

A.M.: 15053

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Μηχ. Θωμάς Π. Μαζαράκος

Αιγάλεω, 2022



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Μηχανικών
Τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών

Διπλωματική εργασία

**Υδροδυναμική Ανάλυση FPSO κατασκευής με χρήση εργαλείων υπολογιστικής
ρευστομηχανικής**

Συγγραφέας

Θεανώ Χ. Λεβεντοπούλου (Α.Μ.:15053)

Επιβλέπων Καθηγητής

Θωμάς Π. Μαζαράκος,
Επίκουρος Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Ημερομηνία εξέτασης

09/03/2022

Εξεταστική Επιτροπή

Θωμάς Π. Μαζαράκος,

Επίκουρος Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Κωνσταντίνος Πολίτης,

Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

Αντώνιος Χατζηαποστόλου,

Αναπληρωτής Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Λεβεντοπούλου Θεανώ του Χαράλαμπου, με αριθμό μητρώου 15053 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Ναυπηγών Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι 31/12/2023 και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Η Δηλούσα



Λεβεντοπούλου Θεανώ

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου, τον καθηγητή μου Θωμά Π. Μαζαράκο, τον Project Manager μου στο MARIN (Maritime Institute of Netherlands) και όσους πιστεύουν σε εμένα.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η υδροδυναμική ανάλυση πλωτών ημιβυθισμένων κατασκευών υπό τη δράση απλών αρμονικών κυματισμών με χρήση προγραμμάτων BEM (Boundary Elements Method). Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τις πλωτές υπεράκτιες κατασκευές και τα συστήματα αγκύρωσής τους, καθώς και τα αποτελέσματα της υδροδυναμικής ανάλυσης διάφορων σωμάτων στο πεδίο των συχνοτήτων και στο πεδίο του χρόνου. Παρουσιάζονται οι δυνάμεις διέγερσης, οι πρόσθετες μάζες, οι υδροδυναμικές αποσβέσεις, οι κινήσεις και οι μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης. Οι τελευταίες, είναι υπολογισμένες με τη μέθοδο της μεταβολής της ορμής και τη μέθοδο της απ' ευθείας ολοκλήρωσης.

Λέξεις κλειδιά: πλωτές κατασκευές, δυνάμεις διέγερσης, πρόσθετη μάζα, υδροδυναμική απόσβεση, κινήσεις, μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης, πεδίο των συχνοτήτων, πεδίο του χρόνου.

Abstract

The main purpose of the following dissertation is the hydrodynamic analysis of semi-submersible structures under the effect of simple harmonic waves with the use of computed tools (Boundary Elements Method). The thesis is consisted of bibliographic research regarding the offshore floating structures and the mooring systems and results of the hydrodynamic analysis, as well, considering the frequency domain and the time domain. The considered effects are exciting wave forces, added mass, hydrodynamic damping, the motions and the mean second-order drift forces, which have been calculated with the change of linear and angular momentum within a prescribed fluid domain ('far field' method) and the method of direct integration of pressure acting on the wetted surface of the body ('near field' method).

Key words: offshore structures, FPSO, exciting wave forces, added mass, hydrodynamic damping, RAO's, mean second order drift forces, frequency domain, time domain.

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΠΛΩΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	2
ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΛΩΤΩΝ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	9
2.1 Τύποι πλωτών υπεράκτιων κατασκευών.....	9
Κεφάλαιο 1: 2.1.1 Πλατφόρμες γεώτρησης / προστασίας.....	10
Κεφάλαιο 2: 2.1.2 Αυτόνομες πλατφόρμες	10
2.1.3 Πλατφόρμες παραγωγής	10
2.1.4 Πλατφόρμες Jacket	11
2.1.5 Βοηθητικές πλατφόρμες (πλατφόρμες δορυφόροι)	11
2.1.6 Γέφυρες.....	11
2.1.7 Ελικοδρόμιο	12
2.1.8 Άλλοι τύποι πλωτών κατασκευών	12
2.1.9 Εξέδρα βαρύτητας με τσιμέντο.....	12
2.1.10 Πλωτή κατασκευή υπό υψηλή προένταση ή προεντεταμένους τένοντες.....	13
Κεφάλαιο 3: 2.1.11 Πλατφόρμες Spar	14
FPSO ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	16
3.1 Πλωτές μονάδες παραγωγής - αποθήκευσης και φορτοεκφόρτωσης.....	16
Κεφάλαιο 4: 3.2 Πλωτές μονάδες αποθήκευσης και φορτο-εκφόρτωσης	17
Κεφάλαιο 5: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΝ.....	19
4.1 Απαιτήσεις.....	21
ΚΥΜΑΤΙΚΕΣ ΘΕΩΡΙΕΣ	24
Κεφάλαιο 6: 5.1 Κύματα	24
5.2 Θεωρίες κυμάτων	24
5.2.1 Θεωρία των κυμάτων Airy	25
ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	31
6.1 Θεωρητικό υπόβαθρο για τυχαίες γεωμετρίες	31

6.1.1	Δυνάμεις και ροπές διέγερσης	31
6.2	Πεδίο συχνοτήτων	36
6.3	Μητρώο συντελεστών επαναφοράς (Hydrostatic Stiffness Matrix)	36
6.4	Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης	39
6.4.1	Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης με τη μέθοδο της μεταβολής της ορμής	39
6.4.2	Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης με τη μέθοδο της απ' ευθείας ολοκλήρωσης.....	39
	ΚΥΜΑΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ – ΤΥΧΑΙΟΙ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΙ.....	41
7.1	Φάσματα κυμάτων	41
Κεφάλαιο 7:		
7.1.1	Φάσμα Bretschneider	42
7.1.2	Φάσμα Pierson-Moskowitz (PM)	42
7.1.3	Τροποποιημένο φάσμα PM (2 παράμετροι H_s, ω_0)	42
7.1.4	Φάσμα ISSC (2 παράμετροι H_s, ω)	43
7.1.5	Φάσμα JONSWAP (Joint North Wave Project)	43
Κεφάλαιο 8:		
	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ.....	46
8.1	Αποτελέσματα υδροδυναμικής ανάλυσης κυλίνδρου	46
8.1.1	Δυνάμεις διέγερσης από 0° έως 180° μοίρες.	48
8.1.2	Πρόσθετες μάζες.....	50
8.1.3	Υδροδυναμική απόσβεση	53
8.1.4	Γενικευμένες κινήσεις από 0° έως 180° μοίρες.....	55
8.1.5	Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης από 0° έως 180° με τη μέθοδο Far Field.	58
8.1.6	Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης από 0° έως 180° με τη μέθοδο Near Field.	59
8.2	Αποτελέσματα υδροδυναμικής ανάλυσης DNV-Barge	62
8.2.1	Δυνάμεις διέγερσης DNV-GL barge από 0° έως 180° μοίρες.....	63
8.2.2	Πρόσθετες μάζες DNV-GL barge.....	66

8.2.3	Υδροδυναμική απόσβεση DNV-GL barge.	69
8.2.4	Γενικευμένες κινήσεις DNV-GL barge από 0° έως 180° μοίρες.....	72
8.2.5	Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης από 0° έως 180° μοίρες με τη μέθοδο Far Field.....	75
8.2.6	Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης από 0° έως 180° μοίρες με τη μέθοδο Near Field.	76
8.3	Αποτελέσματα υδροδυναμικής ανάλυσης πλωτής κατασκευής PTSC BIEN DONG	80
8.3.1	Δυνάμεις διέγερσης PTSC BIEN DONG από 0° έως 180° μοίρες.	81
8.3.2	Συντελεστές πρόσθετης μάζας PTSC BIEN DONG.	84
8.3.3	Αποτελέσματα υδροδυναμικών αποσβέσεων PTSC BIEN DONG.....	87
8.3.4	Αποτελέσματα RAO's από 0° έως 180° μοίρες.	90
8.3.5	Αποτελέσματα μέσων δυνάμεων έκπτωσης δεύτερης τάξης PTSC BIEN DONG από 0° έως 180° μοίρες με τη μέθοδο Near Field.	93
8.4	Αποτελέσματα της κατασκευής στο πεδίο του χρόνου.....	96
8.4.1	Κινήσεις της κατασκευής PTSC BIEN DONG στο πεδίο του χρόνου.....	97
8.4.2	Ταχύτητες της κατασκευής PTSC BIEN DONG στο πεδίο του χρόνου.....	100
8.4.3	Επιταχύνσεις της κατασκευής PTSC BIEN DONG στο πεδίο του χρόνου.....	103
8.4.4	Δυνάμεις που ασκούνται στην κατασκευή PTSC BIEN DONG στο πεδίο του χρόνου	106
8.4.5	Τάσεις στις γραμμές αγκύρωσης της κατασκευής PTSC BIEN DONG στο πεδίο του χρόνου.....	109
	Συμπεράσματα.....	111
	Προτάσεις	112
	Βιβλιογραφία	113
	Παράρτημα I: Σχεδίαση των κατασκευών.....	117
	Σχεδίαση Κυλίνδρου	117
	Σχεδίαση πλωτής κατασκευής DNV-GL	118

Σχεδίαση της πλωτής κατασκευής PTSC BIEN DONG	120
Παράρτημα II: Εισαγωγή στο πρόγραμμα ANSYS-AQWA.....	136
Η χρήση του προγράμματος.....	136
Εισαγωγή του συστήματος αγκύρωσης	146
Παράρτημα III: Αποτελέσματα σε μορφή πίνακα	154
Αποτελέσματα κυλίνδρου	154
Αποτελέσματα barge DNV	188
Αποτελέσματα PTSC BIEN DONG	205

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

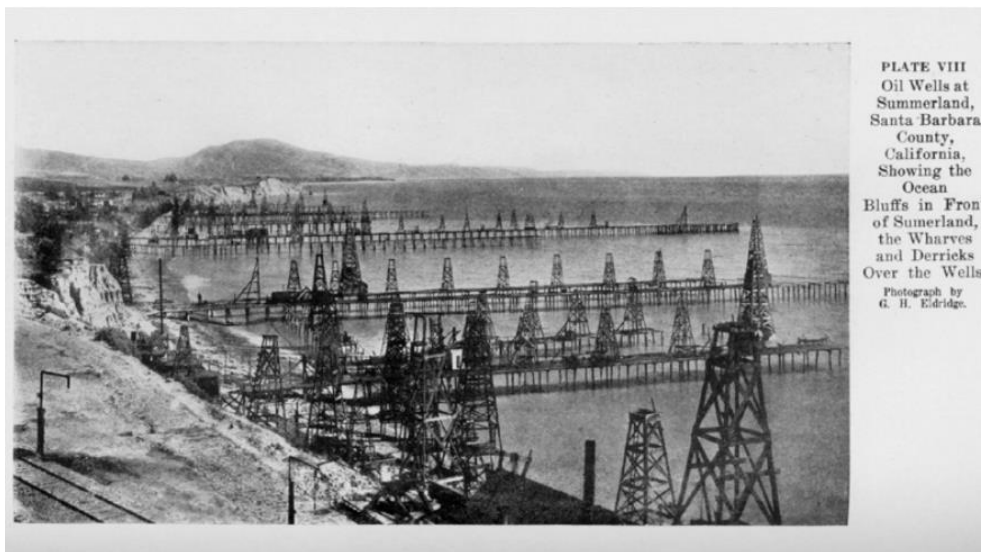
Στα πλαίσια της εργασίας αυτής, γίνεται ανάλυση για τις συνθήκες που διέπουν τη λειτουργία των πλωτών κατασκευών και των αγκυρώσεών τους. Όταν αναφερόμαστε σε πλωτές κατασκευές, συνήθως, εννοούμε πλωτές εξέδρες, φορηγίδες, πλωτές ανεμογεννήτριες ή πλοία που μετασκευάστηκαν και χρησιμοποιούνται σαν σταθμοί αποθήκευσης και φορτοεκφόρτωσης πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Συγκεκριμένα, στα συστήματα αυτά ασκούνται δυνάμεις που προέρχονται από το περιβάλλον αλληλεπίδρασής τους, δηλαδή τη θάλασσα και τον άνεμο. Οι δυνάμεις που ασκούνται σε αυτά τα συστήματα είναι συνήθως οι δυνάμεις που ασκούνται στην κατασκευή από τον άνεμο, τα θαλάσσια ρεύματα και τα κύματα. Είναι συνεπώς αναγκαίο να μελετηθεί η επίδραση των δυνάμεων αυτών σε μια πλωτή κατασκευή. Οι κατασκευές αυτές δεν πρέπει να κινούνται ακαθόριστα εξαιτίας των συνθηκών του περιβάλλοντος και κατά συνέπεια τα συστήματα αυτά αγκυρώνονται. Έτσι, το τελικό σύστημα μελέτης αποτελείται από την πλωτή κατασκευή, τις συνθήκες του περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης και το σύστημα αγκύρωσης.

Η μελέτη που γίνεται σε αυτή την εργασία για αυτό το συνολικό σύστημα, αφορά την υδροδυναμική ανάλυση ως προς το πεδίο των συχνοτήτων και το πεδίο του χρόνου, δηλαδή, μελετώνται οι δυνάμεις διέγερσης του συστήματος, οι αποκρίσεις και η εύρεση των δυνάμεων που ασκούνται στους κλάδους αγκύρωσης.

ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΠΛΩΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Η πρώτη απόπειρα για υπεράκτια εξόρυξη πετρελαίου πραγματοποιήθηκε το 1898 στην περιοχή Summerland κοντά στη Santa Barbara, στην Καλιφόρνια, λόγω των κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου που υπήρχαν στην περιοχή αυτή. Το 1903 μια ισχυρή καταιγίδα προκάλεσε σοβαρές ζημιές στην πλωτή κατασκευή, ενώ παλίρροιες και καταιγίδες την κατέστρεψαν ολοκληρωτικά το 1939.



Σχήμα 1-1 Η ανάπτυξη της υπεράκτιας εξόρυξης πετρελαίου στην περιοχή Summerland (https://en.wikipedia.org/wiki/Summerland_Oil_Field).



Σχήμα 1-2 Περιοχές όπου αναπτύχθηκε η υπεράκτια εξόρυξη πετρελαίου (<https://www.kcrw.com/news/shows/greater-la/environment>)

Ήδη από το 1909-1910, εκτυλίσσονταν διαδικασίες γεώτρησης στη Λουιζιάνα. Η πρώτη πλωτή κατασκευή στην οποία δεν υπήρχε πρόσβαση από τη στεριά, δηλαδή, χωρίς διαδρόμους από την εξέδρα, κατασκευάστηκε στους βάλτους της Λουιζιάνα στις αρχές της δεκαετίας του 1930 με τη χρήση φορτηγίδων μικρού βυθίσματος. Αυτές οι φορτηγίδες ήταν ορθογώνιες με μια στενή σχισμή στο πρυμναίο άκρο τους για τον αγωγό του κοιτάσματος. Δημιουργούνταν κανάλια μέσω εκβάθυνσης, έτσι ώστε ρυμουλκά να μπορούν να μετακινούν τις φορτηγίδες σε συγκεκριμένες θέσεις. Αργότερα, οι φορτηγίδες σταθεροποιούνταν με χαλύβδινο πλέγμα πάνω από την κεντρική φορτηγίδα, που τους επέτρεπε να εργαστούν σε μεγαλύτερα βάθη νερού με βύθιση της φορτηγίδας στον πυθμένα. Αυτές οι φορτηγίδες συνήθως απαιτούσαν γύρω τους πασσάλους, για να αποφύγουν αλλαγές της θέσης τους από τον άνεμο και τους θαλάσσιους κυματισμούς.

Το 1947 κατασκευάστηκε μια νέα πλωτή μονάδα παραγωγής πετρελαίου, όταν η εταιρεία Kerr-Mc Gee Oil για πρώτη φορά προχώρησε σε εξόρυξη, που δεν ήταν ορατή από τη στεριά, μέσω της κατασκευής μιας πλατφόρμας παραγωγής και εκμετάλλευσης πετρελαίου σε βάθος νερού 6 μέτρων και απόστασης 30 χιλιομέτρων από την ακτή, στον Κόλπο του Μεξικού. Η τεχνολογία γεωτρήσεων είχε αναπτυχθεί μέσω νέων εξελιγμένων τεχνικών και επιτευγμάτων, όπως ήταν η αντικατάσταση γεωτρήσεων μόνιμης κατεύθυνσης από εξελιγμένα περιστροφικά, καθώς και η επιλογή χαλύβδινων κατασκευών έναντι ξύλινων, μιας και το μέταλλο παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή στις εξέδρες και χαμηλότερο συνολικό κόστος κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης του κοιτάσματος.



*Σχήμα 1-3 Η πλωτή μονάδα παραγωγής της εταιρείας Kerr-Mc Gee Oil
(<https://www.geoexpro.com/articles/2008/04/pioneering-production-from-the-deep-sea>).*

Δύο χρόνια αργότερα, το 1949 ο John T. Hayward σχεδίασε και κατασκεύασε την εξέδρα Breton 20. Η διαφορά από την εξέδρα του Kerr-Mc Gee έγκειται στο γεγονός ότι το σύνολο του εξοπλισμού της, βρισκόταν ολόκληρο πάνω στη φορτηγίδα και μπορούσε να ρυμουλκηθεί ως πλήρης μονάδα. Η μονάδα αυτή διέθετε δύο σταθεροποιητικά πιστόνια, ένα σε κάθε πλευρά της φορτηγίδας, τα οποία ανέβαιναν υδραυλικά, όταν η φορτηγίδα βυθιζόταν ή ανέβαινε προς τα επάνω. Παρ' όλο που λειτούργησε αποκλειστικά σε ρηγά νερά, δηλαδή σε λιγότερο από 6.5 μέτρα βάθος περιοχής εγκατάστασης, η εξέδρα Breton 20 χαρακτηρίζεται σήμερα, ως η πρώτη κινητή μονάδα υπεράκτιας εξόρυξης (Mobile Offshore Drilling Unit, MODU). Θεωρείται ως ένα σπουδαίο τεχνολογικό επίτευγμα, καθώς εκμηδένισε το χρόνο και το κόστος κατασκευής μιας ξύλινης πλατφόρμας που θα στηρίζει ολόκληρη ή μέρος της εξέδρας.



Σχήμα 1-4 Η εξέδρα Breton 20, η πρώτη κινητή κατασκευή υπεράκτιας εξόρυξης
(History of offshore drilling units - PetroWiki (spe.org) <https://ethw.org/File:BretonRig20.png>)

Η ανάπτυξη σύγχρονων υπεράκτιων κατασκευών ξεκίνησε στα τέλη του 1950. Η πρώτη κινούμενη πλωτή κατασκευή, που κατασκευάστηκε μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο στην Καλιφόρνια ήταν η Hazel, η οποία εγκαταστάθηκε το 1958 σε 30m βάθος περιοχής εγκατάστασης. Η πλωτή κατασκευή απαγορεύτηκε και καταργήθηκε το 1996.



Σχήμα 1-5 Πλατφόρμα Hazel (Houseworth and Stringfellow, 2015)

Κατά τη δεκαετία του 1970, η ανάπτυξη των πλωτών υπεράκτιων κατασκευών στην περιοχή της Καλιφόρνια, επιβραδύνθηκε. Μόνο οι πλατφόρμες Hondo (1976), C (1977), Henry (1979) και Grace (1979) εγκαταστάθηκαν κατά τη διάρκεια αυτής της δεκαετίας. Ο ρυθμός ανάπτυξης επιταχύνθηκε κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980 με την εγκατάσταση των πλωτών πλατφορμών εξόρυξης πετρελαίου. Το 1990, το νησί Esther στο San Pedro Bay, μετατράπηκε σε πλωτή πλατφόρμα, την Esther (Houseworth & Stringfellow, July 2015).



Σχήμα 1-6 Πλατφόρμα Heritage 1989 (Harold E. Syms, 1999-2003).

Η ανάπτυξη επιπρόσθετων πλωτών κατασκευών υπεράκτιας παραγωγής σταμάτησε μετά το 1990. Αυτή η πτώση της δραστηριότητας σχετίζεται άμεσα με τους κανονισμούς ως προς τη μίσθωση στην υπεράκτια εξόρυξη πετρελαίου και φυσικού αερίου (Sutherland Asbill & Brennan LLP, 2008; Chiang, 2009). Οι κανονισμοί για τα εθνικά ύδατα έγινε μέρος του νόμου της Καλιφόρνιας το 1994 (California Coastal Sanctuary Act, 1994, <https://www.environmentaldefensecenter.org/california-coastal-sanctuary-act-of-1994/>).

Παρόλο που οι κανονισμοί στα χωρικά ύδατα άρθηκαν το 2008, το Νοέμβριο του 2011, η κυβέρνηση Ομπάμα επέβαλε πενταετείς κανονισμούς από το 2012 που έκλεισαν όλη την Καλιφόρνια για νέα υπεράκτια εξόρυξη πετρελαίου και φυσικού αερίου (U.S. House of Representatives, 2011).

Τα τελευταία 40 χρόνια, αναπτύχθηκαν δύο βασικοί τύποι σταθερών πλατφορμών, το χαλύβδινο πρότυπο, το οποίο εδραιώθηκε στον Κόλπο του Μεξικού (GoM), και η εξέδρα

βαρύτητας με τσιμέντο, που αναπτύχθηκε για πρώτη φορά στη Βόρεια Θάλασσα. Πρόσφατα, ένας τρίτος τύπος, η πλωτή κατασκευή υπό υψηλή προένταση ή με προεντεταμένους τένοντες έχει χρησιμοποιηθεί για τη διάτρηση και άντληση πετρελαίου σε πολύ μεγάλα βάθη. Το 1976, η Exxon εγκατέστησε μια πλατφόρμα στο κανάλι Santa Barbara, CA, σε βάθος νερού 259 m (850 ft).

Οι τρεις βασικές απαιτήσεις σχεδιασμού για μια πλωτή υπεράκτια κατασκευή είναι:

1. Η ικανότητα αντοχής σε όλα τα φορτία που αναμένονται κατά την κατασκευή, μεταφορά και εγκατάσταση.
2. Η ικανότητα να αντέχει σε καταπονήσεις που προκύπτουν από σοβαρές καταιγίδες και σεισμούς.
3. Η ικανότητα να λειτουργεί με ασφάλεια συνδυάζοντας διάτρηση, παραγωγή, και μεταφόρτωση - προμήθεια.

Η σημασία της δεύτερης απαίτησης και η ανάγκη επανεκτίμησης των κριτηρίων σχεδιασμού των πλωτών κατασκευών, τονίστηκε στη δεκαετία του 1960, όταν τυφώνες προκάλεσαν σοβαρές ζημιές σε πλατφόρμες στον Κόλπο του Μεξικού. Το 1964 ο τυφώνας Χίλντα, με ύψος κύματος 13 m και ταχύτητα ανέμου έως 89 m/s, κατέστρεψε 13 πλωτές κατασκευές. Τον επόμενο χρόνο, ο τυφώνας Betsy κατέστρεψε 3 πλατφόρμες και δημιούργησε ζημιές σε πολλές άλλες. Επειδή η Χίλντα και ο Μπέτσι ήταν «τυφώνες 100 χρονών» οι σχεδιαστές άρχισαν να σχεδιάζουν λαμβάνοντας υπόψη 100-ετείς καταιγίδες (El-Reedy, 2019).

Οι εκτιμήσεις των παγκόσμιων αποθεμάτων πετρελαίου, με βάση γεωλογικές και γεωφυσικές μελέτες και ανακαλύψεις πετρελαίου και φυσικού αερίου από τον Ιανουάριο του 1996, δείχνουν ότι περίπου το 53% των αποθεμάτων βρίσκονται στη Μέση Ανατολή. Συνολικά, το 60% των αποθεματικών ελέγχονται από τον Οργανισμό Χωρών Εξαγωγής Πετρελαίου (OPEC, https://www.opec.org/opec_web/en/). Προφανώς, ο OPEC και η Μέση Ανατολή είναι πολύ σημαντικοί για τις τρέχουσες ενεργειακές ανάγκες του κόσμου.

Οι περισσότεροι ερευνητές πιστεύουν ότι τα κύρια χερσαία αποθέματα υδρογονανθράκων έχουν ήδη ανακαλυφθεί και ότι οι σημαντικότερες μελλοντικές ανακαλύψεις θα είναι σε υπεράκτιες περιοχές, στην Αρκτική και σε άλλες δυσπρόσιτες περιοχές του κόσμου (El-Reedy, 2019).

Οι παράκτιες περιοχές της Δυτικής Αφρικής και της ανατολικής Νότιας Αμερικής φαίνεται να έχουν παρόμοιες δυνατότητες παραγωγής βαθέων υδάτων. Κατά τη διάρκεια της πολύ πρώιμης γεωλογικής ιστορίας, τα ιζήματα εναποτέθηκαν σε λεκάνες με περιορισμένη κυκλοφορία και αργότερα μετατράπηκαν σε πετρώματα υπερκάλυψης που βρέθηκαν στις παράκτιες περιοχές αυτών των περιοχών. Η παρουσία αυτών των γεωλογικών σχηματισμών είναι η αρχική ένδειξη της παρουσίας υδρογονανθράκων, αλλά, πριν εντοπιστούν εφικτές εναλλακτικές λύσεις για την παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου από ένα πεδίο και επιλεγεί το πιο επιθυμητό σχήμα παραγωγής, πρέπει να ολοκληρωθεί διερευνητική εργασία που καθορίζει τα χαρακτηριστικά του κοιτάσματος. Οι γεωλόγοι και οι γεωφυσικοί αξιολογούν τους γεωλογικούς σχηματισμούς της τοποθεσίας για να προσδιορίσουν εάν έχει πιθανά αποθέματα υδρογονανθράκων.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΛΩΤΩΝ ΥΠΕΡΑΚΤΙΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

2.1 Τύποι πλωτών υπεράκτιων κατασκευών

Οι σταθερές πλωτές υπεράκτιες κατασκευές κατηγοριοποιούνται στους εξής τύπους (ΕΙ-
Κεφάλαιο 2: Reedy, 2019):

- Πλατφόρμες γεώτρησης / προστασίας
- Πλατφόρμες υπό προένταση
- Αυτόνομες πλατφόρμες
- Πλατφόρμες παραγωγής
- Πλατφόρμες τετραγωνικού τύπου
- Πλατφόρμες τύπου Jacket
- Βοηθητικές πλατφόρμες
- Γέφυρες
- Ελικοδρόμια

Κάθε ένας από τους παραπάνω τύπους πλατφόρμας έχει τα δικά του μοναδικά χαρακτηριστικά από άποψη λειτουργικότητας.

2.1.1 Πλατφόρμες γεώτρησης / προστασίας

Τα κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου εξορύσσονται από αυτή την πλατφόρμα, οπότε η πλατφόρμα άντλησης πετρελαίου θα προσεγγίσει νέα κοιτάσματα ή θα εκτελέσει οποιαδήποτε εργασία καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της πλωτής κατασκευής.

2.1.2 Αυτόνομες πλατφόρμες

Η αυτόνομη πλατφόρμα είναι μεγάλη, συνήθως με πολλαπλά καταστρώματα που έχουν επαρκή αντοχή και χώρο για να υποστηρίξουν ολόκληρη την εξέδρα γεώτρησης με τον βοηθητικό εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις πληρώματος, καθώς και αρκετές προμήθειες και υλικά για να διαρκέσουν κατά τη μεγαλύτερη αναμενόμενη περίοδο άσχημου καιρού, στις οποίες δεν μπορούν να εισαχθούν νέες προμήθειες. Υπάρχουν δύο τύποι αυτόνομης πλατφόρμας: ο τύπος template και ο τύπος πύργου (El-Reedy, 2019).

2.1.3 Πλατφόρμες παραγωγής

Οι πλατφόρμες παραγωγής υποστηρίζουν αίθουσες ελέγχου, συμπιεστές, δεξαμενές αποθήκευσης, εξοπλισμό επεξεργασίας και άλλες εγκαταστάσεις.



Σχήμα 2-1 Πλατφόρμα Παραγωγής (<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/fixed-offshore-platform>)

2.1.4 Πλατφόρμες Jacket

Μια flare jacket είναι μια σωληνοειδής χαλύβδινη κατασκευή που εκτείνεται από τη γραμμή βάσης στον πυθμένα σε περίπου 3-4.2 μέτρα (10-13 πόδια) πάνω από την ίσαλο γραμμή (MWL). Ασφαλίζεται στο κάτω μέρος οδηγώντας σωληνοειδείς πυλώνες μέσω κατακόρυφων σωλήνων. Οι δομές της πλατφόρμας jacket, που ονομάζονται επίσης πρότυπα ή πλέγματα, είναι τρισδιάστατες κατασκευές - πλαίσια που αποτελούνται από σωληνοειδείς στήλες (πόδια και μπρακέτα). Οι jacket είναι οι πιο κοινές υπεράκτιες κατασκευές που χρησιμοποιούνται για γεωτρήσεις και παραγωγή πετρελαίου. Έχουν συνήθως τέσσερα έως οκτώ πόδια, τα οποία δεν είναι κατακόρυφα (έχουν μικρή κλίση) (Mazarakos, 2020a) για να αυξάνουν τη σταθερότητα υπό τη δράση φορτίσεων από το περιβάλλον και να ανθίστανται στις ροπές περιστροφής. Οι σωλήνες που διεισδύουν στο έδαφος καθορίζουν τη δομή στο βυθό και οδηγούνται (σφυρηλατούνται) μέσω των ποδιών της jacket στον πυθμένα της θάλασσας. Ο σχεδιασμός του σωλήνα επηρεάζεται ιδιαίτερα από τις συνθήκες του εδάφους και τα χαρακτηριστικά του βυθού.

2.1.5 Βοηθητικές πλατφόρμες (πλατφόρμες δορυφόροι)

Μερικές φορές μικρές πλατφόρμες κατασκευάζονται δίπλα σε μεγαλύτερες πλατφόρμες για να αυξήσουν το διαθέσιμο χώρο ή για να επιτρέψουν τη μεταφορά βαρύτερων φορτίων εξοπλισμού στις κύριες πλατφόρμες. Τέτοιες βοηθητικές πλατφόρμες έχουν χρησιμοποιηθεί για σταθμούς άντλησης, σταθμούς συμπίεσης, αποθήκευση λαδιού, τετράγωνα πλατφόρμες ή πλατφόρμες παραγωγής.

2.1.6 Γέφυρες

Μια γέφυρα μήκους 30-49 m (100-160 ft) που συνδέει δύο γειτονικές υπεράκτιες κατασκευές ονομάζεται «κατάστρωμα». Το κατάστρωμα υποστηρίζει αγωγούς ή βοηθά στο χειρισμό υλικών.

2.1.7 Ελικοδρόμιο

Το ελικοδρόμιο είναι η περιοχή προσγείωσης ενός ελικοπτέρου. Επομένως, πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο για να χειρίζεται τις εργασίες φόρτωσης και εκφόρτωσης.

Ένα τετράγωνο ελικοδρόμιο έχει πλευρικό μήκος ενάμισι έως δύο φορές το μήκος του μεγαλύτερου ελικοπτέρου. Η επιφάνεια προσγείωσης του ελικοδρόμιου θα πρέπει να είναι σχεδιασμένη για συγκεντρωμένο φορτίο της τάξεως του 75% του μικτού βάρους. Το φορτίο πρόσκρουσης είναι δύο φορές το μικό βάρος για το μεγαλύτερο ελικόπτερο και αυτό το φορτίο πρέπει να διατηρείται σε μια περιοχή $0,6m \times 0,6m$ οπουδήποτε στην επιφάνεια του ελικοδρομίου.

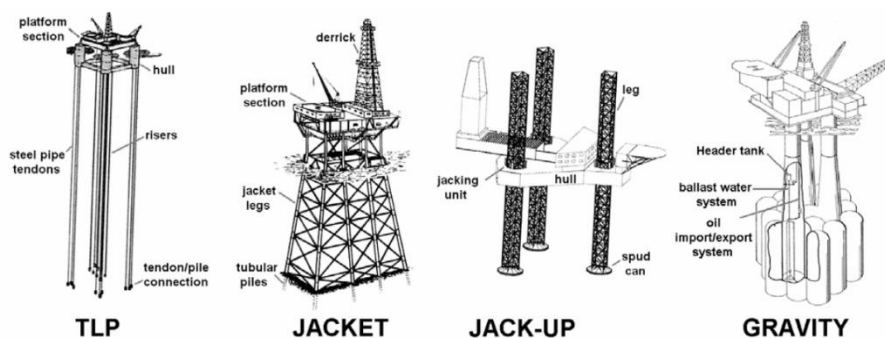
2.1.8 Άλλοι τύποι πλωτών κατασκευών

Διάφοροι τύποι υπεράκτιων πλωτών κατασκευών έχουν αναπτυχθεί με την πάροδο των ετών λόγω των απαιτήσεων για την παραγωγή και άντληση πετρελαίου και φυσικού αερίου σε τοποθεσίες που έχουν μεγαλύτερο βάθος νερού. Αυτοί οι τύποι πλατφορμών είναι οι παρακάτω (EI-Reedy, 2019):

2.1.9 Εξέδρα βαρύτητας με τσιμέντο

Σε περιοχές όπου υπάρχει χαμηλό απόθεμα πετρελαίου, μπορεί να εξορυχθεί μόνο μια πηγή κοιτάσματος. Επινοήθηκαν πολλές εναλλακτικές λύσεις για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης για την επίτευξη επιχειρηματικής δραστηριότητας. Μία λύση είναι να έχουμε μια υποθαλάσσια πηγή που να συνδέεται στην πλησιέστερη πλατφόρμα μέσω αγωγού. Αυτή η λύση είναι δαπανηρή, αλλά τώρα χρησιμοποιείται ευρέως σε βαθιά νερά.

Η ιδέα αυτής της πλατφόρμας είναι να χρησιμοποιήσει τον ίδιο τον αγωγό ως την κύρια υποστήριξη για το μικρό κατάστρωμα. Υπάρχουν επίσης δύο διαγώνιες σωλήνες που συνδέονται στο έδαφος με δύο στήλες.



Σχήμα 2-2 Άλλοι τύποι πλωτών κατασκευών (N.Haritos, 2007)

2.1.10 Πλωτή κατασκευή υπό υψηλή προένταση ή προεντεταμένους τένοντες

Οι πλατφόρμες υπό υψηλή προένταση χρησιμοποιούνται πολύ συχνά τα τελευταία χρόνια (Mazarakos, 2016; Mazarakos, Soukissian, Mavrakos, 2021; Mazarakos, Manolas, Mavrakos, 2021; Charalambous and Mazarakos, 2019; Mazarakos, and Mavrakos, 2018; Mazarakos et al. 2014). Λειτουργούν ως πλατφόρμες γεώτρησης, αλλά ο εξοπλισμός γεώτρησης στηρίζεται στην πλατφόρμα.

Σήμερα υπάρχει μια τάση χρήσης του φυσικού αερίου που τα προηγούμενα 40 χρόνια έμοιαζε επουσιώδης, οπότε υπάρχουν πολλά έργα που στοχεύουν στην εξόρυξη φυσικού αερίου σε βαθιά νερά. Η συμβατική σταθερή υπεράκτια κατασκευή δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί, επομένως ερευνητές και εταιρείες έχουν χρησιμοποιήσει προεντεταμένους τένοντες στην πλατφόρμα σε βαθιά νερά.

Η πλατφόρμα υπό υψηλή προένταση είναι μια κατακόρυφη αγκυροβολημένη κατασκευή που χρησιμοποιείται συνήθως για την υπεράκτια παραγωγή πετρελαίου ή φυσικού αερίου και είναι κατάλληλη για βάθη νερού μεγαλύτερα από 300 m (περίπου 1000 ft).

Η πρώτη πλατφόρμα υπό υψηλή προένταση κατασκευάστηκε για το πεδίο Hutton της Conoco στη Βόρεια Θάλασσα στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Η γάστρα ναυπηγήθηκε στο ναυπηγείο Nigg του Highland Fabricator. Η πλατφόρμα υψηλής προέντασης κατασκευάστηκε για βάθος νερού άνω των 1425 m (περίπου 4700 ft).

Για μια πλατφόρμα με προεντεταμένους τένοντες (TLP), η διαφορά μεταξύ βάρους και μεγάλης δύναμης πλευστότητας οδηγεί σε πολύ μεγάλη τάση στους τένοντες που σταθεροποιεί την πλατφόρμα (Mazarakos and Mavrakos, 2017). Οι πλωτές αυτές κατασκευές είναι

συμβατικές πλατφόρμες και συγκρατούνται στις κινήσεις heave, roll, yaw (Mazarakos, 2020a). Τα TLP's έχουν υψηλή αντοχή στις κινήσεις heave, roll και yaw λόγω των προεντεταμένων τενόντων. Η αξονική ακαμψία των προεντάσεων ελέγχει τη φυσική συχνότητα της κίνησης heave, ενώ οι κινήσεις pitch και roll εξαρτώνται επίσης από την απόσταση μεταξύ των τενόντων. Η αύξηση του πάχους των τοιχωμάτων των σωλήνων αυξάνει την αντοχή στην κίνηση heave και η μεγάλη σχετικά απόσταση ανάμεσα στους τένοντες αυξάνει την αντοχή στις κινήσεις roll και pitch (ωστόσο, αυτό επηρεάζει και το κόστος). Η εγκατάσταση των TLP's είναι μια δύσκολη διαδικασία. Η πλατφόρμα ρυμουλκείται και έπειτα σταθεροποιείται μέσω της σύνδεσης των τενόντων. Στη συνέχεια, αρχίζει να κινείται και δημιουργείται μεγαλύτερη άντωση και αρκετή προένταση στον κατακόρυφο άξονα της κατασκευής.

Η πρώτη υπεράκτια κατασκευή αυτού του τύπου, κατασκευάστηκε πριν από περίπου 25 χρόνια, ως απάντηση στη ζήτηση των εταιρειών παραγωγής να διερευνήσουν ταμειυτήρες χαμηλού όγκου.



Σχήμα 2-3 Πλατφόρμα με προεντεταμένους τένοντες (<https://www.modec.com/project/detail/stampede.html>)

2.1.11 Πλατφόρμες Spar

Οι πλατφόρμες Spar είναι κυλινδρικοί πυργίσκοι που έχουν σχεδιαστεί για διάτρηση, παραγωγή και αποθήκευση. Τα έξαλλα και οι εγκαταστάσεις πάνω από το νερό υποστηρίζονται χάρη στην πλευστότητα της πλωτής κατασκευής, ενώ σταθεροποιούνται από το έρμα και το βάρος τους. Το κέντρο μάζας βρίσκεται χαμηλότερα από το κέντρο πλευστότητας, το οποίο αποκαθιστά και σταθεροποιεί την πλατφόρμα. Χρησιμοποιούνται

συνήθως πολλές γραμμές αγκύρωσης, για τη σταθεροποίηση της κατασκευής στην περιοχή εγκατάστασής της. Το σύστημα αγκύρωσης μπορεί να είναι κατασκευασμένο από συρματόσχοινο, σχοινί από πολυεστέρα ή αλυσίδα (Mazarakos et. al. 2019; Mazarakos and Mavrakos, 2016, 2018; Mazarakos and Mazarakos, 2014, 2019).

FPSO ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Ως FPSO καλείται ένα πλοίο που βρίσκεται μακριά από τη στεριά, επεξεργάζεται το αργό πετρέλαιο και το φυσικό αέριο - το οποίο μπορεί και να το υγροποιήσει- το αποθηκεύει και το μεταφορτώνει - προμηθεύει σε δεξαμενόπλοια ή LNGC- LPGC. Είναι αποτελεσματικό σε μεγάλα βάθη, όπου οι βυθισμένοι αγωγοί αποφεύγονται λόγω κόστους. Μπορεί επίσης, να μετακινηθεί σε διάφορες περιοχές (Chatjigeorgiou et. al. 2006).

Είναι γνωστό ότι μέχρι και το 2007, τα πλοία τύπου FPSO προέρχονταν από μετασκευασμένα δεξαμενόπλοια, των οποίων οι πλοιοκτήτες είχαν βρει έναν τρόπο ώστε να εκμεταλλεύονται πλοία που σε άλλες περιπτώσεις θα αποσύρονταν. Σταδιακά, ορισμένες πλοιοκτήτριες εταιρείες αποφάσιζαν αντί να πουλήσουν τα πλεονάζοντα πλοία ή να τα στείλουν προς διάλυση, να τα χρησιμοποιήσουν σαν πλωτές αποθήκες πετρελαίου και να τα μετατρέψουν σε FPSO. Επιπρόσθετα, αξίζει να σημειωθεί ότι το μεγαλύτερο μέχρι και το 2010 δεξαμενόπλοιο στον κόσμο, το οποίο εκείνη τη χρονιά εστάλει για διάλυση, το Mont (πρώην Seawise Giant, Happy Giant, Jahre Wiking, Knock Nevis και τέλος Orrama), είχε λειτουργήσει ως πλωτή πλατφόρμα αποθήκευσης και εκφόρτωσης (Floating Storage and Offloading- FSO). Συγκεκριμένα, ήταν αγκυροβολημένο αρχικά στα ανοιχτά των ακτών του Κατάρ και ύστερα στον Περσικό Κόλπο (https://en.wikipedia.org/wiki/Seawise_Giant).

3.1 Πλωτές μονάδες παραγωγής - αποθήκευσης και φορτοεκφόρτωσης

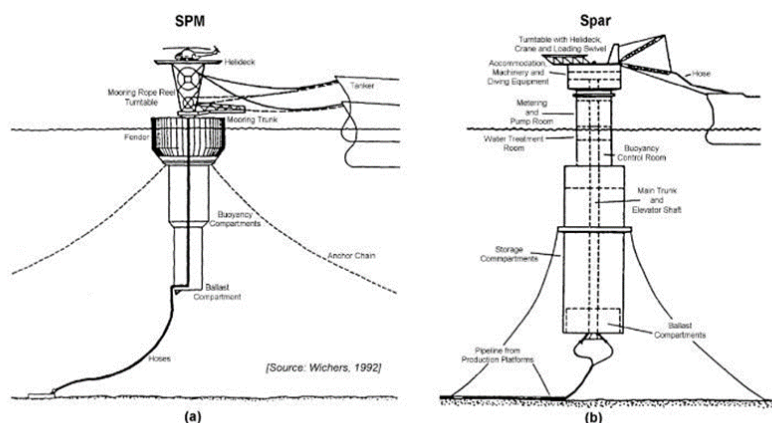
Η πρώτη πλωτή πλατφόρμα παραγωγής, αποθήκευσης και εκφόρτωσης (FPSO) ήταν η Shell Castellon, που κατασκευάστηκε στην Ισπανία το 1977. Η πρώτη μετατροπή ενός LNG (Liquefied Natural Gas) σε LNG πλωτή μονάδα αποθήκευσης και άντλησης αερίου πραγματοποιήθηκε το 2007 από το Keppel Shipyard στη Σιγκαπούρη. Τα τελευταία χρόνια, παρουσιάστηκαν επίσης ιδέες για LNG - FPSOs. Ένα LNG - FPSO λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως η FPSO, αλλά παράγει μόνο φυσικό αέριο, συμπυκνωμένο ή υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG), το οποίο αποθηκεύεται και εκφορτώνεται.

Τα FPSO είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε απομακρυσμένες ή βαθέων υδάτων τοποθεσίες, όπου οι αγωγοί βυθού δεν είναι οικονομικά αποδοτικοί. Η FPSO κατασκευή κλιμακώνει την ανάγκη τοποθέτησης ακριβών αγωγών μεγάλων αποστάσεων από το κοίτασμα πετρελαίου σε

έναν χερσαίο τερματικό σταθμό. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε μικρότερες πετρελαιοπηγές που μπορούν να εξαντληθούν σε λίγα χρόνια και δε δικαιολογούν το κόστος εγκατάστασης μιας σταθερής πλατφόρμας εξόρυξης. Μόλις εξαντληθεί η πηγή, η FPSO μπορεί να μετακινηθεί σε μια νέα θέση. Σε περιοχές του κόσμου που υπόκεινται σε κυκλώνες (όπως η βορειοδυτική Αυστραλία) ή παγόβουνα (Καναδάς), ορισμένες πλωτές κατασκευές είναι σε θέση να απελευθερώσουν τον πυργίσκο πρόσδεσης / ανύψωσης και να αφεθούν με ασφάλεια σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Ο πυργίσκος βυθίζεται κάτω από τα κύματα και μπορεί να επανασυνδεθεί αργότερα (Chatjigeorgiou et. al. 2006).

3.2 Πλωτές μονάδες αποθήκευσης και φορτο-εκφόρτωσης

Οι μόνιμα αγκυρωμένες κατασκευές Floating Storage Offloading (FSO's) χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση του παραγόμενου αργού πετρελαίου. Το πετρέλαιο συλλέγεται και μεταφέρεται στην ακτή μέσω πετρελαιοφόρων. Για τη λειτουργία εκφόρτωσης, το δεξαμενόπλοιο μεταφοράς αγκυροβολείται συχνά είτε σε συνδυασμό με την πλωτή κατασκευή αποθήκευσης, είτε δίπλα. Μερικές φορές το αποθηκευμένο πετρέλαιο διοχετεύεται σε ένα σύστημα πρόσδεσης ενός σημείου (SPM: Single Point Mooring) σε κάποια απόσταση μακριά, στο οποίο αγκυροβόλησε προσωρινά το δεξαμενόπλοιο μεταφοράς. Ένα σύστημα πρόσδεσης Spar buoy είναι ένα παράδειγμα αυτής της συνδυασμένης εγκατάστασης υπεράκτιας αποθήκευσης.



Σχήμα 3-1 Σύστημα πρόσδεσης SPM και Spar (Srinivasan Chandrasekaran, 2015)

Γενικά, λόγω κόστους, τα υπάρχοντα δεξαμενόπλοια με μεγέθη που κυμαίνονται από 80.000 έως 200.000 DWT έχουν χρησιμοποιηθεί ως εγκαταστάσεις αποθήκευσης, αγκυρωμένες μόνιμα κοντά σε μια πλατφόρμα παραγωγής ή μια ομάδα πλατφορμών. Κατά τον μετασχηματισμό των πετρελαιοφόρων για το σκοπό αυτό, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην εναπομένουσα ζωή κόπωσης αυτού του παλαιότερου σκάφους. Σήμερα, ο αριθμός των κατάλληλων δεξαμενόπλοιων στην αγορά είναι σχετικά μικρός και είναι φανερό η τάση προς τις μόνιμα αγκυρωμένες κατασκευές. Ένας παράγοντας που συντελεί στη λειτουργία αυτών των εγκαταστάσεων είναι η συνεχής ακεραιότητα του συστήματος πρόσδεσης και της γραμμής σωλήνων που μεταφέρει το αργό πετρέλαιο στην κατασκευή αποθήκευσης. Μια άλλη σημαντική πτυχή είναι το επιχειρησιακό όριο της λειτουργίας μεταφοράς αργού πετρελαίου μεταξύ του δοχείου αποθήκευσης και του δεξαμενόπλοιου μεταφοράς. Και οι δύο αυτές απαιτήσεις σχεδιασμού καθορίζονται κυρίως από τις κινήσεις που προκαλούνται από τον άνεμο, το κύμα και τα θαλάσσια ρεύματα, τις δυνάμεις πρόσδεσης της κατασκευής προς αποθήκευση και εκείνες του δεξαμενόπλοιου μεταφοράς. Επιπρόσθετα κριτήρια που πρέπει να ληφθούν υπόψη, είναι η επίδραση των κινήσεων του σκάφους στη διαδικασία παραγωγής και οι κάθετες σχετικές κινήσεις μεταξύ των κυμάτων και των άκρων του καταστρώματος (υγρασία καταστρώματος).

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΓΚΥΡΩΣΕΩΝ

Είναι σημαντικό, οι πλωτές υπεράκτιες κατασκευές να διαθέτουν κατάλληλα συστήματα αγκύρωσης. Το σύστημα αγκύρωσης αποτελείται από γραμμές που συνδέουν την επιφάνεια της πλατφόρμας με άγκυρες ή σωλήνες, στο βυθό, οι οποίες τοποθετούνται σε κάποια απόσταση από την πλατφόρμα. Οι γραμμές αγκύρωσης τοποθετούνται, συχνά, συμμετρικά σε κάτοψη, γύρω από την πλωτή κατασκευή.

Η συνηθέστερη πρακτική για την αγκύρωση των πλωτών κατασκευών είναι η χρήση αλυσίδας από χάλυβα ή συρματόσχοινο (Mazarakos, 2020b). Κάθε ένας από τους κλάδους σχηματίζει μια αλυσοειδή καμπύλη (Mazarakos and Mazarakos, 2021), η οποία αυξάνει ή μειώνει την προένταση του κλάδου, καθώς ανασηκώνεται ή επικάθεται στο βυθό και παράγεται μια δύναμη επαναφοράς, καθώς η επιφάνεια της πλατφόρμας μετατοπίζεται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Μια πληθώρα κλάδων αγκύρωσης δημιουργεί έτσι μια μη γραμμική δύναμη επαναφοράς, η οποία τείνει να διατηρήσει την ισορροπία του σώματος. Η δύναμη αυξάνεται με την οριζόντια μετατόπιση της κατασκευής και ισορροπεί τα σχεδόν σταθερά περιβαλλοντικά φορτία πάνω στην επιφάνεια της πλωτής κατασκευής. Η ισοδύναμη ακαμψία που παρέχεται από την αγκύρωση είναι γενικά πολύ μικρή για να επηρεάσει σημαντικά τις συχνότητες της κατασκευής, αν και οι μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης (mean second order drift forces) μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες οριζόντιες κινήσεις της πλατφόρμας και υψηλές προεντάσεις στις γραμμές αγκύρωσης (Mazarakos, 2010). Οι διαμήκεις και εγκάρσιες κινήσεις των ίδιων των κλάδων πρόσδεσης μπορούν επίσης να επηρεάσουν την απόκριση της πλωτής κατασκευής μέσω των δυνάμεων που ασκούνται στους κλάδους.

Το βάρος των γραμμών πρόσδεσης, οι οποίες ουσιαστικά κρέμονται, εμποδίζει την εγκατάσταση των πλωτών υπεράκτιων κατασκευών σε αυξανόμενα βάθη νερού. Συγκεκριμένα, οι αλυσίδες από χάλυβα γίνονται λιγότερο αξιοποιήσιμες σε μεγάλα βάθη νερού, γι' αυτό και γίνεται χρήση προεντεταμένων τενόντων (Mazarakos, 2016). Συστήματα αγκυρώσεων με συνθετικά σχοινιά έχουν σχεδιαστεί και εφαρμοστεί για να μειώσουν το μήκος των γραμμών πρόσδεσης, συνεπώς και το συνολικό κόστος της αγκύρωσης.

Κατά τη σχεδίαση ενός συστήματος αγκύρωσης πρέπει να δοθεί έμφαση στο να είναι το σύστημα αρκετά στιβαρό ώστε να αποφεύγονται οι υπερβολικές δυνάμεις στην κατασκευή και ταυτόχρονα αρκετά άκαμπτο για να αποφευχθούν δυσκολίες, όπως ζημιά κατά τη γεώτρηση, που προκαλούνται από υπερβολικές μετατοπίσεις (API, 1987).

Αυτό είναι σχετικά εύκολο να επιτευχθεί για ενδιάμεσα βάθη νερού, αλλά γίνεται πιο δύσκολο καθώς αυξάνεται το βάθος της περιοχής εγκατάστασης. Δυσκολίες, ωστόσο, παρουσιάζονται και στα ρηγά νερά.

Στο παρελθόν, η πλειοψηφία των αγκυρώσεων για τις πλωτές κατασκευές ήταν μόνιμα συστήματα. Ωστόσο, πρόσφατα, ξεκίνησαν να τοποθετούνται, πέρα από σταθερά συστήματα πρόσδεσης, bow thrusters.

Τα bow thrusters βοηθούν στη μείωση των φορτίων αγκύρωσης, καθώς περιστρέφεται η πλωτή κατασκευή, όταν είναι απαραίτητο, και μειώνουν τις στατικές μετατοπίσεις (Journée and Massie, 2001).

Παραδοσιακά, τα μικρά σκάφη και τα ημι-υποβρύχια έχουν αγκυρωθεί με μεγάλα συστήματα πρόσδεσης, ενώ τα σημεία πρόσδεσης, έχουν τοποθετηθεί σε διάφορες θέσεις στα πλοία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η κατεύθυνση του πλοίου να παραμένει σταθερή. Σε ορισμένες περιπτώσεις αυτό μπορεί να προκαλέσει μεγάλα φορτία στο σύστημα πρόσδεσης που προκαλούνται από υπερβολικές καταπονήσεις λόγω των καιρικών συνθηκών. Για να ξεπεραστεί αυτό το μειονέκτημα, έχουν αναπτυχθεί απλά συστήματα πρόσδεσης (Single-Point Mooring systems ή αλλιώς SPM), δηλαδή οι κλάδοι αγκύρωσης συνδέονται με το πλοίο σε σημείο πρόσδεσης στο κέντρο του πλοίου ως προς το διάμηκες επίπεδο. Έτσι, το πλοίο μπορεί να ανταπεξέλθει στις καιρικές συνθήκες και συνεπώς μειώνονται οι περιβαλλοντικές φορτίσεις που προκαλούνται από τον άνεμο, το ρεύμα και τα κύματα (Journée and Massie, 2001).

Επίσης, για την αγκύρωση μιας κατασκευής μπορεί να χρησιμοποιηθεί πλωτό ανωστικό σώμα. Η πλωτή κατασκευή μπορεί να συνδέεται στον πυθμένα της θάλασσας είτε με κλάδους πρόσδεσης, τεντωμένους κλάδους αγκύρωσης ή άκαμπτους σωλήνες. Η πλωτή κατασκευή είναι αγκυρωμένη στο πλωτό ανωστικό σώμα είτε με συνθετικά σχοινιά αγκύρωσης είτε με άκαμπτες αλυσίδες. Η σημαδούρα μπορεί και περιστρέφεται και έτσι επιτρέπει στην πλωτή κατασκευή να κινείται μειώνοντας έτσι τις φορτίσεις που έχουν δημιουργηθεί από την πρόσδεση. Παρόλο που το SPM έχει μια σειρά από καλά χαρακτηριστικά σχεδιασμού, το σύστημα περιλαμβάνει πολλά πολύπλοκα στοιχεία και υπόκειται σε μια σειρά περιορισμών. Πρόσφατα, έχουν αναπτυχθεί συστήματα αγκύρωσης με πυργίσκους για πλωτές υπεράκτιες κατασκευές παραγωγής και αποθήκευσης που θεωρούνται πιο οικονομικά και αξιόπιστα από τα SPM και χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα. Ο πύργος μπορεί να είναι είτε εξωτερικός είτε

εσωτερικός. Ένας εσωτερικός πύργος βρίσκεται γενικά στο μπροστά μέρος της κατασκευής. Οι κλάδοι πρόσδεσης συνδέουν τον πυργίσκο με το βυθό. Ένα τέτοιο σύστημα πρόσδεσης έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να αντιστέκεται σε λιγότερο ακραίες συνθήκες περιβάλλοντος και να αποσυνδέεται στις ακραίες καταστάσεις θάλασσας, όπως σε περίπτωση τυφώνα.



Σχήμα 4-1 Αγκύρωση με πυργίσκο: εδώ φαίνεται μια πλωτή κατασκευή με σύστημα πρόσδεσης με πυργίσκο(<https://www.offshore-mag.com/production/article/16762845/apls-technical-scope-tested-by-alvheim-turret-award>).

4.1 Απαιτήσεις

Οι λειτουργικές απαιτήσεις ενός συστήματος αγκύρωσης περιλαμβάνουν (Chakrabarti & London, 2005):

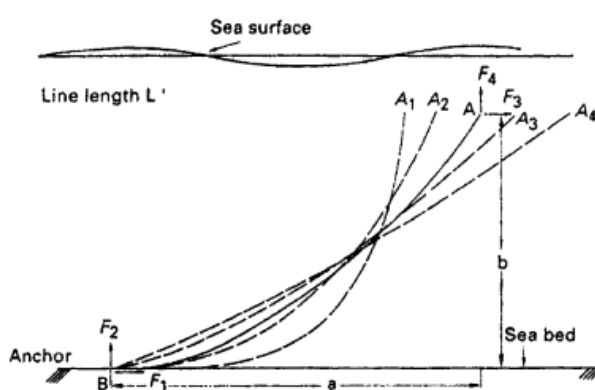
1. τοποθέτηση συγκεκριμένων κλάδων αγκύρωσης
2. διάρκεια ζωής
3. δυνατότητα εγκατάστασης
4. ικανότητα τοποθέτησης

Αυτές οι απαιτήσεις καθορίζονται από τη λειτουργία της πλωτής κατασκευής. Στις πλωτές υπεράκτιες κατασκευές που έχουν τη δυνατότητα να κινούνται (MODU - Mobile Offshore Drilling Units), οι περιοριστικοί κανονισμοί είναι λιγότεροι σε σχέση με τις μόνιμα αγκυρωμένες πλωτές μονάδες παραγωγής και εκφόρτωσης. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι κύριες διαφορές ως προς τις απαιτήσεις.

Πίνακας 1: Διαφορές MODU - μόνιμα αγκυρωμένων κατασκευών

MODU	Μόνιμα αγκυρωμένες πλωτές κατασκευές
Σχεδιασμός για μια περίοδο που διαρκεί 50 χρόνια, καθώς σε μεγαλύτερη περίοδο το σύστημα αγκύρωσης ίσως αποτύχει	Σχεδιασμός για περίοδο που διαρκεί 100 χρόνια
Οι ανυψωτές αποσυνδέονται όταν υπάρχει θύελλα	Οι ανυψωτές παραμένουν συνδεδεμένοι ακόμα και σε θύελλα
Οι κλάδοι αγκύρωσης μπορεί να χαλαρώσουν ή και να σπάσουν λόγω καιρικών συνθηκών	Οι κλάδοι αγκύρωσης συνήθως δε χαλαρώνουν.
Τα υλικά κατασκευής αντέχουν για λιγότερο από 10 χρόνια	Τα υλικά κατασκευής αντέχουν για περισσότερο από 10 χρόνια
Δεν απαιτείται ανάλυση κοπώσεως	Απαιτείται ανάλυση κοπώσεως
Δεν απαιτείται δυναμική ανάλυση στους κλάδους	Απαιτείται δυναμική ανάλυση στους κλάδους

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται μια αλυσοειδής καμπύλη που αναπτύσσεται από το σημείο A, το οποίο βρίσκεται στη βυθισμένη γάστρα της πλωτής κατασκευής στο σημείο B, που βρίσκεται στον πυθμένα της θάλασσας.



Σχήμα 4-2 Αλυσοειδής καμπύλη αγκύρωσης (Chakrabarti & London, 2005)

Το σημείο B βρίσκεται στον πυθμένα της θάλασσας και η οριζόντια απόσταση a , είναι συνήθως 5-10 φορές μεγαλύτερη από την κάθετη απόσταση b . Καθώς το σημείο, από όπου

ενώνεται ο κλάδος αγκύρωσης με την πλωτή κατασκευή μετατοπίζεται σε οριζόντια διεύθυνση από το σημείο A_1 μέχρι τα σημεία A_2, A_3 και A_4 , η αλυσοειδής καμπύλη παρουσιάζει ένα σημαντικό μήκος, το οποίο διαφέρει από σημείο σε σημείο. Από τη στατική ανάλυση προκύπτει πως η τάση του κλάδου κοντά στο σημείο A οφείλεται στο ολικό βάρος του κλάδου που τεντώνεται. Η επίδραση της ανύψωσης του κλάδου λόγω της οριζόντιας κίνησης της πλωτής κατασκευής από το σημείο A_1 στο σημείο A_4 , αυξάνει την τάση του κλάδου στα σημεία που βρίσκονται κοντά στο A. Αυτό, σε συνδυασμό με το ότι η γωνία του κλάδου μικραίνει, προκαλεί αύξηση της οριζόντιας δύναμης επαναφοράς πάνω στην πλωτή κατασκευή, καθώς μετατοπίζεται με μη γραμμικό τρόπο (Chakrabarti & London, 2005).

ΚΥΜΑΤΙΚΕΣ ΘΕΩΡΙΕΣ

5.1 Κύματα

Κεφάλαιο 5:

Τα κύματα στην επιφάνεια της θάλασσας που παράγονται από τον αέρα, μπορούν να αναπαρασταθούν ως ένα αποτέλεσμα συμβολής αρμονικών κυμάτων. Η ανύψωση της επιφάνειας της θάλασσας δημιουργείται από αρμονικά κύματα (regular waves) διαφορετικού μεγέθους και μήκους κύματος με διαφορετικές κατευθύνσεις (Bhattacharyya, 2011).

Αρχικά, ως κύμα ορίζεται μια διαταραχή ως προς το χώρο και το χρόνο. Αν η πηγή διάδοσης του κύματος εκτελεί περιοδική κίνηση, τα σωματίδια του μέσου κινούνται επίσης περιοδικά, οπότε, έχουμε ένα περιοδικό κύμα. Ειδικότερα, αν η κίνηση της πηγής είναι απλή αρμονική ταλάντωση, όλα τα σωματίδια του μέσου εκτελούν επίσης απλή αρμονική ταλάντωση και το κύμα χαρακτηρίζεται ως ημιτονοειδές ή αρμονικό.

5.2 Θεωρίες κυμάτων

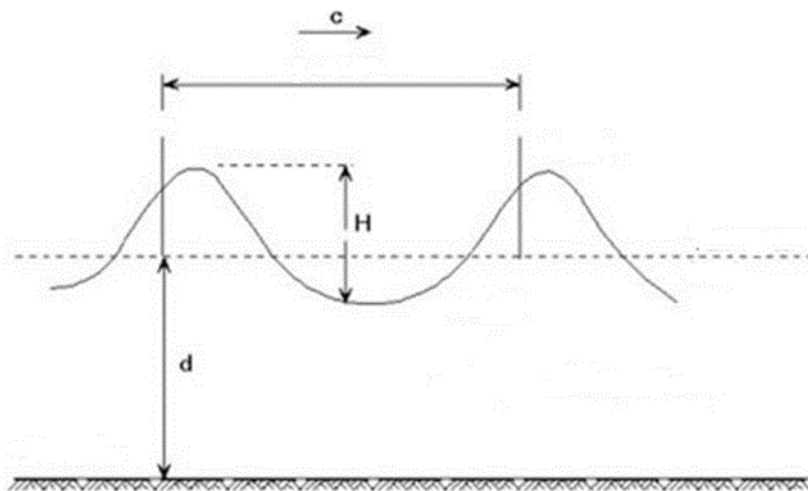
Οι θεωρίες κυμάτων χρησιμεύουν στον υπολογισμό της ταχύτητας των σωματιδίων, των επιταχύνσεων και της δυναμικής πίεσης, ως συναρτήσεις της ανύψωσης της επιφάνειας των κυμάτων. Για κανονικά κύματα μακράς κορυφής, η ροή μπορεί να θεωρηθεί δισδιάστατη και χαρακτηρίζεται από παραμέτρους όπως το ύψος κύματος (H), η περίοδος (T), το βάθος της περιοχής εγκατάστασης (d). Ο κυματαριθμός ισούται με $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, με λ το μήκος κύματος. Η γωνιακή ταχύτητα εκφράζεται ως $\omega = \frac{2\pi}{T}$, ενώ η σχέση $f = \frac{1}{T}$ υποδηλώνει την κυκλική συχνότητα. Οι θεωρίες κυμάτων είναι οι εξής (Srinivasan Chandrasekaran, 2018):

- Γραμμική θεωρία ή πρώτης τάξης ή Airy
- Θεωρία Stokes πέμπτης τάξης
- Solitary
- Θεωρία ελλειπτικού κύματος
- Κυματοσυνάρτηση Dean's Steam
- Αριθμητική θεωρία από τον Chappellear

5.2.1 Θεωρία των κυμάτων Airy

Η γραμμική θεωρία του κύματος απειροστού (μικρού) ύψους ($\frac{H}{2\lambda} \ll 1$), προκύπτει από την υπόθεση ότι σε μια ομοιόμορφη ροή, κατά τη διάδοση του κύματος η επιφάνεια αποκλίνει ελάχιστα από την ελεύθερη επιφάνεια της ομοιόμορφης ροής. Η γραμμική θεωρία απειροστού ύψους είναι γνωστή ως θεωρία Airy ή θεωρία Stokes 1^{ης} τάξης.

Μεταξύ όλων των θεωριών, η θεωρία των κυμάτων της Airy χρησιμοποιείται συνήθως επειδή εκφράζει τη γραμμικότητα μεταξύ των κινηματικών ποσοτήτων και του ύψους κύματος, γεγονός που καθιστά τη θεωρία των κυμάτων απλή. Το 1801-1892, ο Airy ασχολήθηκε με τη διάδοση του κύματος σε πεπερασμένο αλλά σταθερό βάθος. (Faltinsen, 1990). Ο Airy βασίστηκε στις εξισώσεις κίνησης του Euler για ασυμπίεστα και μη συνεκτικά ρευστά και για περιοδικά κύματα μικρού ύψους σε σχέση με το μήκος τους.



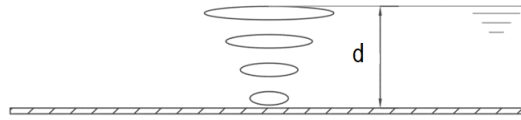
Σχήμα 5-1 Διάδοση ενός απλού αρμονικού κύματος (Chandrasekaran, 2018).

Γραμμικοί, χαρακτηρίζονται οι κυματισμοί που αποτελούνται από μία αρμονική (ημιτονοειδή ή συνημιτονοειδή) συνάρτηση, η οποία παρουσιάζει συμμετρία τόσο στον οριζόντιο (Ox), όσο και στον κατακόρυφο άξονα (Oz).

Η εξίσωση διασποράς, το μήκος κύματος, η δυναμική πίεση, η οριζόντια και κάθετη ταχύτητα, καθώς επίσης και η οριζόντια και κάθετη επιτάχυνση, μεταβάλλονται ανάλογα με το βάθος της περιοχής εγκατάστασης. Έτσι η εξίσωση διασποράς για ενδιάμεσα βάθη νερού εκφράζεται ως:

$$\omega^2 = k \cdot g \cdot \tanh(kd) \quad (5.2.1)$$

Το νερό είναι ενδιάμεσο όταν: $\frac{\pi}{10} < kd < \pi$. Μάλιστα, τα μόρια του ρευστού στο ενδιάμεσο βάθος νερού διαγράφουν ελλειπτική κίνηση.



Σχήμα 5-2 Απεικόνιση μορίων ρευστού ρευστού στο ενδιάμεσο βάθος νερού.

Για ρηχά βάθη νερού ισχύει:

$$\omega^2 = g \cdot k^2 \cdot d \quad (5.2.2)$$

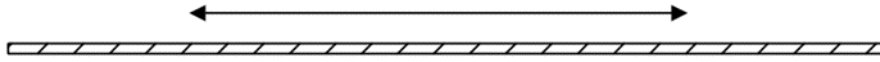
Παρατηρείται ότι σε ρηχό νερό, η εξίσωση διασποράς εξαρτάται από το βάθος της περιοχής εγκατάστασης. Αυτό προκύπτει από τα όρια των υπερβολικών συναρτήσεων (Mazarakos, 2020a):

$$\lim_{kd \rightarrow 0} (\cosh(kd)) = 1 \quad (5.2.3)$$

$$\lim_{kd \rightarrow 0} (\sinh(kd)) = kd \quad (5.2.4)$$

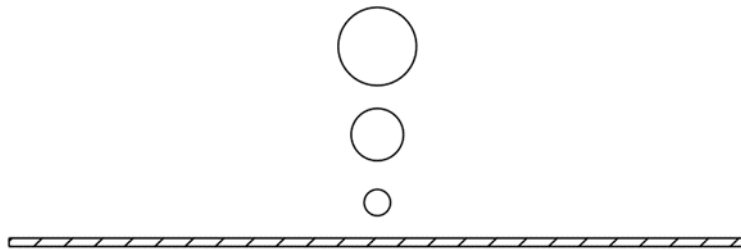
$$\lim_{kd \rightarrow 0} (\tanh(kd)) = kd \quad (5.2.5)$$

Το βάθος της περιοχής εγκατάστασης ορίζεται ως ρηχό, όταν ισχύει: $kd < \frac{\pi}{10}$. Η κίνηση των μορίων του ρευστού σε αυτή την περίπτωση είναι οριζόντια.



Σχήμα 5-3 Η οριζόντια κίνηση των μορίων ρευστού σε ρηχό βάθος νερού.

Για μεγάλα βάθη νερού, η κίνηση των μορίων του νερού είναι κυκλική:



Σχήμα 5-4 Η κίνηση των μορίων ρευστού για μεγάλα βάθη.

Η εξίσωση της διασποράς θα δίνεται από τη σχέση:

$$\omega^2 = k \cdot g \quad (5.2.6)$$

Το νερό χαρακτηρίζεται ως βαθύ όταν: $kd > \pi$.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο βαθύ νερό, το βάθος της περιοχής εγκατάστασης δεν παίζει κάποιο ρόλο. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι ισχύουν τα παρακάτω όρια (Mazarakos, 2020a):

$$\lim_{kd \rightarrow \infty} (\tanh(kd)) = 1 \quad (5.2.7)$$

$$\lim_{kd \rightarrow \infty} (\cosh(kd)) = \frac{e^{kd}}{2} \quad (5.2.8)$$

$$\lim_{kd \rightarrow \infty} (\sinh(kd)) = \frac{e^{kd}}{2} \quad (5.2.9)$$

Ως προς το μήκος κύματος, σε ρηχό νερό ισχύει:

$$\lambda = T\sqrt{gd} \quad (5.2.10)$$

Σε ενδιάμεσο βάθος η εξίσωση του μήκους κύματος είναι:

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T^2 \tanh \frac{2\pi d}{\lambda} \quad (5.2.11)$$

Και για βαθύ νερό το μήκος κύματος υπολογίζεται από:

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T^2 (\approx 1,56T^2) \quad (5.2.12)$$

Ακολούθως, η συνιστώσα ταχύτητας των σωματιδίων του ρευστού ως προς τον άξονα x διαφέρει ανάλογα με το βάθος της περιοχής εγκατάστασης. Συγκεκριμένα, για ρηχό νερό ισχύει:

$$u = \frac{\omega H}{2kd} \cdot \sin(\omega t - kx) \quad (5.2.13)$$

Για ενδιάμεσα βάθη νερού η οριζόντια ταχύτητα βρίσκεται από τον τύπο:

$$u = \omega H \frac{\cosh k(z+d)}{2\sinh kd} \cdot \sin(\omega t - kx) \quad (6.2.14)$$

Και για μεγάλα βάθη νερού η εξίσωση της οριζόντιας ταχύτητας είναι:

$$u = \omega \frac{H}{2} e^{kz} \cdot \cos(\omega t - kx) \quad (5.2.15)$$

Ως προς τη συνιστώσα της ταχύτητας των σωματιδίων του ρευστού γύρω από τον άξονα z, στο ρηχό νερό χρησιμοποιείται η εξής σχέση:

$$w = \frac{z+d}{d} \cdot \cos(\omega t - kx) \quad (5.2.16)$$

Σε ενδιάμεσο βάθος νερού η εξίσωση είναι η ακόλουθη:

$$w = \omega \frac{H \sinh k(z+d)}{2 \sinh kd} \cdot \cos(\omega t - kx) \quad (5.2.17)$$

Για βαθύ νερό, η συνιστώσα της κάθετης ταχύτητας υπολογίζεται από:

$$w = \omega \frac{H}{2} \cdot e^{kz} \cdot \cos(\omega t - kx) \quad (5.2.18)$$

Ως προς την οριζόντια επιτάχυνση, η σχέση που την περιγράφει σε ρηχό βάθος περιοχής εγκατάστασης δίδεται από:

$$\dot{u} = \frac{\omega^2 H}{2kd} \cdot \cos(\omega t - kx) \quad (5.2.19)$$

Για το ενδιάμεσο βάθος νερού ισχύει:

$$\dot{u} = \omega^2 \frac{H \cosh k(z+d)}{2 \sinh kd} \cdot \cos(\omega t - kx) \quad (5.2.20)$$

Ενώ σε περιοχή εγκατάστασης με βαθύ νερό χρησιμοποιείται ο τύπος:

$$\dot{u} = \omega^2 \frac{H}{2} \cdot e^{kz} \cdot \cos(\omega t - kx) \quad (5.2.21)$$

Τέλος, ως προς την κάθετη επιτάχυνση, για ρηχό νερό ισχύει:

$$\dot{w} = -\omega^2 \frac{H}{2} \cdot \frac{z+d}{d} \cdot \cos(\omega t - kx) \quad (5.2.22)$$

Σε ενδιάμεσο νερό ισχύει:

$$\dot{w} = -\omega^2 \frac{H}{2} \cdot \frac{\sinh k(z+d)}{\sinh kd} \cdot \cos(\omega t - kx) \quad (5.2.23)$$

Ενώ σε βαθύ νερό η σχέση εκφράζεται ως:

$$\dot{w} = -\omega^2 \frac{H}{2} \cdot e^{kz} \cdot \sin(\omega t - kx) \quad (5.2.24)$$

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Οι συνθήκες περιβάλλοντος που δρουν σε μια υπεράκτια κατασκευή είναι:

Κεφάλαιο 6 ο άνεμος

- οι θαλάσσιοι κυματισμοί και
- τα θαλάσσια ρεύματα

Παρακάτω θα εξετασθούν οι μαθηματικές σχέσεις, από τις οποίες υπολογίζονται οι δυνάμεις από τον άνεμο, τα κύματα και τα θαλάσσια ρεύματα.

6.1 Θεωρητικό υπόβαθρο για τυχαίες γεωμετρίες

6.1.1 Δυνάμεις και ροπές διέγερσης

Αυτή η ενότητα αφορά το υδροδυναμικό φορτίο του ρευστού που ασκείται πάνω σε ένα σώμα υπό τη δράση αρμονικών κυματισμών. Το ρευστό θεωρείται αστρόβιλο, ασυμπίεστο και μη συνεκτικό, πράγμα που επιτρέπει τη χρήση της θεωρίας δυναμικού. Η άλλη βασική υπόθεση είναι ότι το προσπίπτον κύμα που δρα στο σώμα είναι μικρού πλάτους σε σύγκριση με το μήκος του.

Σε υδροδυναμικά προβλήματα που περιλαμβάνουν ελεύθερη επιφάνεια, ορίζουμε ένα σύστημα συντεταγμένων πάνω στην ελεύθερη επιφάνεια του ρευστού, το ακίνητο σύστημα X, Y, Z . Για τις κινήσεις του σώματος ορίζουμε ένα σωματοπαγές σύστημα συντεταγμένων (Body Fixed Axes) x, y, z με αρχή των αξόνων στο κέντρο βάρους του σώματος G .

Τα δύο συστήματα είναι παράλληλα μεταξύ τους. Θεωρούμε ότι η κίνηση του σώματος θα είναι μικρή. Χρησιμοποιούμε το θεώρημα γραμμικής υπέρθεσης για να εκφράσουμε το δυναμικό της ταχύτητας εντός του πεδίου του ρευστού (fluid domain).

Για την περιγραφή των κινήσεων του σώματος, χρησιμοποιούμε το κέντρο βάρους του σώματος ως σημείο αναφοράς.

Σχετικές Συντεταγμένες

X, Y, Z με αρχή των αξόνων στην ελεύθερη επιφάνεια του σώματος O .

Τοπικές Συντεταγμένες

x, y, z με αρχή των αξόνων το κέντρο βάρους του σώματος G .

Οι γενικευμένες κινήσεις των σωμάτων είναι οι παρακάτω:

Μεταφορικές κινήσεις

Περιστροφικές κινήσεις

$x_1 = surge$ (κατά μήκος του x άξονα)

$x_4 = roll$ (γύρω από τον x άξονα)

$x_2 = sway$ (κατά μήκος του y άξονα)

$x_5 = pitch$ (γύρω από τον y άξονα)

$x_3 = heave$ (κατά μήκος του z άξονα)

$x_6 = yaw$ (γύρω από το z άξονα)

Δεδομένου ότι η θεωρία είναι πρώτης τάξης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το «Θεώρημα γραμμικής υπέρθεσης» για τη διαμόρφωση του δυναμικού ταχύτητας εντός της περιοχής του ρευστού. Ας ορίσουμε το πεδίο ροής ρευστού που θα χαρακτηρίζεται από ένα δυναμικό ταχύτητας:

$$Q(X, Y, Z, t) = q(X, Y, Z)e^{-i\omega t} \quad (6.1.1)$$

Αυτή η συνάρτηση του μιγαδικού δυναμικού q μπορεί να διαχωριστεί στη συμβολή από τους έξι βαθμούς ελευθερίας του σώματος, το πεδίο του προσπίπτοντος κύματος και το περιθλώμενο ή το πεδίο ακτινοβολίας των κυμάτων. Τα προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν είναι τα παρακάτω (Faltinsen, 1990):

- Το πρόβλημα ενός ακίνητου σώματος που υποβάλλεται σε αρμονικό προσπίπτον κυματισμό. Οι δυνάμεις του κύματος που ασκούνται στο σταθερό σώμα θεωρούνται οι δυνάμεις διέγερσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτές οι δυνάμεις χωρίζονται σε δύο συνιστώσες, τις δυνάμεις Froude Krylov και τις δυνάμεις περίθλασης (Diffraction).
- Το πρόβλημα ενός ελεύθερα πλέοντος σώματος που υφίσταται αρμονικές ταλαντώσεις σε ήρεμο νερό. Οι κινήσεις του σώματος θα προκαλέσουν τις αντιδράσεις του ρευστού στο σώμα και αυτή είναι η αιτία δημιουργίας των δυνάμεων αντίδρασης του σώματος.

Σημειώνεται ότι αυτές οι δυνάμεις αντίδρασης θα είναι στη συνέχεια συνάρτηση των κινήσεων και συνήθως εκφράζονται ως συντελεστές πρόσθετης μάζας και απόσβεσης.

Η αρχική υπόθεση μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$q(X, Y, Z)e^{i\omega t} = [(q_I + q_d) + \sum_{j=1}^6 q_j \cdot x_j]e^{-i\omega t} \quad (6.1.2)$$

Όπου :

- $q_I =$ δυναμικό προσπίπτοντος κυματισμού
- $q_d =$ δυναμικό περιθλώμενου κυματισμού (κυματισμός περίθλασης)
- $q_j =$ δυναμικό λόγω της κίνησης j
- $x_j = j$ κίνηση (ανά πλάτος κύματος)
- $\omega =$ συχνότητα προσπίπτοντος κύματος

Το δυναμικό πρόσπτωσης σε ένα σημείο (X,Y,Z) μέσα στο ρευστό, μπορεί να γραφτεί ως:

$$q_I = \frac{-ig \cosh[k(d+Z)]e^{ik(X \cos \theta + Y \sin \theta)} \cdot e^{-i\omega t}}{\omega \cosh(kd)} \quad (6.1.3)$$

Όπου :

- $d =$ βάθος νερού
- $\theta =$ γωνία πρόσπτωσης κύματος

Η σχέση μεταξύ του αριθμού κύματος k και της γωνιακής συχνότητας ω δίδεται από τη σχέση:

$$\omega^2 = gk \tan(kd) \quad (6.1.4)$$

Οι συνιστώσες του δυναμικού είναι μιγαδικές (με πραγματικό και φανταστικό μέρος). Τα δυναμικά επιλύονται σε ένα διακριτό αριθμό σημείων στη βρεχόμενη επιφάνεια του σώματος.

Πρέπει τα άγνωστα δυναμικά να επιλυθούν με τη χρήση του θεωρήματος Green (Faltinsen, 1990), λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτούμενες συνοριακές συνθήκες στις επιφάνειες που περικλύουν το ρευστό.

Τα δυναμικά λύνονται πάνω στη βρεχόμενη επιφάνεια του σώματος σε σημεία, τα οποία έχουν προκύψει ύστερα από διακριτοποίηση της βρεχόμενης επιφάνειας.

Όταν τα δυναμικά είναι γνωστά, η κατανομή της υδροδυναμικής πίεσης μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας την εξίσωση Bernoulli:

$$P = -\rho \left(\frac{dq}{dt} \right) \quad (6.1.5)$$

Από την κατανομή της πίεσης, οι διάφορες δυνάμεις του ρευστού μπορούν να υπολογιστούν με ολοκλήρωση της πίεσης στη βρεχόμενη επιφάνεια του σώματος.

Οι δυνάμεις διέγερσης μπορούν να γραφούν ως:

$$F_j = - \int_S P n_j dS = - \int_S i\omega\rho(q_I + q_d)n_j dS \quad (6.1.6)$$

Όπου :

- $F_j =$ δυνάμεις διέγερσης ανά πλάτος κύματος
- $n_j =$ το κάθετο διάνυσμα της επιφάνειας
- $S =$ βρεχόμενη επιφάνεια του σώματος σε κατάσταση ισορροπίας

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι οι δυνάμεις κύματος που επιδρούν μπορούν να γραφτούν ως συνάρτηση δύο συνιστωσών:

$$F_j = - \int_S i\omega\rho q_I n_j dS \quad - \int_S i\omega\rho q_d n_j dS \quad (6.1.7)$$

Δυνάμεις Froude Krylov

Δυνάμεις διέγερσης

Οι δυνάμεις που επιδρούν σε ένα σώμα λόγω των κινήσεων του σώματος μπορούν να γραφούν ως:

$$F_{ji} = - \int_S P_i n_j dS = - \int_S i \omega \rho q_i x_i n_j dS \quad (6.1.8)$$

Όπου:

F_{ji} = δύναμη (ανά πλάτος κύματος) ως προς την κατεύθυνση j λόγω της κίνησης i

Το δυναμικό q μπορεί να εκφραστεί σε πραγματικά και φανταστικά μέρη και να αντικατασταθεί στην εξίσωση (6.1.2), ώστε να παραχθούν οι συντελεστές πρόσθετης μάζας και υδροδυναμικών αποσβέσεων. Δηλαδή:

$$q_i = q_i^{Re} + i q_i^{Im} \quad (6.1.9)$$

και

$$F_{ji} = A_{ji} \ddot{X}_i - B_{ji} \dot{x}_i \quad (6.1.10)$$

Όπου:

- Συντελεστής πρόσθετης μάζας: $A_{ji} = \frac{\rho}{\omega} \int_S q_i^{Im} n_j dS$
- Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης: $B_{ji} = \rho \int_S q_i^{Re} n_j dS$

6.2 Πεδίο συχνοτήτων

Οι συντελεστές αποκρίσεων είναι γνωστοί ως Response Amplitude Operations (RAO's) και είναι ανάλογοι με το πλάτος του κύματος (Faltinsen, 1990).

Το μητρώο των γραμμικών εξισώσεων κίνησης στο πεδίο των συχνοτήτων εκφράζεται ως:

$$M(s)\ddot{X} + M(a)\dot{X} + C\dot{X} + K(s)X = F \quad (6.2.1)$$

Όπου:

- M : μητρώο μάζας κατασκευής
- $M(a)$: μητρώο πρόσθετης μάζας
- C : μητρώο αποσβέσεων
- K : υδροστατικό μητρώο ακαμψίας
- F : δυνάμεις διέγερσης στο σύστημα ανά πλάτος κύματος
- X : RAO's
- ω : συχνότητα αρμονικού κυματισμού

Όπου $X = X_0 e^{i\omega t}$ και $F = F_0 e^{i\omega t}$. Τότε η λύση της εξίσωσης (6.2.1) θα είναι:

$$X_0 = H F_0$$
$$H = (K(s) - M\omega^2 + iC\omega)^{-1} \quad (6.2.2)$$

6.3 Μητρώο συντελεστών επαναφοράς (Hydrostatic Stiffness Matrix)

Για την ανάλυση της κίνησης του σώματος, χρειάζεται ένα μητρώο συντελεστών επαναφοράς. Το μητρώο θα έχει την εξής μορφή:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & K33 & K34 & K35 & 0 \end{bmatrix}$$

$$K_{hydro} = \rho \cdot g. \quad (6.3.1)$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & K43 & K44 & K45 & K46 \\ 0 & 0 & K53 & K54 & K55 & K56 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Ισχύει ότι:

$$K33 = Awl \quad (6.3.2)$$

$$K34 = K43 = \int_A y dA + y_{wp} Awl \quad (6.3.3)$$

$$K35 = K53 = - \int_A x dA + x_{wp} Awl \quad (6.3.4)$$

$$K44 = \int_A y^2 dA + 2y_{wp} \int_A y dA + y_{wp}^2 A + z_{gb} * Volume \quad (6.3.5)$$

$$K45 = K54 = -x_{wp} * y_{wp} * Awl - y_{wp} \int_A x dA - x_{wp} \int_A y dA - \int_A xy dA \quad (6.3.6)$$

$$K46 = -x_{gb} * Volume \quad (6.3.7)$$

$$K55 = \int_A x^2 dA + 2x_{wp} * \int_A x dA + x_{wp}^2 Awl + z_{gb} * Volume \quad (6.3.8)$$

$$K56 = -y_{gb} * Volume \quad (6.3.9)$$

Τα ολοκληρώματα αφορούν στο επίπεδο της βρεχόμενης επιφάνειας του σώματος και η συνολική βρεχόμενη επιφάνεια ορίζεται ως A_{wl} . Ο μετατοπισμένος όγκος του νερού ορίζεται ως $Volume$. Χρησιμοποιούνται επίσης οι ακόλουθες συντεταγμένες:

x_{wp}, y_{wp}, z_{wp} : εκφράζουν τις συντεταγμένες της βρεχόμενης επιφάνειας ως προς το κέντρο βάρους της πλωτής κατασκευής

x_{gb}, y_{gb}, z_{gb} : εκφράζουν τις συντεταγμένες του κέντρου πλευστότητας ως προς το κέντρο βάρους της πλωτής κατασκευής

6.4 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης

6.4.1 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης με τη μέθοδο της μεταβολής της ορμής

Οι μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης σε μια πλωτή κατασκευή στο οριζόντιο επίπεδο, μπορούν να υπολογιστούν με τη μέθοδο της μεταβολής της ορμής μέσα σε ένα καθορισμένο όγκο ρευστού. Αυτή η μέθοδος είναι γνωστή ως ‘Far Field Solution’ (Mazarakos, 2010). Υπολογίζονται ως εξής:

$$F_{xd} = - \int_S P \cos\Phi + \rho V_R (V_R \cos\Phi - V_P \sin\Phi) R \, d\Phi dz \quad (6.4.1)$$

$$F_{yd} = - \int_S P \cos\Phi + \rho V_R (V_R \sin\Phi - V_P \cos\Phi) R \, d\Phi dz \quad (6.4.2)$$

$$M_{zd} = - \int_S \rho V_R V_P R^2 \, d\Phi dz \quad (6.4.3)$$

Όπου:

$V_R, V_\Phi =$ πολικές συντεταγμένες ταχύτητας

$P =$ η πίεση του ρευστού

6.4.2 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης με τη μέθοδο της απ’ ευθείας ολοκλήρωσης

Οι μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης σε μια πλωτή κατασκευή μπορούν να υπολογιστούν με τη μέθοδο της απ’ ευθείας ολοκλήρωσης ως προς τη βρεχόμενη επιφάνεια της πλωτής κατασκευής. Αυτή η μέθοδος είναι γνωστή ως ‘Near Field Solution’ (Mazarakos, 2010). Οι μέσες δυνάμεις και ροπές έκπτωσης δεύτερης τάξης εκφράζονται ως:

$$F_{xd} = - \phi_{WL} 0.5 \rho g \zeta_r^2 \underline{n} dl + \iint_{S_0} 0.5 \rho |\nabla \phi|^2 \underline{n} dS + \iint_{S_0} \rho (X \cdot \nabla \frac{\theta \phi}{\theta t}) \underline{n} dS + M_S \cdot R \cdot \ddot{X}_g \quad (6.4.4)$$

$$M_{za} = - \oint 0.5 \rho g \zeta_r^2 (\underline{x} \times \underline{n}) dl + \iint_{S_0} 0.5 \rho |\nabla \phi|^2 (\underline{x} \times \underline{n}) dS + \iint \rho (X \nabla \frac{d\theta}{dt}) (\underline{x} \times \underline{n}) dS + I_s \cdot R \cdot \ddot{X}g \quad (6.4.5)$$

Όπου:

- W_L : είναι η ίσαλος γραμμή κατά μήκος του σώματος
- ζ_r : η σχετική ανύψωση της επιφάνειας του κύματος
- S_0 : η βρεχόμενη επιφάνεια
- X : η κίνηση στην επιφάνεια του σώματος
- M_S : η μάζα του σώματος
- R : το μητρώο περιστροφής του σώματος
- $\ddot{X}g$: η παράγωγος της επιτάχυνσης γύρω από το κέντρο βάρους (CoG) του σώματος

ΚΥΜΑΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ – ΤΥΧΑΙΟΙ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΙ

Τα δεδομένα των κυμάτων συλλέγονται περίπου για 20 λεπτά κάθε 3 ώρες και αντιπροσωπεύουν τη στάσιμη κατάσταση της θάλασσας μεταξύ των μετρήσεων. Η περιοχή μελέτης περιγράφεται από το σημαντικό ύψος κύματος, την περίοδο κορυφής και την κατεύθυνση του κύματος. Η συλλογή δεδομένων γίνεται με οπτική διερεύνηση και παρατηρήσεις από σημαντήρες, ραντάρ, λέιζερ και δορυφόρους (Srinivasan Chandrasekaran, 2018).

Ως φάσμα, καλείται μια εμπειρική έκφραση που εφαρμόζεται ώστε να προσδιοριστεί ένα πραγματικό κύμα, όταν δεν υπάρχουν δεδομένα μετρήσεων. Τα φάσματα μπορούν επίσης να τροποποιηθούν κατάλληλα, ώστε να χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένα δεδομένα.

Για τη Βόρεια Θάλασσα, συνίσταται το φάσμα JONSWAP. Για συνθήκες ανοικτής θάλασσας, συνίσταται το φάσμα Peirson-Moskowitz (PM). Για μεγάλο χρονικό διάστημα, η διακύμανση της κατάστασης της θάλασσας είναι πιο αργή. Συχνά προσεγγίζεται από μια σειρά στατικής, μη μηδενικής μέσης διαδικασίας Gauss, η οποία καθορίζεται από το σημαντικό ύψος κύματος (H_s) και την περίοδο κορυφής κύματος (T_p). Υπάρχουν και άλλα φάσματα, που εφαρμόζονται στο σχεδιασμό των υπεράκτιων κατασκευών.

7.1 Φάσματα κυμάτων

Στις μέρες μας υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός δεδομένων για τις μετρήσεις του πεδίου ροής. Οι μετρήσεις αυτές, είναι κυρίως χρονοσειρές ανύψωσης ελεύθερης επιφανείας σε συγκεκριμένα γεωγραφικά σημεία για διάφορες περιοχές του κόσμου. Μέσω της ανάλυσης αυτών των δεδομένων, διατυπώθηκαν εμπειρικές εκφράσεις για τη μορφή του ενεργειακού φάσματος των κυματισμών.

Το φάσμα κυμάτων περιγράφει την ενεργειακή κατανομή διαφορετικών συχνοτήτων μιας θαλάσσιας περιοχής. Το φάσμα πρέπει να επιλέγεται με βάση τα χαρακτηριστικά της συχνότητας του περιβάλλοντος του κύματος (Srinivasan Chandrasekaran, 2018).

7.1.1 Φάσμα Bretschneider

Το φάσμα Bretschneider μπορεί να περιγράψει διάφορα είδη καταστάσεων θάλασσας, όπως πλήρως ανεπτυγμένη, αποσβενύμενη θάλασσα ή αποθάλασσα. Πρόκειται για φάσμα μιας κορυφής (unimodal) και δίνεται από τη σχέση:

$$S(\omega) = \frac{5}{16} \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^5 \frac{H_s^2}{\omega} \exp \exp \left[-\frac{5}{4} \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^4\right] \quad (7.1.1)$$

Όπου:

H_s είναι το σημαντικό ύψος κύματος και ω η συχνότητα κορυφής, δηλαδή η συχνότητα που αντιστοιχεί στο μέγιστο του ενεργειακού φάσματος.

7.1.2 Φάσμα Pierson-Moskowitz (PM)

Το φάσμα PM είναι ένα φάσμα μίας παραμέτρου και χρησιμοποιείται για πλήρως ανεπτυγμένη θαλάσσια διαταραχή, όπως δημιουργείται από σχετικά μέτριους ανέμους:

$$S^+(\omega) = \frac{\alpha g^2}{\omega^5} \exp[-1.25\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{-4}] \quad (7.1.2)$$

7.1.3 Τροποποιημένο φάσμα PM (2 παράμετροι H_s, ω_0)

Αυτό είναι ένα φάσμα δύο παραμέτρων που αναπτύχθηκε για να εξηγήσει το ύψος κύματος. Καθιερώθηκε από το 2^ο ISSC το 1967 και από στο 12^ο ITTC το 1969 για τη μελέτη της δυναμικής συμπεριφοράς των πλοίων. Αυτό το φάσμα είναι κατάλληλο για πλήρως ανεπτυγμένη κατάσταση της θάλασσας και χρησιμοποιείται συνήθως για να περιγράψει τα τροπικά κύματα καταιγίδας που δημιουργούνται από τους τυφώνες. Έχει μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων (Srinivasan Chandrasekaran, 2018).

$$S^+(\omega) = \frac{5}{16} H_s \frac{\omega_0^2}{\omega^5} \exp[-1.25\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{-4}] \quad (7.1.3)$$

7.1.4 Φάσμα ISSC (2 παράμετροι H_s, ω)

Το φάσμα ISSC είναι μια ελαφρά τροποποίηση του φάσματος Bretschneider και συνιστάται για πλήρως ανεπτυγμένη κατάσταση θάλασσας. Αυτή η εξίσωση ισχύει μόνο για ένα φάσμα στενής ζώνης και η ανύψωση των κυμάτων ακολουθεί την κατανομή Gauss.

$$S^+(\omega) = 0.1107 \cdot H_s \cdot \frac{\omega^{-4}}{\omega^5} \exp[-0.4427 \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{-4}] \quad (7.1.4)$$

$$\omega = \frac{m_1}{m_0},$$

Όπου m_1, m_0 οι ροπές φάσματος.

7.1.5 Φάσμα JONSWAP (Joint North Wave Project)

Το φάσμα JONSWAP είναι μια τροποποιημένη μορφή του φάσματος PM. Αυτό το φάσμα ισχύει μόνο σε περιορισμένες περιοχές και χρησιμοποιείται για τις περιοχές της Βόρειας Θάλασσας.

$$S^+(\omega) = \frac{ag^2}{\omega^5} \exp[-1.25 \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{-4}] \gamma^{\alpha(\omega)} \quad (7.1.5)$$

όπου, γ είναι η παράμετρος σχήματος κορυφής του φάσματος. Η τιμή 3.3 αφορά στη Βόρεια θάλασσα. Στη Μεσόγειο Θάλασσα, η τιμή αυτή λαμβάνεται ίση με 1 (Mazarakos, 2020a). Η παραλλαγή της παραμέτρου γ εξαρτάται από τη διάρκεια του ανέμου, το στάδιο ανάπτυξης και το πόσο δυνατός είναι ο άνεμος. Αυτή η τιμή ακολουθεί μια κανονική κατανομή πιθανότητας.

$$\alpha(\omega) = \exp\left[-\frac{(\omega - \omega_0)^2}{2\sigma^2 \cdot \omega_0^2}\right] \quad (7.1.6)$$

όπου σ είναι το πλάτος του φάσματος ή παράμετρος σχήματος και δίνεται από τη σχέση:

$$\sigma = 0.07, \omega \leq \omega_0$$

$$\sigma = 0.09, \omega > \omega_0 \quad (7.1.7)$$

Η τροποποιημένη σταθερά Phillips δίνεται ως:

$$a = 3,25 \cdot 10^{-3} \cdot Hs^2 \cdot \omega^4 [1 - 0.287 \ln \ln (\gamma)] \quad (7.1.8)$$

$$\gamma = 5 \quad \text{για} \quad \frac{Tp}{\sqrt{Hs}} \leq 3.6$$

$$Hs = 4\sqrt{m\sigma}$$

όπου η σταθερά γ ποικίλλει από 1 έως 7.

Στην παρούσα εργασία θα γίνει χρήση του φάσματος JONSWAP (Joint North Sea Wave Project). Αυτό το φάσμα χρησιμοποιείται στο νοτιοανατολικό τμήμα της Βόρειας Θάλασσας. Χρησιμοποιείται για ρηχές θάλασσες που περιβάλλονται συνήθως από στεριά και όπου το μήκος πνοής του ανέμου είναι σχετικά μικρό. Το φάσμα μπορεί να δοθεί ως:

$$S(f) = \alpha * g^2 * (2\pi)^{-4} f^{-5} \exp\left[-\frac{5}{4}(Tpf)^{-4}\right] \gamma \exp\left[-\frac{(Tpf-1)^2}{2\sigma^2}\right]$$

$$S(f) = \frac{\alpha \cdot g^2}{\omega_0^5} \exp \exp \left[-\frac{5}{4} \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^4 \right] \gamma^\delta \quad (7.1.9)$$

Όπου:

$$\alpha = 0.076 \left(\frac{gx}{U_{w10}^2} \right)^{-0.22},$$

$$\delta = \exp\left[\frac{(\omega_0 - \omega)^2}{2\sigma^2 \cdot \omega^2}\right]$$

Επιπρόσθετα, ως x ορίζεται το μήκος πνοής του ανέμου και U_{w10} η ταχύτητα του ανέμου στα 10 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας. Η παράμετρος γ παίρνει τιμές στο διάστημα [1,7] με την τιμή 3.3 να χρησιμοποιείται τις περισσότερες φορές.

Το φάσμα κυμάτων μπορεί να εκτιμηθεί από μετρήσεις κύματος (Kinsman, 1965) υποθέτοντας ότι μπορούμε να περιγράψουμε τη θάλασσα ως μια στάσιμη τυχαία διαδικασία. Αυτό σημαίνει

στην πράξη ότι μιλάμε για μια περιορισμένη χρονική περίοδο που κυμαίνεται από μισή ώρα έως 10 ώρες. Στη βιβλιογραφία αυτό αναφέρεται συχνά ως βραχυπρόθεσμη περιγραφή της θάλασσας. Προτεινόμενα θαλάσσια φάσματα από την ISSC (International Ship and Offshore Structures Congress) και την ITTC (International Towing Tank Conference) χρησιμοποιούνται συχνά για τον υπολογισμό του $S(\omega)$. Για παράδειγμα, για συνθήκες ανοιχτής θάλασσας ο 15^{ος} ITTC συνέστησε τη χρήση φασματικής σύνθεσης ISSC για Φάσμα Pierson-Moskowitz, όπου είναι περισσότερο συνηθισμένο να χρησιμοποιείται ο μέσος όρος περιόδους κύματος T_2 , που ορίζεται ως (Faltinsen, 1990):

$$T_2 = 2\pi \left(\frac{m_0}{m_2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (7.1.10)$$

Η συσχέτιση μεταξύ T_1 και T_2 για το φάσμα που πρότεινε ο 15^{ος} ITTC, προκύπτει από την εξίσωση:

$$\frac{S(\omega)}{H_s^2 \cdot T_1} = \frac{0.11}{2\pi} \left(\frac{\omega \cdot T_1}{2\pi} \right)^{-5} \exp \exp \left[-0.44 \left(\frac{\omega \cdot T_1}{2\pi} \right)^{-4} \right] \quad (7.1.11)$$

και ισούται με: $T_1 = 1.086T_2$

Η περίοδος T_0 μπορεί για το ίδιο φάσμα να γραφεί ως:

$$T_0 = 1.408T_2 \quad (7.1.12)$$

Και αναφέρεται επίσης ως 'modal period'.

Για τη μελέτη της δυναμικής συμπεριφοράς πλοίου σε κυματισμούς ο 17^{ος} ITTC πρότεινε το μέσο φάσμα Jonswarp για θάλασσες με περιορισμένο μήκος πνοής (fetch limited), το οποίο εκφράζεται από τη σχέση (Faltinsen, 1990):

$$S(\omega) = 155 \frac{H_s^2}{T_1^4 \cdot \omega^5} \exp\left(\frac{-944}{T_1^4 \cdot \omega^4}\right) (3.3)^\delta \quad (7.1.13)$$

$$\delta = \exp \left(- \left(\frac{0.191\omega T_1 - 1}{\frac{1}{2.2\sigma}} \right)^2 \right)$$

$$\sigma = \{0.07, \text{ όταν } \omega_0 \leq \omega \text{ και } 0.09, \text{ όταν } \omega_0 > \omega\}$$

$$\gamma = 3.3$$

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Στην παρούσα εργασία σχεδιάστηκαν τρεις κατασκευές στα προγράμματα Solidworks Educational Edition 2020-2021 και Rhinoceros v. 5 και στη συνέχεια έγινε εισαγωγή των σχεδίων στο πρόγραμμα ANSYS για να πραγματοποιηθεί η υδροδυναμική τους ανάλυση. Πρόκειται για έναν κύλινδρο (Mazarakos, 2010), ο οποίος σχεδιάστηκε στο Rhinoceros, μία φορτηγίδα, της οποίας το σχέδιο ελήφθη από τον Mehn - Andersen, (2018) και μία πλωτή μονάδα εξόρυξης αποθήκευσης και μεταφόρτωσης πετρελαίου, της οποίας το σχέδιο δόθηκε από το Maritime Institute of Netherlands. Στα δύο πρώτα μοντέλα έγιναν οι υδροδυναμικοί υπολογισμοί στο πεδίο των συχνοτήτων και τα αποτελέσματα που προέκυψαν συγκρίθηκαν με υπάρχουσες μεθοδολογίες και δημοσιεύσεις. Το τελευταίο αγκυρώθηκε, οπότε μελετήθηκαν οι υδροδυναμικές αποκρίσεις της αγκυρωμένης κατασκευής τόσο στο πεδίο των συχνοτήτων όσο και στο πεδίο του χρόνου. Στο Παράρτημα I περιγράφεται ο τρόπος που σχεδιάστηκαν οι πλωτές κατασκευές, στο Παράρτημα II δίνεται ο τρόπος που οι γεωμετρίες αυτές εισήχθησαν στο πρόγραμμα ANSYS και έγιναν οι προσομοιώσεις και στο Παράρτημα III δίνονται τα αριθμητικά αποτελέσματα σε μορφή πινάκων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σε μορφή διαγραμμάτων.

8.1 Αποτελέσματα υδροδυναμικής ανάλυσης κυλίνδρου

Τα χαρακτηριστικά του κυλίνδρου είναι τα παρακάτω (πλήθος στοιχείων διακριτοποίησης: 280):

Βάθος περιοχής εγκατάστασης: 200 m

Ακτίνα κυλίνδρου: 5 m

Ύψος κυλίνδρου: 30 m

Βύθισμα μελέτης: 20 m

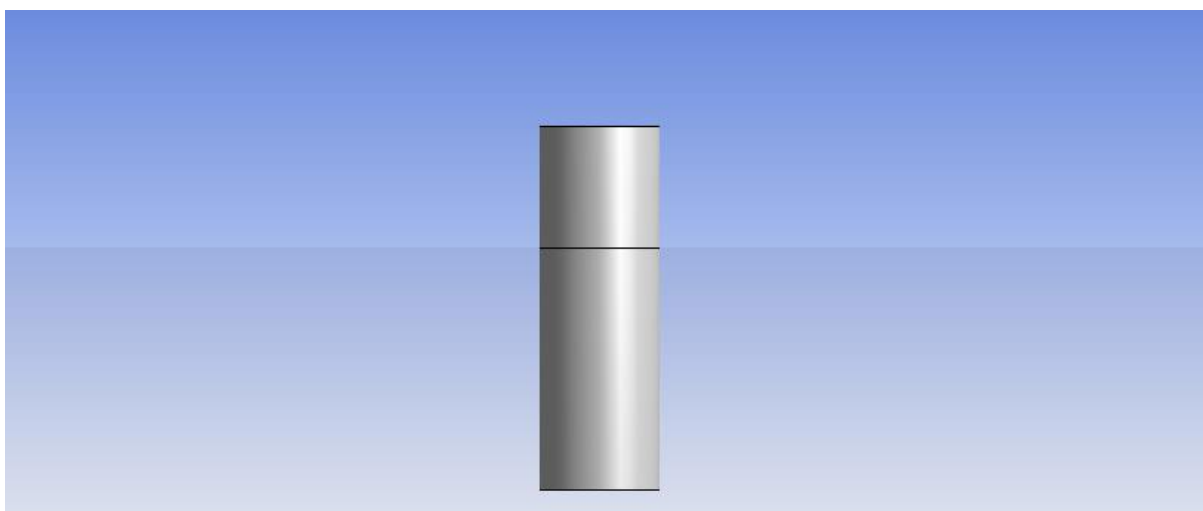
Μάζα κυλίνδρου: 1583716,43 kg

Κέντρο βάρους: (0,0,-10)

I_{xx} : 62527112 kg.m²

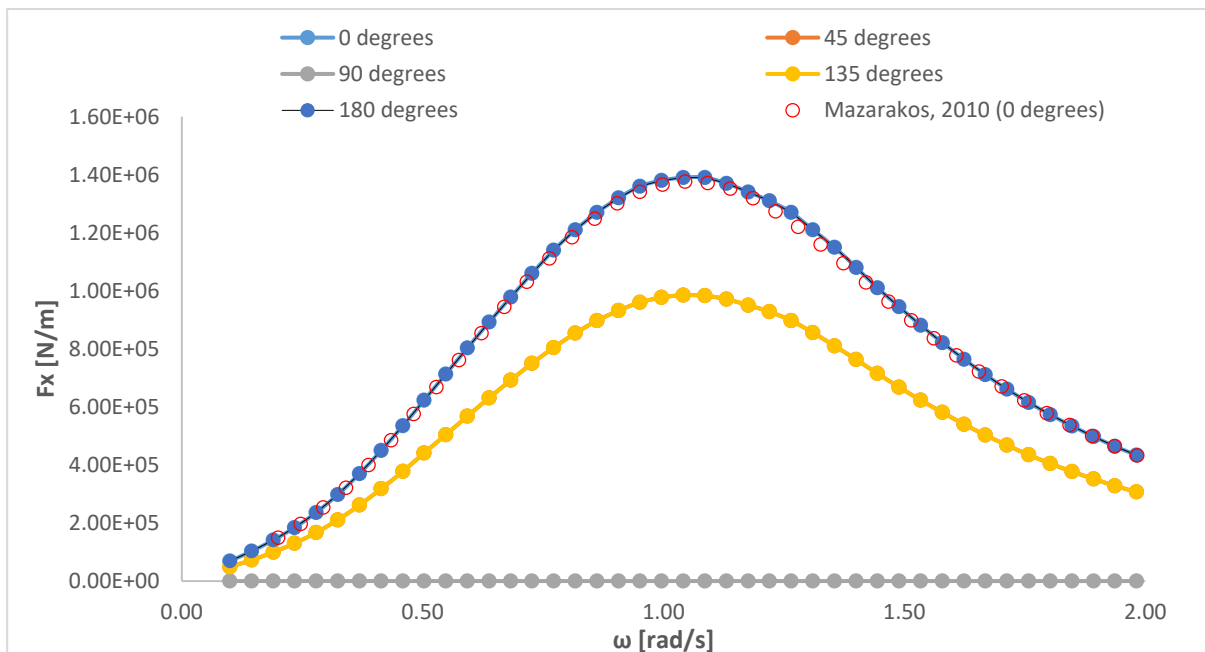
I_{yy} : 62527112 kg.m²

I_{zz} : 19473432 kg.m²

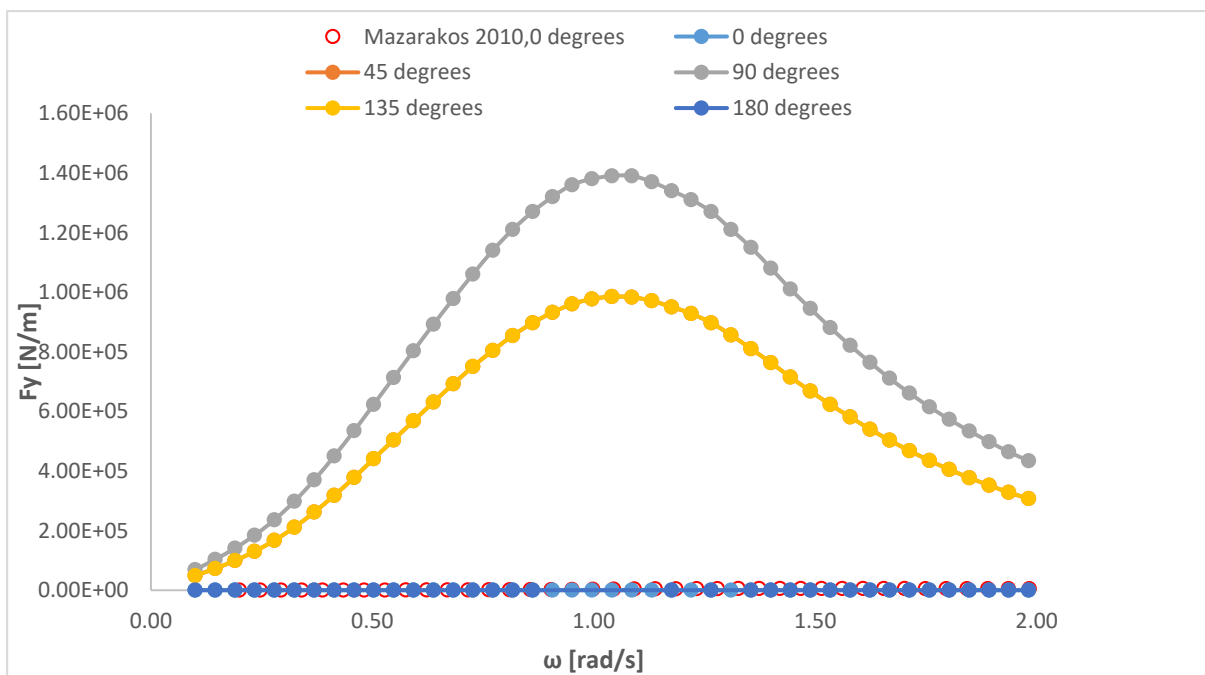


Σχήμα 8-1 Σχήμα DNV-Barge.

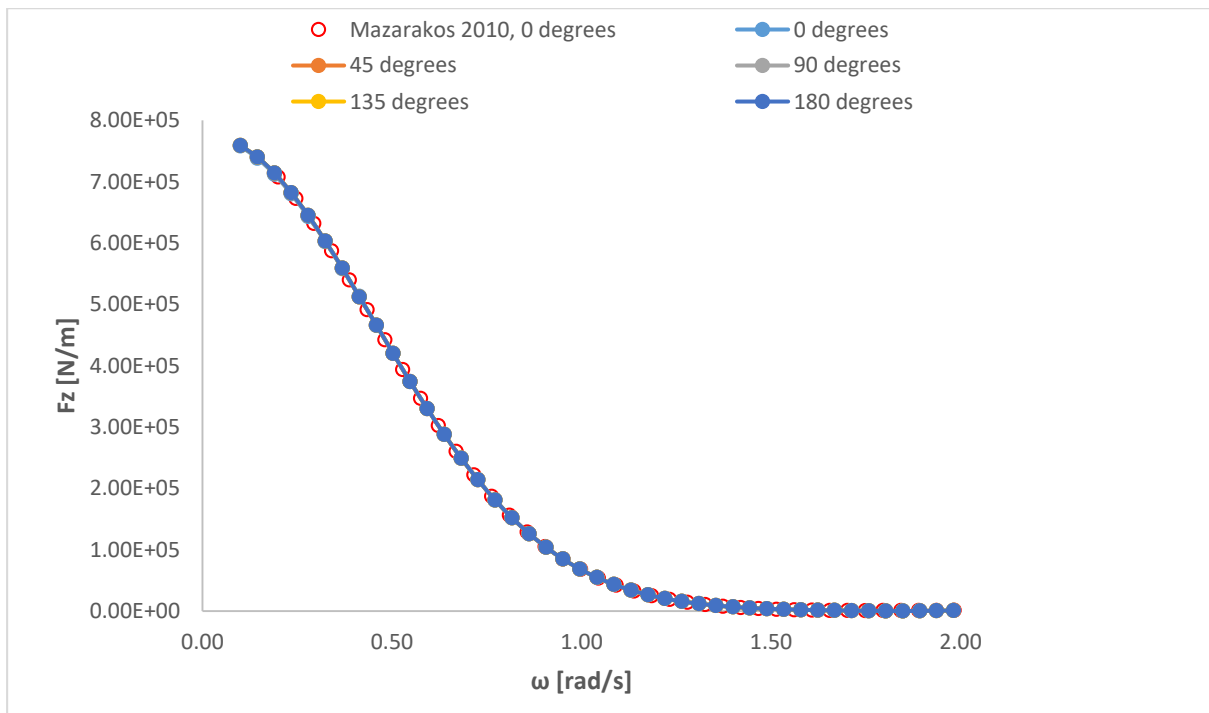
8.1.1 Δυνάμεις διέγερσης από 0° έως 180° μοίρες.



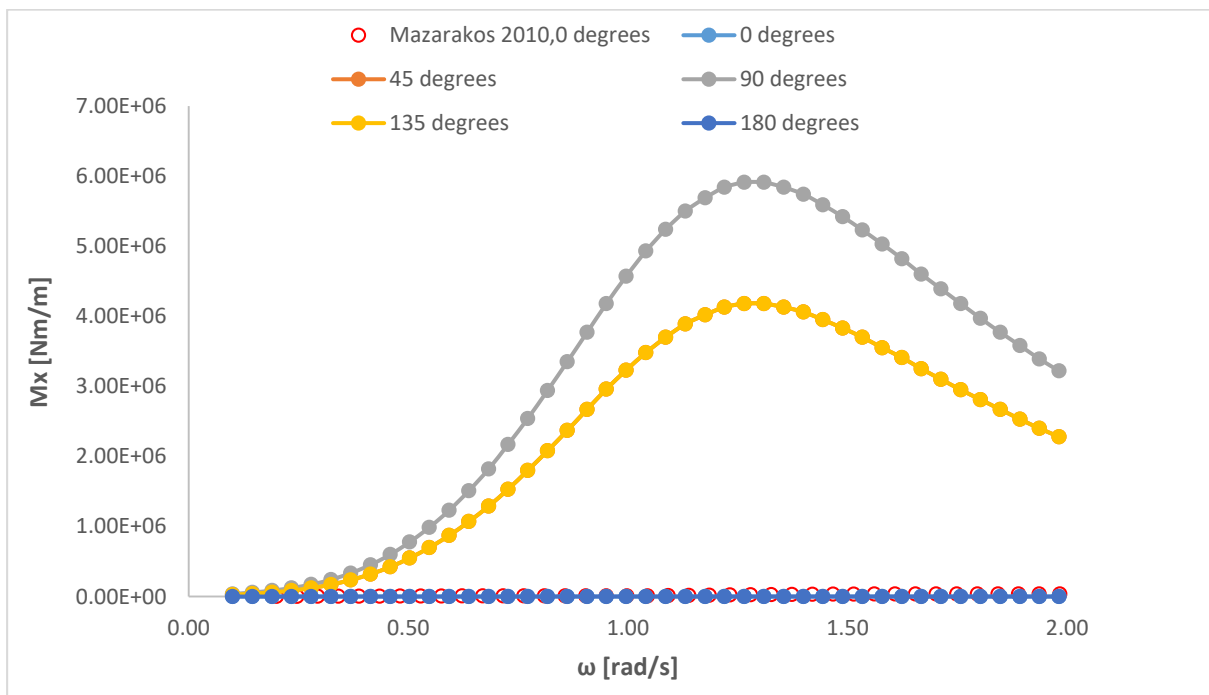
Σχήμα 8-2 Δυνάμεις διέγερσης F_x για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).



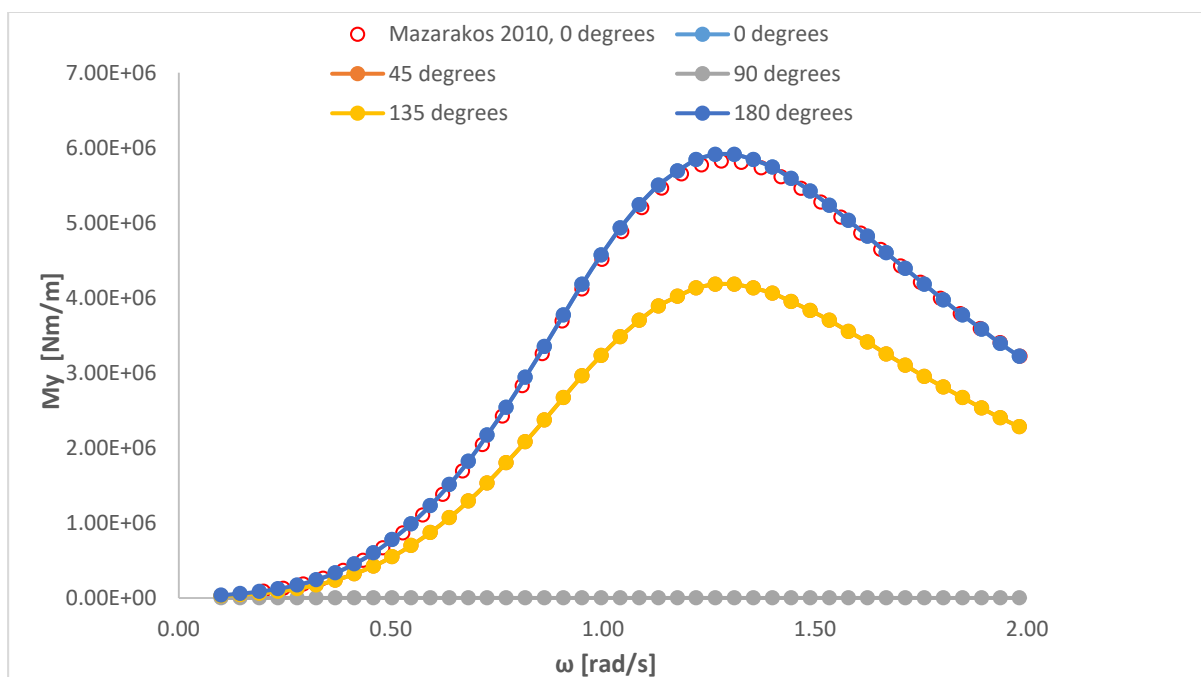
Σχήμα 8-3 Δυνάμεις διέγερσης F_y για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).



Σχήμα 8-4 Δυνάμεις διέγερσης F_z για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).

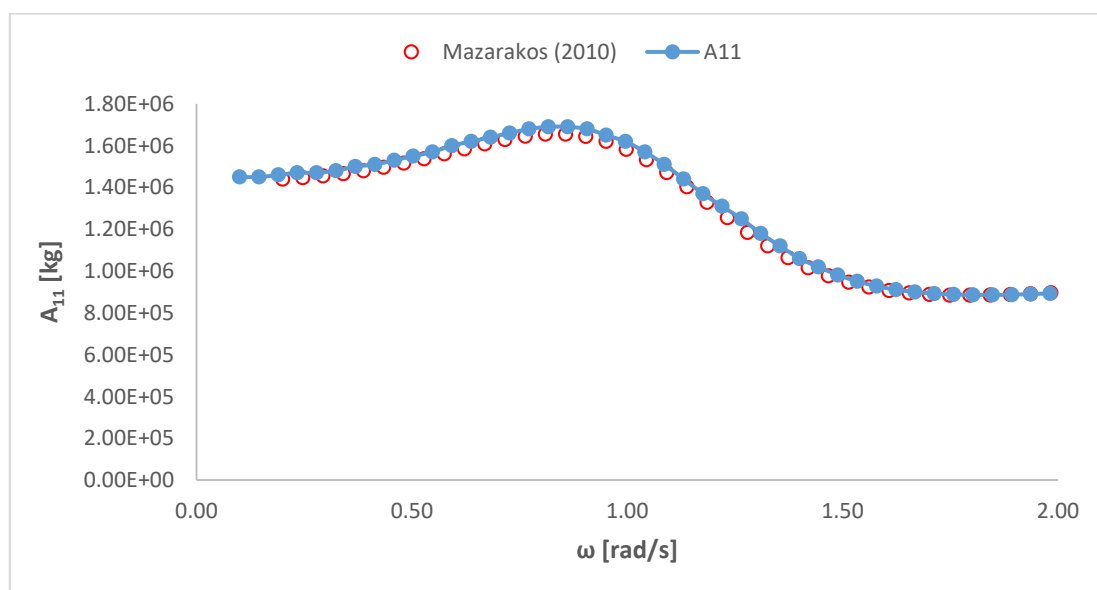


Σχήμα 8-5 Ροπές διέγερσης M_x για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).

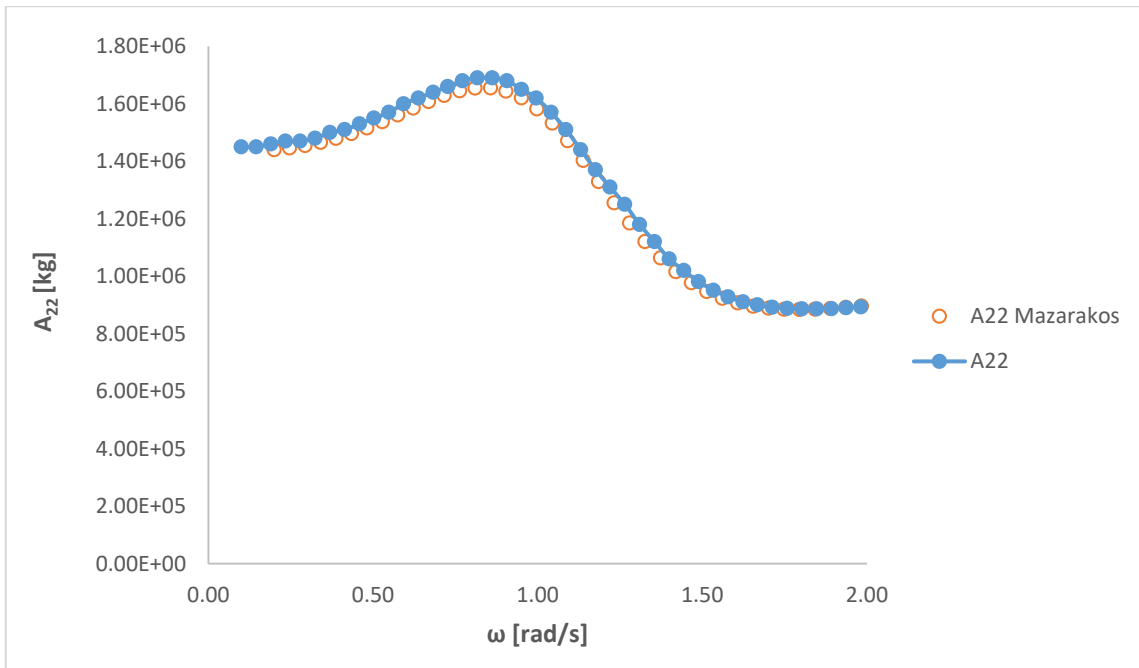


Σχήμα 8-6 Ροπές διέγερσης M_y για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).

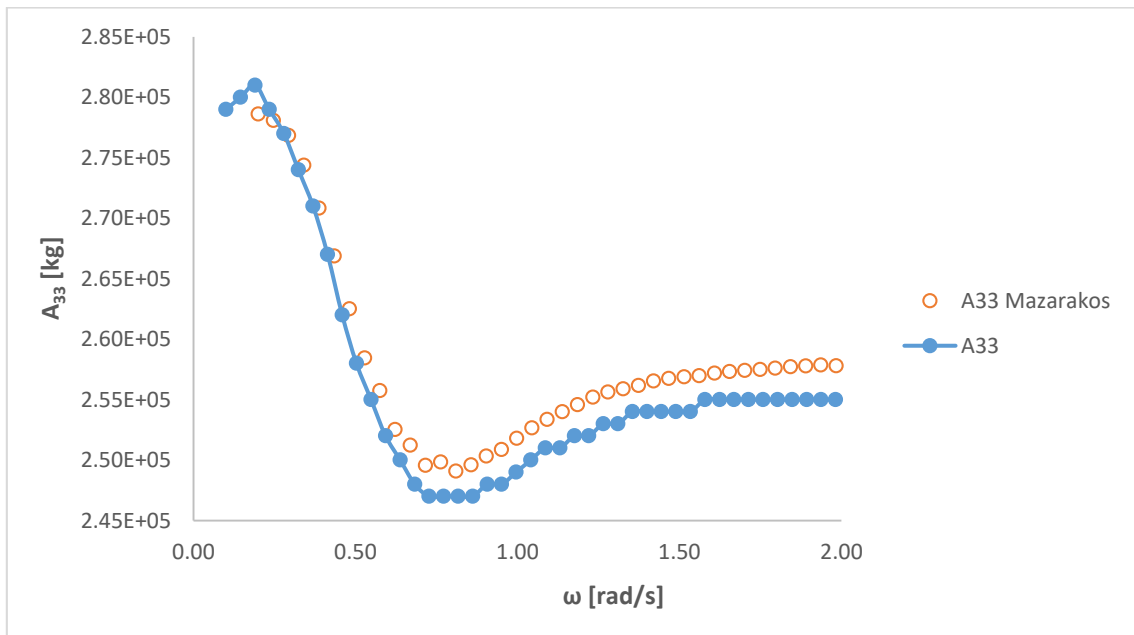
8.1.2 Πρόσθετες μάζες



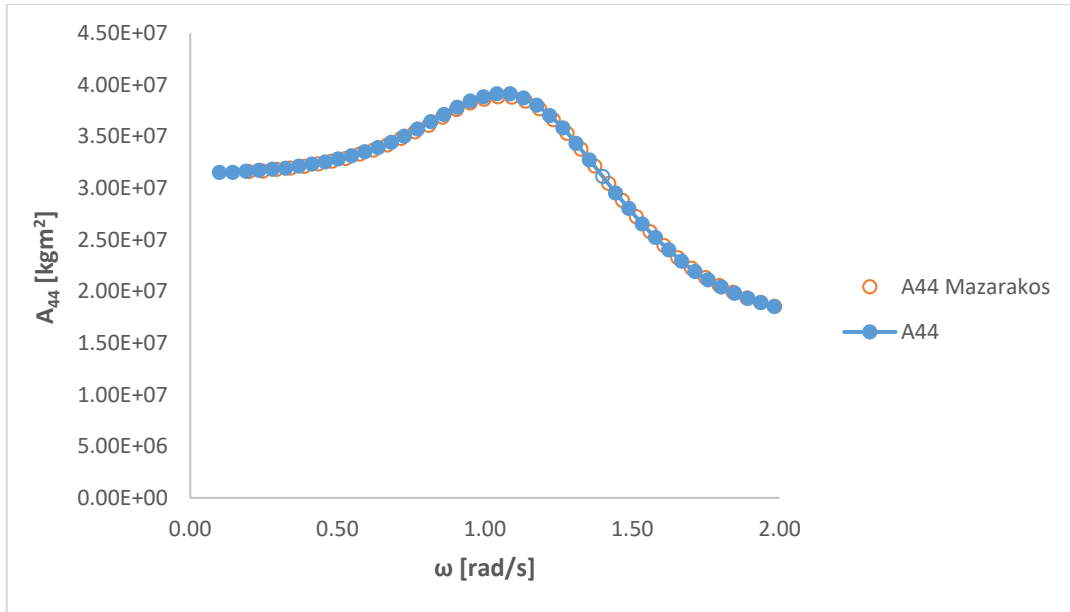
Σχήμα 8-7 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{11} στον κύλινδρο.



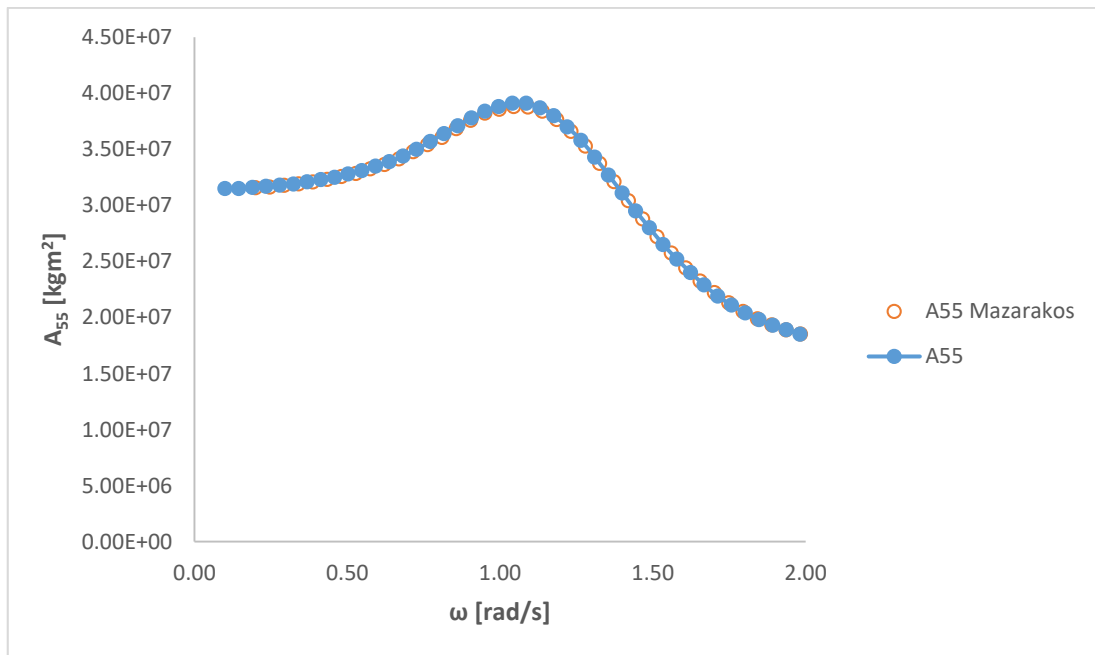
Σχήμα 8-8 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{22} στον κύλινδρο.



Σχήμα 8-9 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{33} στον κύλινδρο.

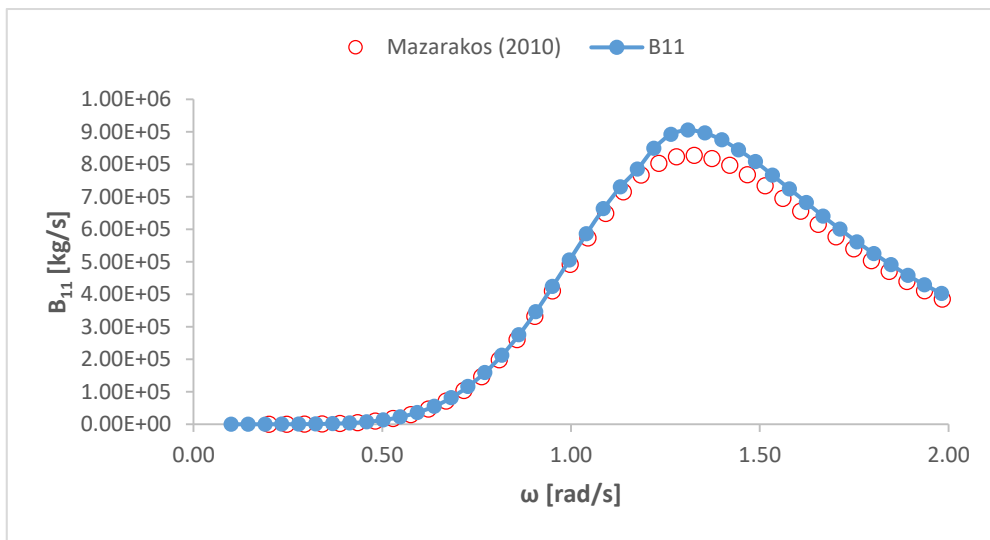


Σχήμα 8-10 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{44} στον κύλινδρο.

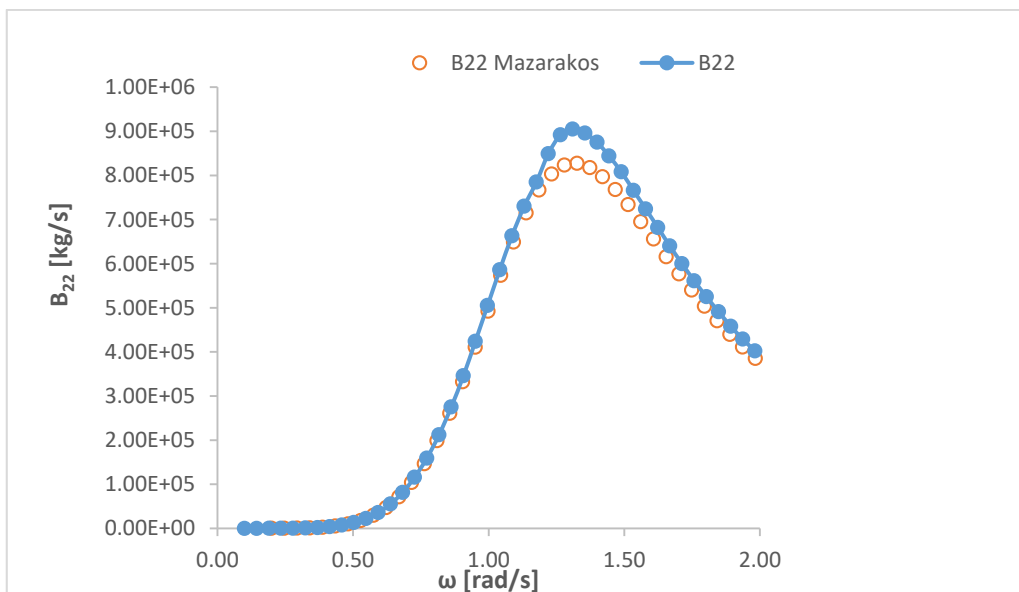


Σχήμα 8-11 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{55} στον κύλινδρο.

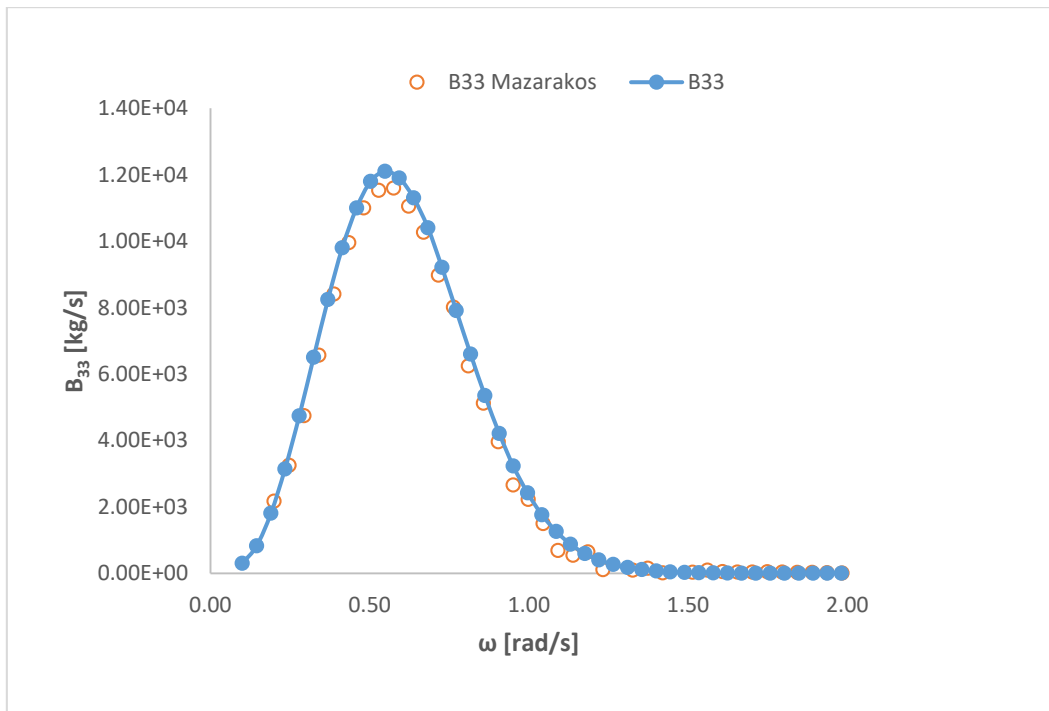
8.1.3 Υδροδυναμική απόσβεση



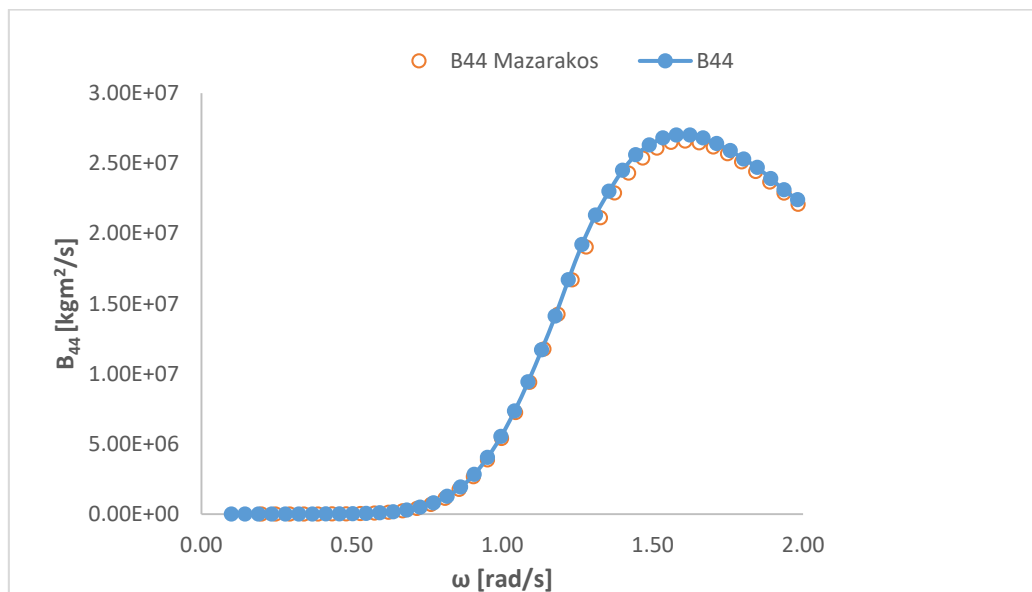
Σχήμα 8-12 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{11} στον κύλινδρο.



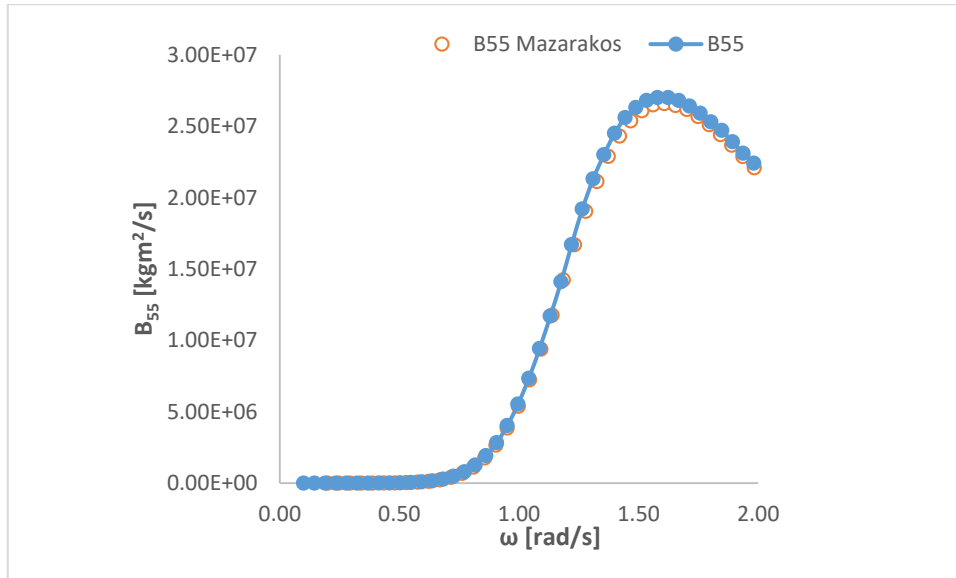
Σχήμα 8-13 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{22} στον κύλινδρο.



Σχήμα 8-14 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{33} στον κύλινδρο.

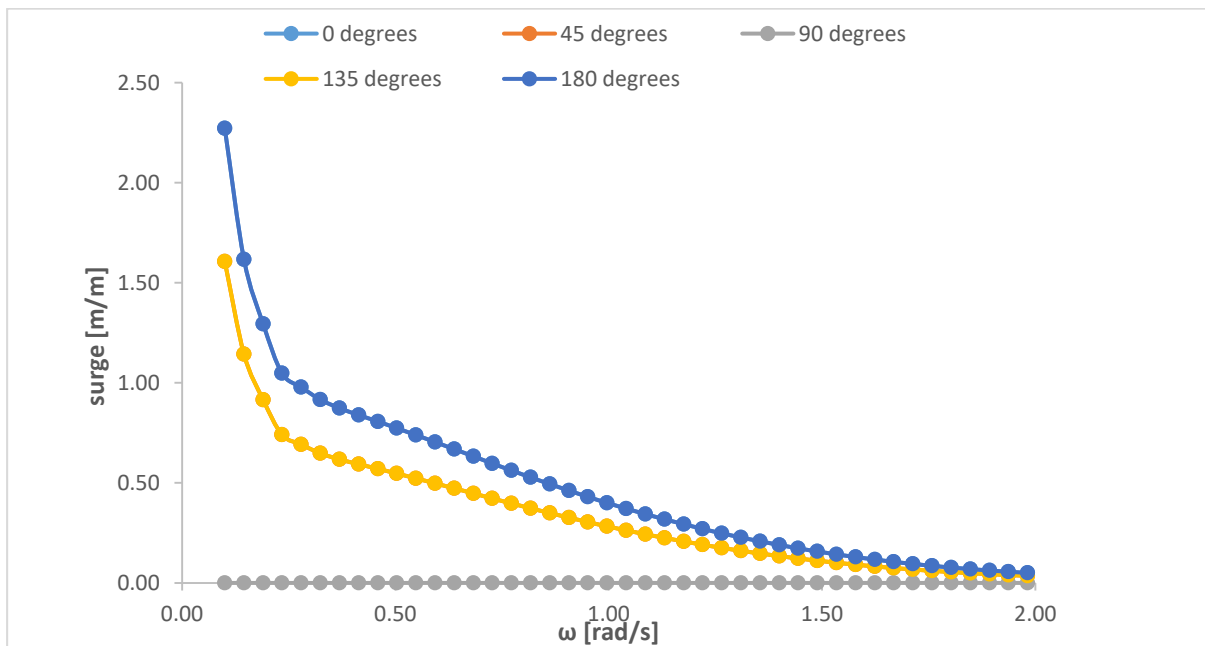


Σχήμα 8-15 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{44} στον κύλινδρο.

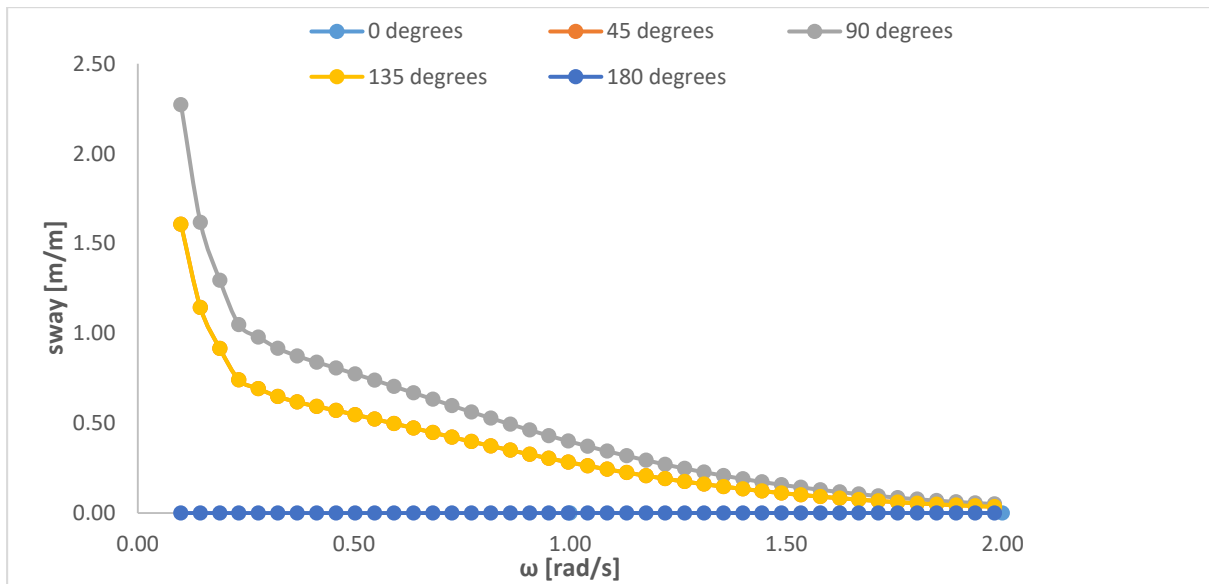


Σχήμα 8-16 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{55} στον κύλινδρο.

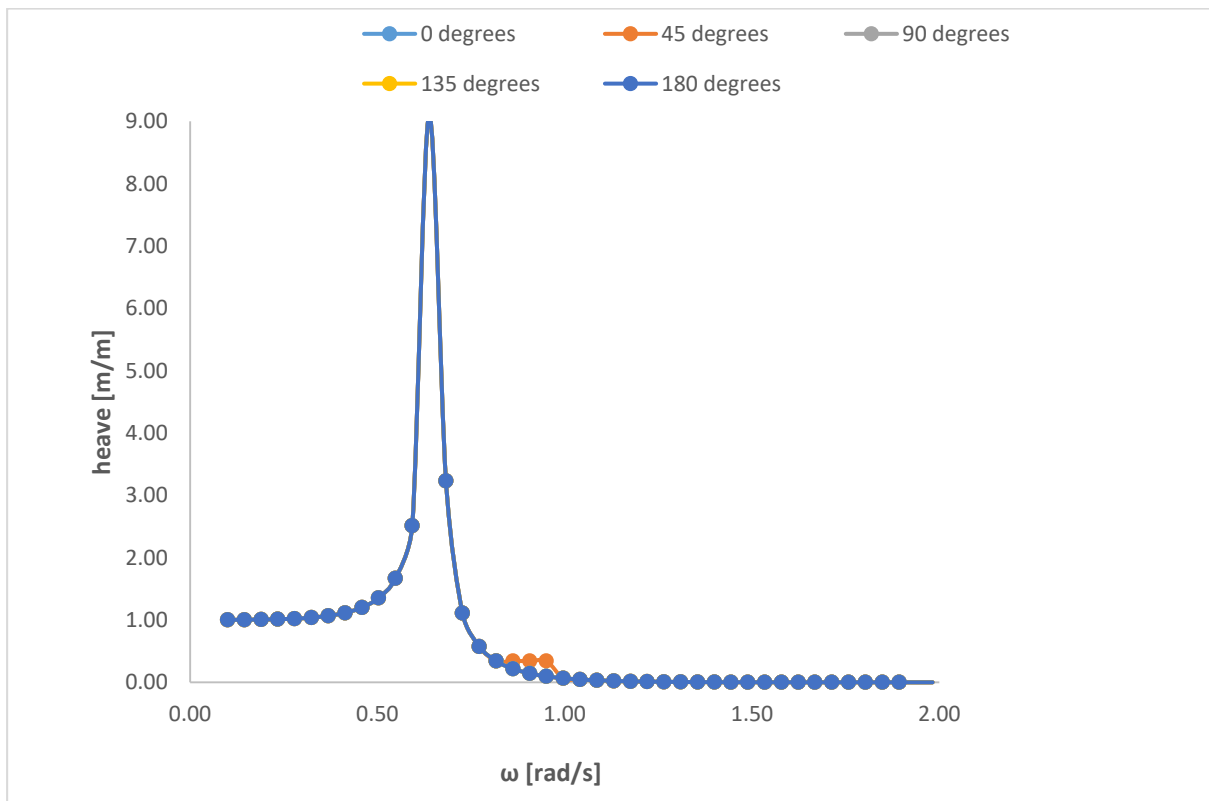
8.1.4 Γενικευμένες κινήσεις από 0° έως 180° μοίρες.



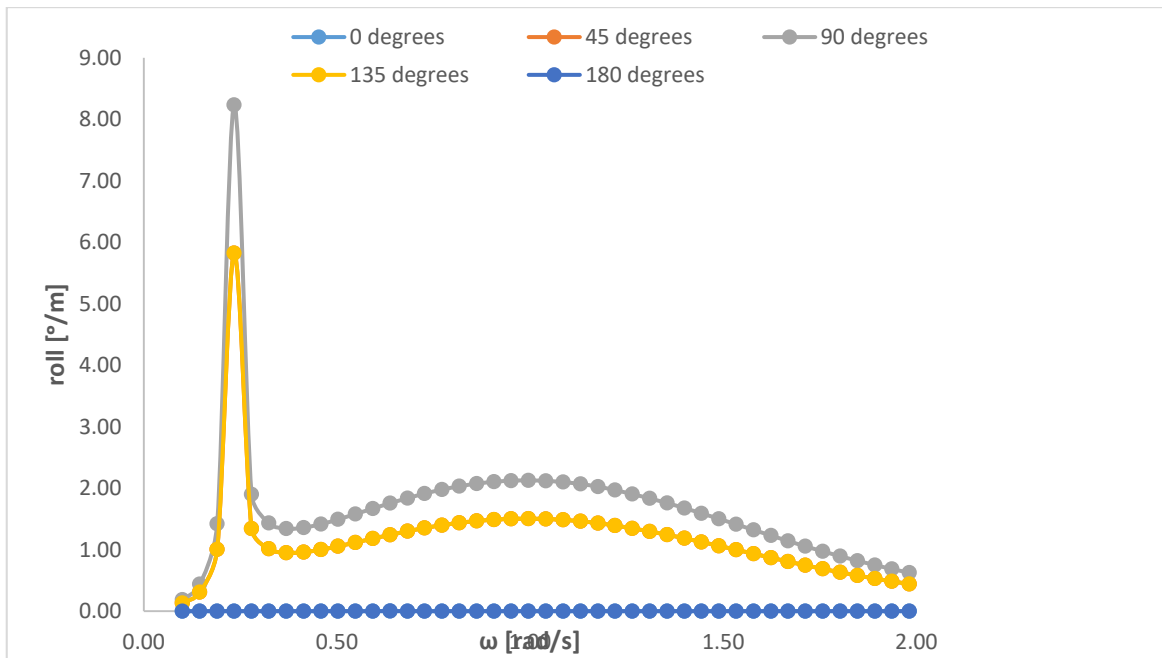
Σχήμα 8-17 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση surge για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).



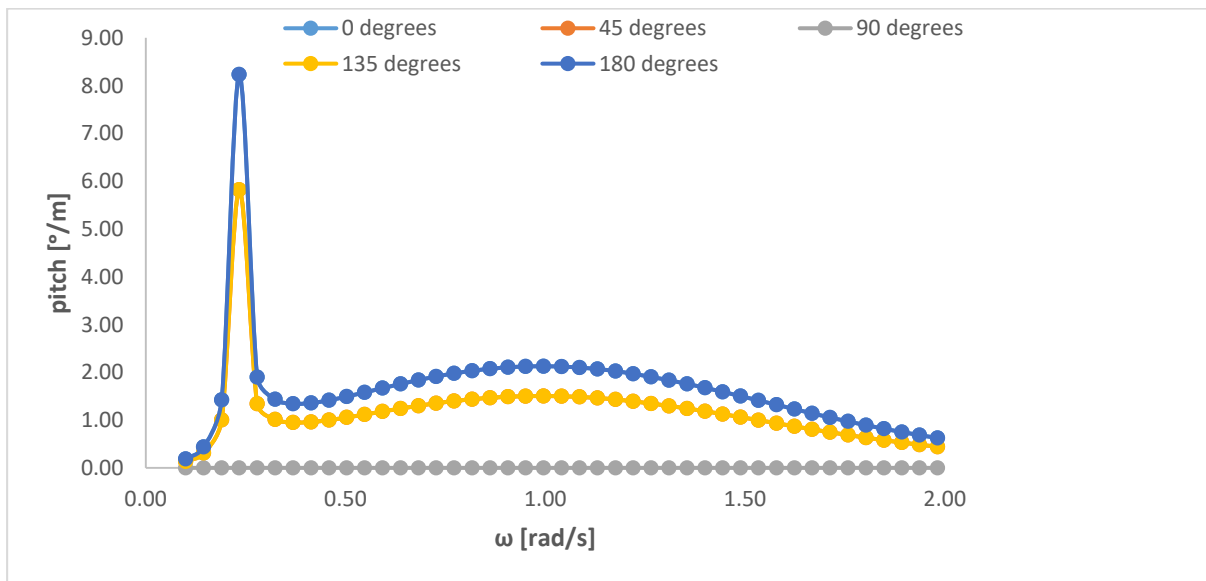
Σχήμα 8-18 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση sway για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).



Σχήμα 8-19 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση heave για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).

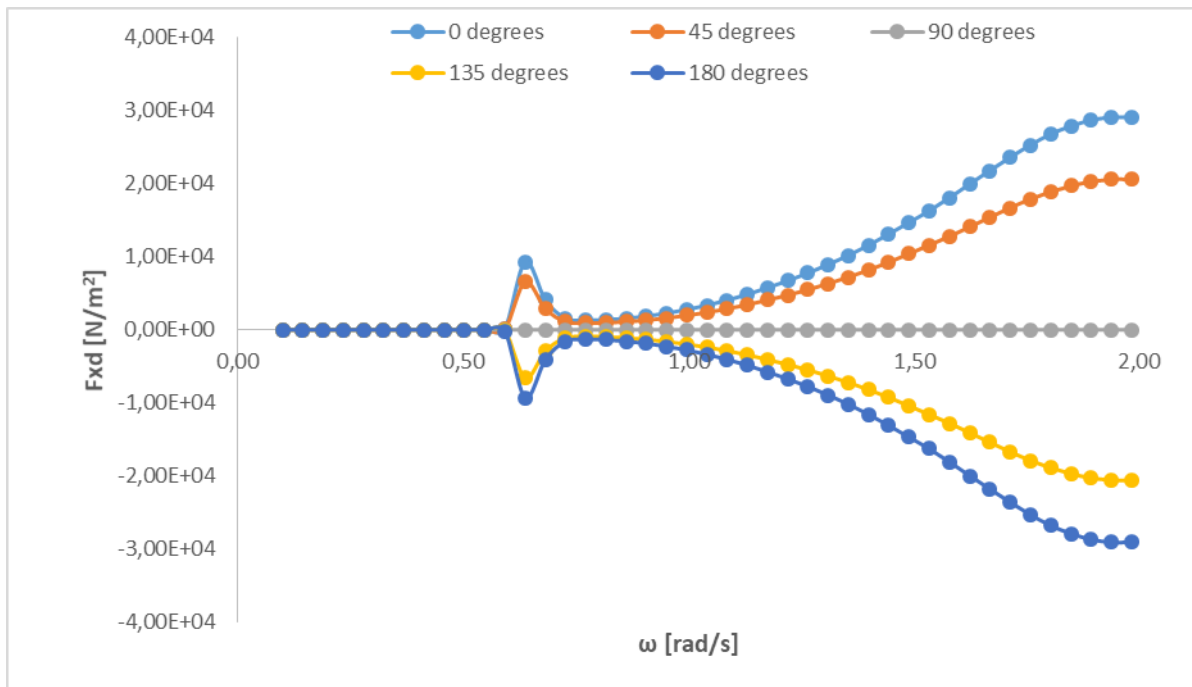


Σχήμα 8-20 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση roll για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

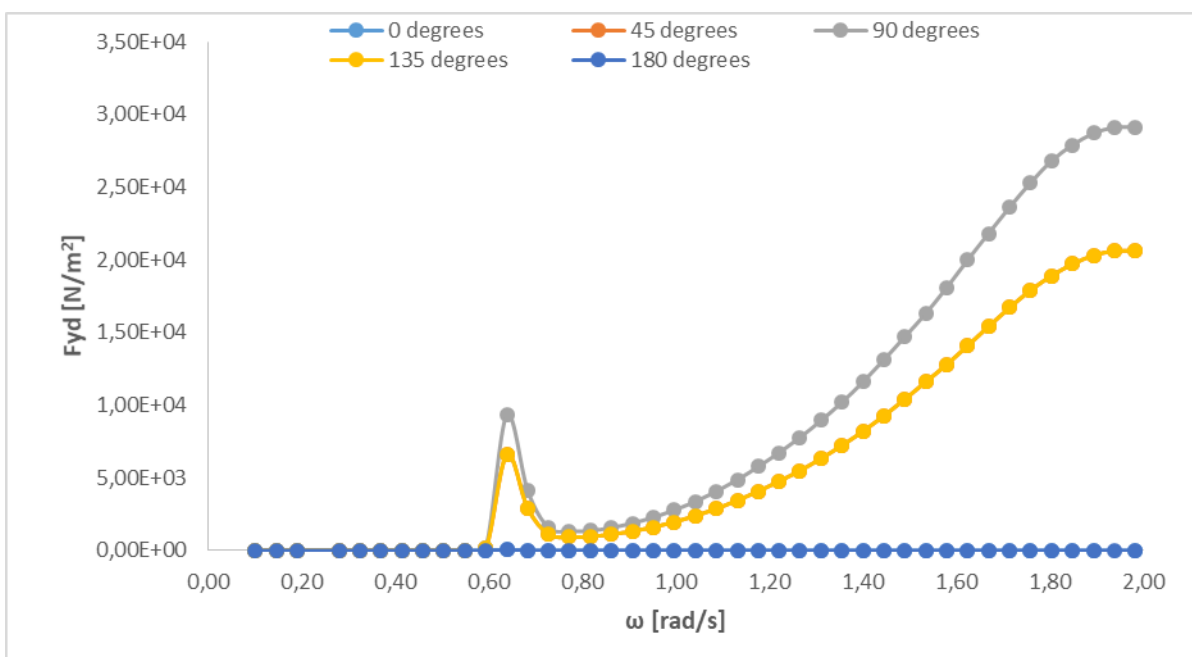


Σχήμα 8-21 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση pitch για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

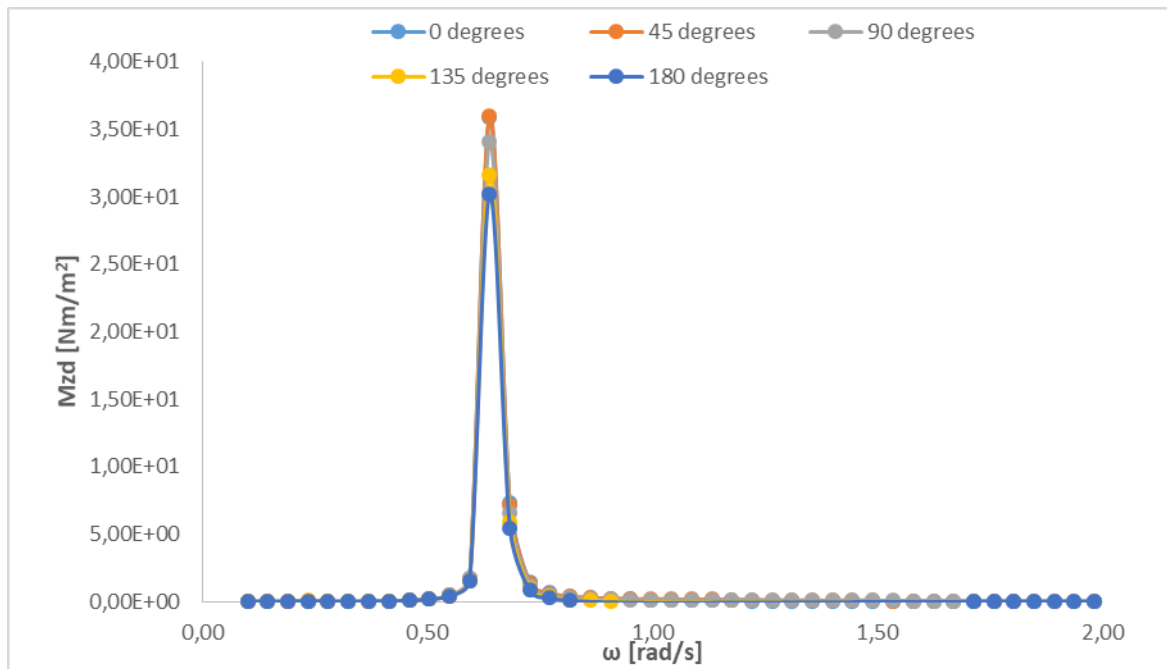
8.1.5 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης από 0° έως 180° με τη μέθοδο Far Field.



Σχήμα 8-22 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης F_{xd} με τη μέθοδο *far field* για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

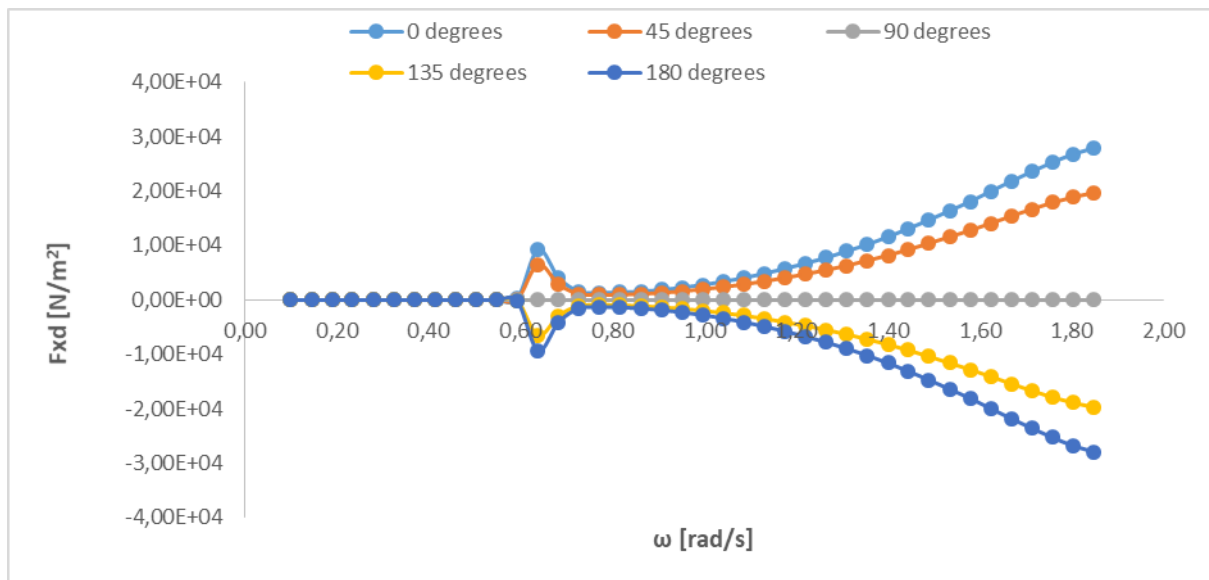


Σχήμα 8-23 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης F_{yd} με τη μέθοδο *far field* για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

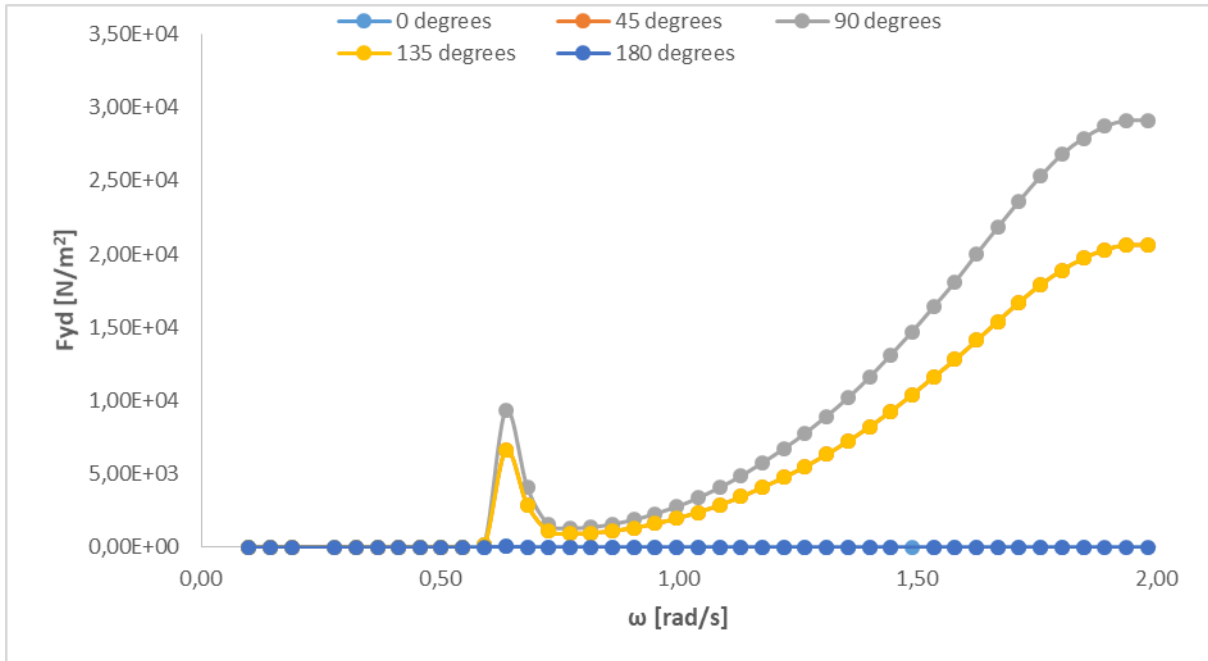


Σχήμα 8-24 Μέσες ροπές έκπτωσης δεύτερης τάξης M_{zd} με τη μέθοδο *far field* για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).

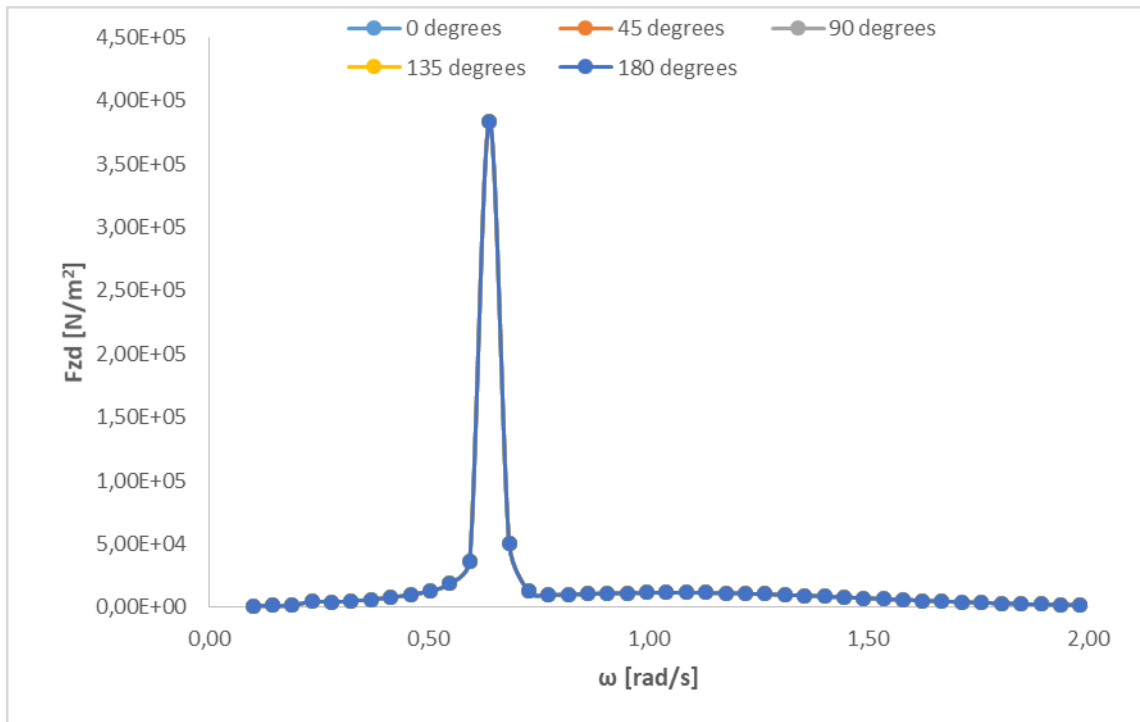
8.1.6 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης από 0° έως 180° με τη μέθοδο *Near Field*.



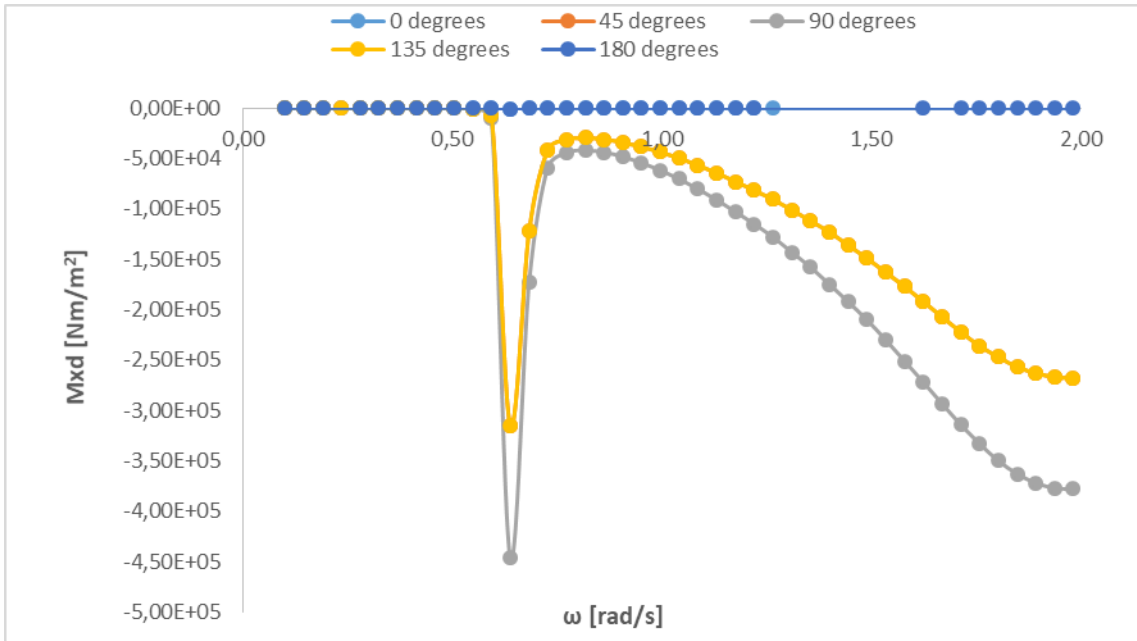
Σχήμα 8-25 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης F_{xd} με τη μέθοδο *near field* για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).



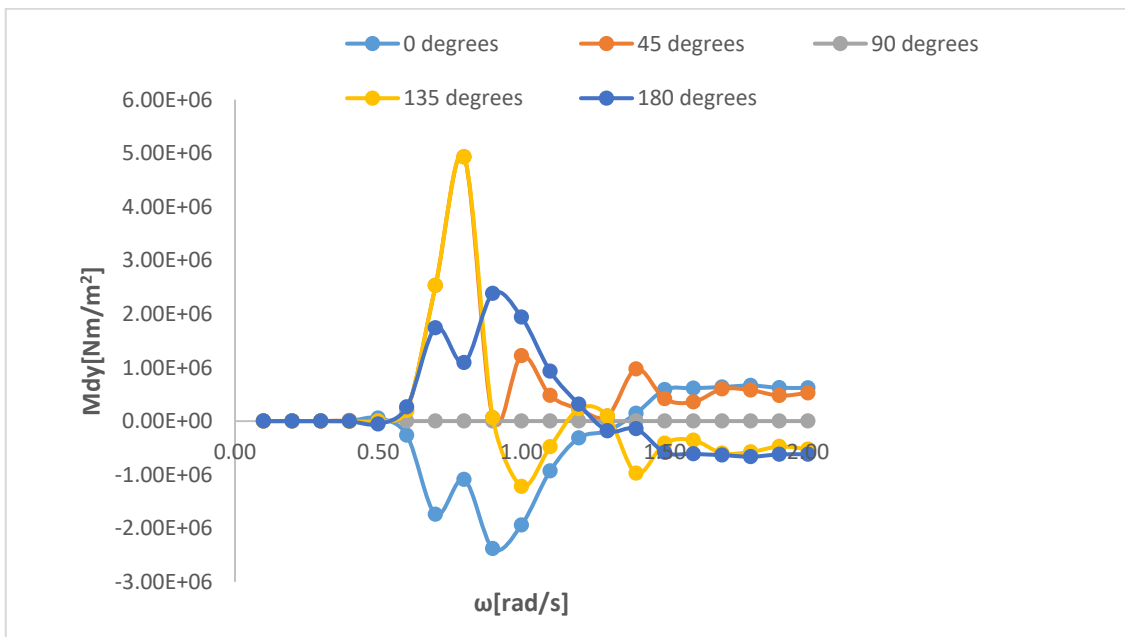
Σχήμα 8-26 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης F_{yd} με τη μέθοδο near field για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).



Σχήμα 8-27 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης F_{zd} με τη μέθοδο near field για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).



Σχήμα 8-28 Μέσες ροπές έκπτωσης δεύτερης τάξης M_{xd} με τη μέθοδο *far field* για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).



Σχήμα 8-29 Μέσες ροπές έκπτωσης δεύτερης τάξης M_{yd} με τη μέθοδο *far field* για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).

8.2 Αποτελέσματα υδροδυναμικής ανάλυσης DNV-Barge

Βάθος περιοχής εγκατάστασης: 200 m

Μήκος κατασκευής: 139.79 m

Πλάτος κατασκευής: 30.81 m

Βύθισμα κατασκευής: 9.8 m

Μάζα κατασκευής: 68103904 kg

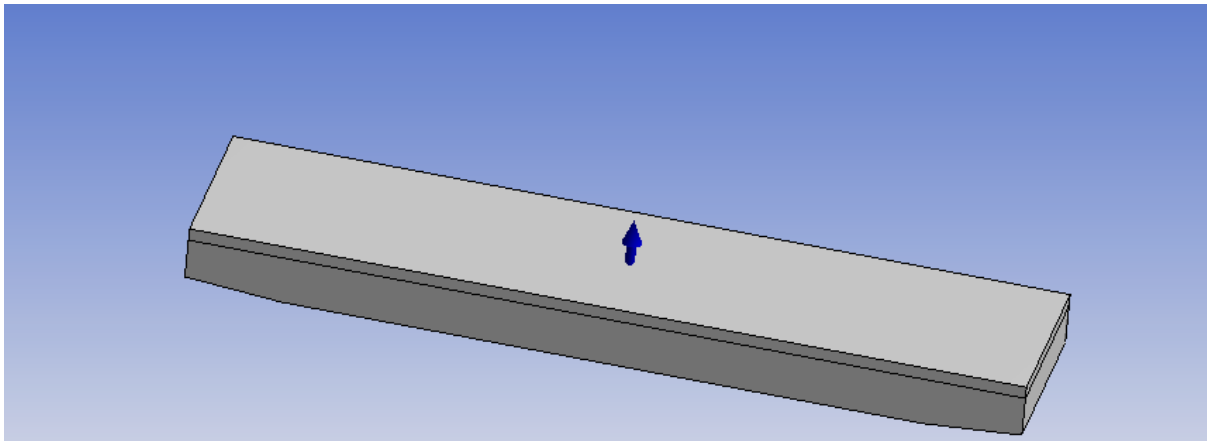
Κέντρο βάρους: (-0.127, -1.6248e-2, -2.6289) ως προς το G

I_{xx} : 2810000000 kg.m²

I_{yy} : 47400000000 kg.m²

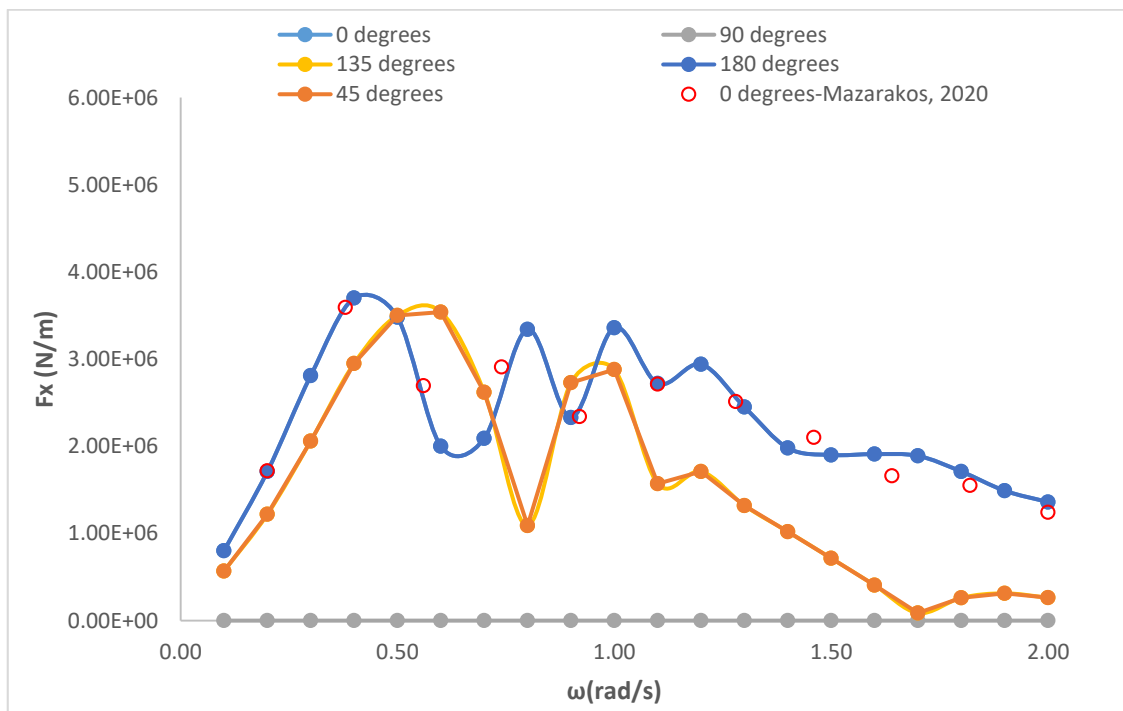
I_{zz} : 49700000000 kg.m²

(πλήθος στοιχείων διακριτοποίησης: 4644):

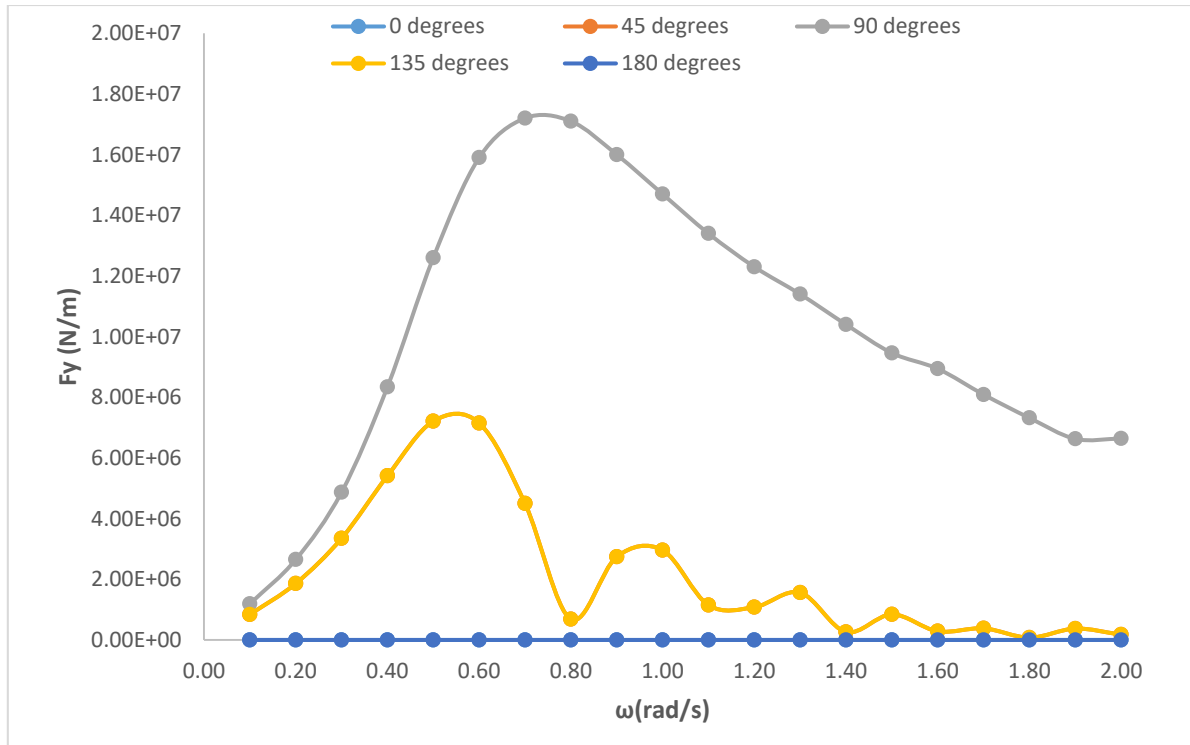


Σχήμα 8-30 Σχήμα DNV-Barge.

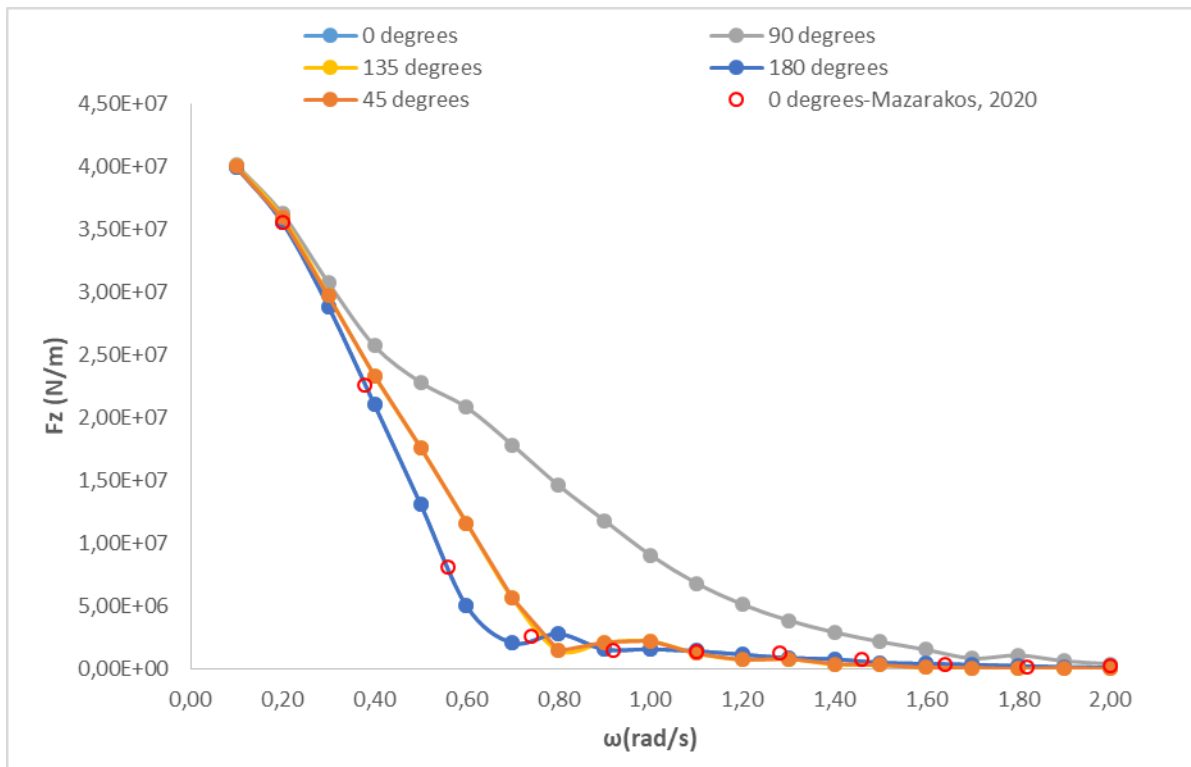
8.2.1 Δυνάμεις διέγερσης DNV-GL barge από 0° έως 180° μοίρες.



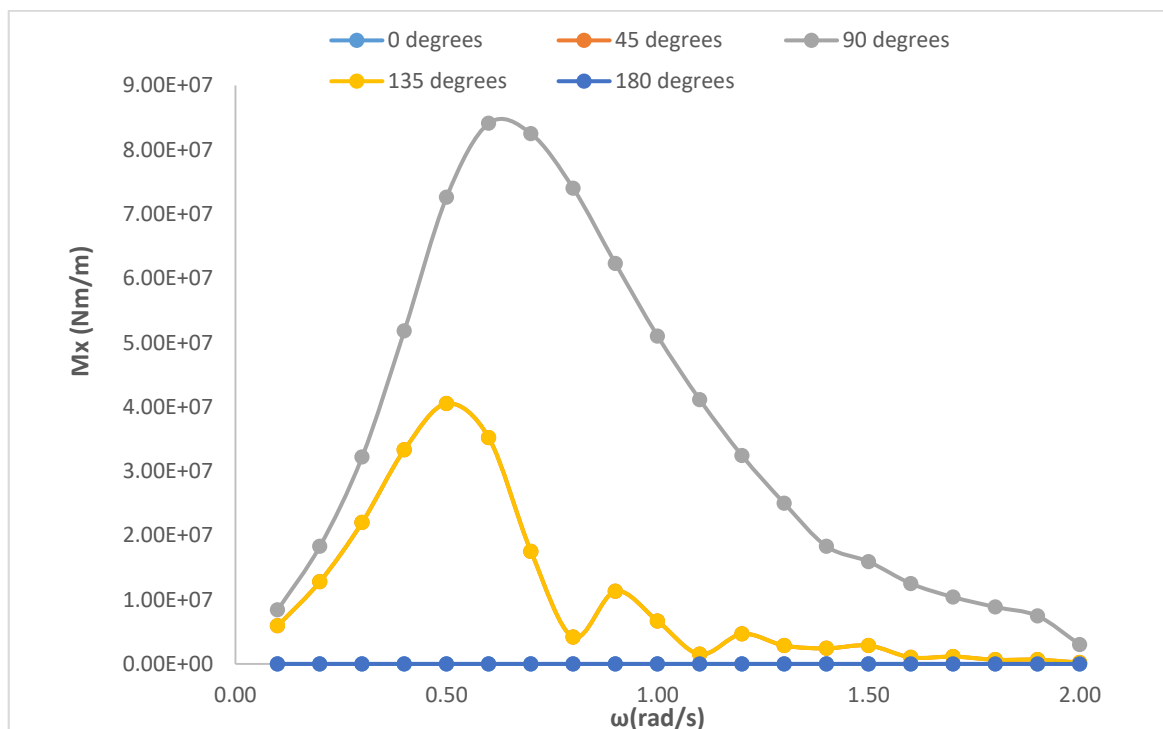
Σχήμα 8-31 Δυνάμεις διέγερσης F_x για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).



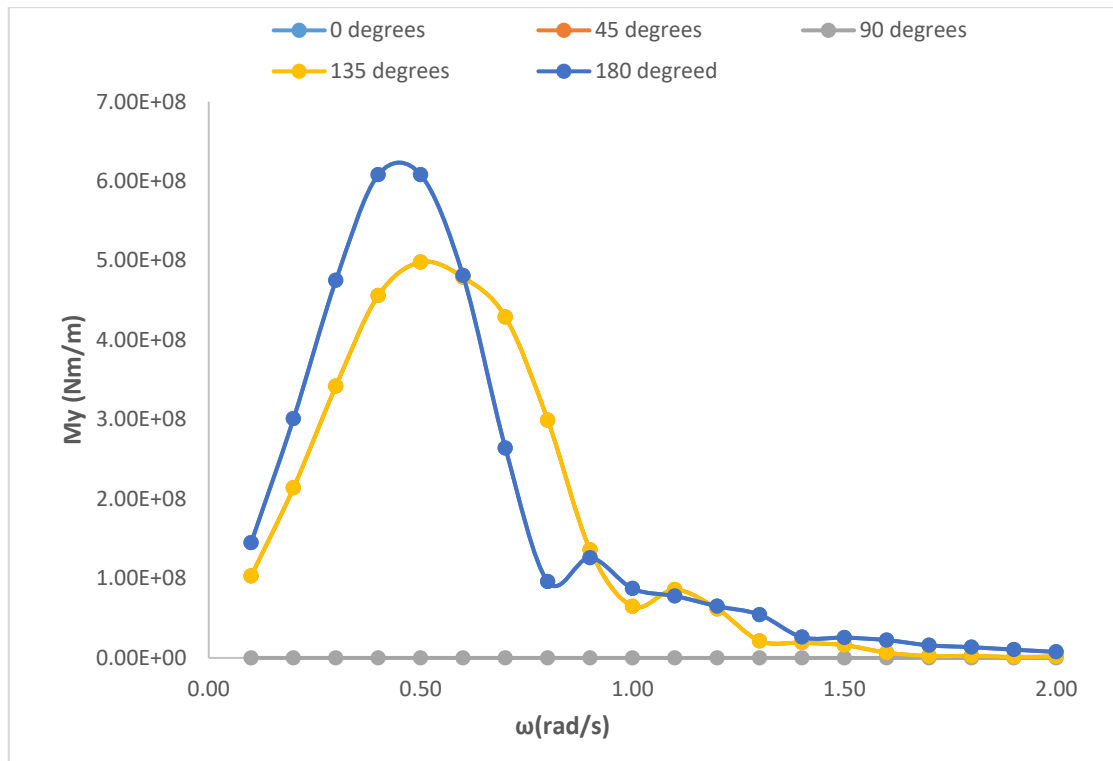
Σχήμα 8-32 Δυνάμεις διέγερσης F_y για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).



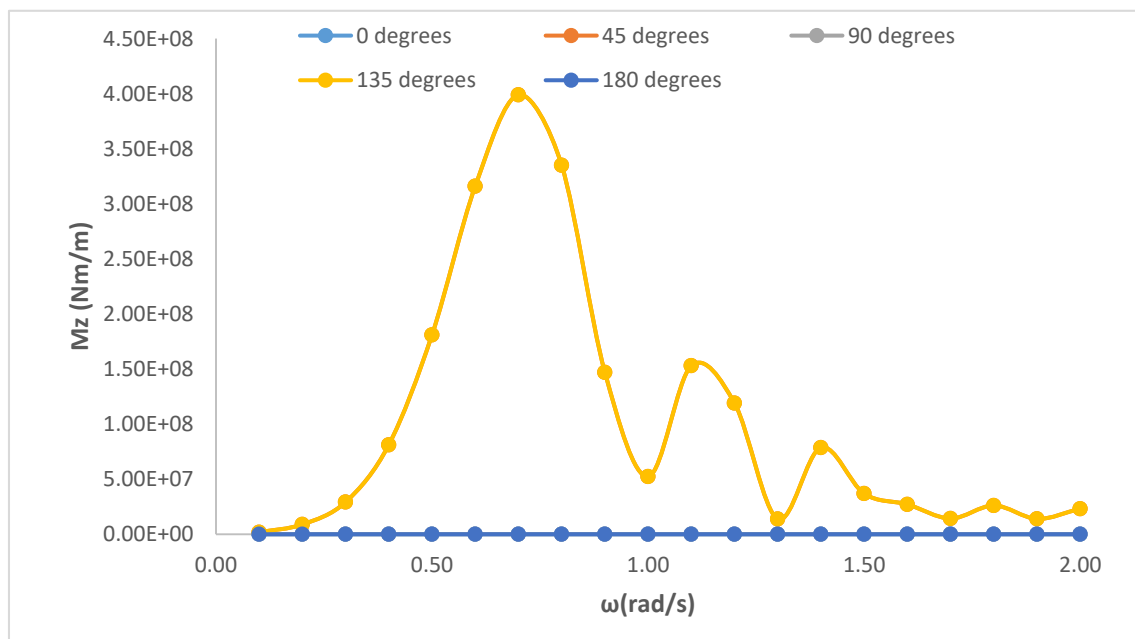
Σχήμα 8-33 Δυνάμεις διέγερσης F_z για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).



Σχήμα 8-34 Ροπές διέγερσης M_x για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

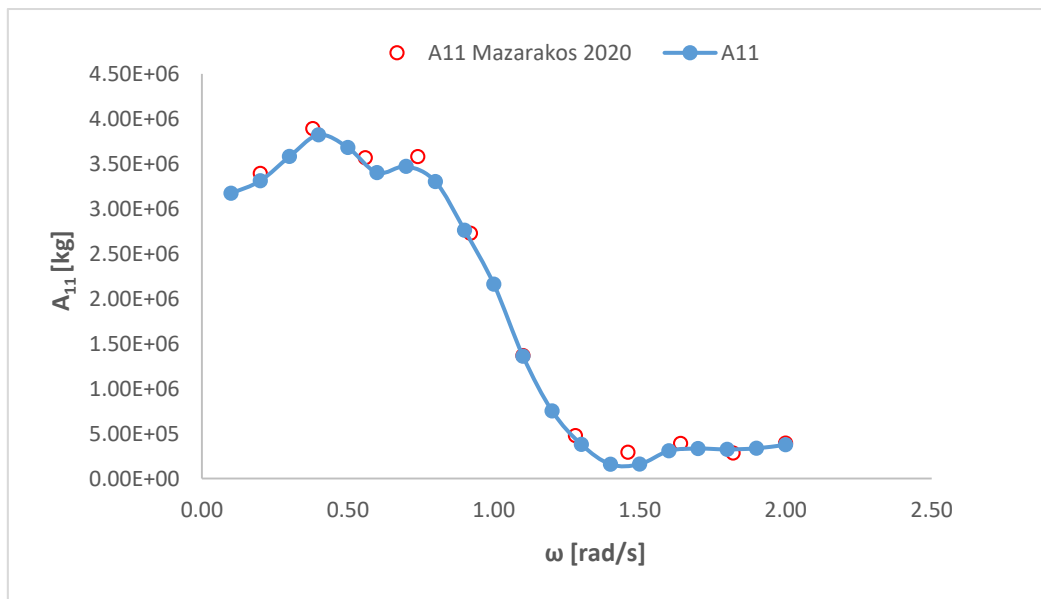


Σχήμα 8-35 Ροπές διέγερσης M_y για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).

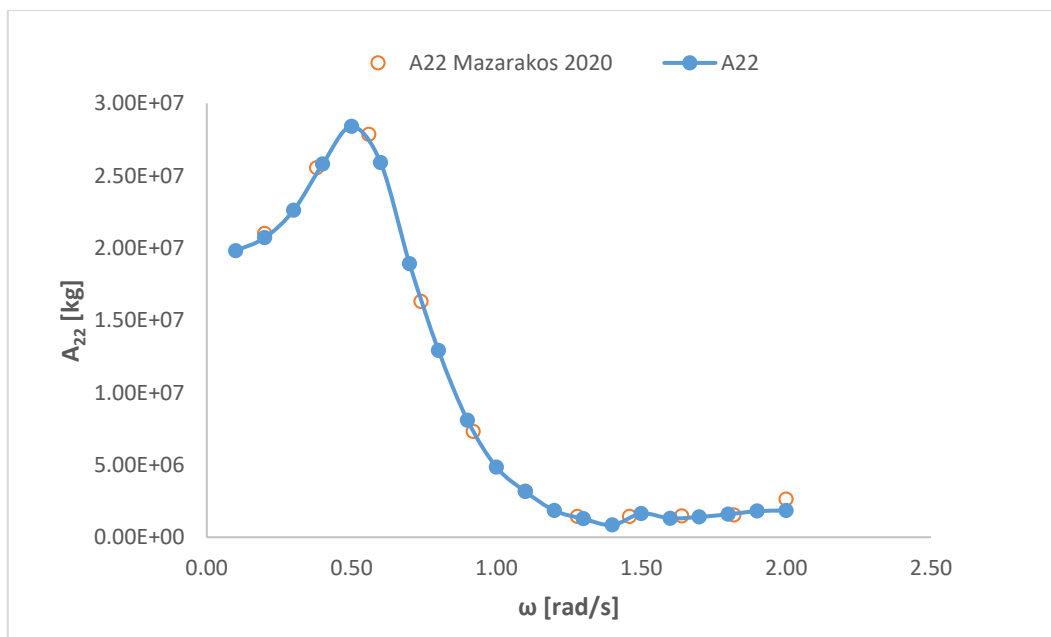


Σχήμα 8-36 Ροπές διέγερσης M_z για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).

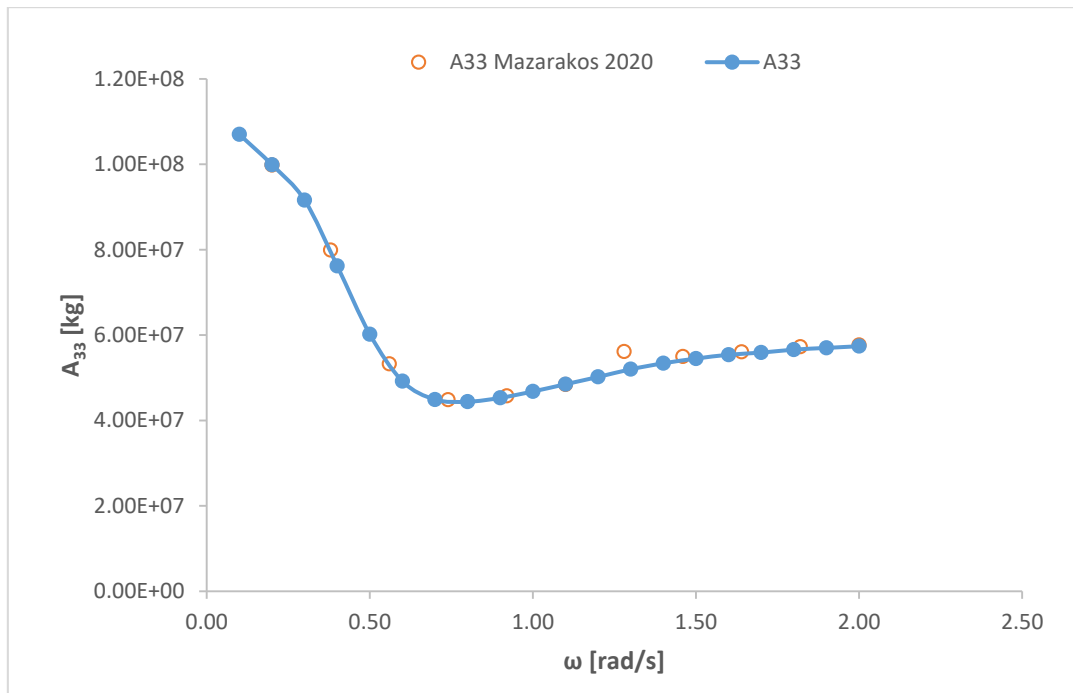
8.2.2 Πρόσθετες μάζες DNV-GL barge.



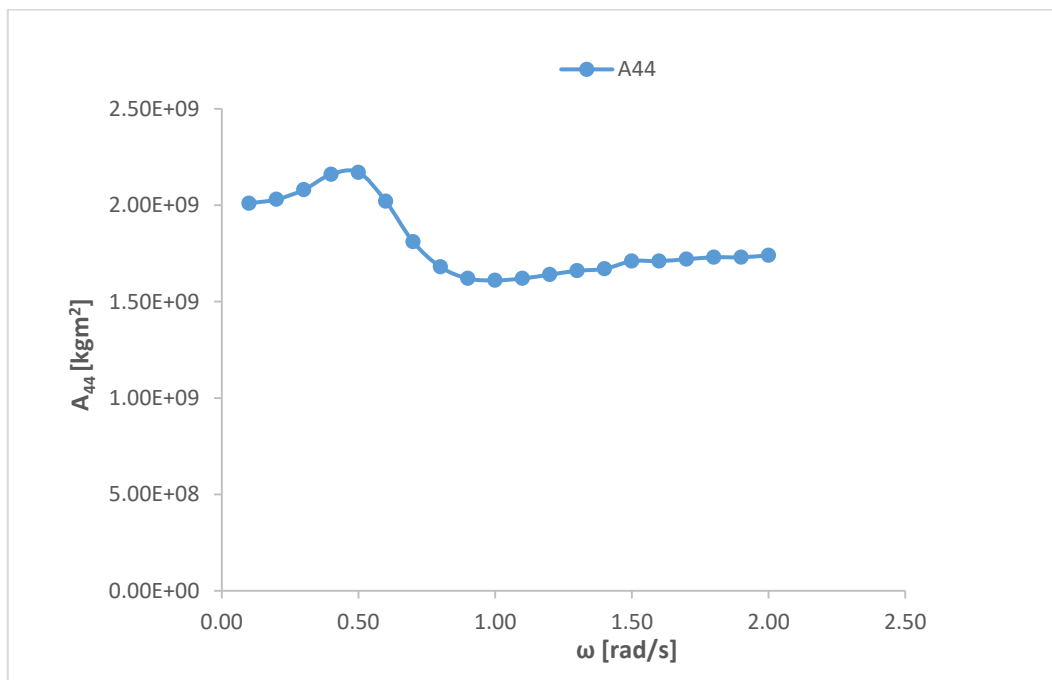
Σχήμα 8-37 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{11} για την πλωτή κατασκευή.



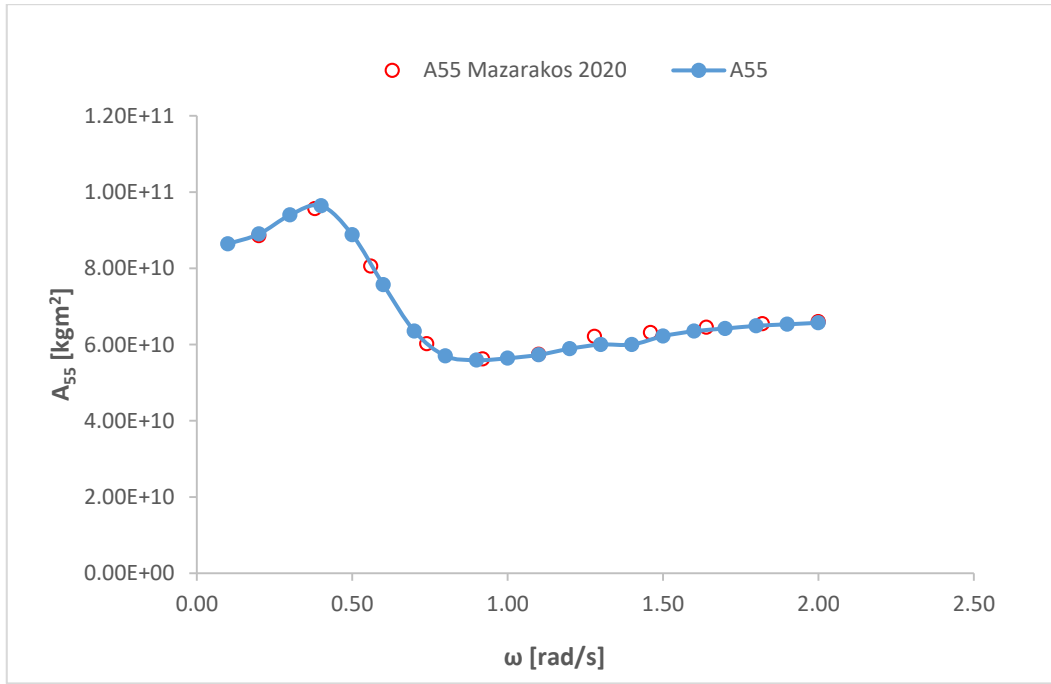
Σχήμα 8-38 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{22} για την πλωτή κατασκευή.



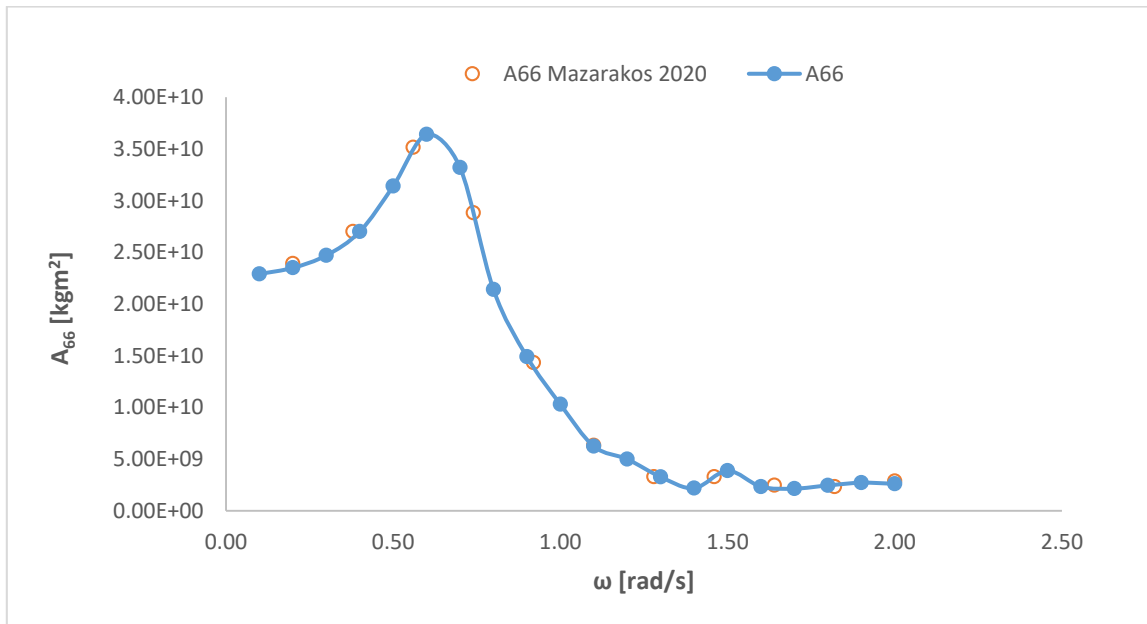
Σχήμα 8-39 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{33} για την πλωτή κατασκευή.



Σχήμα 8-40 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{44} για την πλωτή κατασκευή.

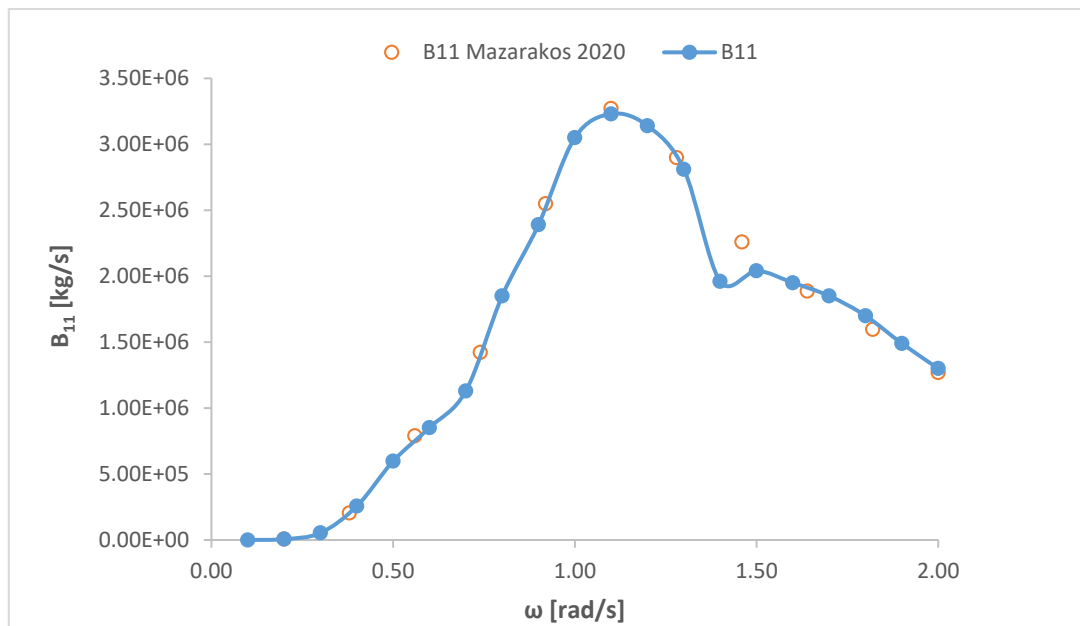


Σχήμα 8-41 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{55} για την πλωτή κατασκευή.

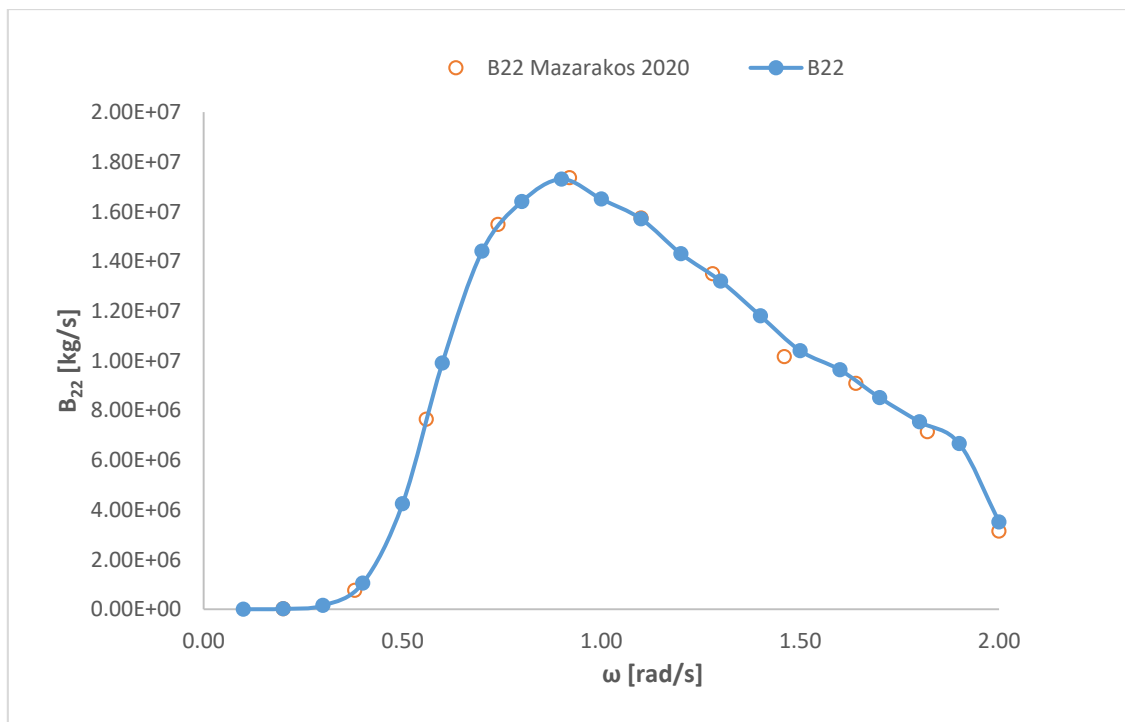


Σχήμα 8-42 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{66} για την πλωτή κατασκευή.

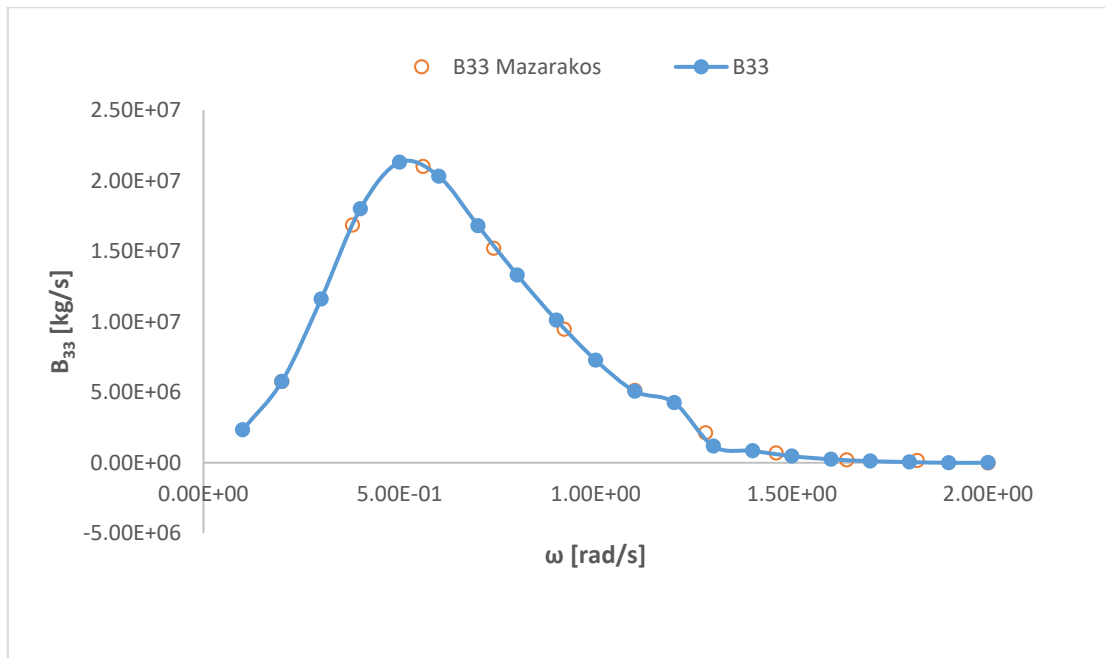
8.2.3 Υδροδυναμική απόσβεση DNV-GL barge.



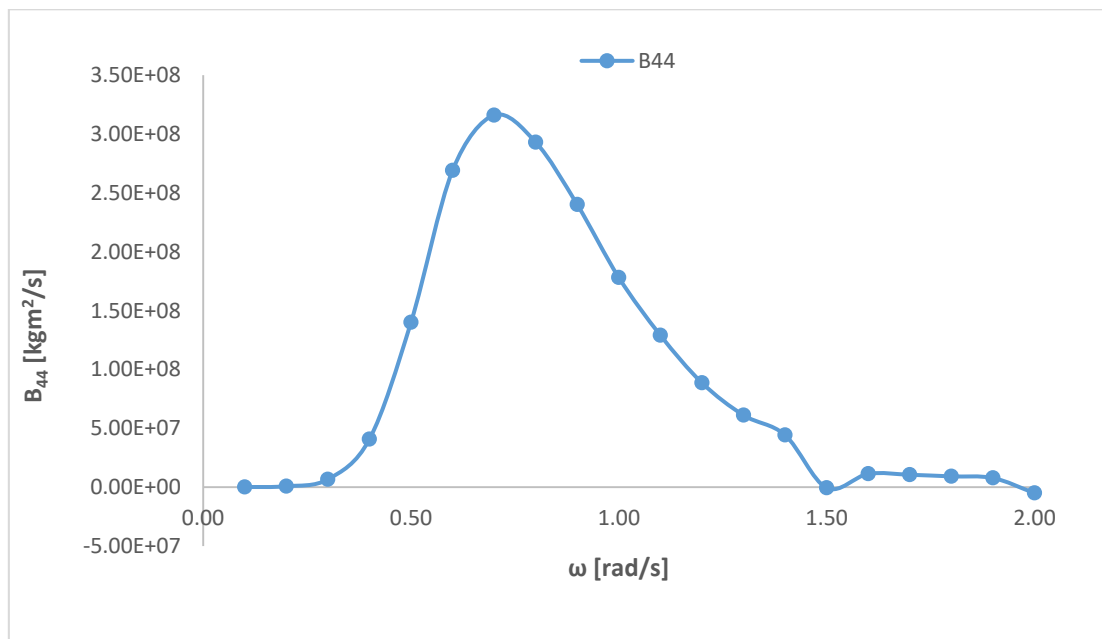
Σχήμα 8-43 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{11} για την πλωτή κατασκευή.



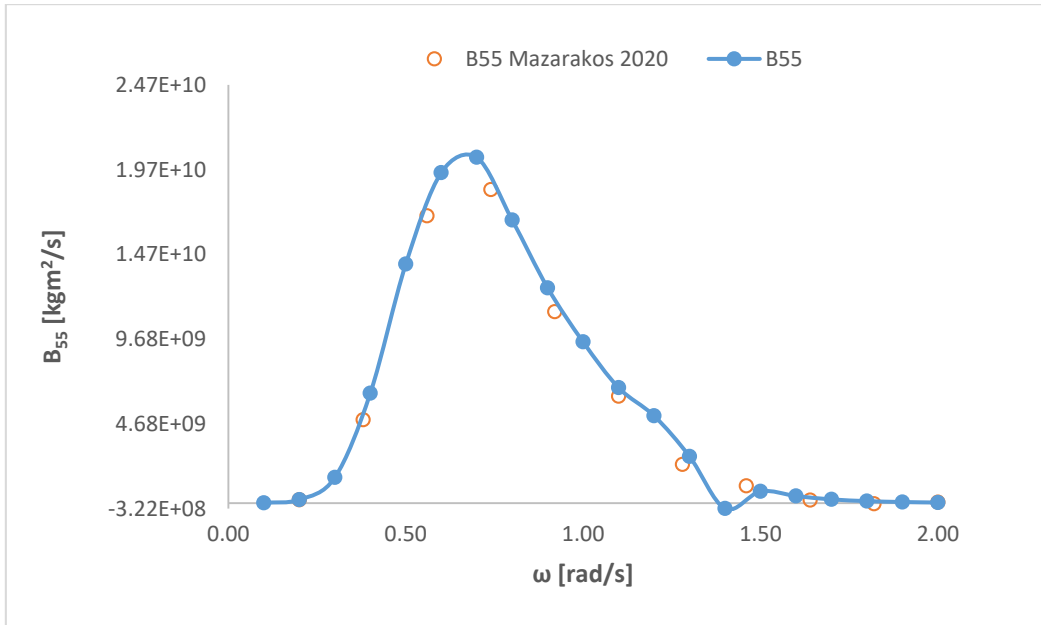
Σχήμα 8-44 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{22} για την πλωτή κατασκευή.



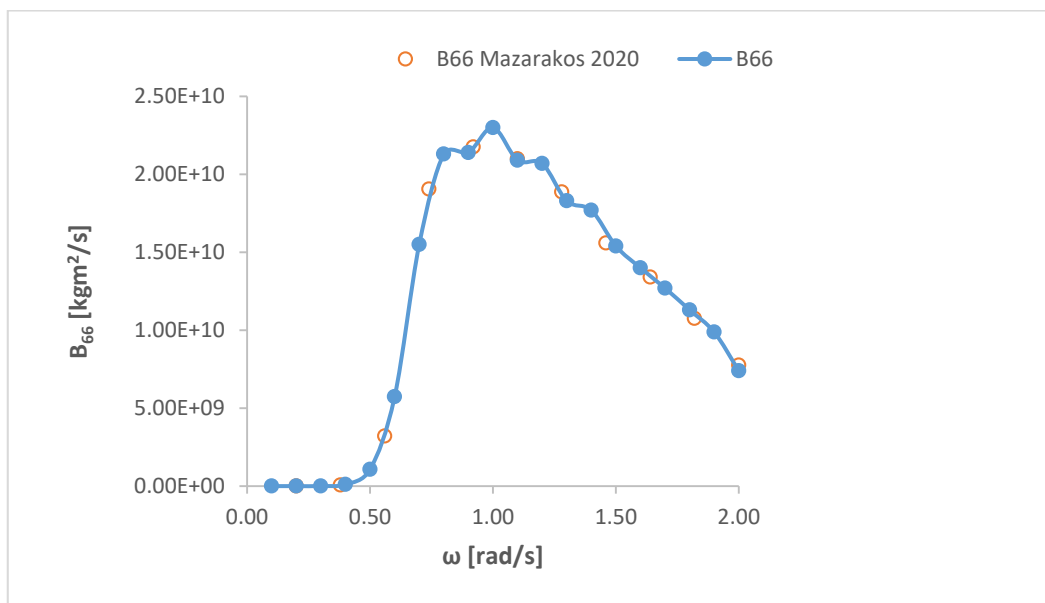
Σχήμα 8-45 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{33} για την πλωτή κατασκευή.



Σχήμα 8-46 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{44} για την πλωτή κατασκευή.

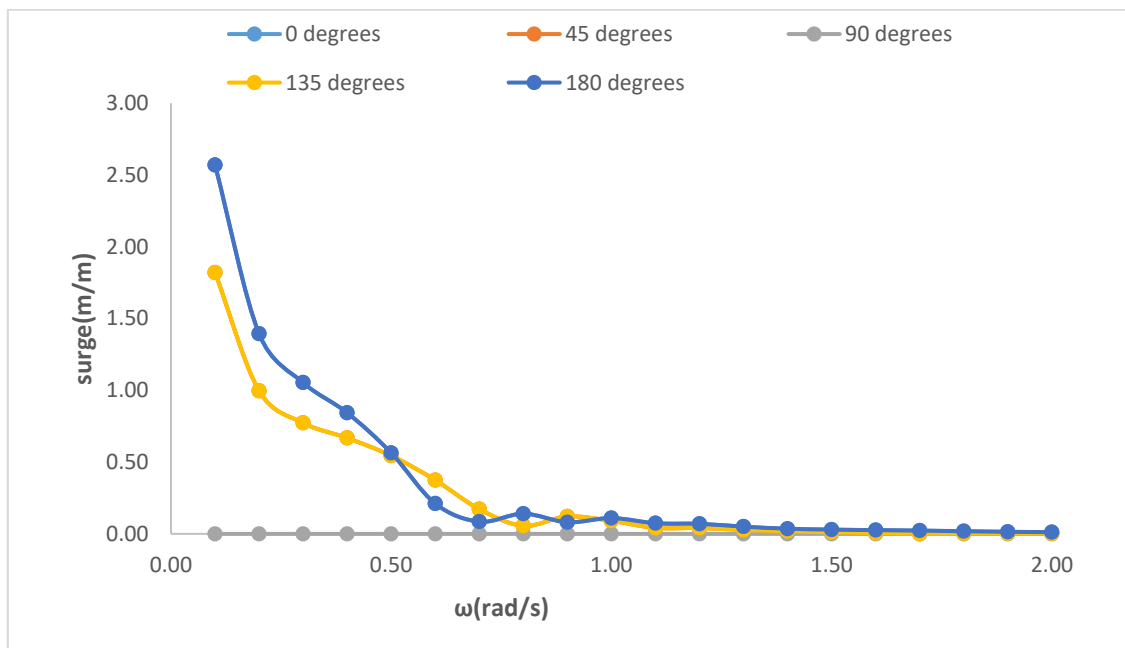


Σχήμα 8-47 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{55} για την πλωτή κατασκευή.

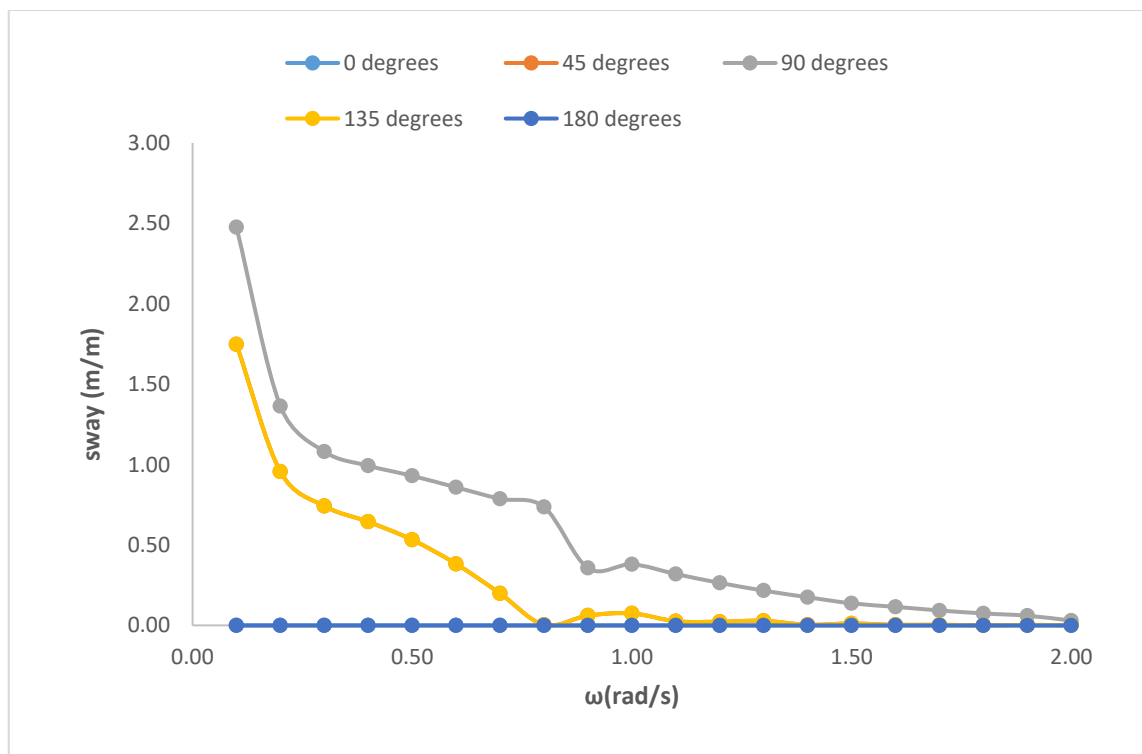


Σχήμα 8-48 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{66} για την πλωτή κατασκευή.

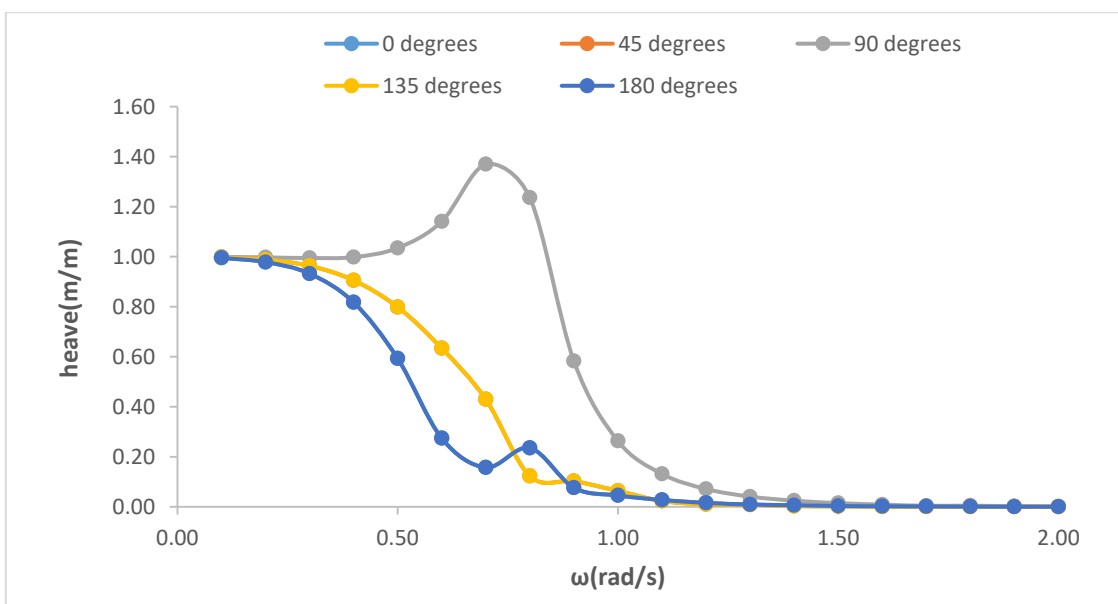
8.2.4 Γενικευμένες κινήσεις DNV-GL barge από 0° έως 180° μοίρες.



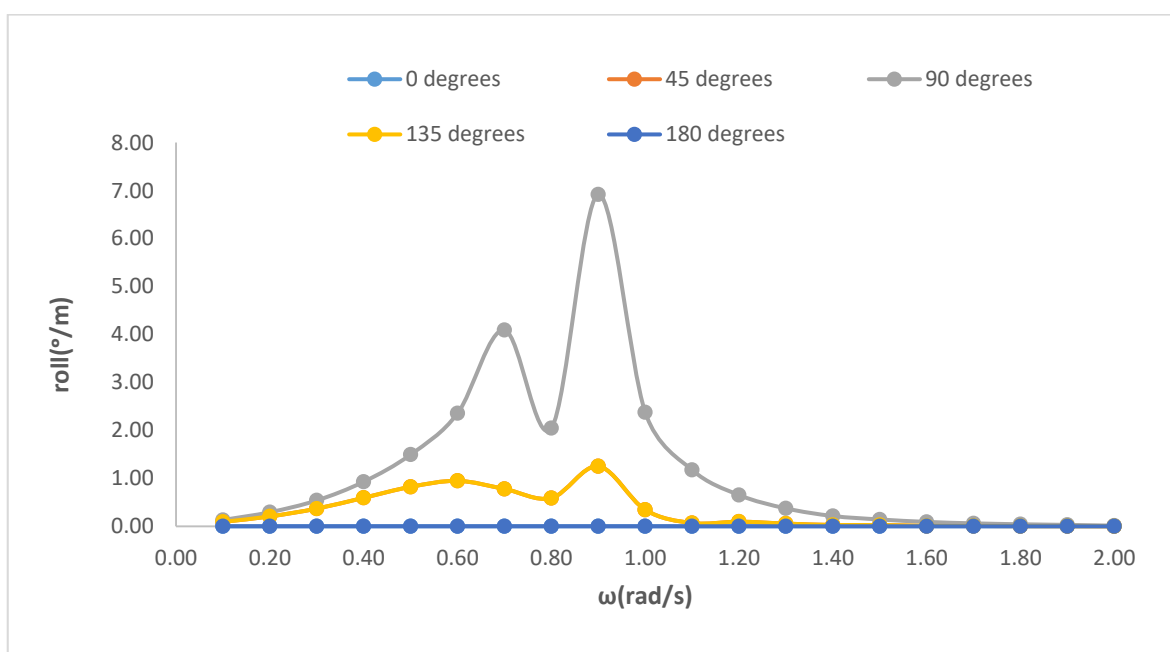
Σχήμα 8-49 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση surge για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).



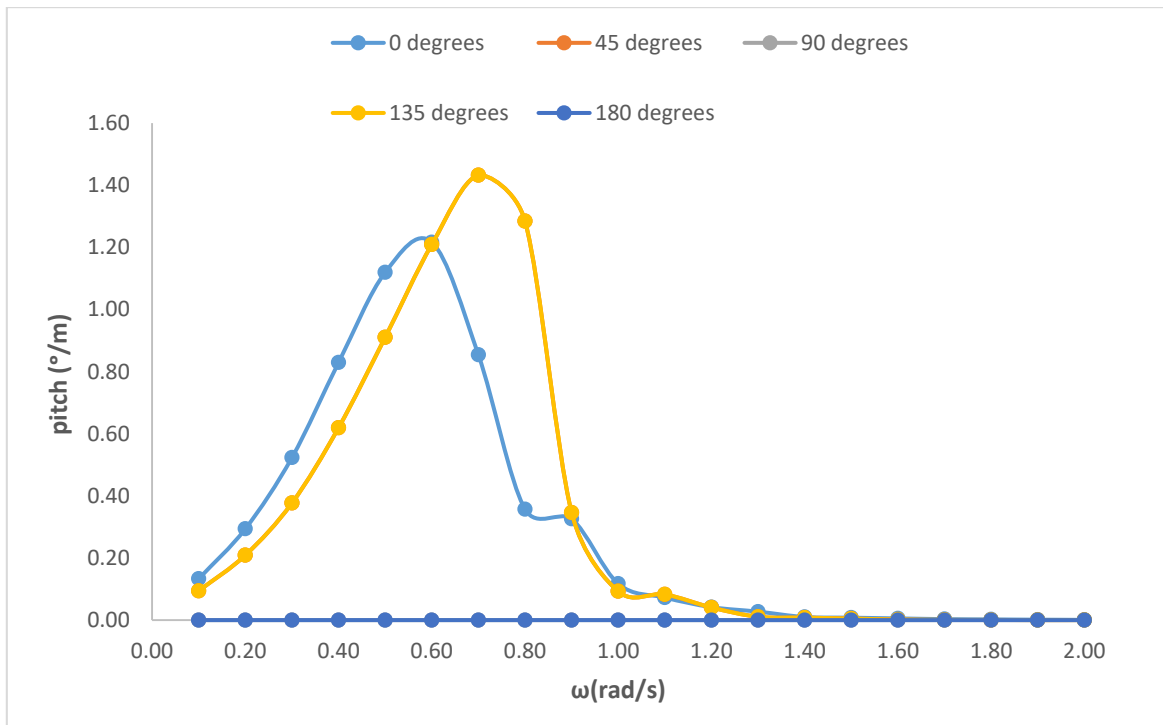
Σχήμα 8-50 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση sway για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).



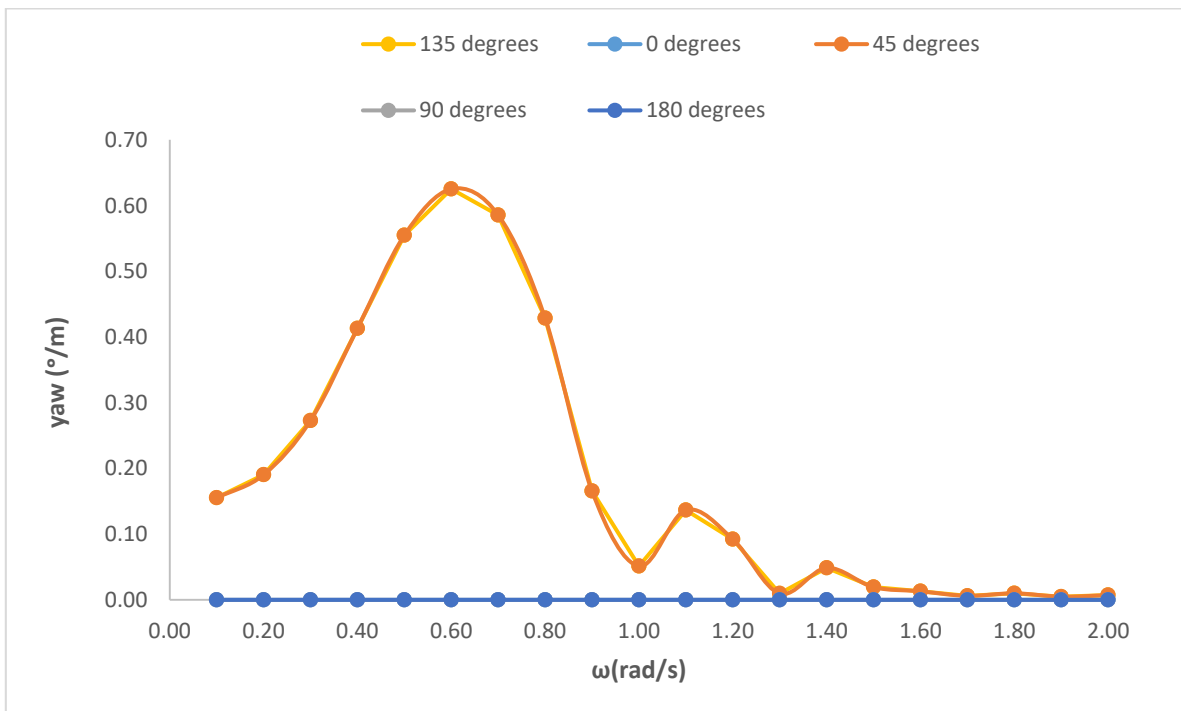
Σχήμα 8-51 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση heave για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).



Σχήμα 8-52 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση roll για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).

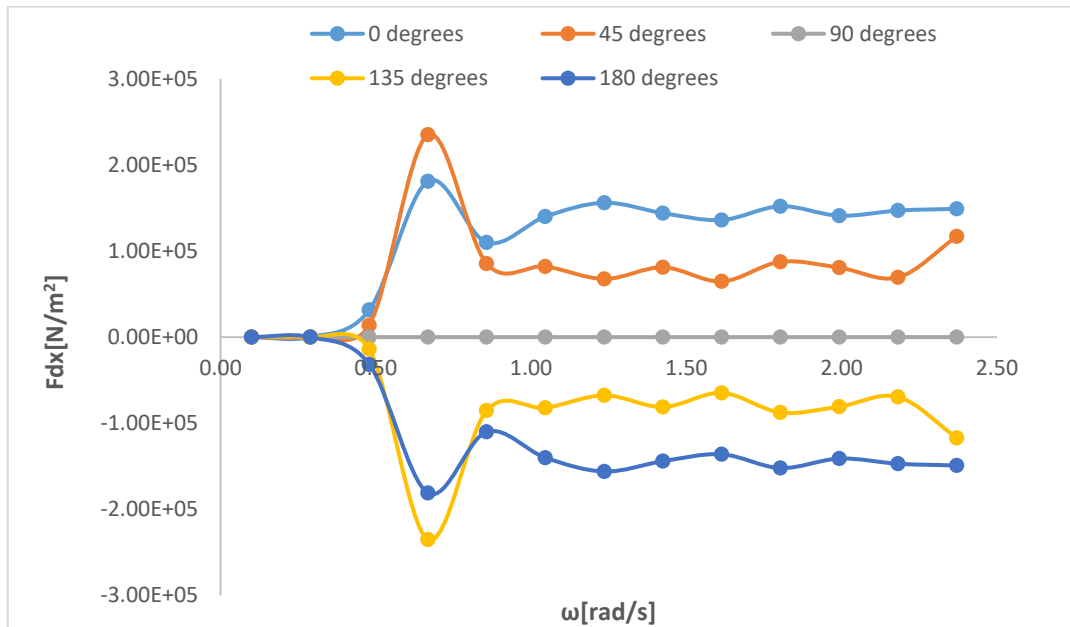


Σχήμα 8-53 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση pitch για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

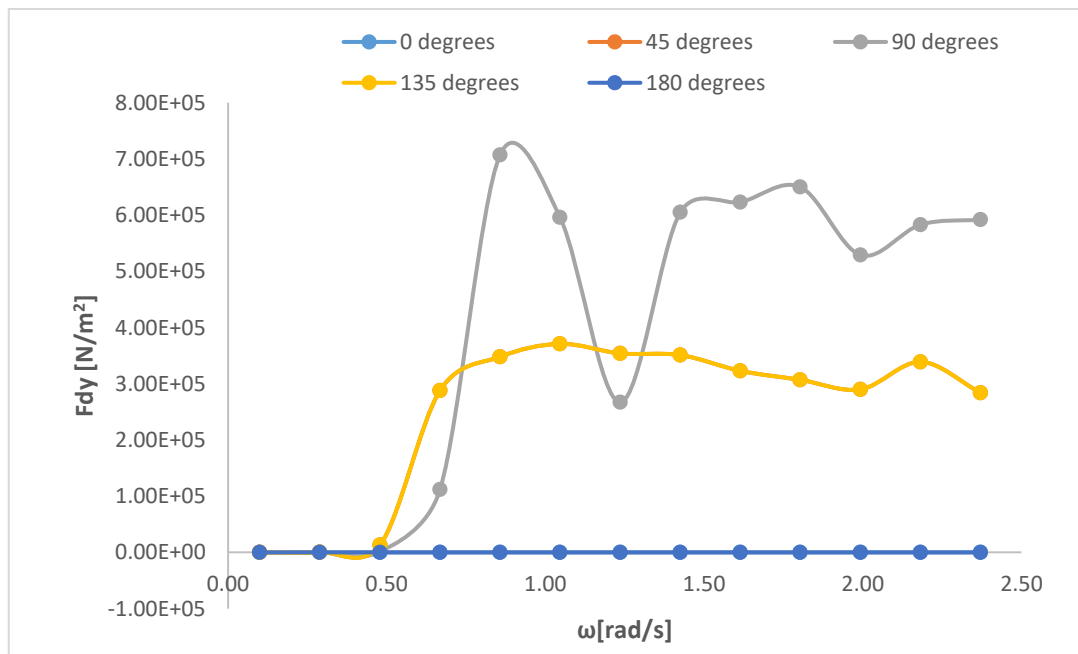


Σχήμα 8-54 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση yaw για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

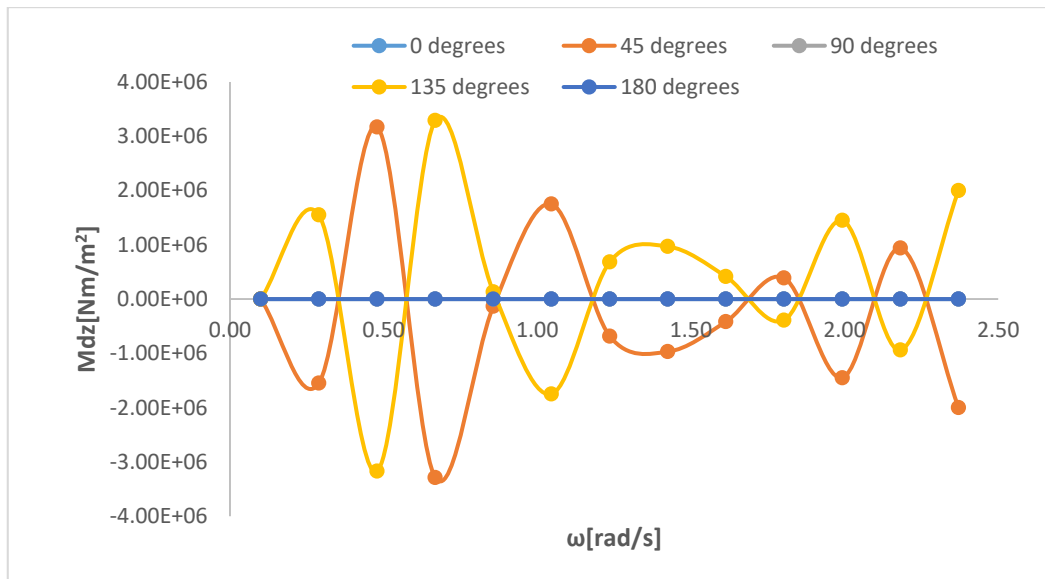
8.2.5 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης από 0° έως 180° μοίρες με τη μέθοδο Far Field.



Σχήμα 8-55 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης F_{xd} με τη μέθοδο far field για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

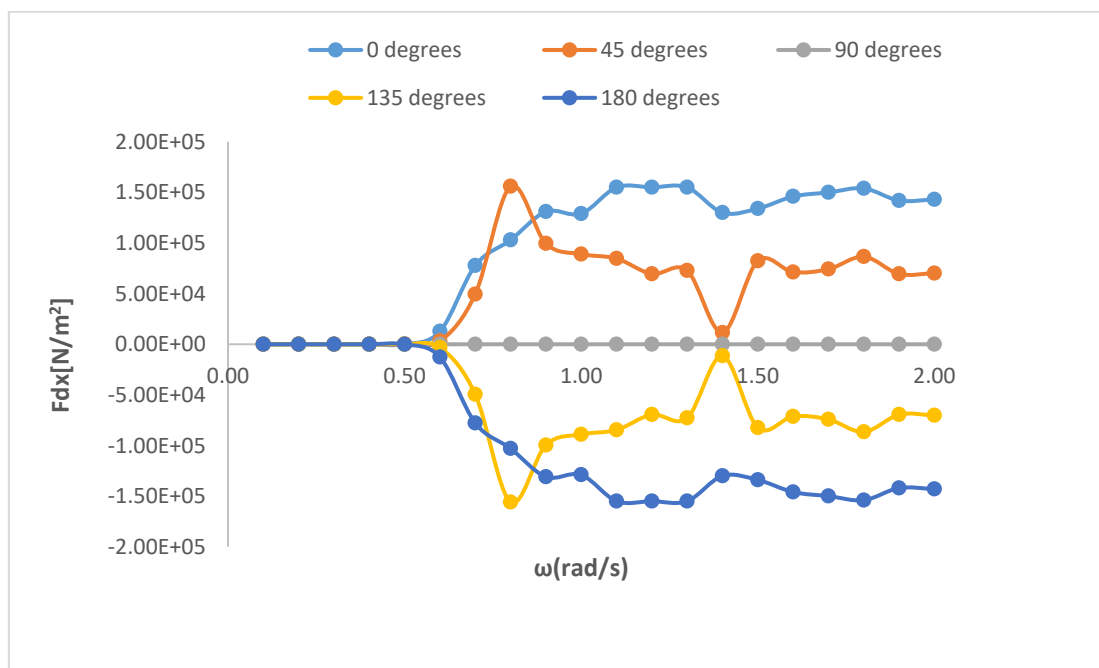


Σχήμα 8-56 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης F_{yd} με τη μέθοδο far field για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

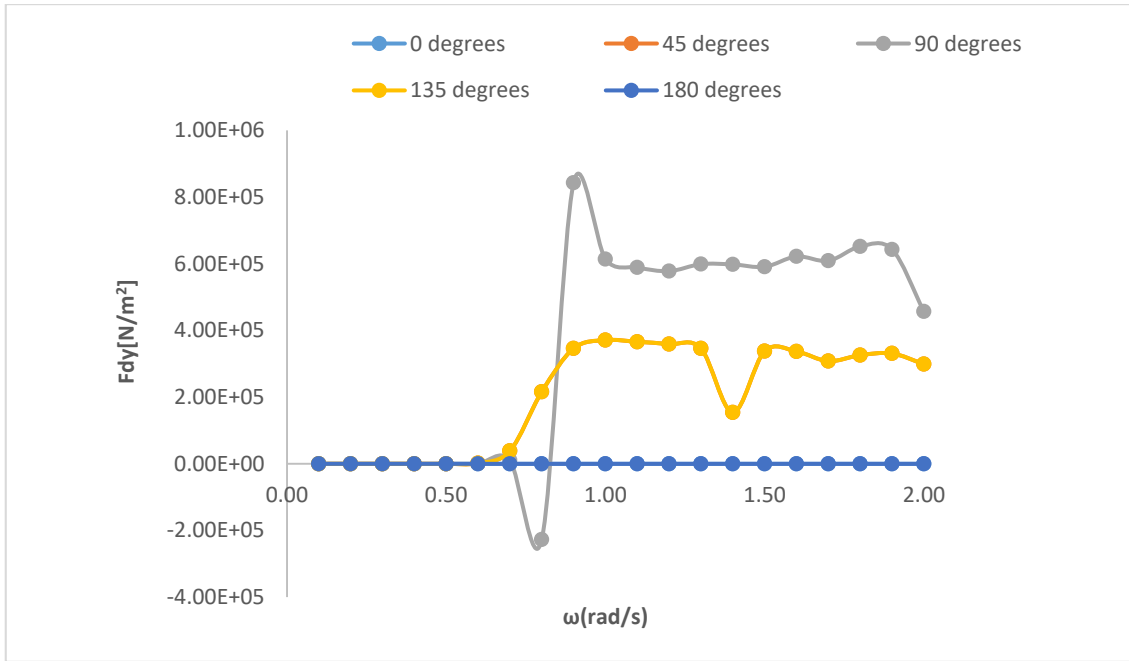


Σχήμα 8-57 Μέσες ροπές έκπτωσης δεύτερης τάξης M_{zd} με τη μέθοδο *far field* για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).

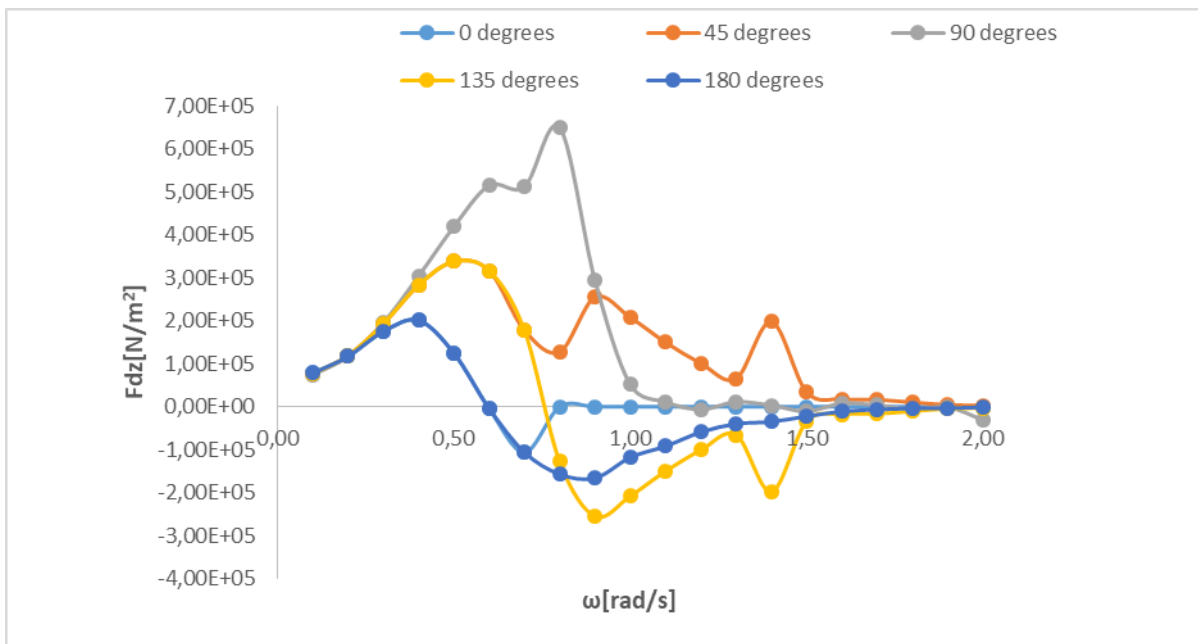
8.2.6 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης από 0° έως 180° μοίρες με τη μέθοδο *Near Field*.



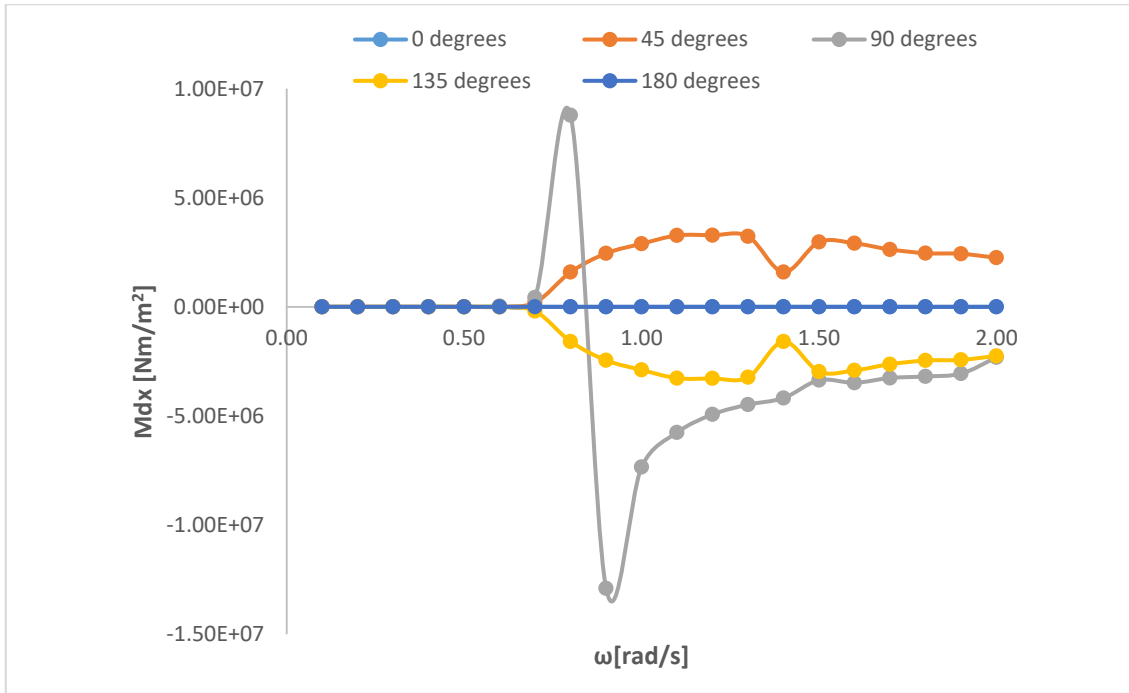
Σχήμα 8-58 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης F_{dx} με τη μέθοδο *near field* για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).



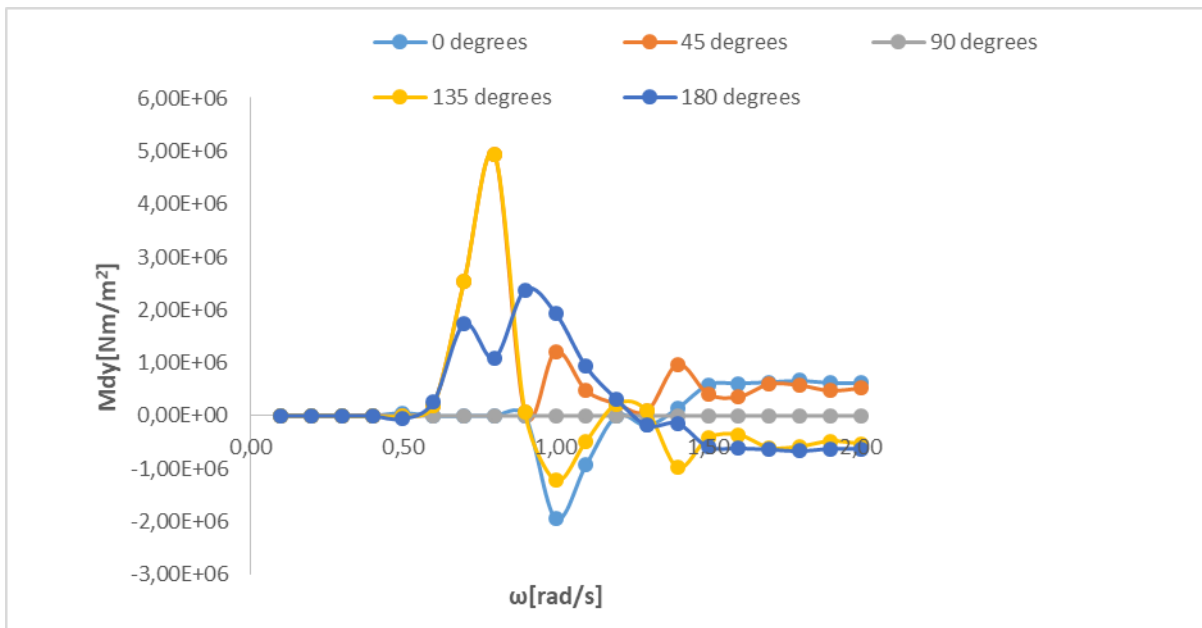
Σχήμα 8-59 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης F_{dy} με τη μέθοδο *near field* για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).



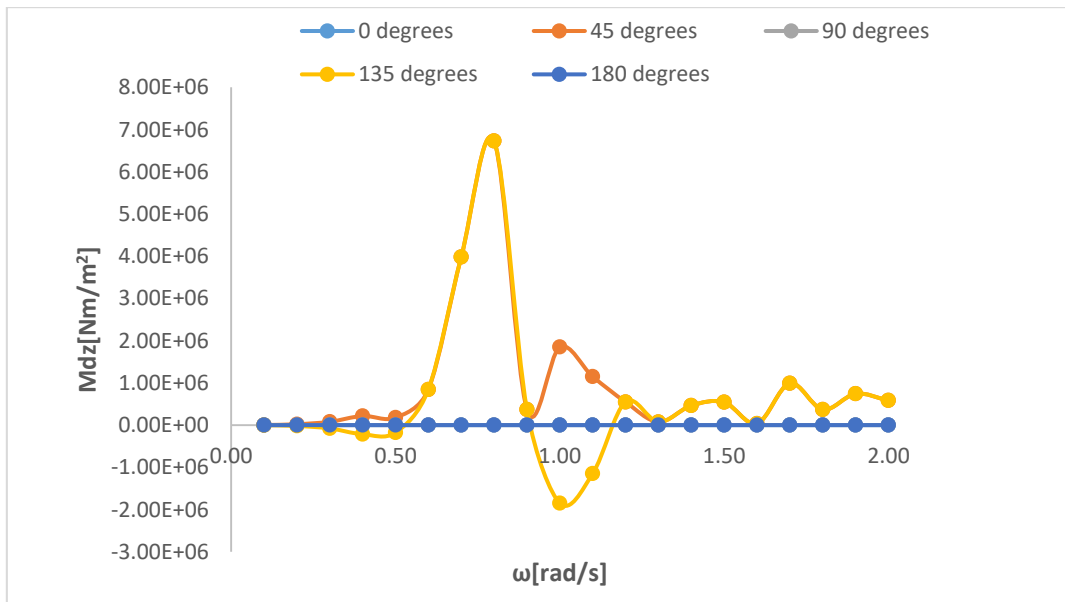
Σχήμα 8-60 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης F_{dz} με τη μέθοδο *near field* για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).



Σχήμα 8-61 Μέσες ροπές έκπτωσης δεύτερης τάξης Mdx με τη μέθοδο near field για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).



Σχήμα 8-62 Μέσες ροπές έκπτωσης δεύτερης τάξης Mdy με τη μέθοδο near field για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).



Σχήμα 8-63 Μέσες ροπές έκπτωσης δεύτερης τάξης M_{zd} με τη μέθοδο *near field* για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).

8.3 Αποτελέσματα υδροδυναμικής ανάλυσης πλωτής κατασκευής PTSC BIEN DONG

Βάθος περιοχής εγκατάστασης: 75 m

Μήκος κατασκευής: 171.5 m

Πλάτος κατασκευής: 32.4 m

Βύθισμα κατασκευής: 12.6 m

Μάζα κατασκευής: 32337815 kg

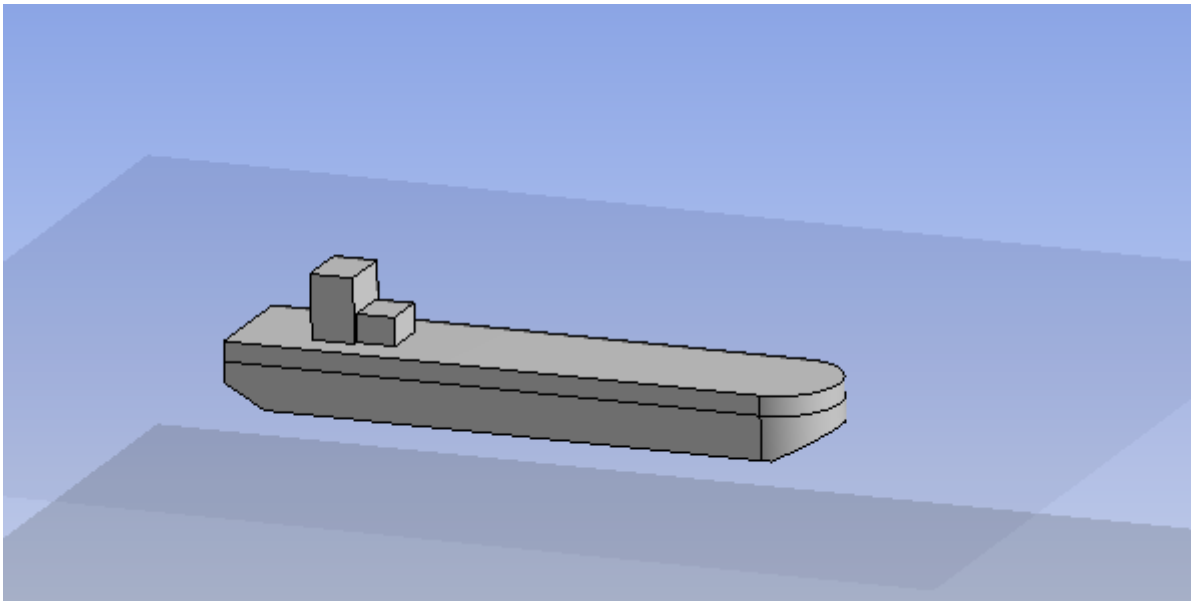
Κέντρο βάρους: (-0.1270212 , -1.6248e-2, -2.6289999) ως προς G

Ixx: 8380000000 kg.m²

Iyy: 158810000000 kg.m²

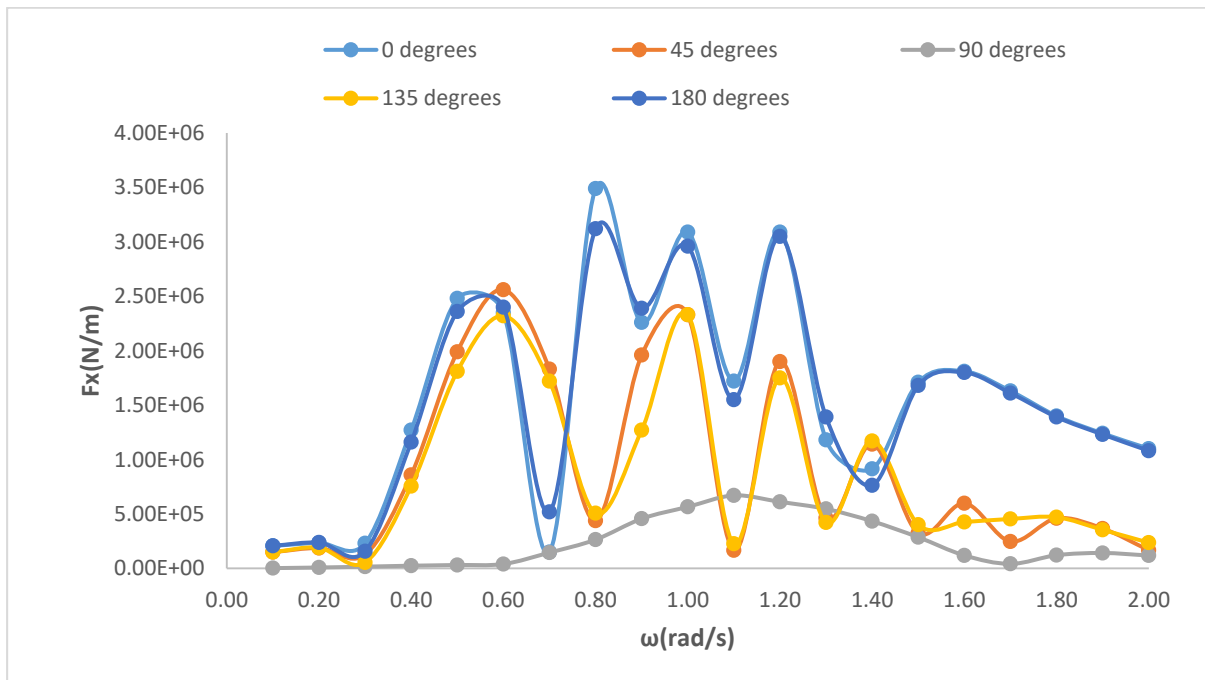
Izz: 161720000000 kg.m²

(πλήθος στοιχείων διακριτοποίησης: 7181):

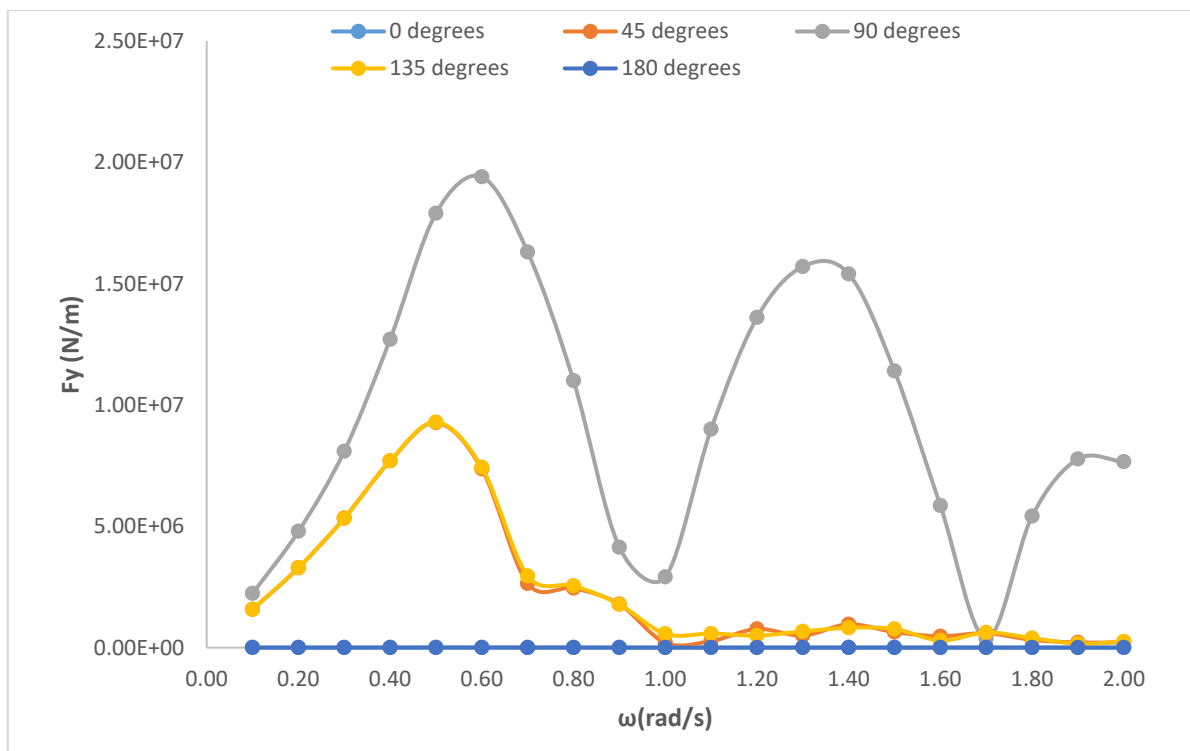


Σχήμα 8-64 Σχήμα PTSC BIEN DONG.

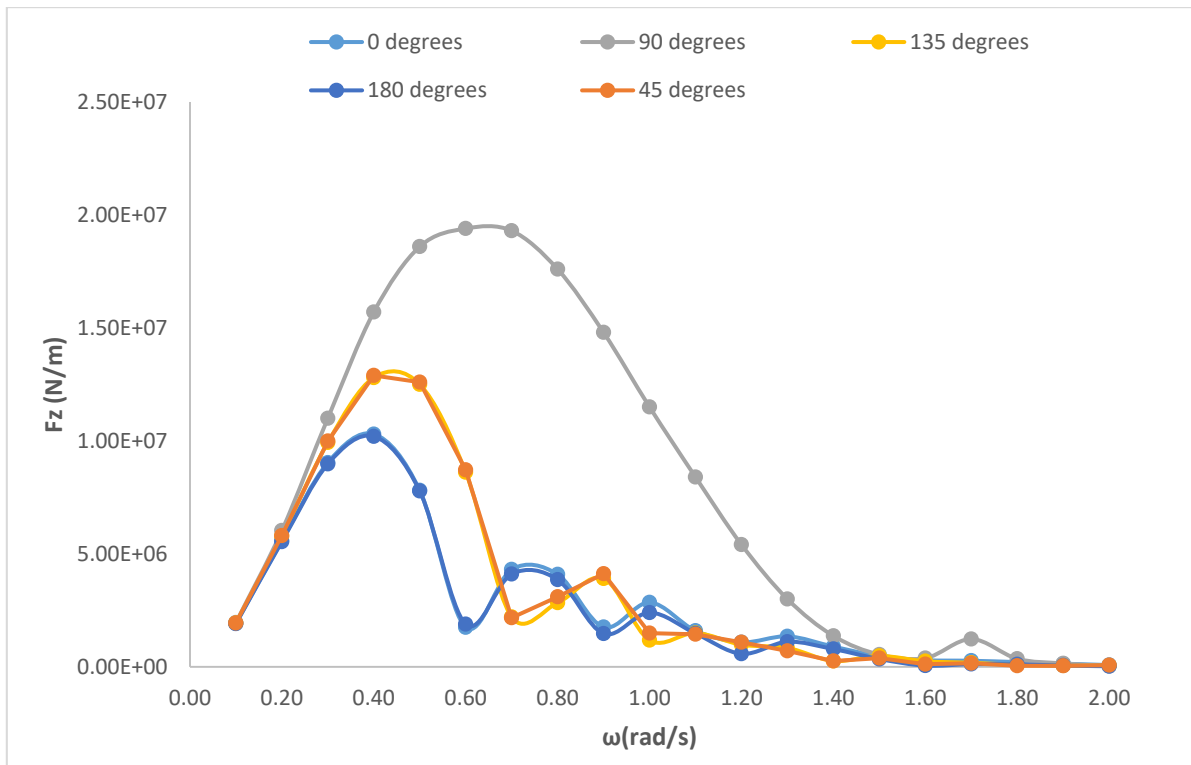
8.3.1 Δυνάμεις διέγερσης PTSC BIEN DONG από 0° έως 180° μοίρες.



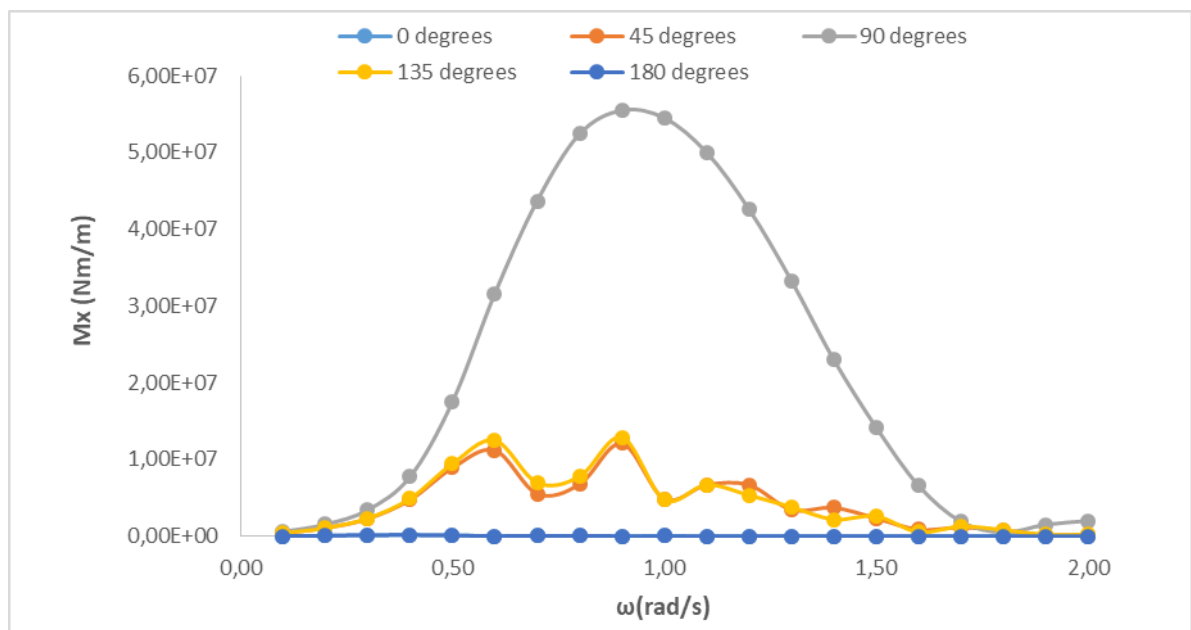
Σχήμα 8-65 Δυνάμεις διέγερσης F_x για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).



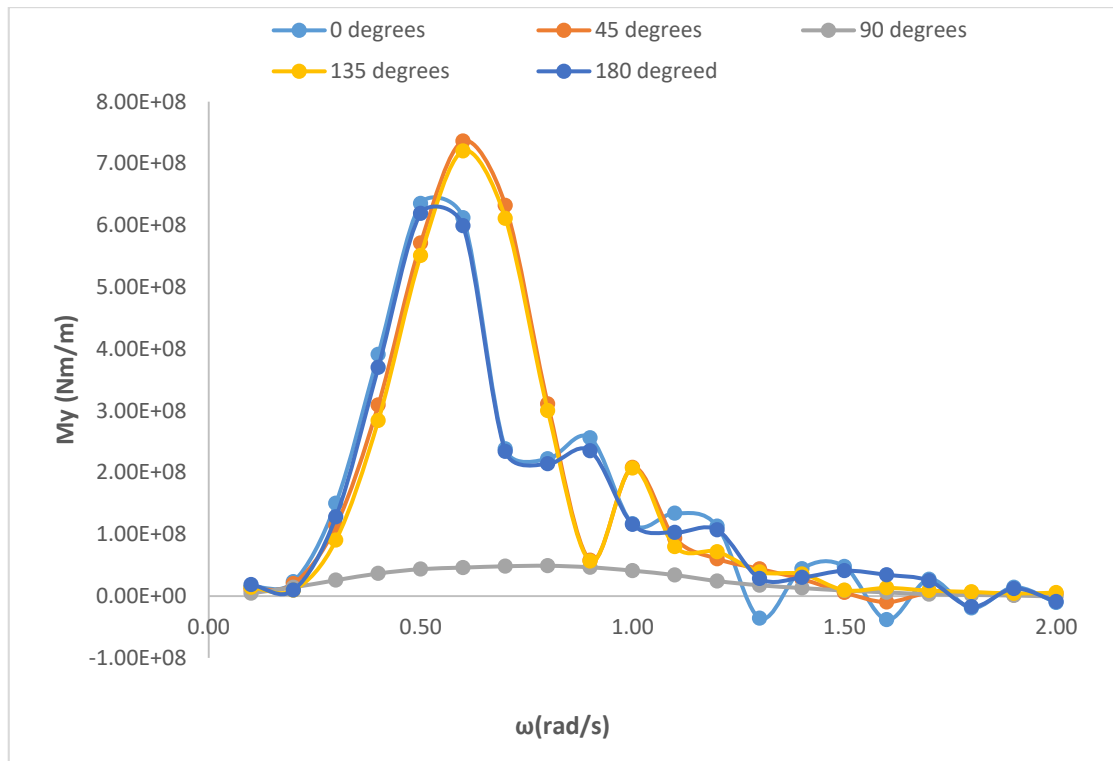
Σχήμα 8-66 Δυνάμεις διέγερσης F_y για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).



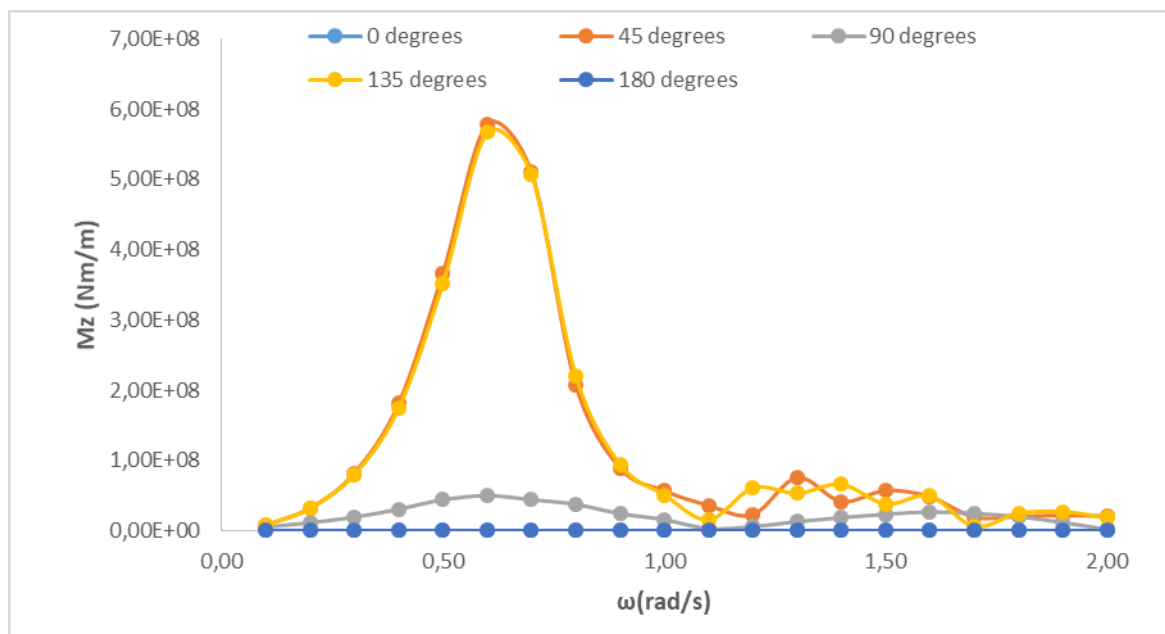
Σχήμα 8-67 Δυνάμεις διέγερσης F_z για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).



Σχήμα 8-68 Ροπές διέγερσης M_x για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

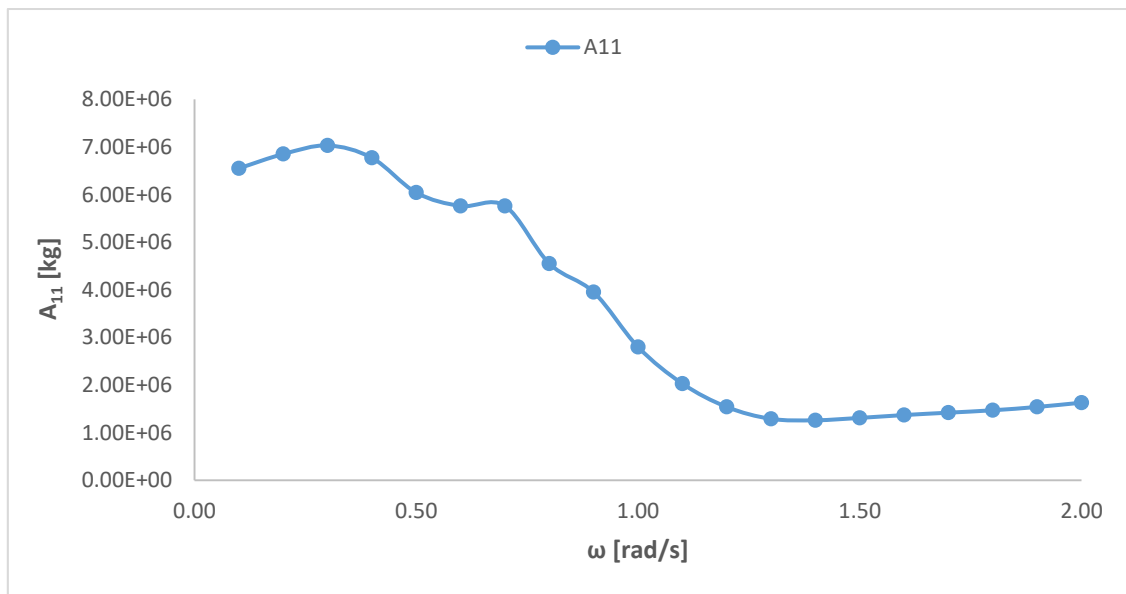


Σχήμα 8-69 Ροπές διέγερσης My για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

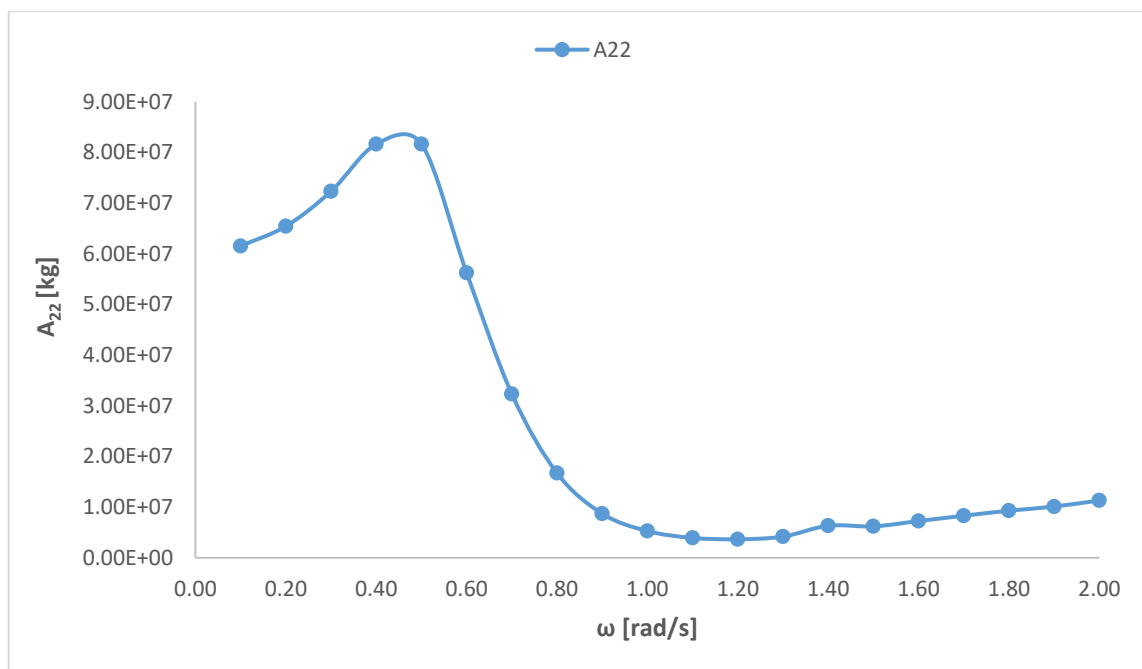


Σχήμα 8-70 Ροπές διέγερσης Mz για γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

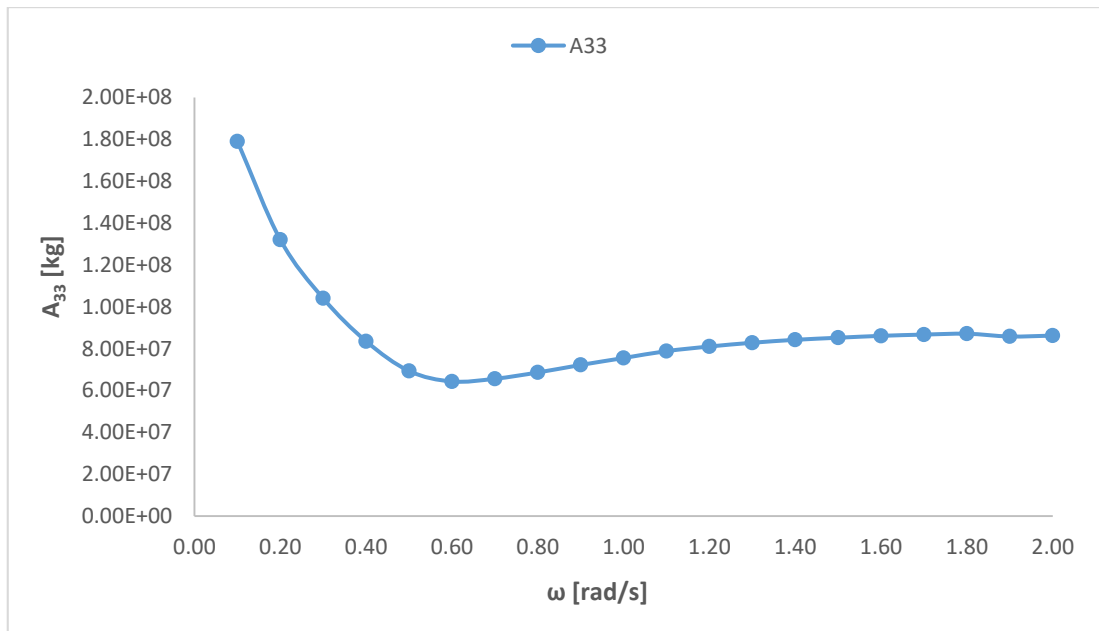
8.3.2 Συντελεστές πρόσθετης μάζας PTSC BIEN DONG.



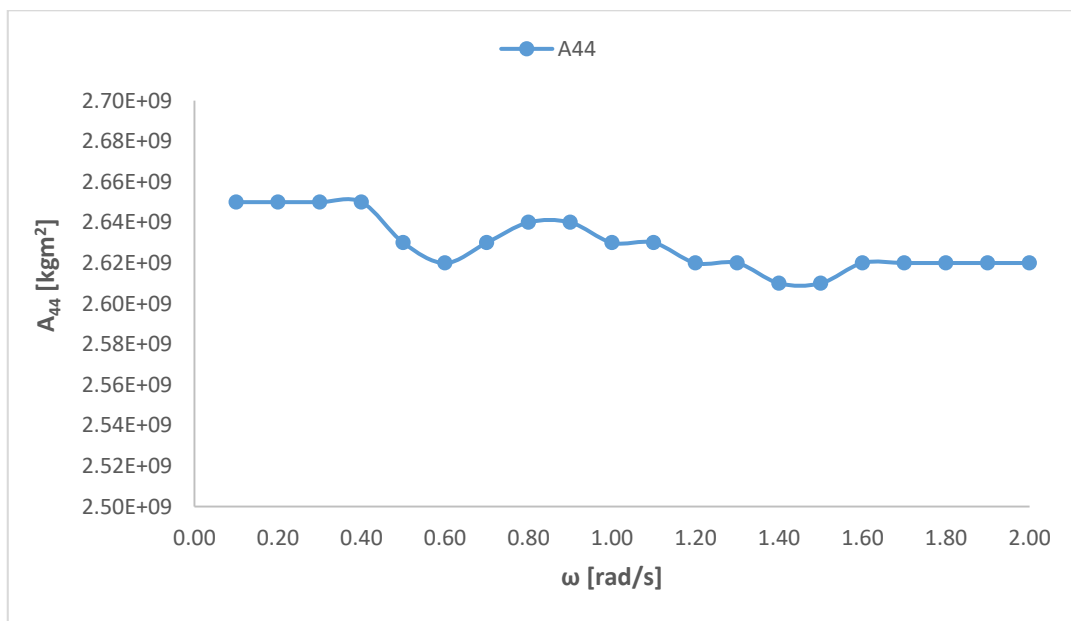
Σχήμα 8-71 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{11} για την πλωτή κατασκευή.



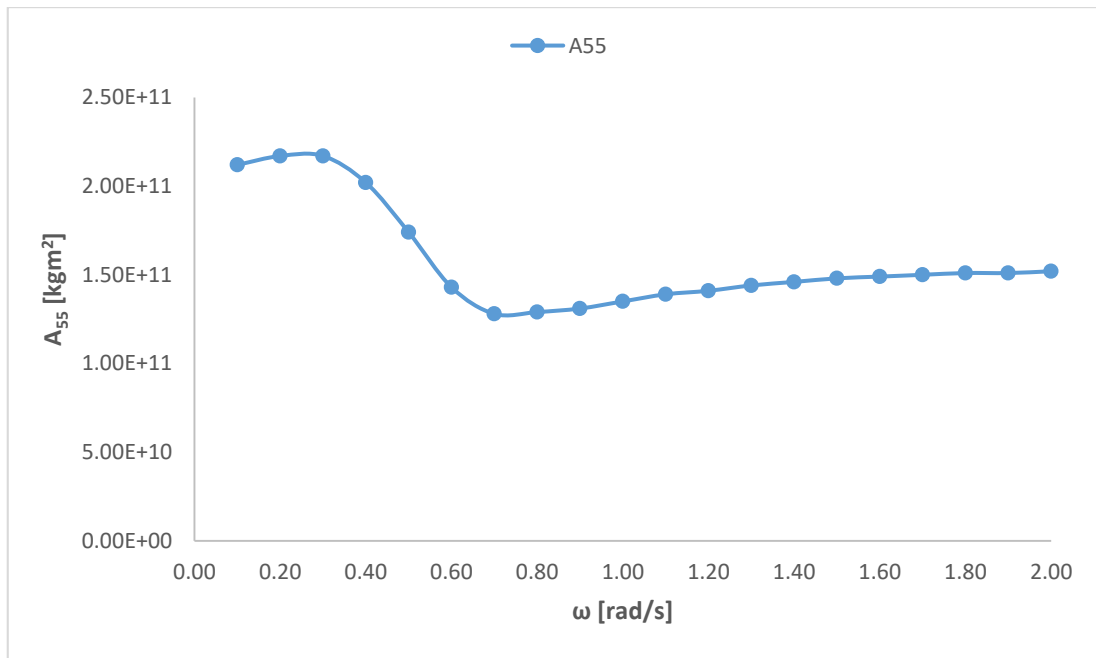
Σχήμα 8-72 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{22} για την πλωτή κατασκευή.



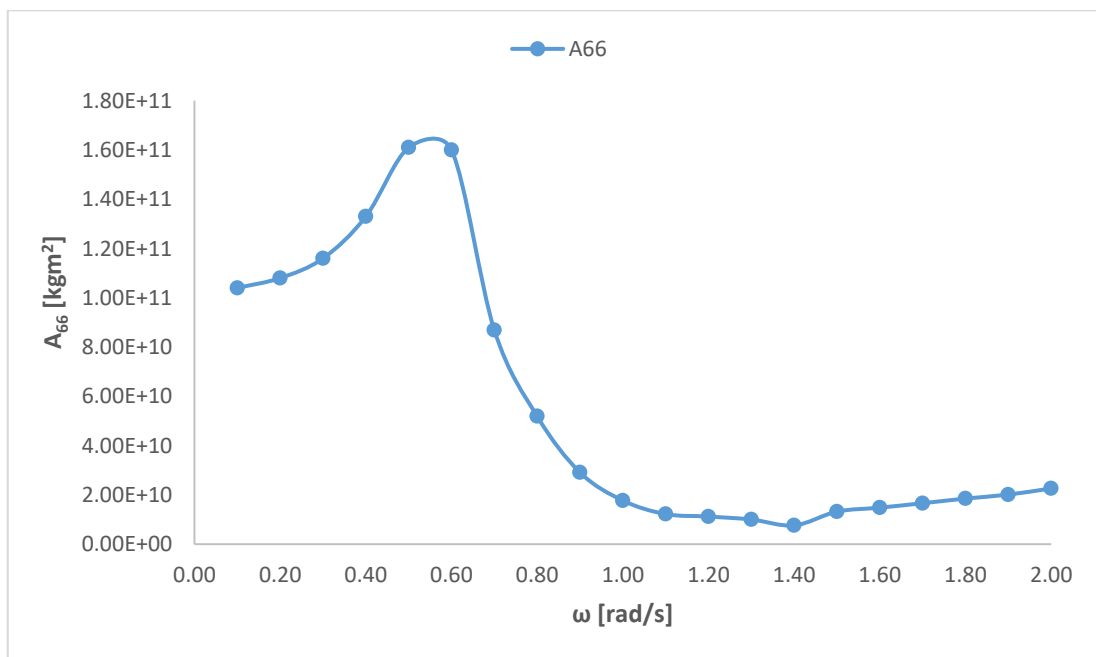
Σχήμα 8-73 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{33} για την πλωτή κατασκευή.



Σχήμα 8-74 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{44} για την πλωτή κατασκευή.

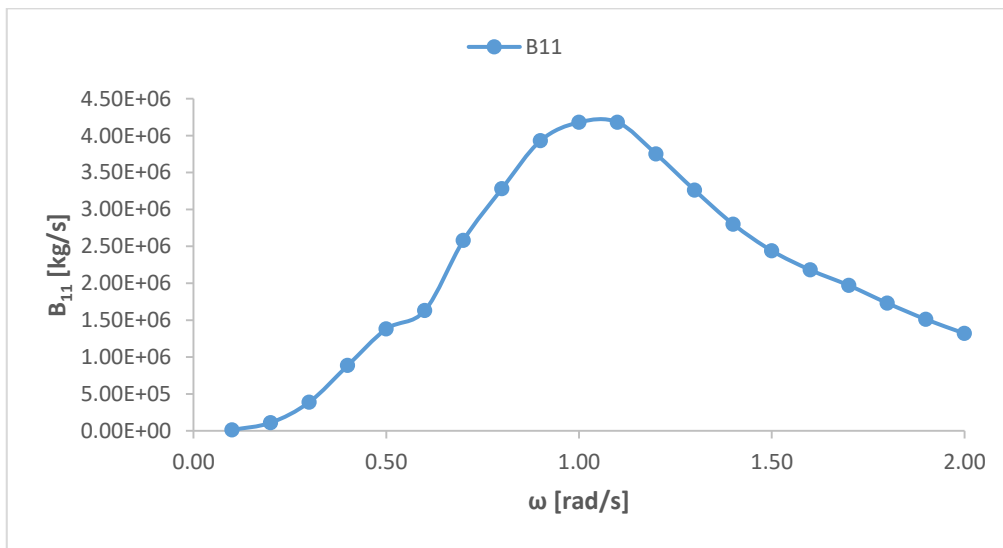


Σχήμα 8-75 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{55} για την πλωτή κατασκευή.

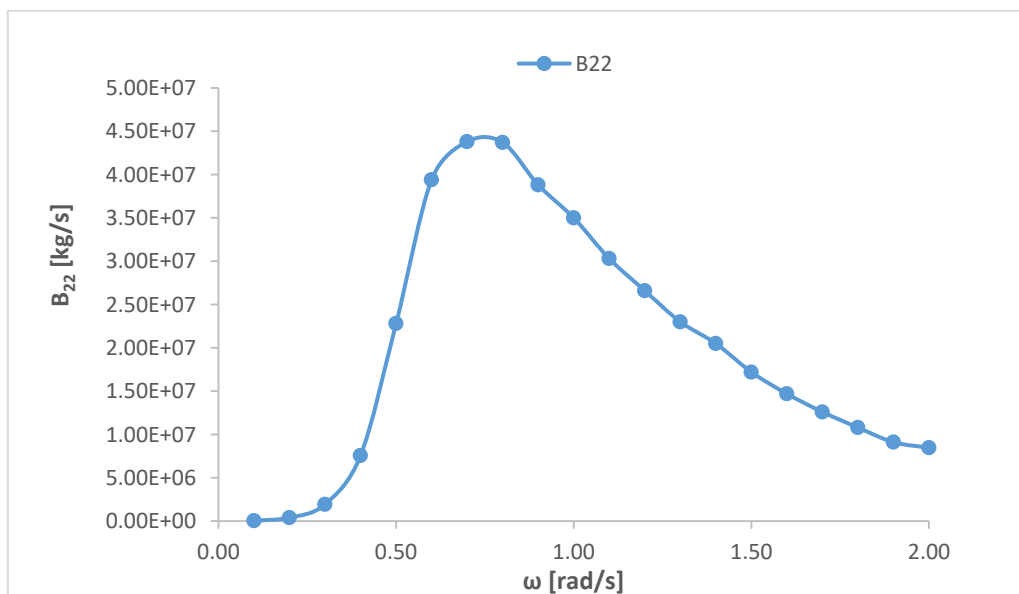


Σχήμα 8-76 Συντελεστής πρόσθετης μάζας A_{66} για την πλωτή κατασκευή.

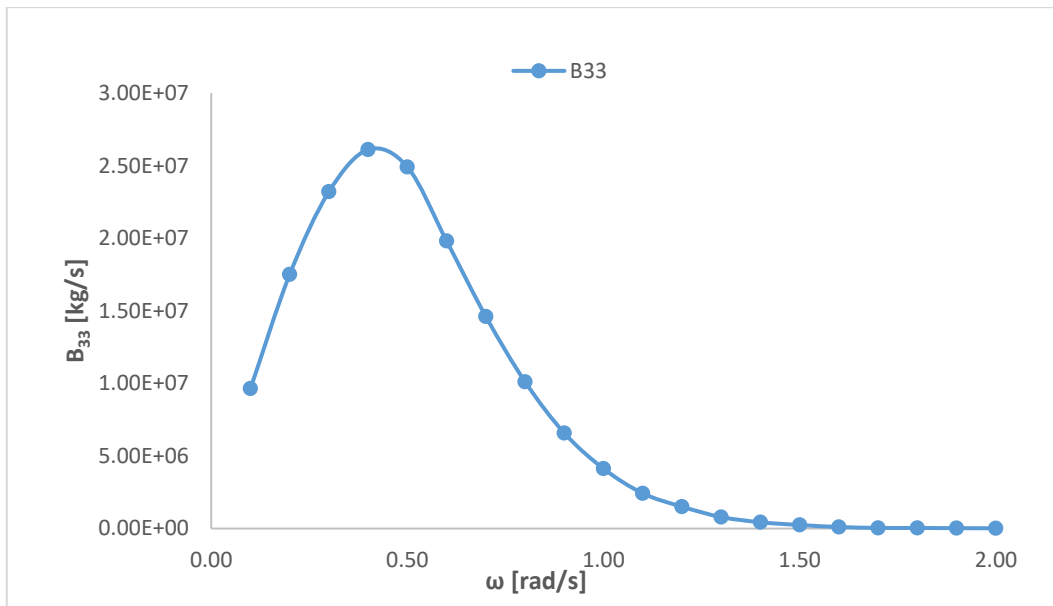
8.3.3 Αποτελέσματα υδροδυναμικών αποσβέσεων PTSC BIEN DONG.



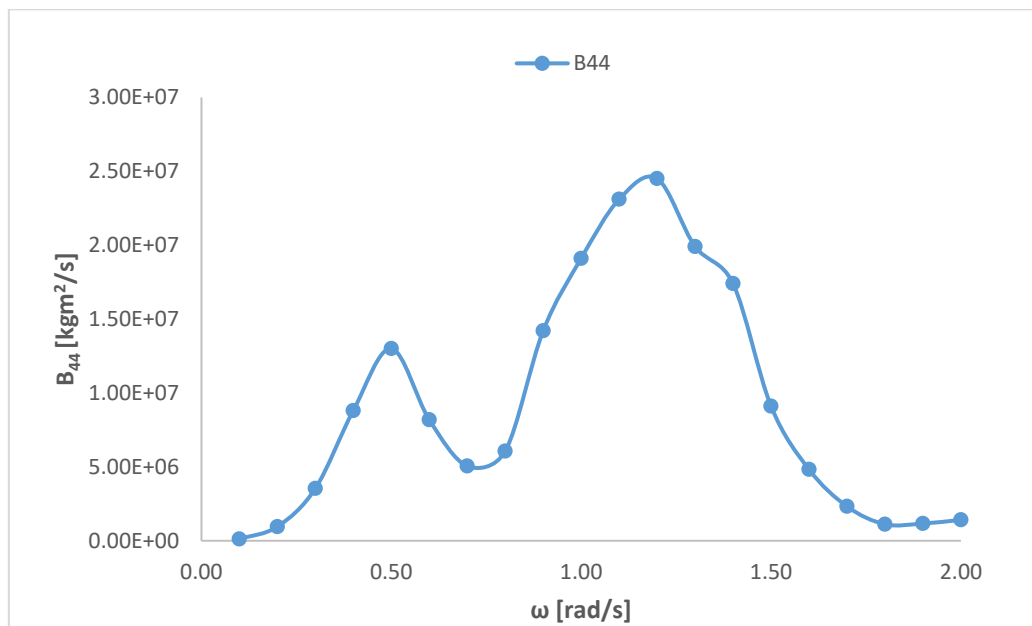
Σχήμα 8-77 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{11} για την πλωτή κατασκευή.



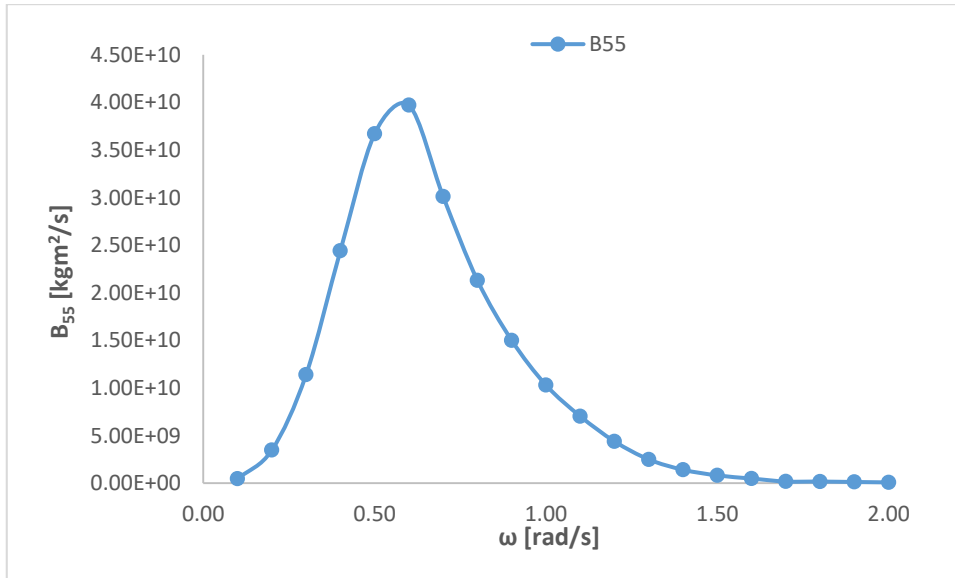
Σχήμα 8-78 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{22} για την πλωτή κατασκευή.



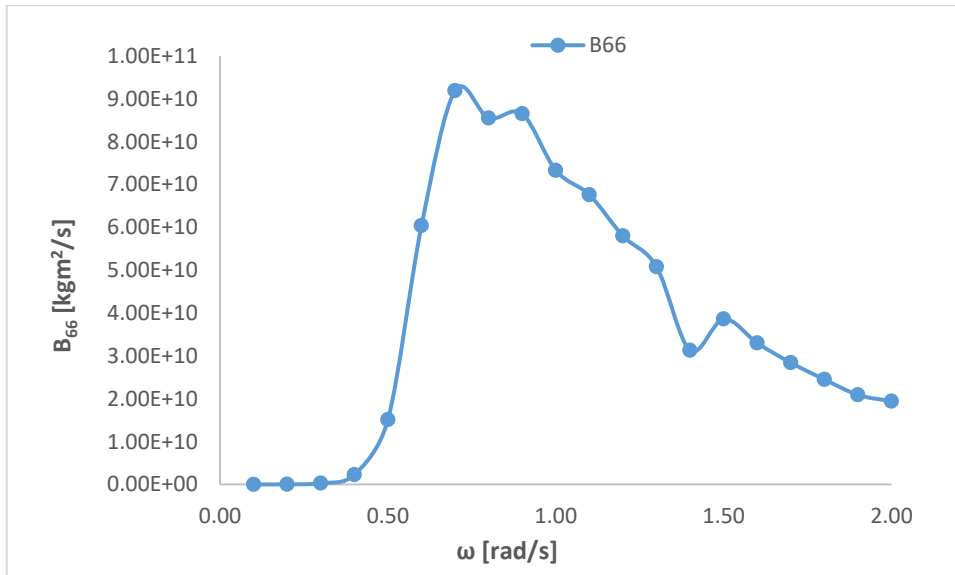
Σχήμα 8-79 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{33} για την πλωτή κατασκευή.



Σχήμα 8-80 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{44} για την πλωτή κατασκευή.

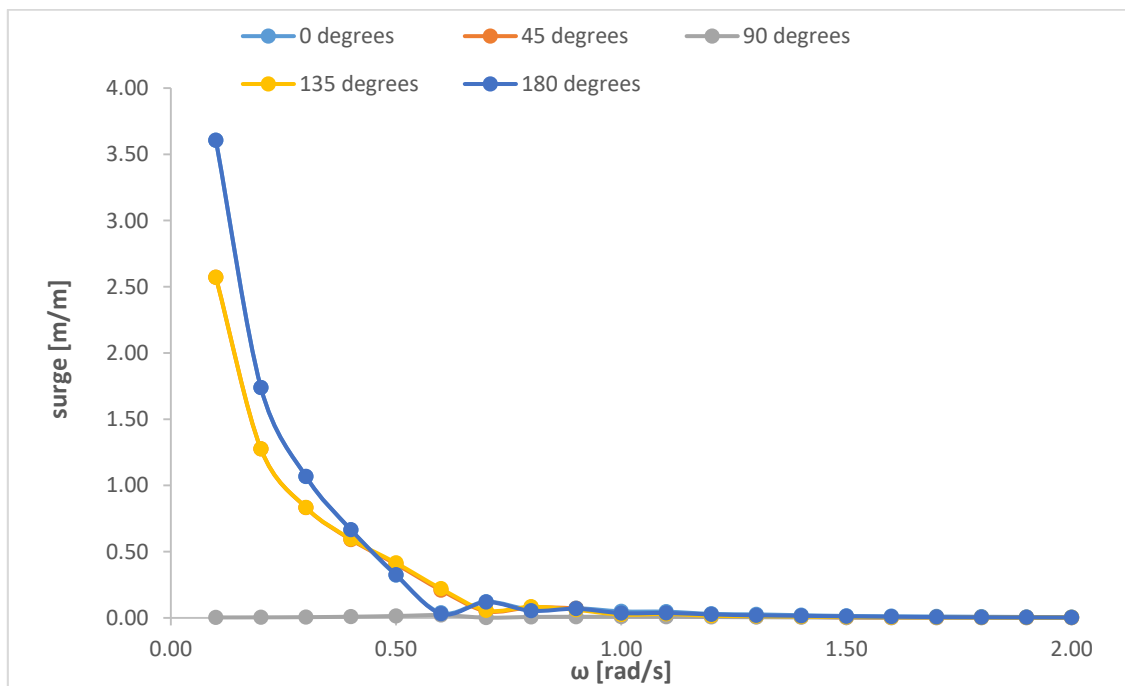


Σχήμα 8-81 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{55} για την πλωτή κατασκευή.

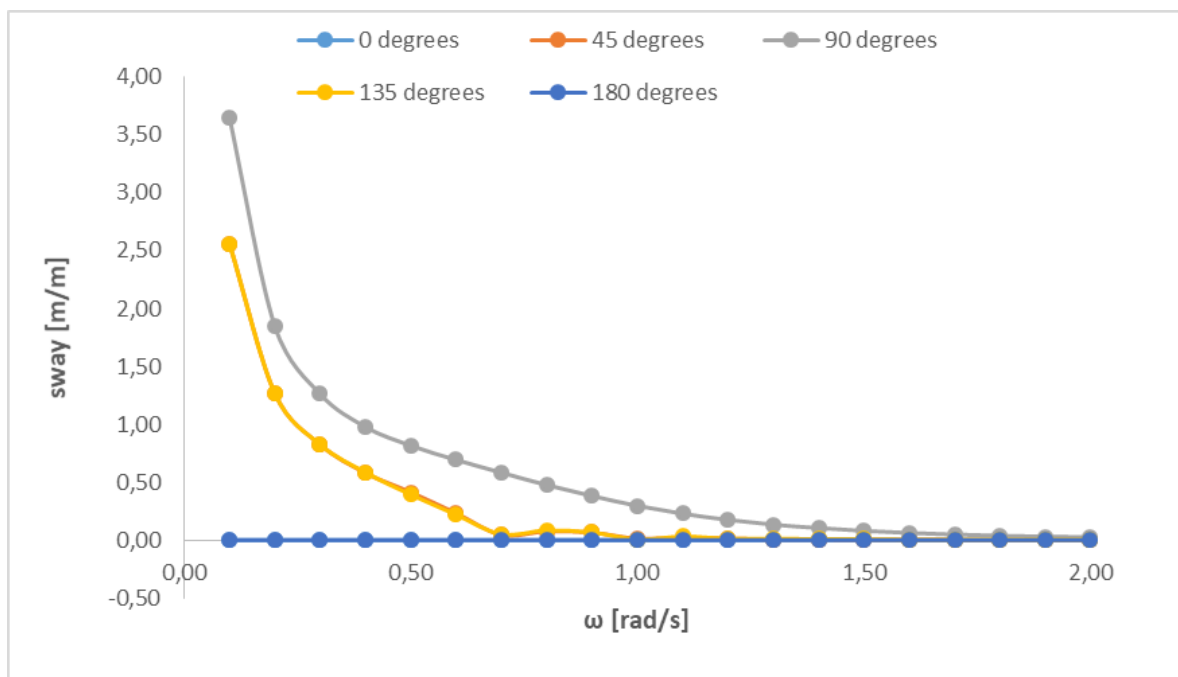


Σχήμα 8-82 Συντελεστής υδροδυναμικής απόσβεσης B_{66} για την πλωτή κατασκευή.

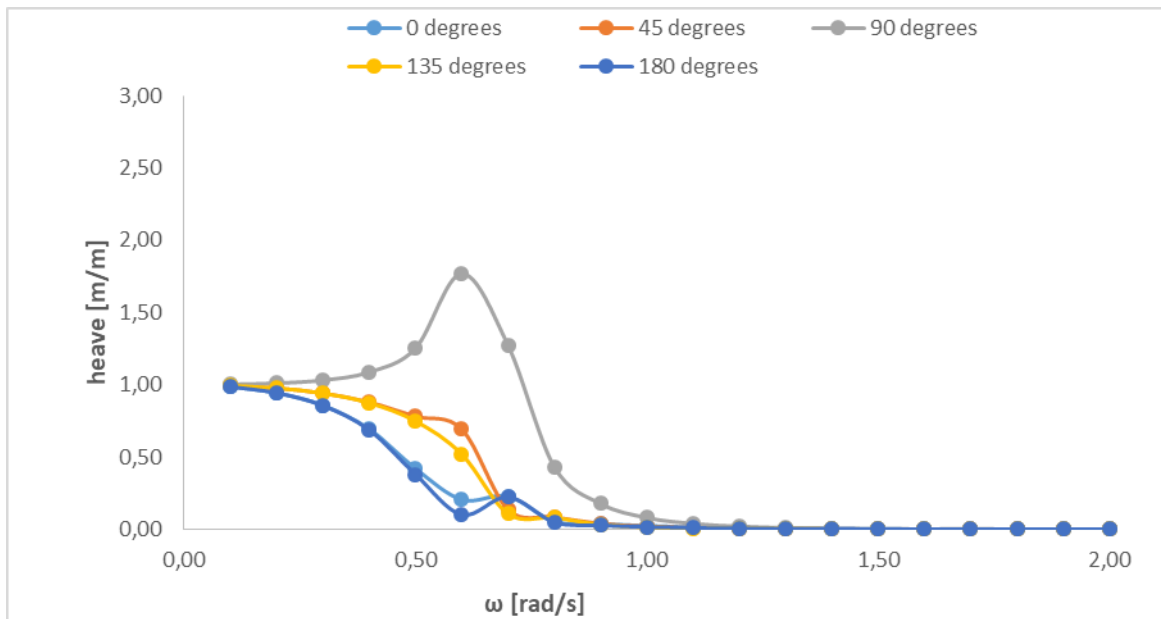
8.3.4 Αποτελέσματα RAO's από 0° έως 180° μοίρες.



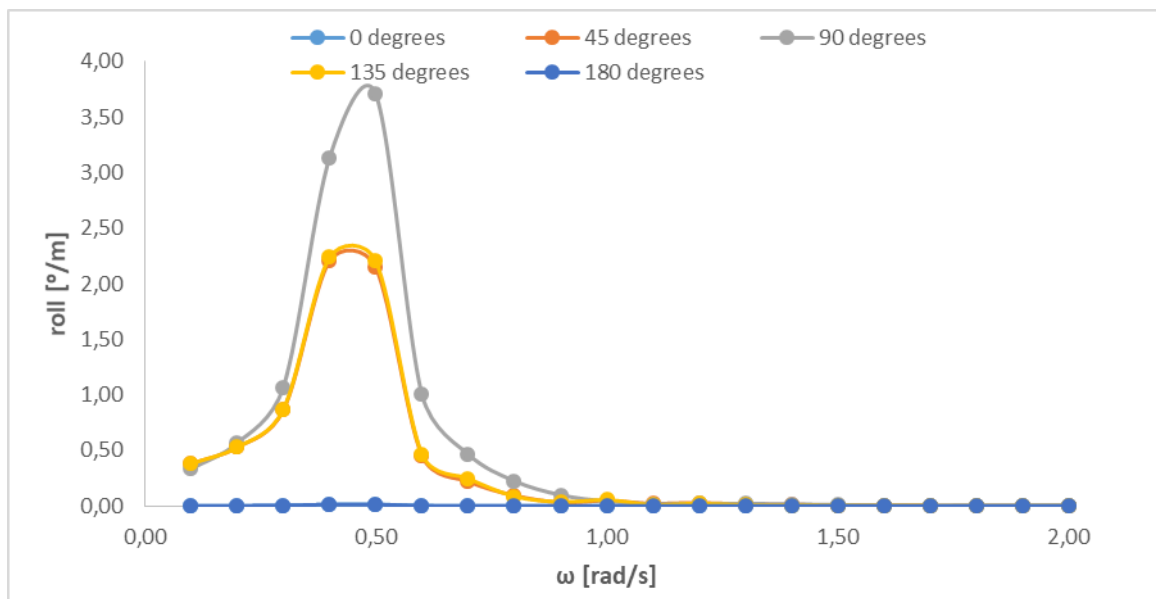
Σχήμα 8-83 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση surge για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).



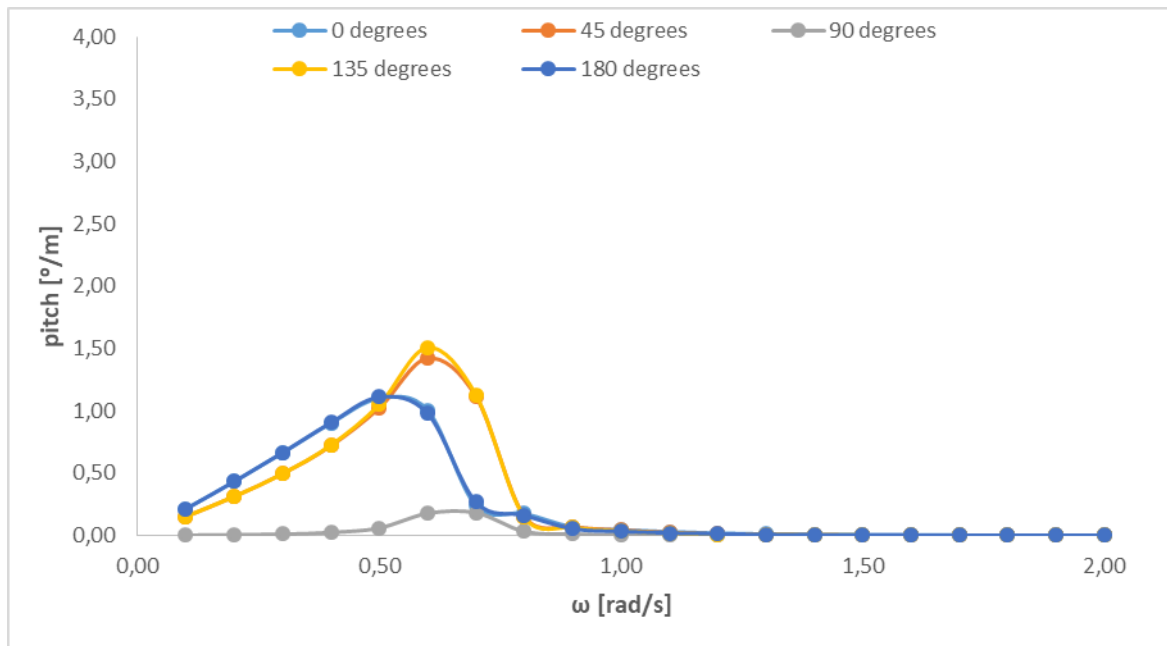
Σχήμα 8-84 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση sway για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).



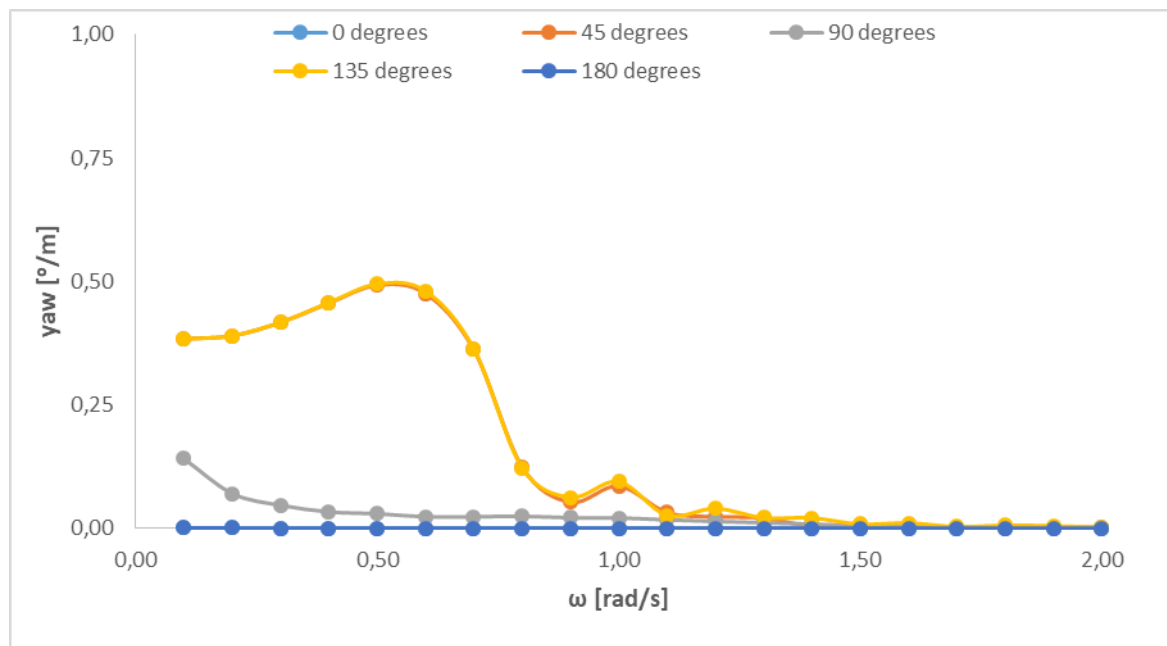
Σχήμα 8-85 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση heave για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).



Σχήμα 8-86 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση roll για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

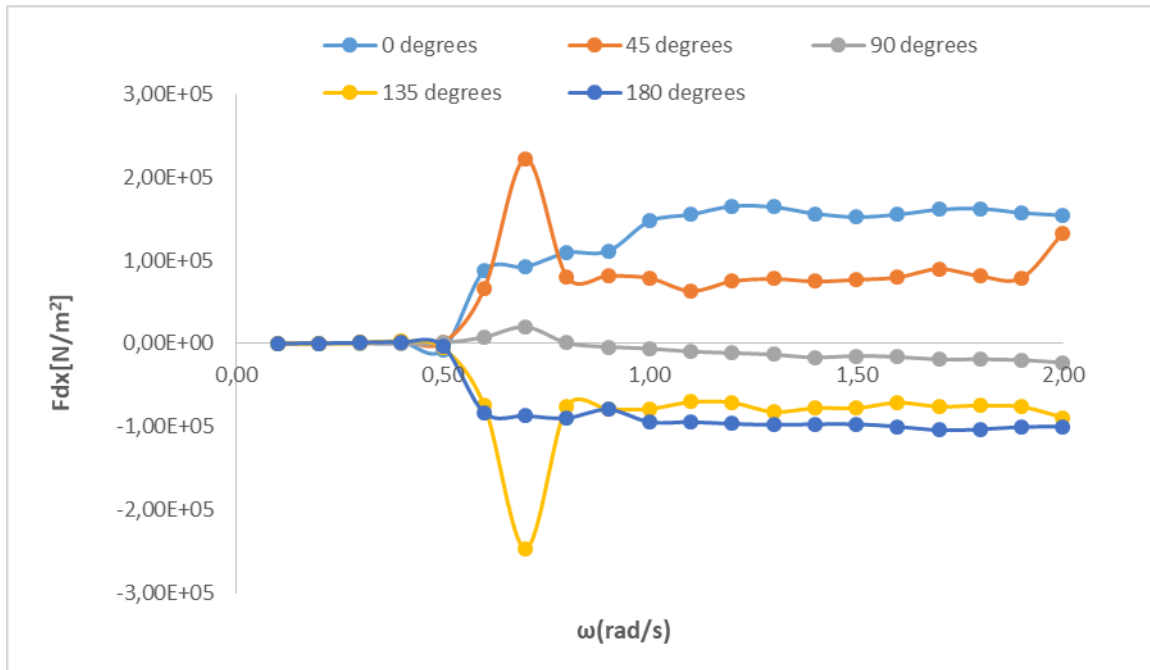


Σχήμα 8-87 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση pitch για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

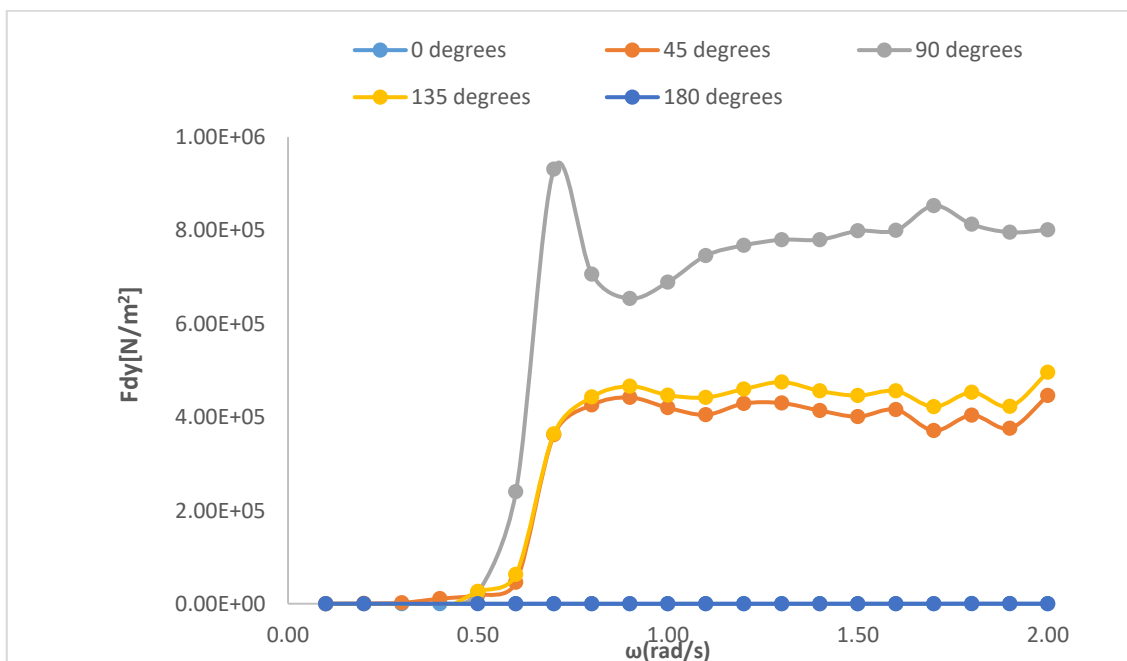


Σχήμα 8-88 Συντελεστής απόκρισης RAO σε κίνηση yaw για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

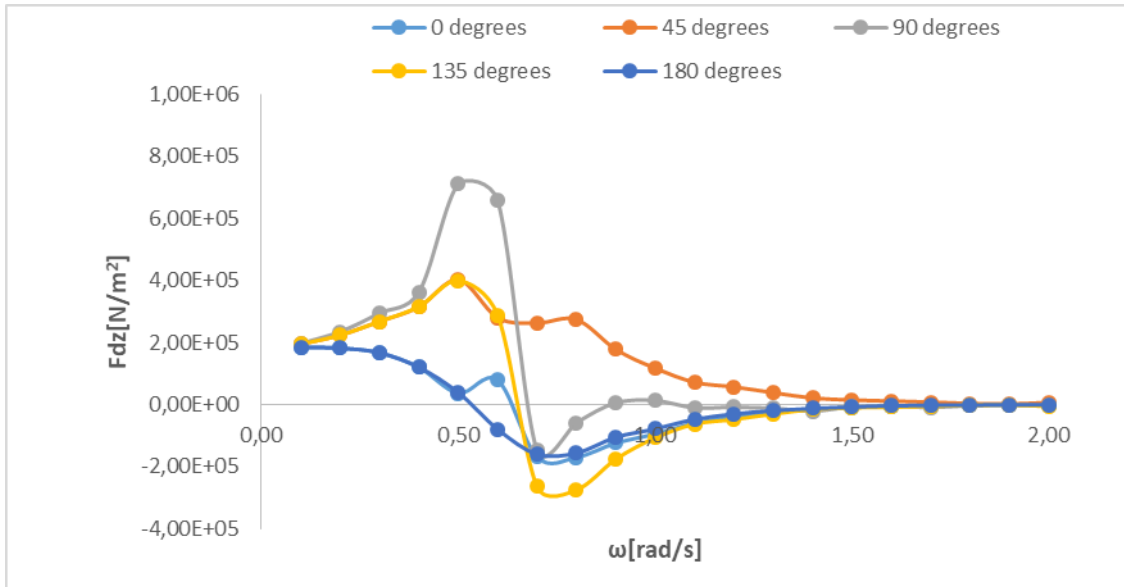
8.3.5 Αποτελέσματα μέσω δυνάμεων έκπτωσης δεύτερης τάξης PTSC BIEN DONG από 0° έως 180° μοίρες με τη μέθοδο Near Field.



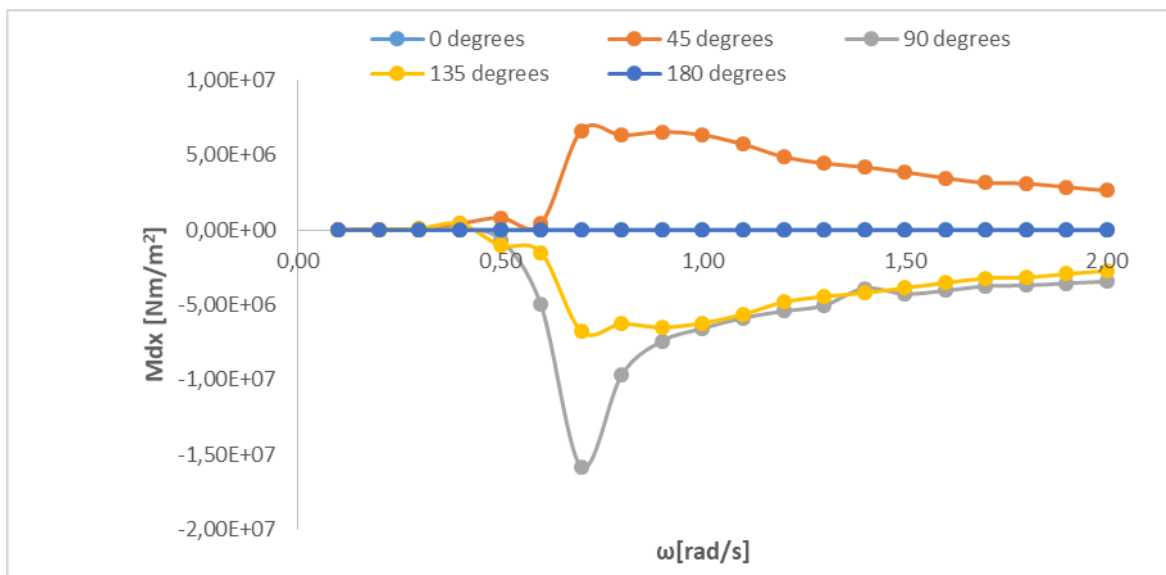
Σχήμα 8-89 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης F_{dx} με τη μέθοδο near field για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).



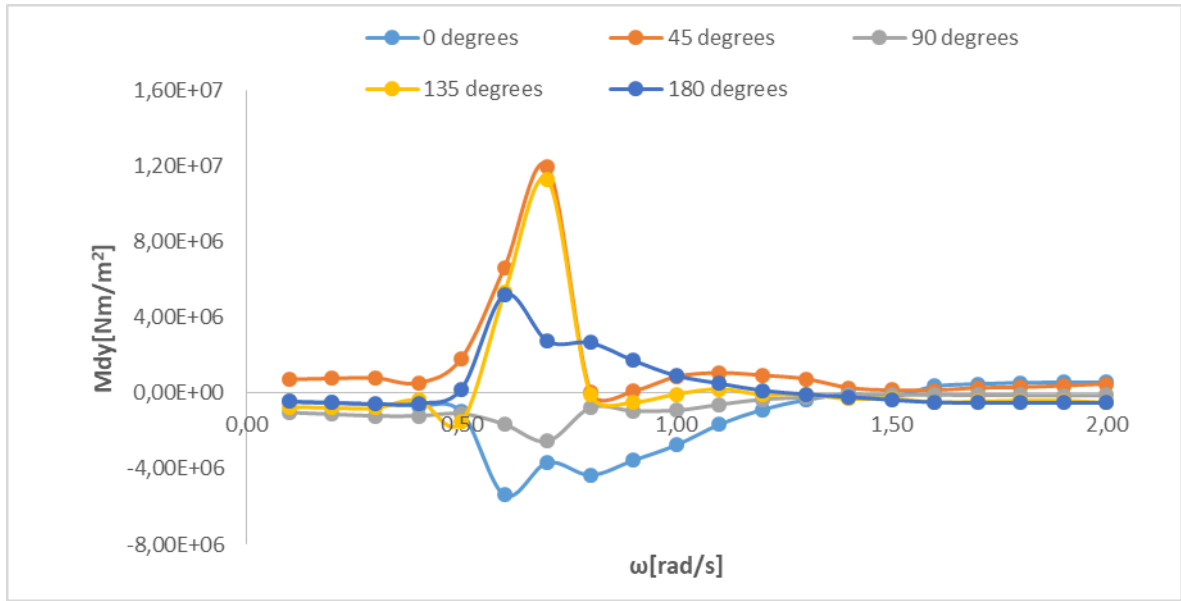
Σχήμα 8-90 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης F_{dy} με τη μέθοδο near field για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0°-180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).



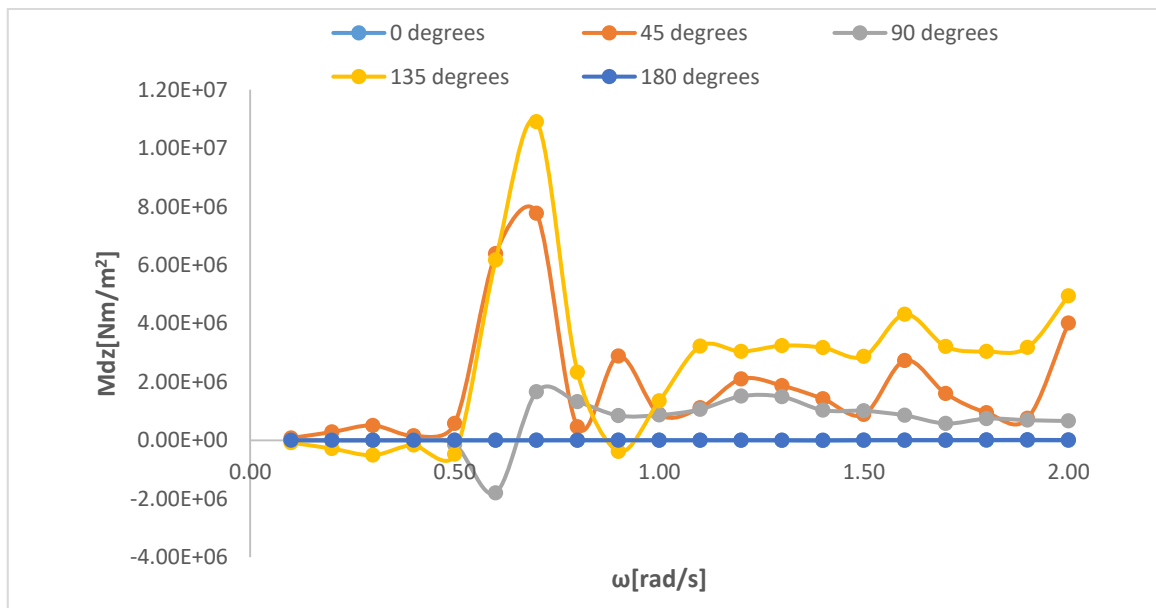
Σχήμα 8-91 Μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης F_{dz} με τη μέθοδο near field για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).



Σχήμα 8-92 Μέσες ροπές έκπτωσης δεύτερης τάξης M_{dx} με τη μέθοδο near field για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).



Σχήμα 8-93 Μέσες ροπές έκπτωσης δεύτερης τάξης M_{dy} με τη μέθοδο *near field* για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).



Σχήμα 8-94 Μέσες ροπές έκπτωσης δεύτερης τάξης M_{dz} με τη μέθοδο *near field* για διάφορες γωνίες πρόσπτωσης κύματος (0° - 180° μοίρες) ως προς τη γωνιακή συχνότητα ω (0 - 2 rad/s).

8.4 Αποτελέσματα της κατασκευής στο πεδίο του χρόνου

Στην περίπτωση αυτή τοποθετήθηκε στην κατασκευή σύστημα αγκύρωσης, βασιζόμενο στη δημοσίευση των Chatjigeorgiou et. al. (2006). Ο υπολογισμός και η ανάλυση του συστήματος αγκύρωσης παρουσιάζεται στο Παράρτημα II.

Οι συνθήκες περιβάλλοντος για την κατασκευή, είναι οι παρακάτω:

Γωνία πρόσπτωσης κύματος: 197°

Σημαντικό ύψος κύματος: 3 m

$\gamma = 1$

$T_p = 10 \text{ sec}$

Φάσμα: Jonswap

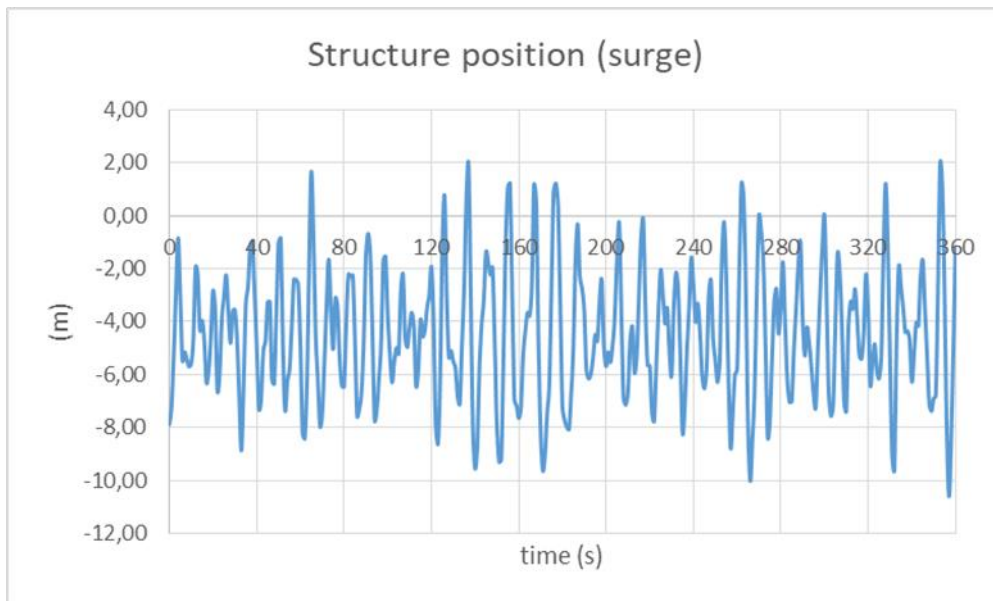
Γωνία πρόσπτωσης ανέμου: 167°

Ταχύτητα ανέμου: 15 m/s

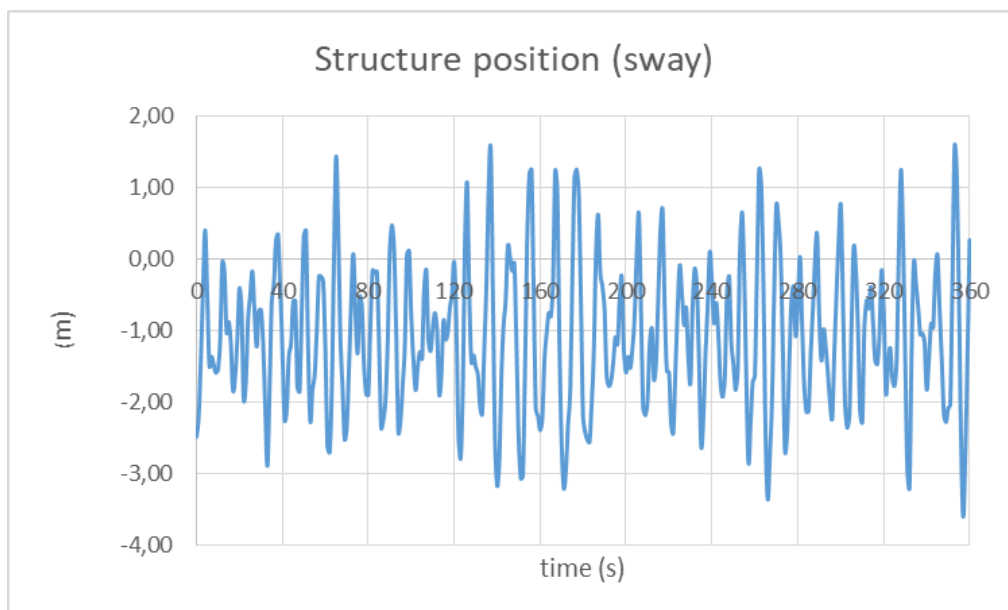
Γωνία πρόσπτωσης θαλάσσιου ρεύματος: 162°

Ταχύτητα θαλάσσιου ρεύματος: 0.4 m/s

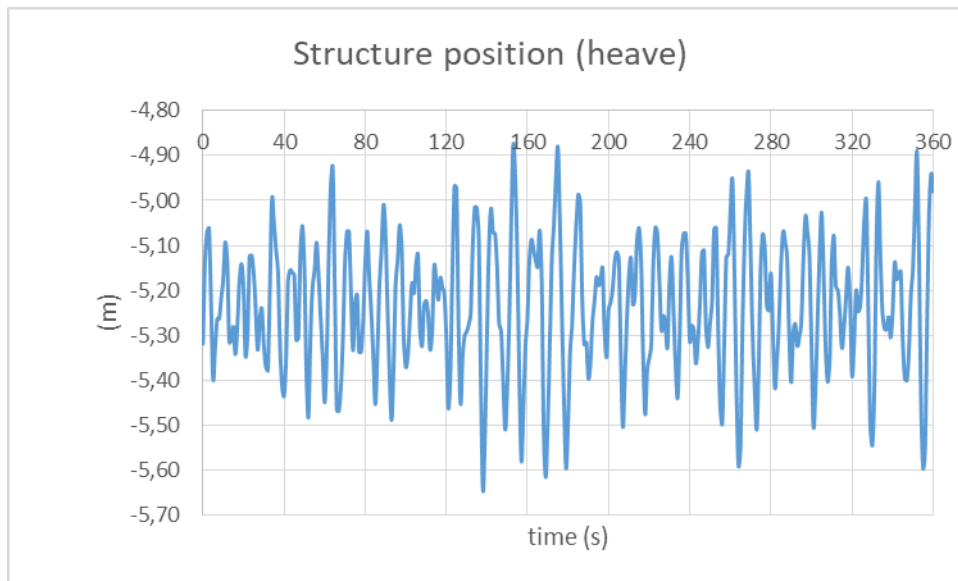
8.4.1 Κινήσεις της κατασκευής PTSC BIEN DONG στο πεδίο του χρόνου



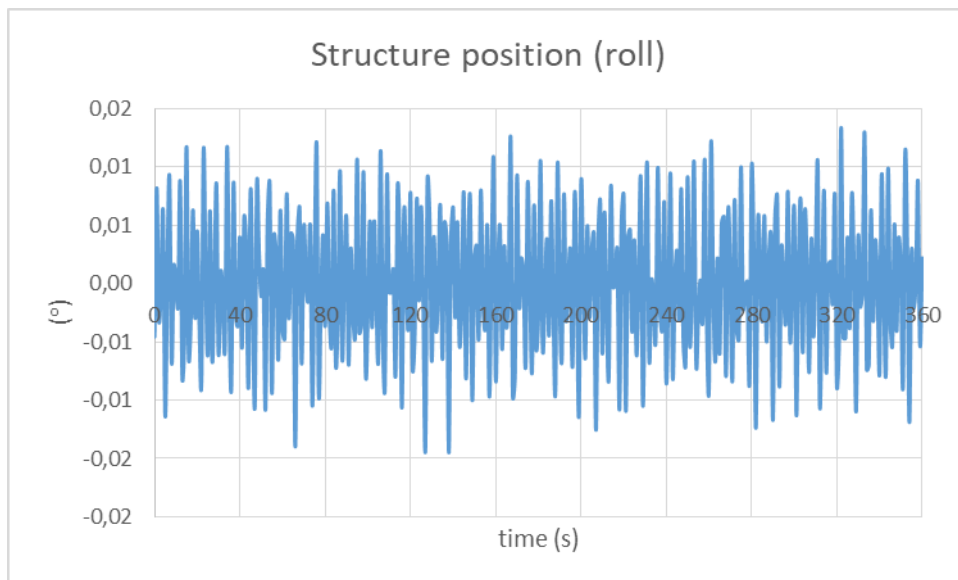
Σχήμα 8-95 Θέση της κατασκευής για την χρονική περίοδο 0-360 sec για κίνηση surge.



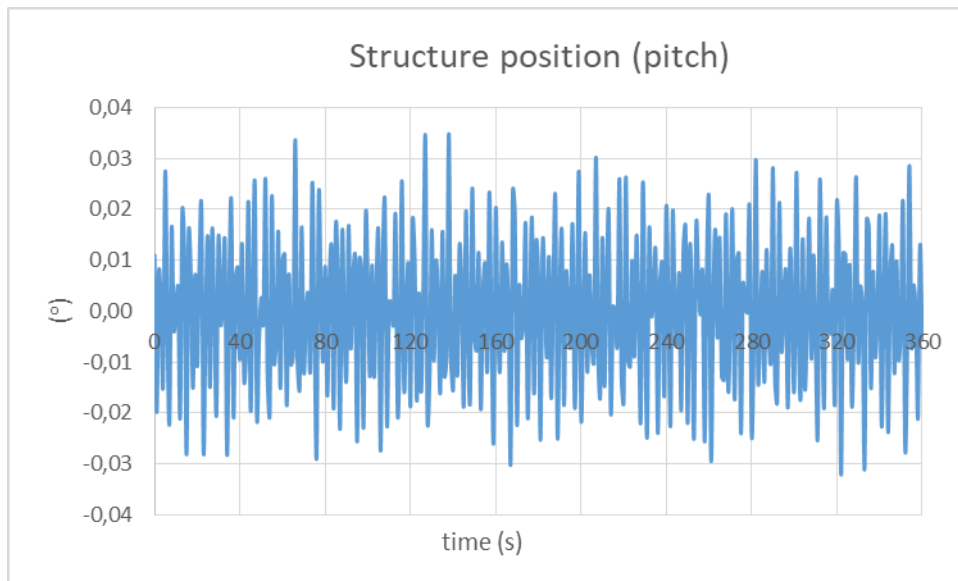
Σχήμα 8-96 Θέση της κατασκευής για την χρονική περίοδο 0-360 sec για κίνηση sway.



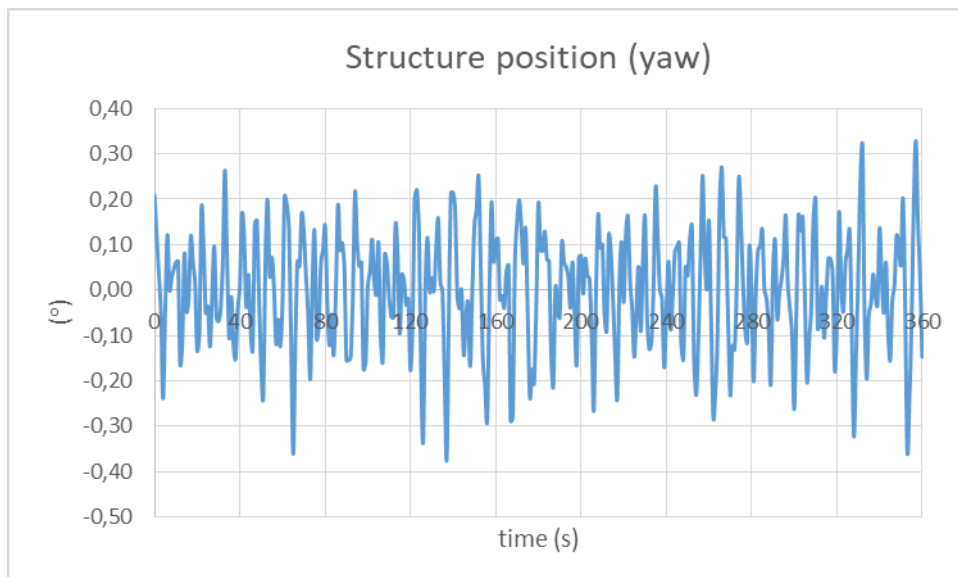
Σχήμα 8-97 Θέση της κατασκευής για την χρονική περίοδο 0-360 sec για κίνηση heave.



Σχήμα 8-98 Θέση της κατασκευής για την χρονική περίοδο 0-360 sec για κίνηση roll.

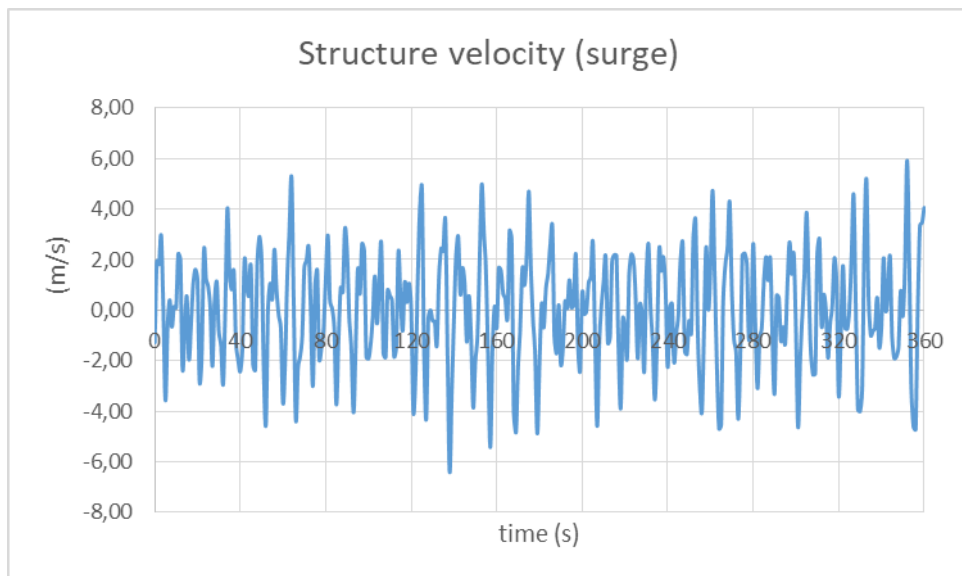


Σχήμα 8-99 Θέση της κατασκευής για την χρονική περίοδο 0-360 sec για κίνηση pitch.

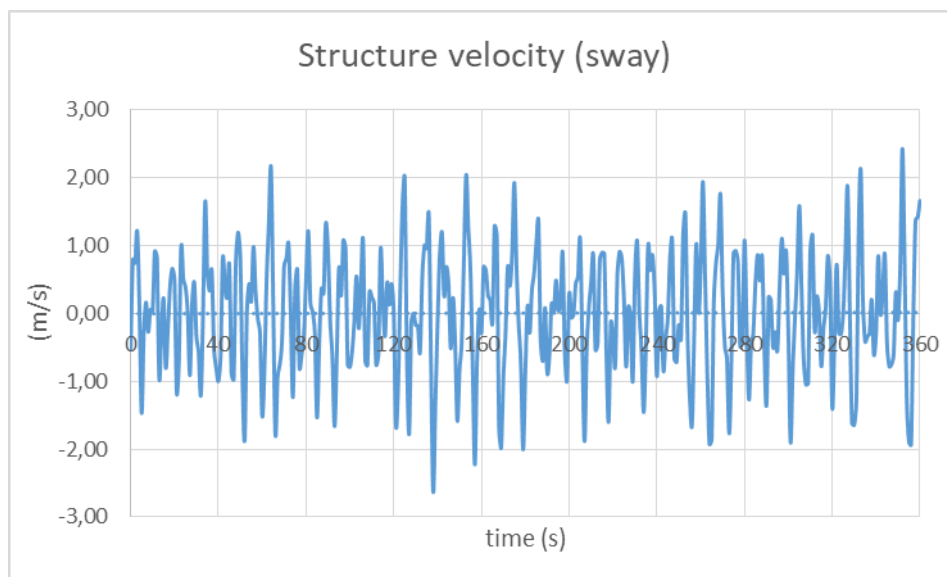


Σχήμα 8-100 Θέση της κατασκευής για την χρονική περίοδο 0-360 sec για κίνηση yaw.

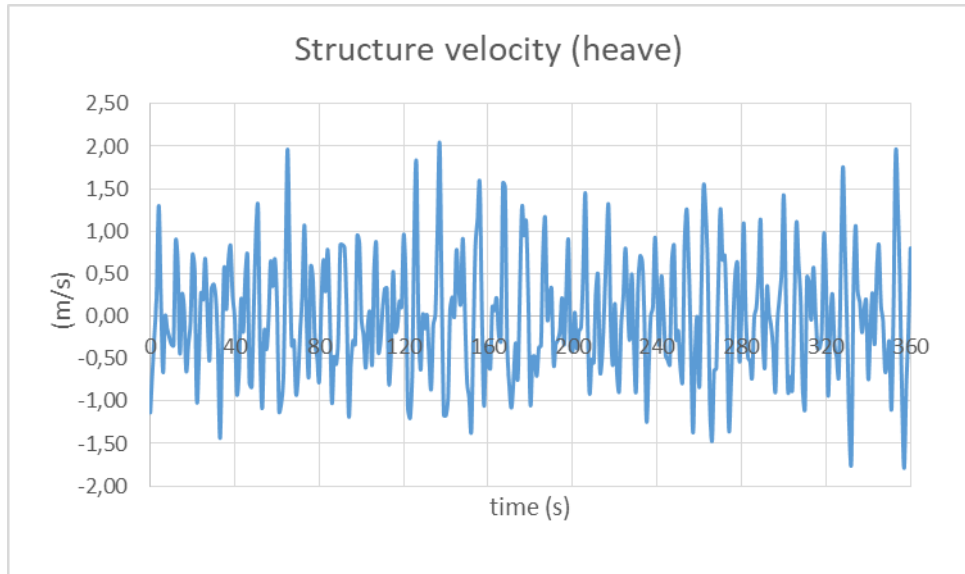
8.4.2 Ταχύτητες της κατασκευής PTSC BIEN DONG στο πεδίο του χρόνου



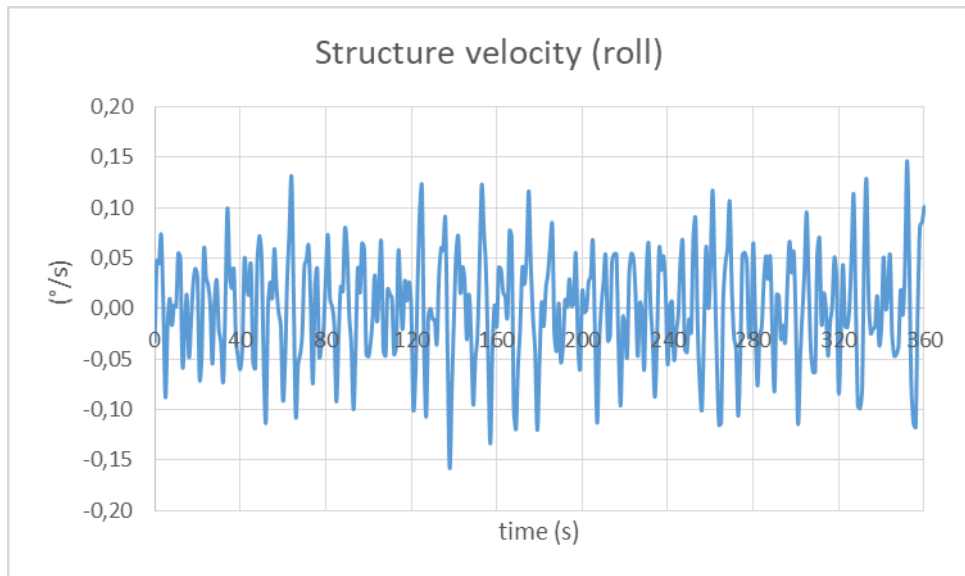
Σχήμα 8-101 Ταχύτητα της κατασκευής από 0-360 sec στη x- διεύθυνση.



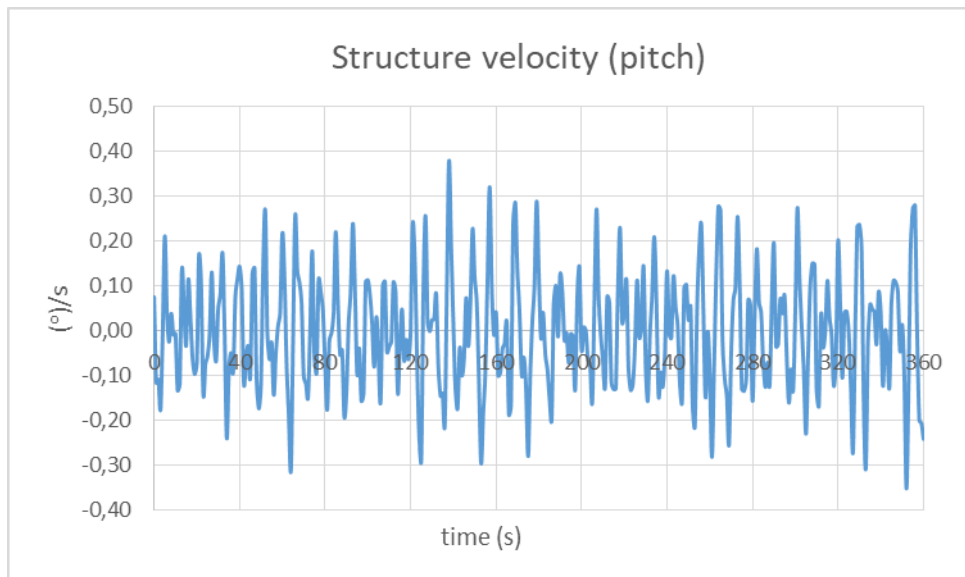
Σχήμα 8-102 Ταχύτητα της κατασκευής από 0-360 sec στη y- διεύθυνση.



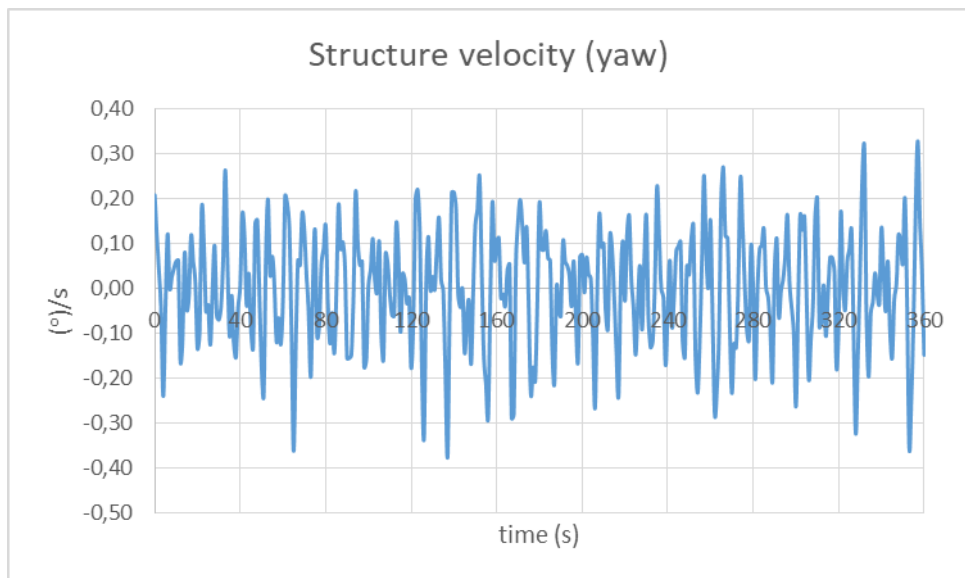
Σχήμα 8-103 Ταχύτητα της κατασκευής από 0-360 sec στη z- διεύθυνση.



Σχήμα 8-104 Ταχύτητα της κατασκευής από 0-360 sec περί την x- διεύθυνση.

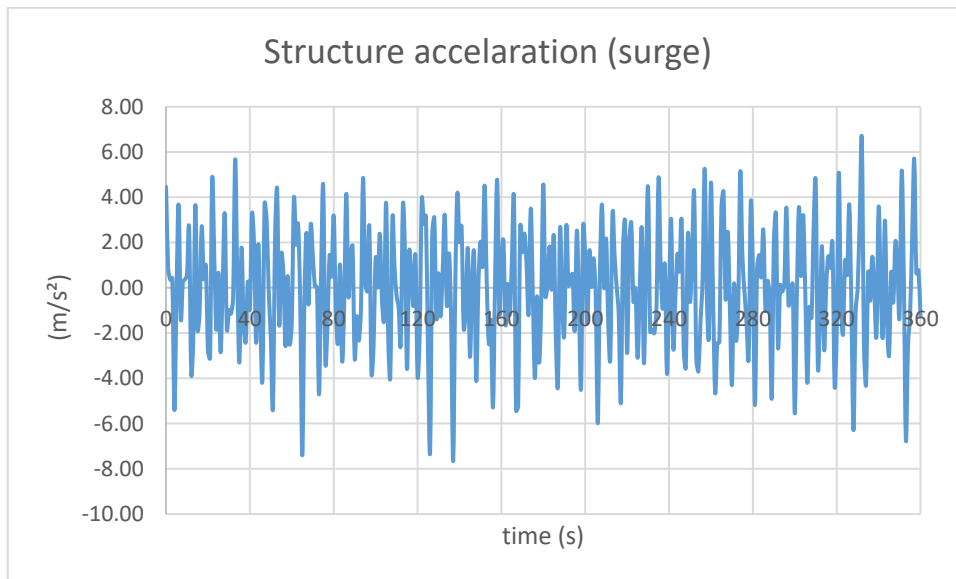


Σχήμα 8-105 Ταχύτητα της κατασκευής από 0-360 sec περί την γ- διεύθυνση.

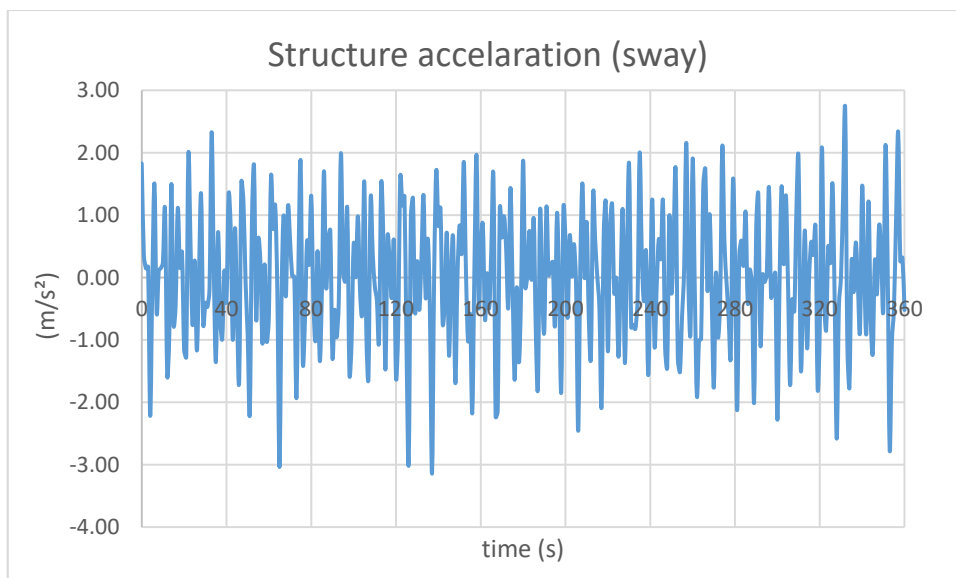


Σχήμα 8-106 Ταχύτητα της κατασκευής από 0-360 sec περί την γ- διεύθυνση.

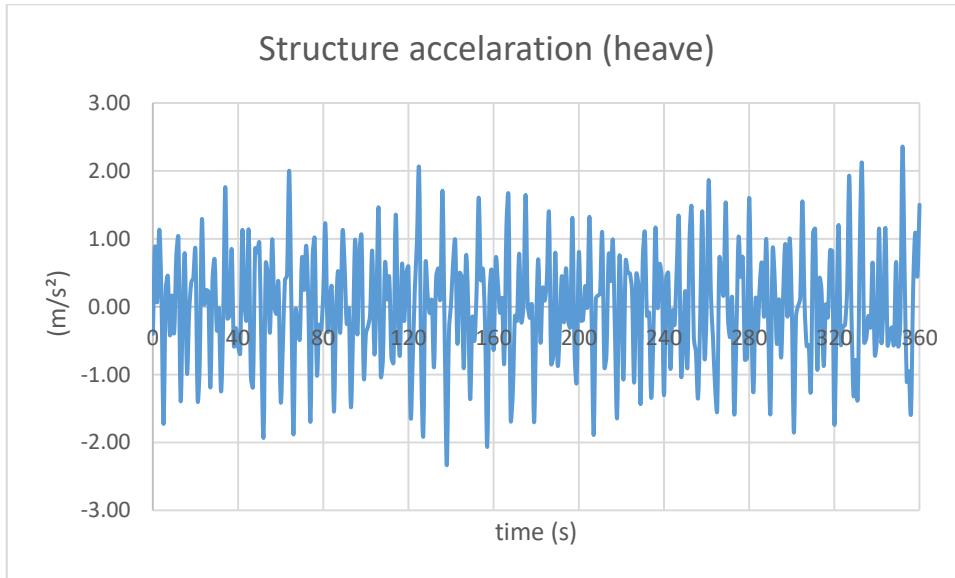
8.4.3 Επιταχύνσεις της κατασκευής PTSC BIEN DONG στο πεδίο του χρόνου



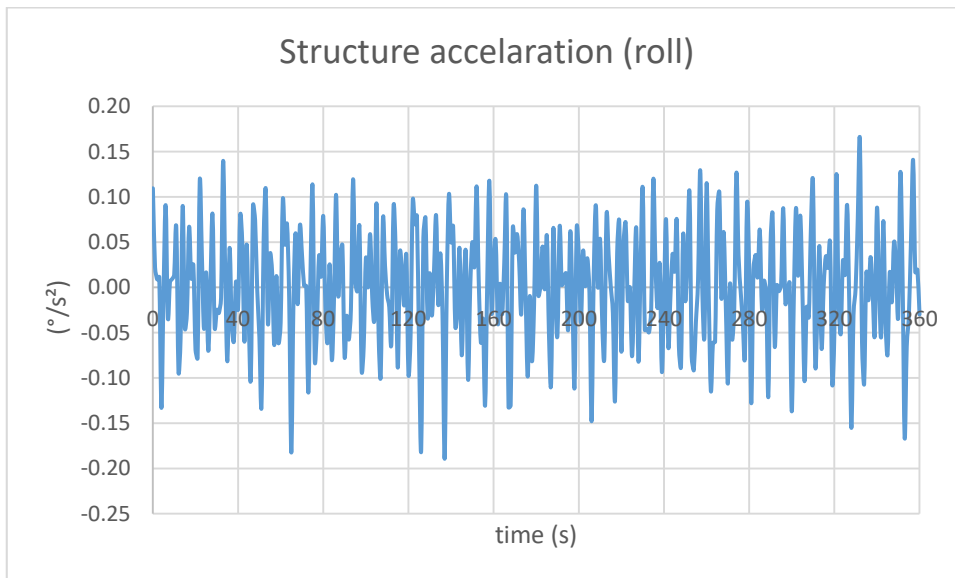
Σχήμα 8-107 Επιτάχυνση της κατασκευής από 0-360 sec στη x- διεύθυνση.



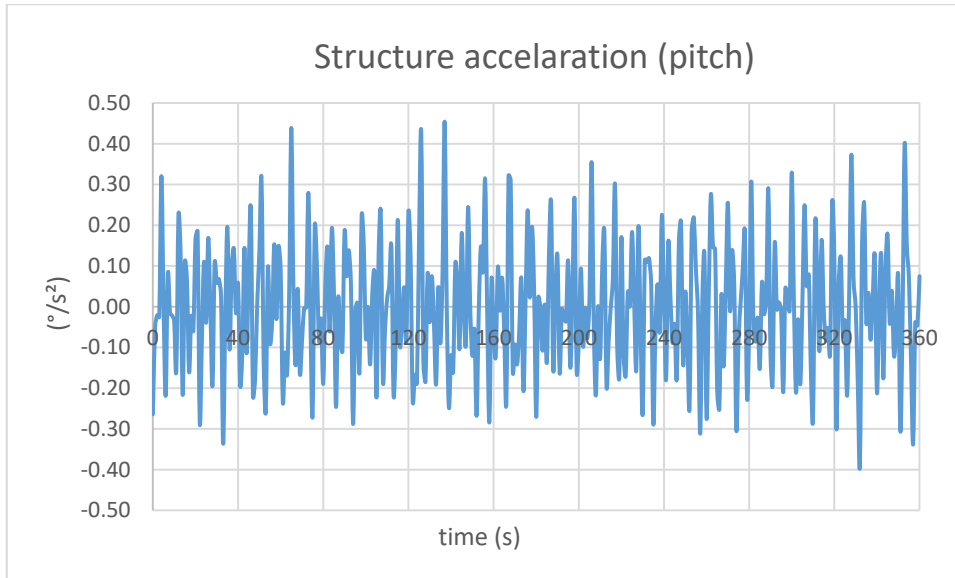
Σχήμα 8-108 Επιτάχυνση της κατασκευής από 0-360 sec στη y- διεύθυνση.



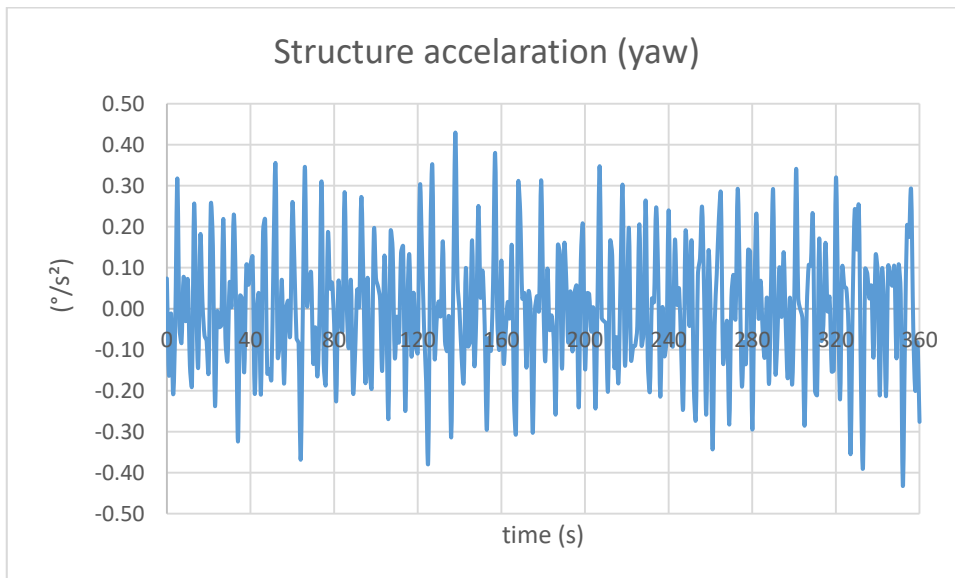
Σχήμα 8-109 Επιτάχυνση της κατασκευής από 0-360 sec στη z- διεύθυνση.



Σχήμα 8-110 Επιτάχυνση της κατασκευής από 0-360 sec περί την x- διεύθυνση.

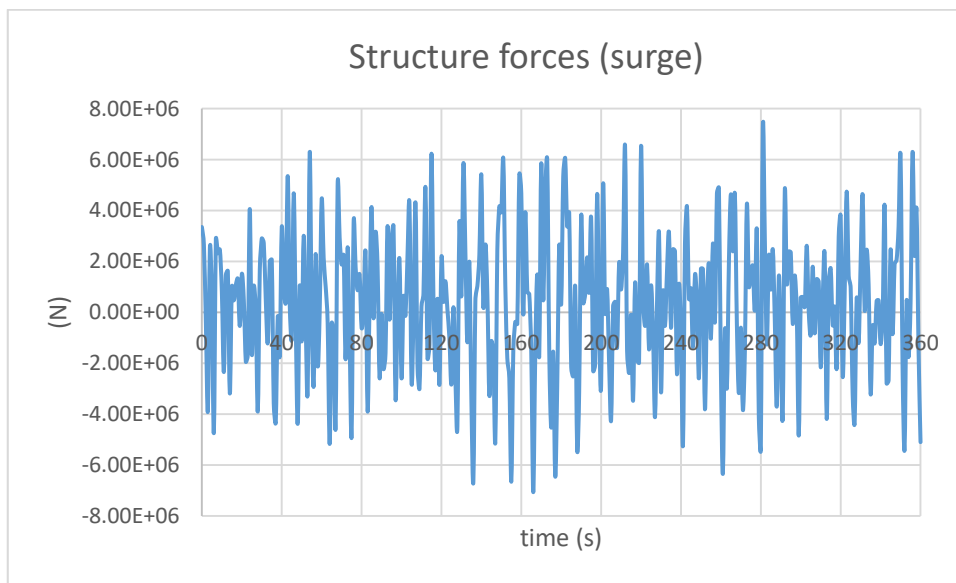


Σχήμα 8-111 Επιτάχυνση της κατασκευής από 0-360 sec περί την y- διεύθυνση.

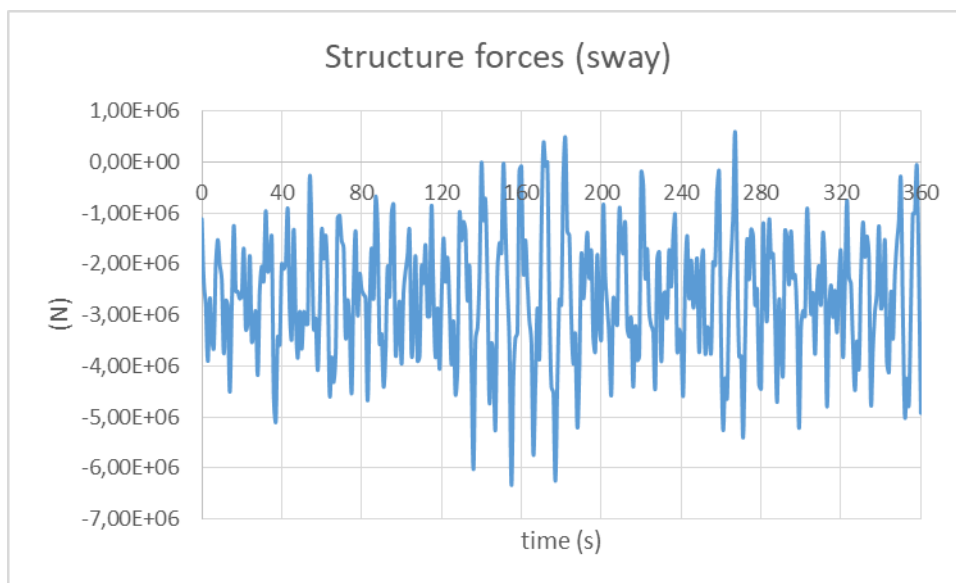


Σχήμα 8-112 Επιτάχυνση της κατασκευής από 0-360 sec περί την z- διεύθυνση.

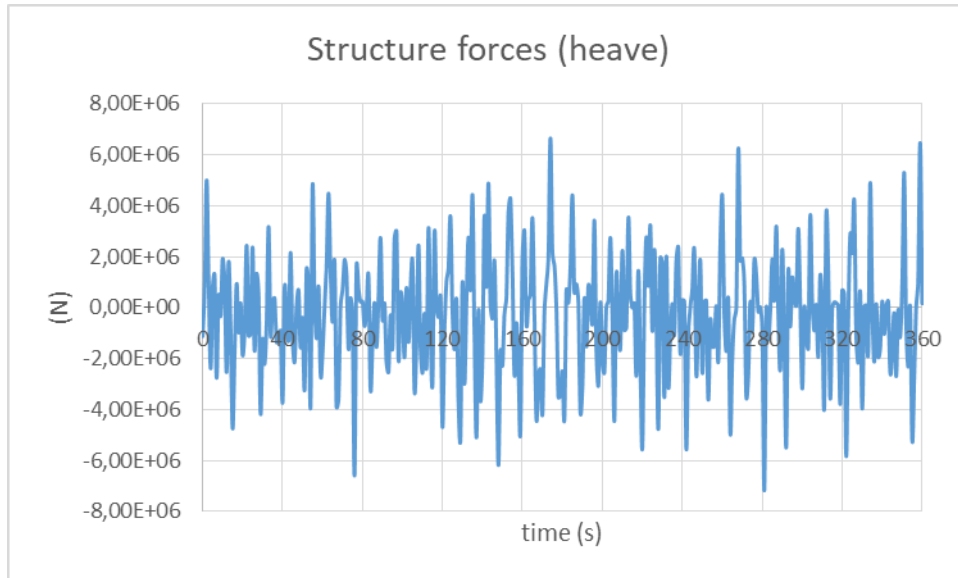
8.4.4 Δυνάμεις που ασκούνται στην κατασκευή PTSC BIEN DONG στο πεδίο του χρόνου



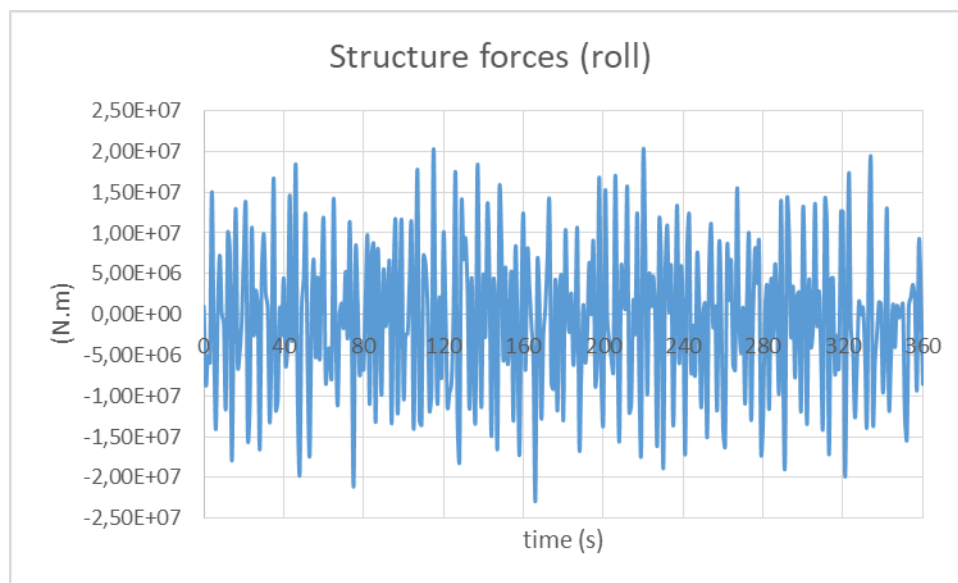
Σχήμα 8-113 Δυνάμεις που ασκούνται στην κατασκευή από 0-360 sec στη x- διεύθυνση.



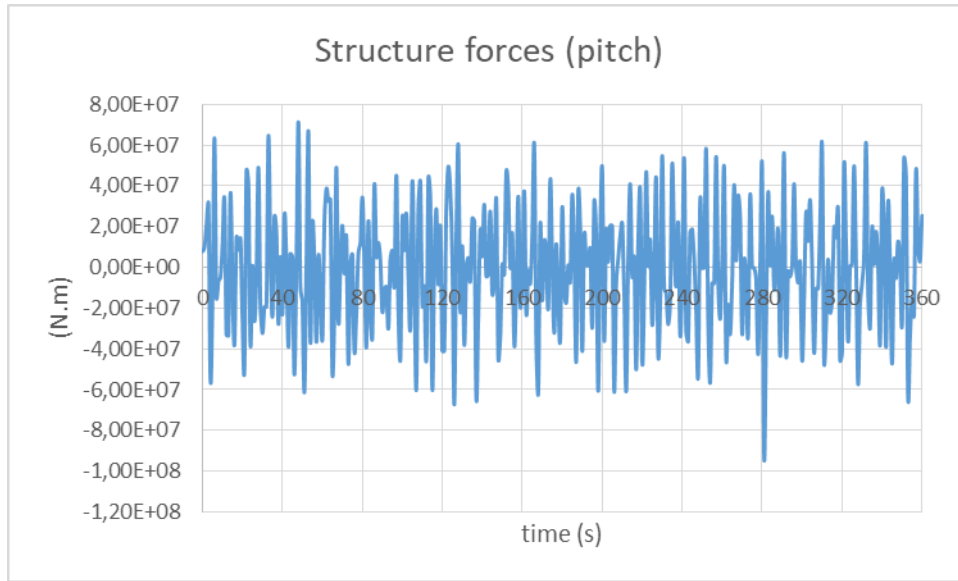
Σχήμα 8-114 Δυνάμεις που ασκούνται στην κατασκευή από 0-360 sec στη y- διεύθυνση.



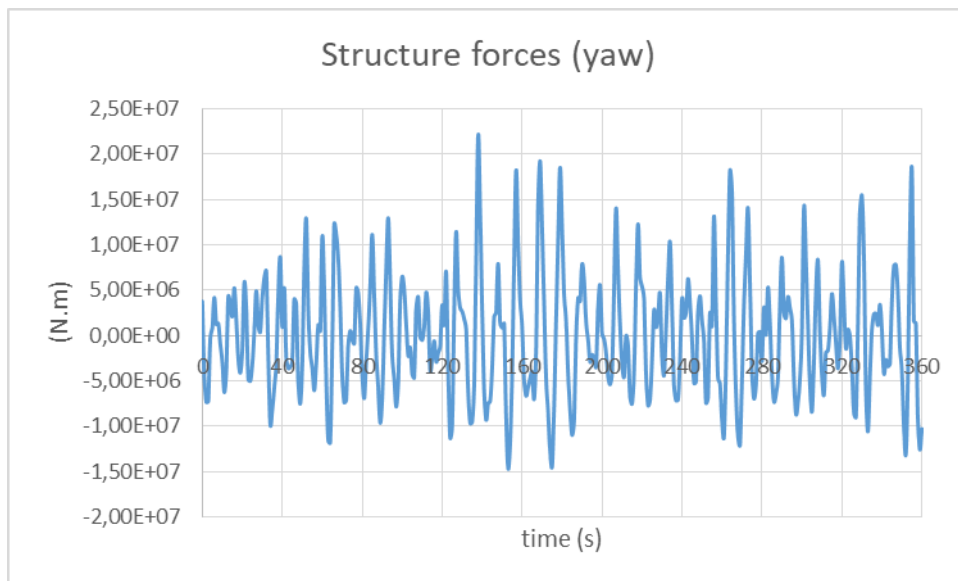
Σχήμα 8-115 Δυνάμεις που ασκούνται στην κατασκευή από 0-360 sec στη z- διεύθυνση.



Σχήμα 8-116 Δυνάμεις που ασκούνται στην κατασκευή από 0-360 sec περί τη x- διεύθυνση.

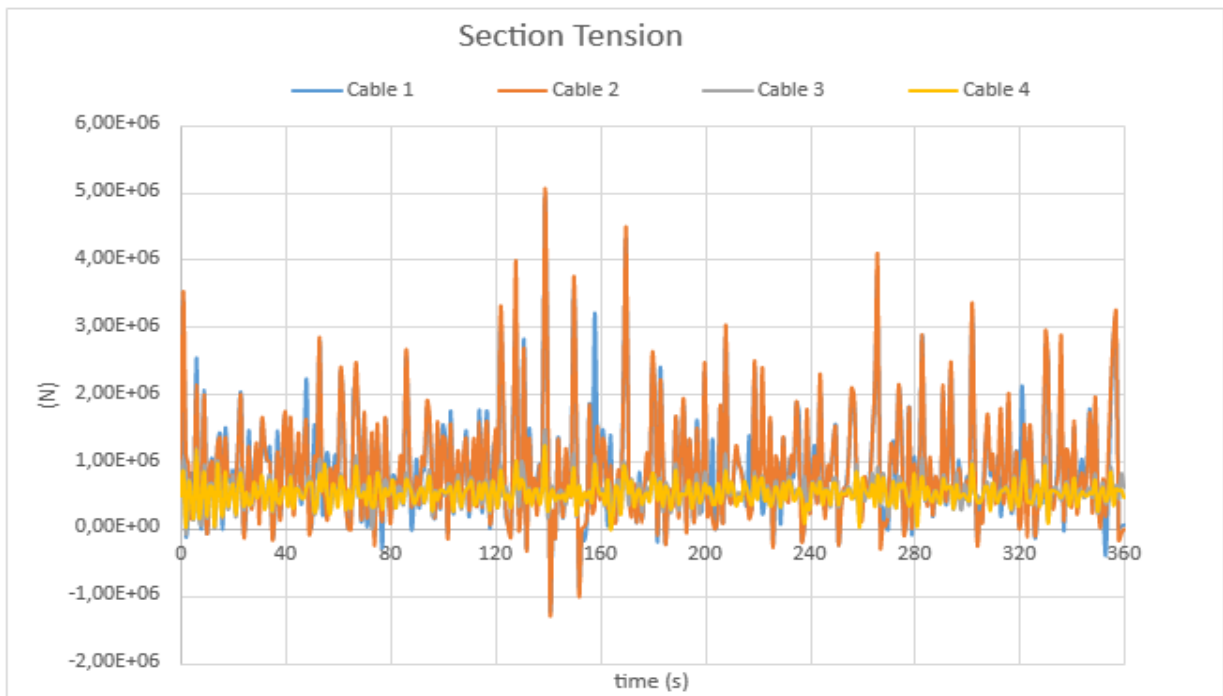


Σχήμα 8-117 Δυνάμεις που ασκούνται στην κατασκευή από 0-360 sec περί τη y- διεύθυνση.

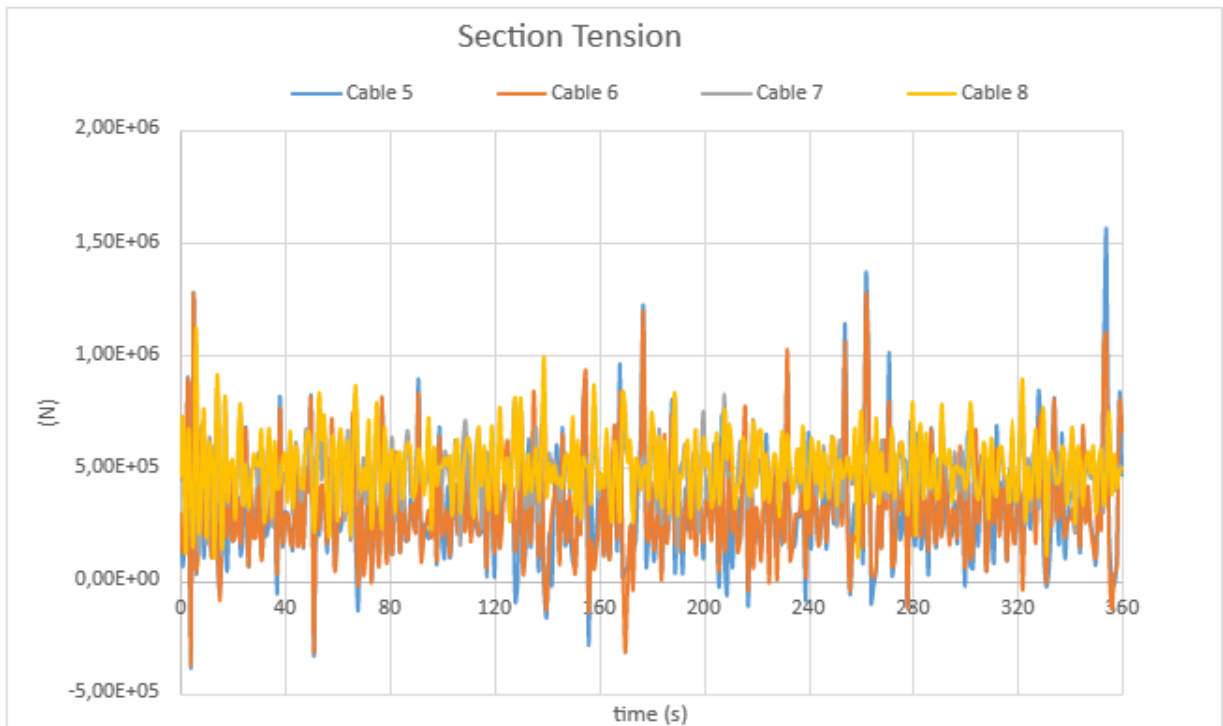


Σχήμα 8-118 Δυνάμεις που ασκούνται στην κατασκευή από 0-360 sec περί τη z- διεύθυνση.

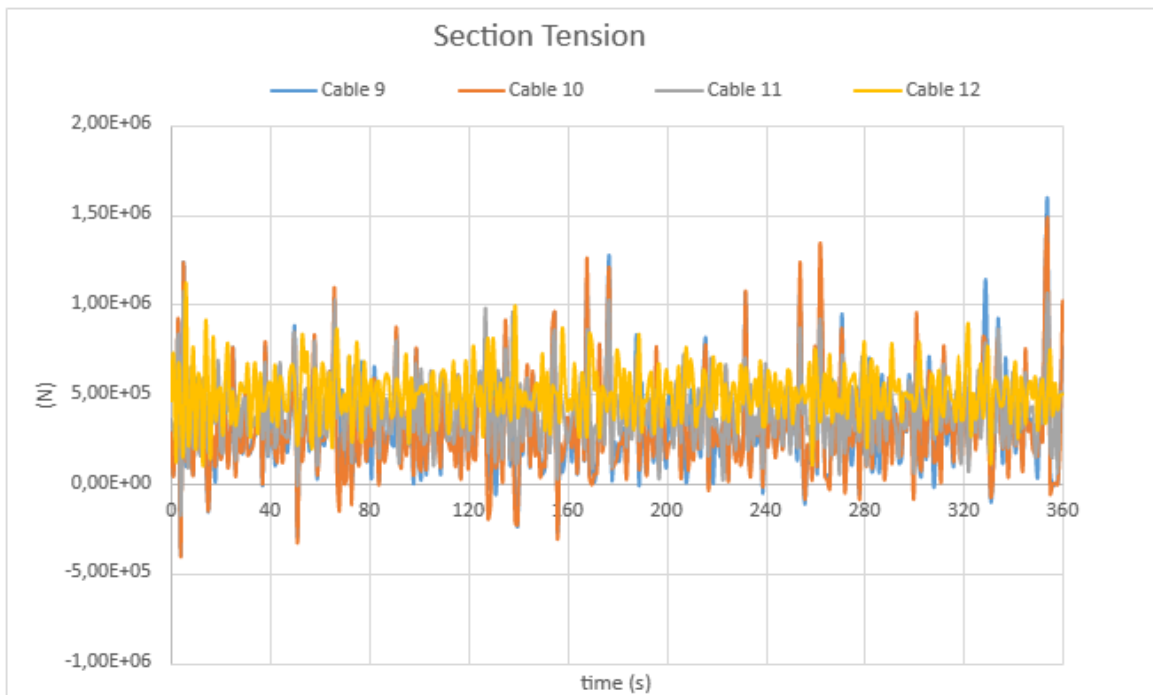
8.4.5 Τάσεις στις γραμμές αγκύρωσης της κατασκευής PTSC BIEN DONG στο πεδίο του χρόνου



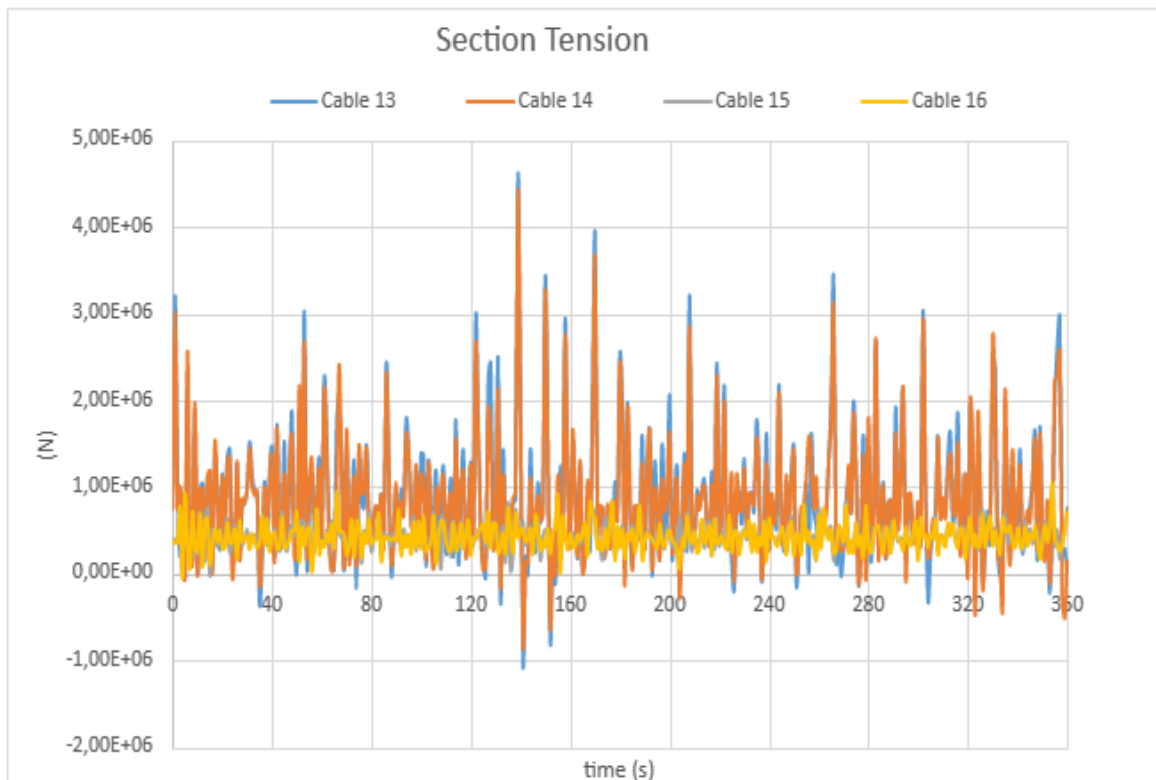
Σχήμα 8-119 Τάσεις στις γραμμές αγκύρωσης 1-4 in από 0-360 sec.



Σχήμα 8-120 Τάσεις στις γραμμές αγκύρωσης 5-8 από 0-360 sec.



Σχήμα 8-121 Τάσεις στις γραμμές αγκύρωσης 9-12 από 0-360 sec.



Σχήμα 8-122 Τάσεις στις γραμμές αγκύρωσης 13-16 από 0-360 sec.

Συμπεράσματα

Στις δυνάμεις διέγερσης στον κύλινδρο, τα αποτελέσματα των συγκρίσεων στις 0° μοίρες μεταξύ της αναλυτικής μεθόδου του Mazarakos, (2010), και της BEM μεθόδου, ταυτίζονται. Το ίδιο ισχύει και για τις πρόσθετες μάζες με τη διαφορά ότι για την A_{33} , τα αποτελέσματα έχουν μια μικρή απόκλιση που οφείλεται στη διακριτοποίηση του σώματος με τη μέθοδο BEM. Τα αποτελέσματα των αποσβέσεων, επίσης, ταυτίζονται. Για τις μέσες δυνάμεις δεύτερης τάξης που παράχθηκαν με τη μέθοδο Far Field έχουν υπολογιστεί οι δυνάμεις ως προς τον x και y άξονα και οι ροπές ως προς το z άξονα. Λόγω συμμετρίας, οι δυνάμεις στις 0° και στις 180° μοίρες ταυτίζονται. Το ίδιο ισχύει και για τις κινήσεις.

Για την DNV-Barge, τα αποτελέσματα των δυνάμεων διέγερσης στις 0° και 180° μοίρες ταυτίζονται, αφού οι δυνάμεις είναι ίδιες λόγω συμμετρίας. Σε σύγκριση με τα αποτελέσματα (Mazarakos, 2010) ως προς την DNV-Barge, παρατηρούμε ότι οι δυνάμεις διέγερσης, οι πρόσθετες μάζες και οι αποσβέσεις ταυτίζονται.

Στην τρίτη πλωτή κατασκευή, PTSC BIEN DONG, οι δυνάμεις διέγερσης και οι μέσες δυνάμεις έκπτωσης δεύτερης τάξης στις 0° και στις 180° μοίρες και μεταξύ των 45° και 135° μοιρών ταυτίζονται λόγω συμμετρίας. Οι κλάδοι αγκύρωσης έχουν μήκος 800m, όμως από την ανάλυση που έγινε, παρατηρήθηκε ότι για μικρότερο μήκος, ο κλάδος σπάει.

Προτάσεις

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση στο πεδίο του χρόνου για την κατασκευή PTSC BIEN DONG, μπορούν να αναλυθούν με τη βοήθεια του προγράμματος Matlab, για να προκύψουν επιπρόσθετα στατιστικά μεγέθη, όπως maximum, minimum, standard deviation, mean, median, rms κ.α..

Σε έναν επόμενο κύκλο ανάλυσης, θα μπορούσαμε να λάβουμε τις πιέσεις που ασκούνται στις κατασκευές και να μελετηθεί η αντοχή της κατασκευής υπό τη δράση εξωτερικών φορτίσεων με στόχο την ενίσχυση του περιβλήματός τους.

Ως προς το σύστημα αγκύρωσης θα μπορούσε να γίνει παραμετρική ανάλυση των γραμμών αγκύρωσης (π.χ. αλλαγή βάρους ανά τρέχον μέτρο, αλλαγή του μήκους), να γίνει μελέτη αντοχής για στις γραμμές, αλλά και μελέτη εναλλακτικών τρόπων αγκύρωσης της κατασκευής, όπως π.χ. με bow thrusters.

Τα τελευταία χρόνια, με τη στροφή της τεχνολογίας στις εναλλακτικές πηγές ενέργειας - πράσινη ενέργεια - θα μπορούσαν να τοποθετηθούν συσκευές ανάκτησης κυματικής ενέργειας στο διάμηκες επίπεδο της FPSO και να μελετηθεί η αλληλεπίδραση της FPSO με τις κυματικές μηχανές, με στόχο τη βέλτιστη θέση των μηχανών για την ανάκτηση της ενέργειας αυτής.

Βιβλιογραφία

Έντυπη

API Recommended Practice 2P (RP 2P), May 1987. Analysis of Spread Mooring Systems for Floating Drilling Units, Second Edition, May 1, 1987, American Petroleum Institute.

Asbill, Sutherland, and Brennan, October 2008. *Congress Allows Moratorium on Offshore Drilling to Expire*, USA: Lexology Pro.

Bhattacharyya, S., Srinivasan Chandrasekaran, 2011. *Plant, Hydrodynamic Analysis of Semisubmersibles for a Large Scale Desalination*. Rotterdam, 30th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering.

Chakrabarti Subrata K. & London, E., 2005. *Handbook of Offshore Engineering*. Vol. II, USA: Elsevier.

Chandrasekaran, S., 2018. *Dynamic Analysis and Design of Offshore Structures*. Singapore: Springer.

Chandrasekaran, Srinivasan, Madhavi N., 2015. Design Aids for Offshore Structures with Perforated Members - Ships and Offshore Structures. 10(2), pp. 183-203.

Charalambous, M., and Mazarakos, T. P., 2019. Design and construction of a tension leg platform for wave and wind exploitation, 3rd Academic University Student Conference - ASTUCON 2019, March 13 - 17, 2019, Paphos, Cyprus.

Chatjigeorgiou, I.K., Thanos, I., Bourma, P., Mazarakos T.P., and Mavrakos, S.A., 2006. Mooring System Dynamic Analysis for GIFT Floating Terminal in Survival Conditions, 25th Int. Conf. Offshore Mech. And Arctic Eng. (OMAE 2006), Hamburg, Germany.

El-Reedy, M.A., 2019. *Offshore Structures: Design, Construction and Maintenance*. USA: Elsevier.

Faltinsen, O. M., 1990. *Sea loads on ships and offshore structures, Ocean Technology Series*, Cambridge University Press.

Haritos H., 2007. Introduction to the analysis and design of offshore structures - An overview. *EJSE Special Issue*, p. 11.

Houseworth, J. & Stringfellow, W., July 2015. *A Case Study of California Offshore Petroleum Production, Well Stimulation and Associated Environmental Impacts*, California: California Council on Science & Technology, Lawrence Berkeley National Laboratory.

Journée J.M.J. and Massie W.W., 2001. *Offshore Hydromechanics*, First Edition, Delft University of Technology.

Jia, J., 2017. *Modern Earthquake Engineering/ Offshore and Land-based Structures*. Bergen: Springer.

Kinsman, B., 1965. *Wind Waves: Their Generation and Propagation on the Ocean Surface*. 1st edition. Prentice-Hall.

Mehn-Andersen, Ingrid, June 2018. *Time-Domain Roll Motion Analysis of a Barge for Transportation of an Offshore Jacket Structure*, 246: NTNU.

Mazarakos T.P., 2010. *Second-order wave loading and wave drift damping on floating marine structures*, Ph.D. Thesis, School of Naval Architecture and Marine Engineering, Division of Marine Structures, Laboratory of Floating Structures and Mooring Systems, National Technical University of Athens, Greece, pp. 1-272.

Mazarakos T.P., 2016. Ship design and scientific platforms, Part I - Ships, 7th FerryBox Workshop, 7 - 8 April, Heraklion - Crete, Greece.

Mazarakos, T.P. and Mazarakos, K.P., 2014. Second Order Wave Loads in cylindrical coordinates and its applications to Floating Wind Turbines on Spar Buoys, 31st Annual Symposium on Mathematics, Hellenic Mathematical Society, November 2014, Veroia, Greece.

Mazarakos T.P. and Mazarakos K.P. 2019. *Solving the Second Order Scattering problem of waves in cylindrical coordinates. Spar Buoys and its applications to Floating Wind Turbines*. Astrolavos, Journal of New Technologies, Hellenic Mathematical Society, Vol. 31: 40-63.

Mazarakos, T.P. and Mazarakos, K.P., 2021. Catenary Curves and applications in Naval Architecture - Anchoring systems. 37th Annual Symposium on Mathematics, Hellenic Mathematical Society, 12 - 14 November 2021, Argos - Nafplio.

Mazarakos T.P., Manolas D., Grapsas T., Mavrakos S., Riziotis V., Voutsinas S., 2014. Conceptual Design and advanced hydro-aero-elastic modelling of a TLP concept for Floating Wind Turbine applications, 1st International Conference on Renewable Energies Offshore, (RENEW 2014), 24 - 26 November 2014, Lisbon, Portugal.

Mazarakos, T.P., Manolas D.I., Mavrakos, S.A., 2021. Design and hydro-aero-elastic modeling of a TLP concept for floating Wind Turbine applications. 31st International Ocean and Polar Engineering Conference (ISOPE 2021), June 20 - 25, 2021, Rhodes, Greece.

Mazarakos, T.P. and Mavrakos S.A., 2016. Experimental investigation on mooring loads and motions of a Spar Buoy floating wind turbine, Offshore Energy and Storage Symposium, (OSES 2016), 13 - 15 July 2016, Valletta, Malta.

Mazarakos, T.P. and Mavrakos S.A. 2017. Experimental Investigation On Mooring Loads And Motions Of A TLP Floating Wind Turbine, *Special Session on Offshore and Marine Renewable Energy: Conversion and Transmission*, Twelfth International Conference on Ecological Vehicles & Renewable Energies, (EVER' 2017), April 11-13, 2017, Grimaldi Forum, Monaco.

Mazarakos, T.P. and Mavrakos S.A., 2018. Second Order Wave Drift Damping of a TLP Floating Structure Concept for Combined Wind and Wave Energy, 3rd International Conference on Renewable Energies Offshore, (RENEW 2018), 8 - 10 October 2018, Lisbon, Portugal.

Mazarakos, T.P. and Mavrakos S.A., 2018. Hydrodynamic Loading of a Spar Buoy Floating Wind Turbine in Irregular Waves, 12th Panhellenic Symposium of Oceanography & Fisheries, 30 May - 3 June 2018, Corfu, Greece.

Mazarakos, T.P., Mavrakos S.A. and Soukissian T., 2019. Wave Loading And Wind Energy Of A Spar Buoy Floating Wind Turbine, Fourteenth International Conference on Ecological Vehicles & Renewable Energies, (EVER' 2019), May 8 - 10, 2019, Grimaldi Forum, Monaco.

Mazarakos T.P., Soukissian T., Mavrakos S.A., 2021. Hydrodynamic and Wind/Wave Energy Calculations of a Floating Wind Turbine System in the Mediterranean Sea. 14th European Wave and Tidal Energy Conference Series (14th EWTEC), 5 - 9 September, Plymouth, UK.

Soares Carlos Guedes, 2014. *Renewable Energies Offshore: Proceedings of 1st International Conference on Renewable Energies Offshore*, (RENEW 2014), 24 - 26 November 2014, Lisbon, Portugal, DOI: <https://doi.org/10.1201/b18973>.

Soares Carlos Guedes, 2018. *Advances in Renewable Energies Offshore, Proceedings of the 3rd International Conference on Renewable Energies Offshore* (RENEW 2018), October 8-10, 2018, Lisbon, Portugal, DOI: <https://doi.org/10.K1/9780429505324>.

Section, C. P. R. C., 1994. *California Coastal Sanctuary Act*, California: California Public Resources Code Section.

Διαδικτυακή

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/fixed-offshore-platform> (ημερομηνία ανάκτησης: 21/10/2020)

https://en.wikipedia.org/wiki/Summerland_Oil_Field (ημερομηνία ανάκτησης: 17/12/2020)

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/fixed-offshore-platform> (ημερομηνία ανάκτησης: 26/12/2020)

<https://www.offshore-mag.com/production/article/16762845/apls-technical-scope-tested-by-alvheim-turret-award> (ημερομηνία ανάκτησης: 12/03/2021)

<https://www.kcrw.com/news/shows/greater-la/environment-palestinian-american-activist-death> (ημερομηνία ανάκτησης: 29/03/2021)

<https://www.environmentaldefensecenter.org/california-coastal-sanctuary-act-of-1994/> (ημερομηνία ανάκτησης: 23/06/2020)

OPEC, https://www.opec.org/opec_web/en/ (ημερομηνία ανάκτησης: 27/08/2021)

Παράρτημα Ι: Σχεδίαση των κατασκευών

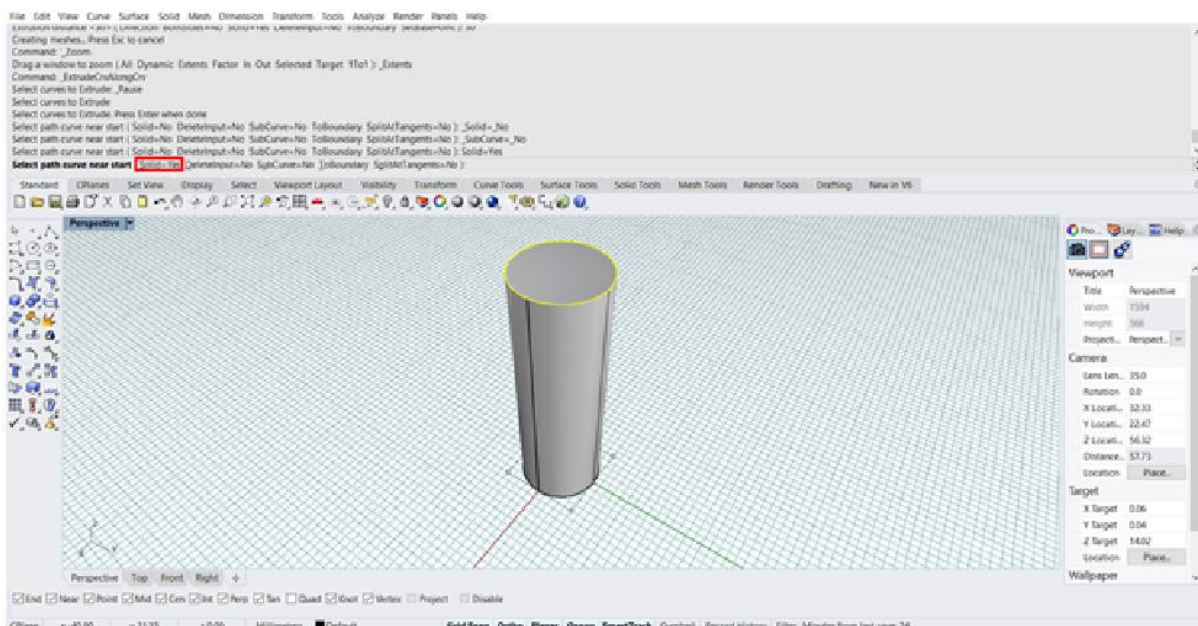
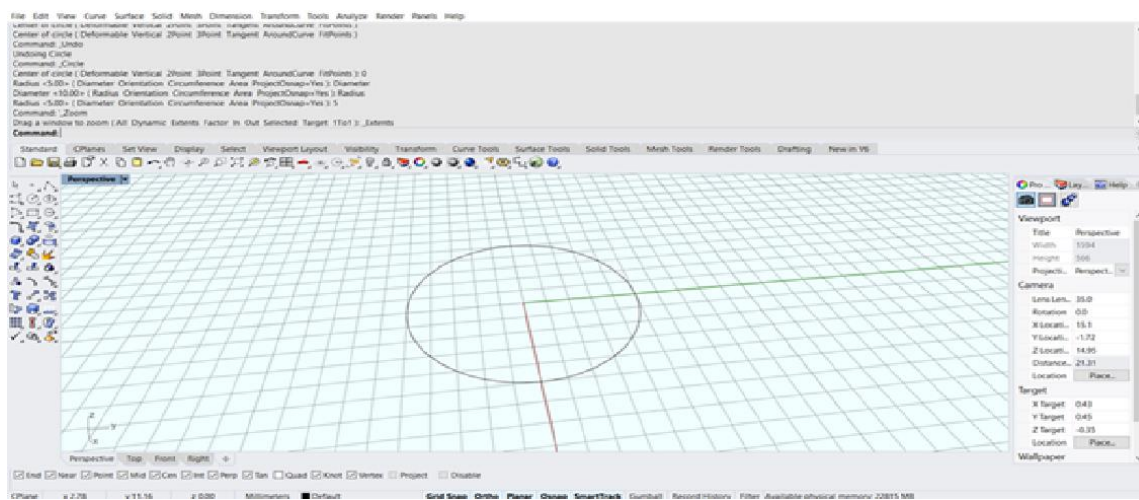
Σχεδίαση Κυλίνδρου

Αρχικά, σχεδιάστηκε ένας κύλινδρος στο πρόγραμμα Rhinoceros, με ακτίνα 5m και ύψος 30m.

Στο παράθυρο Perspective ενεργοποιούνται οι εξής εντολές:

Center of Circle → Radius: 5 → Enter → Extrude Curve → Extrusion distance: 30

Η εντολή Extrude Curve πρέπει να πραγματοποιηθεί έχοντας ενεργοποιημένη την επιλογή Solid.



Σχεδίαση πλωτής κατασκευής DNV-GL

Η παρακάτω φορτηγίδα σχεδιάστηκε μέσω του προγράμματος Solidworks. Τα χαρακτηριστικά της κατασκευής δίνονται παρακάτω:

$$T_{App} = 7.8m$$

$$W = 119662 t$$

$$Length\ of\ bilge\ keel = 102.5m$$

$$Width\ of\ bilge\ keel = 0.8 m$$

$$LCG = 133.79 m \text{ (από APP)}$$

$$TCG = -0.001 m$$

$$K_{xx} = 33.58 m$$

$$K_{yy} = 59.81m$$

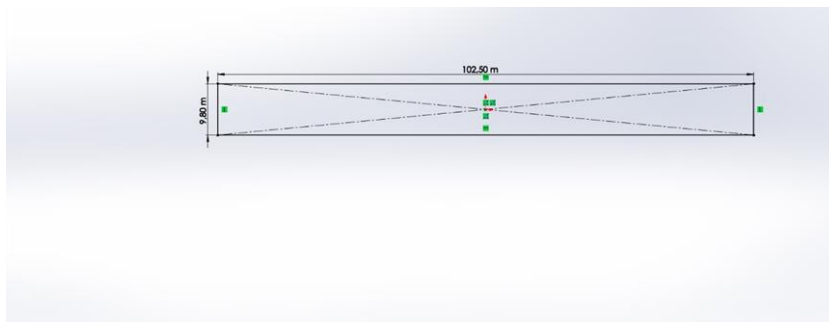
$$K_{zz} = 59.11 m$$

Με την εντολή Sketch ορίζεται ποια επιφάνεια θα χρησιμοποιηθεί.

x,y άξονες (μήκος, πλάτος), z (ύψος) → Front plane → Ορίζονται origin points.

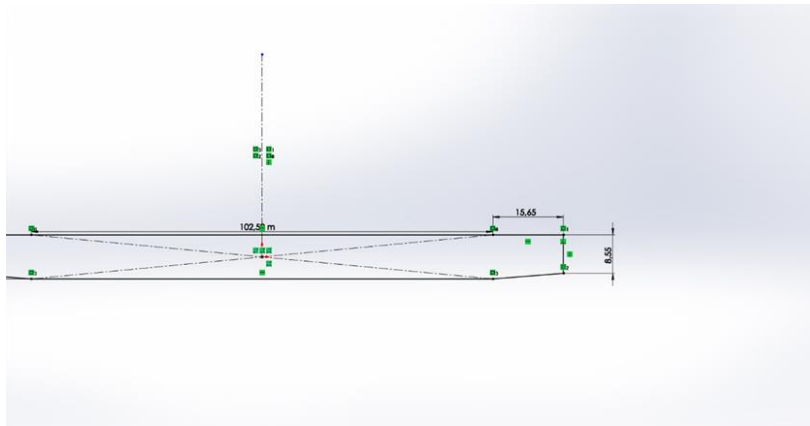
Σχεδιάζεται η φορτηγίδα στο xz άξονα, οπότε αλλάζει στο sketch όψη.

Top plane → Sketch Center Rectangle → Smart Dimension, για να οριστούν οι διαστάσεις → πλάτος = 9.8 m, μήκος = 102.50 m.



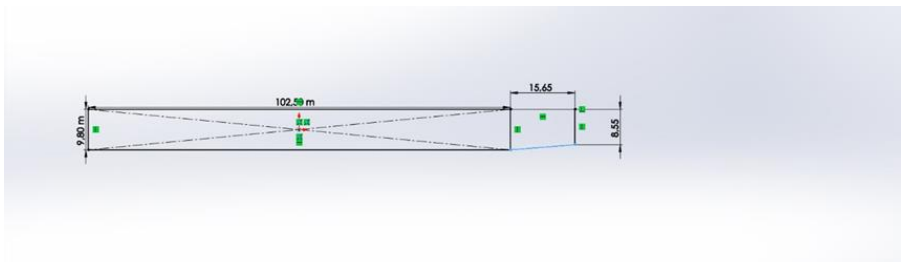
Για να σχεδιαστεί το front section: Smart Dimension → Linear → 15,65 m

Control στις γραμμές → Add Relations → Perpendicular (ώστε να γίνουν κάθετες)



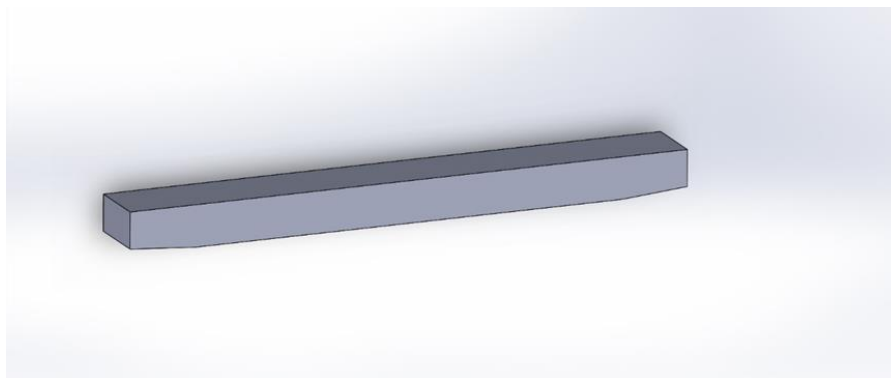
Line → Centerline → Σχεδιάζεται μια γραμμή στο κέντρο

Mirror entities → επιλέγονται οι ακμές και η κάθετη γραμμή. Για να γίνει ενιαίο σώμα, πρέπει να διαγραφούν οι περιττές γραμμές.



Feature → Extrude Boss / Base

Direction 1 → Mid Plane (ώστε να είναι συμμετρικά ως προς τις 2 πλευρές) → $\frac{B}{2} = 15.405$ m.



Σχεδίαση της πλωτής κατασκευής PTSC BIEN DONG

Το παρακάτω πλοίο σχεδιάστηκε μέσω του προγράμματος Rhinoceros. Οι διαστάσεις της πλωτής κατασκευής είναι οι εξής:

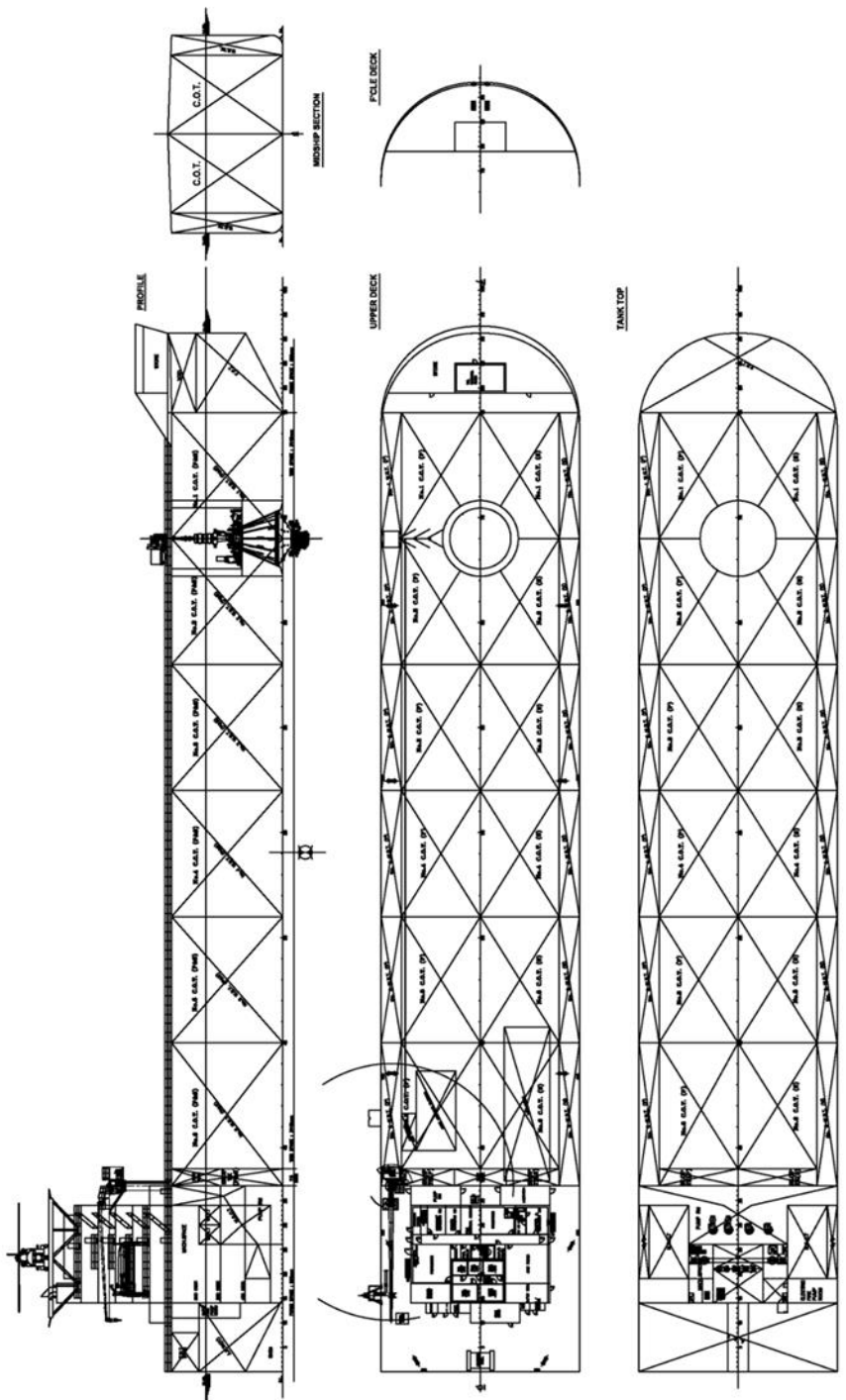
$$L_{oa} = 171.5 \text{ m}$$

$$L_{bp} = 170 \text{ m}$$

$$T = 12.6 \text{ m}$$

$$B = 32.4 \text{ m}$$

PTSC BIEN DONG 01

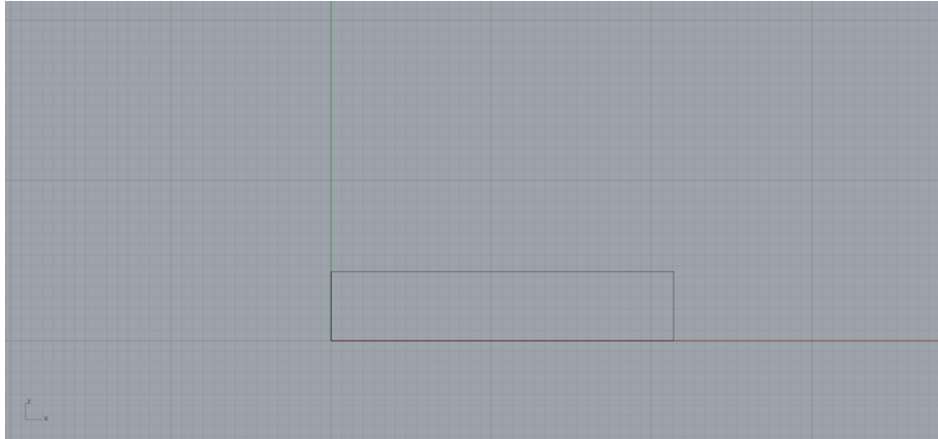


Σχέδιο FSO-PTSC BIEN DONG 01 (MARIN)

Αρχικά, ενεργοποιώντας Grid Snap, Ortho, Osnap, SmartTrack και αφού οριστεί ότι η κλίμακα είναι σε μέτρα, σχεδιάζεται ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο με μήκος 160.38 m και πλάτος 32.4 m με αφετηρία το σημείο 0,0,0.

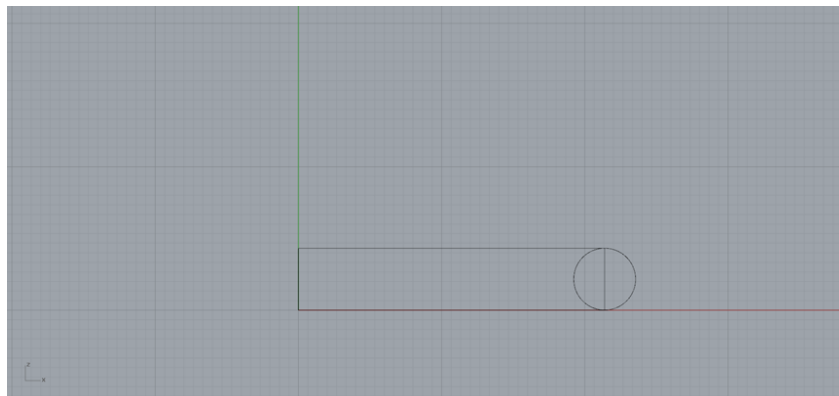
Top Plane → Polyline → Line Segments

Ξεκινώντας από την αρχή των αξόνων έως τις συντεταγμένες (0, 32.4) και μετά σχεδιάζοντας προς τα δεξιά κατά (160.38, 32.4) προς τα κάτω (160.38,0) και προς τα αριστερά (0,0).



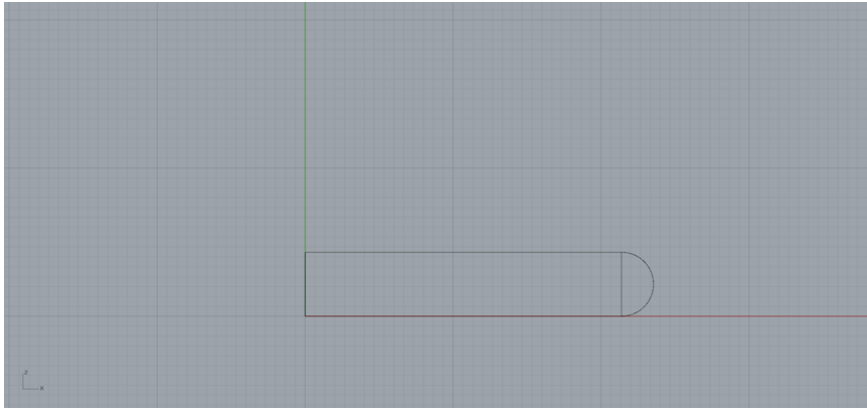
Σχεδιάζεται ένας κύκλος με άκρα τις δύο ακμές του παραλληλογράμμου.

Circle → Diameter

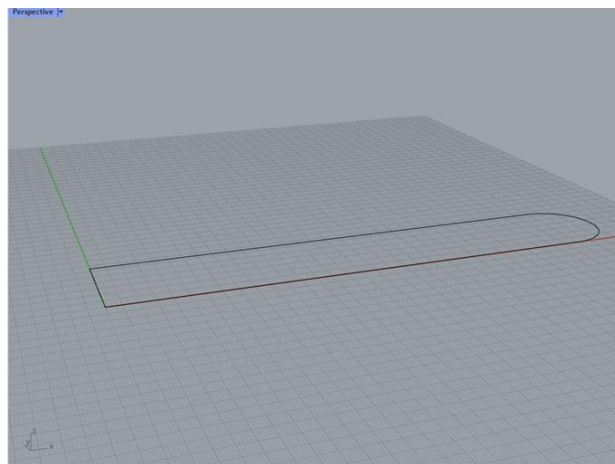


Με την εντολή *Trim* θα κοπεί το εσωτερικό ημικύκλιο, ώστε το εναπομείναν εξωτερικό ημικύκλιο να σχηματίζει την πλώρη του πλοίου.

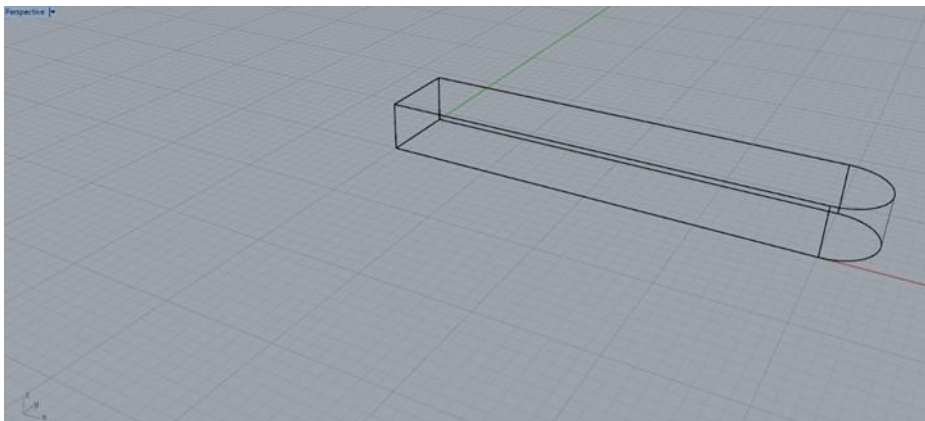
Trim → Select cutting objects: Επιλέγεται το παραλληλόγραμμο για cutting objects και στη συνέχεια το εσωτερικό ημικύκλιο, που περικλείεται από το παραλληλόγραμμο ως objects to trim.



Με την εντολή *Explode* χωρίζονται οι πλευρές του παραλληλογράμμου. Στη συνέχεια πρέπει να σβηστεί η ενδιάμεση γραμμή του ημικυκλίου, πατώντας την και εκτελώντας την εντολή *Delete*. Έπειτα να ενωθούν μετά όλες του οι πλευρές με το ημικύκλιο χρησιμοποιώντας την εντολή *Join*. Οι πλευρές πρέπει να επιλεγθούν εφαπτομενικά μια προς μια. Προκύπτει το παρακάτω σχήμα:



Extrude curve → 18.2m. Αυτό που πρέπει να ληφθεί ιδιαίτερα υπόψη είναι ότι στην επιλογή *Solid* πρέπει να εμφανίζεται *yes*.



Κρύβεται με τη εντολή *hide* το πλοίο και σχεδιάζω στο *Front Plane* ένα τρίγωνο

Front Plane → *Polyline* → *Line Segnements* → και στη συνέχεια πρέπει να τοποθετηθούν τα σημεία:

(0,0)

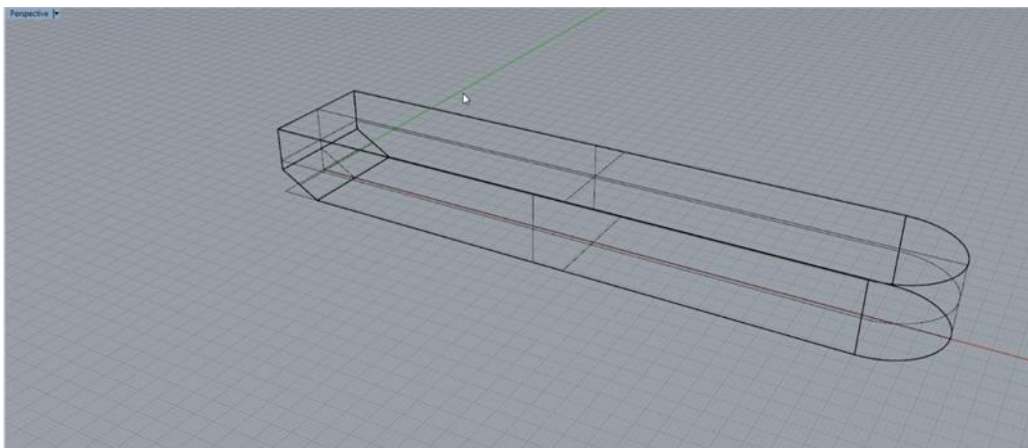
(11.12, 0) ως προς *x*

(0, 6.5) ως προς *xz*

Και στη συνέχεια πρέπει να ενωθεί η κάτω γραμμή του τριγώνου και γίνει *Join*.



Perspective plane → *Make hole* → *Select planar closed curves* → επιλογή τριγώνου και μοντέλου → *Both Sides* → πάτημα στο *Perspective*



Για το δεύτερο τρίγωνο → Επιλογή *Polyline*:

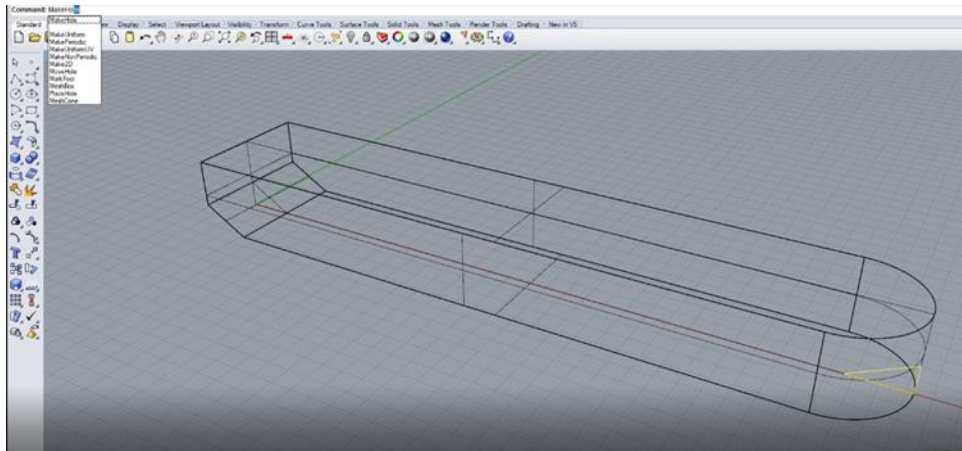
(158.07, 0, 0)

(171.5, 0, 6.5)

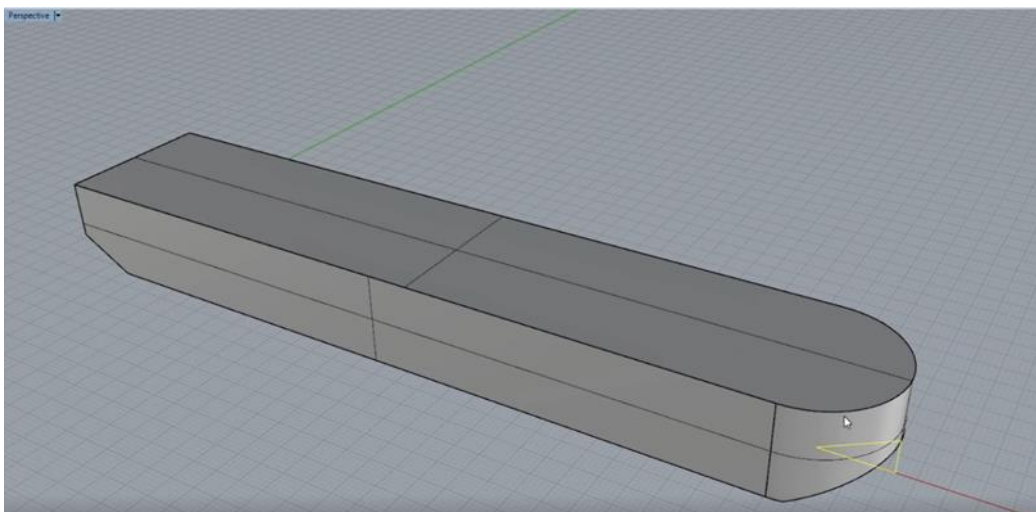
(171.5, 0, 0)

(158.07, 0, 0)

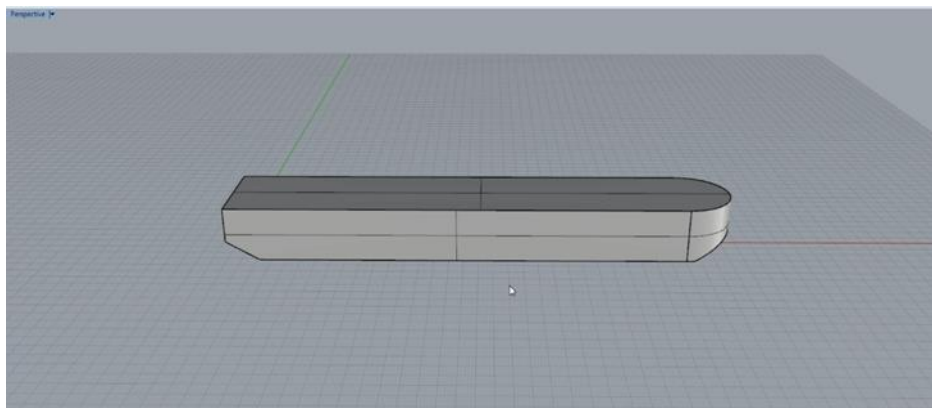
Οι εντολές αυτές πραγματοποιούνται στο Wireframe, η οποία επιλογή βρίσκεται στο βελάκι δίπλα στο Perspective.



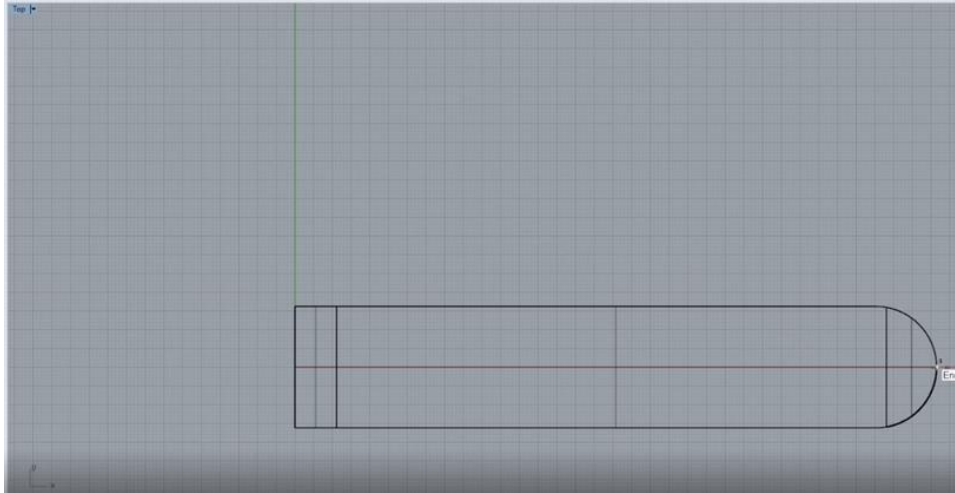
Επιλογή του τριγώνου → *Make hole* → επιλογή τριγώνου και μοντέλου → *Both Sides* → πάτημα στο *Perspective* → *Shaded*



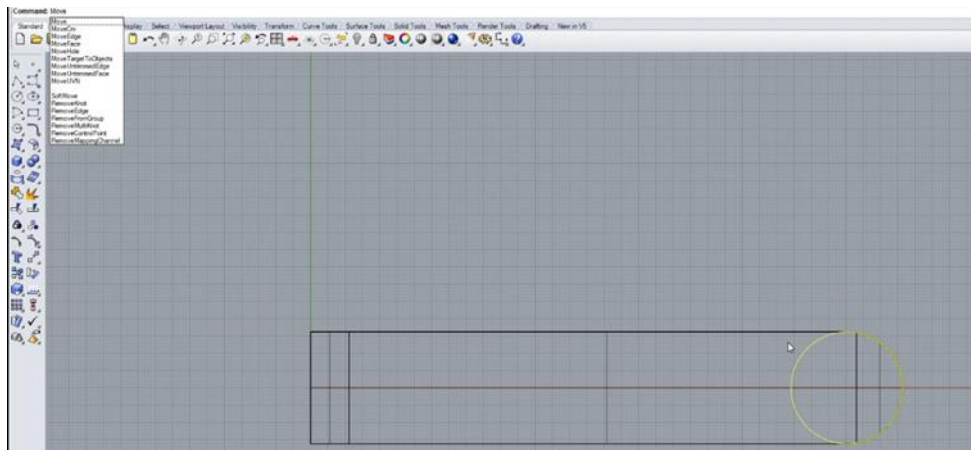
Επιλογή τριγώνου και διαγραφή του.



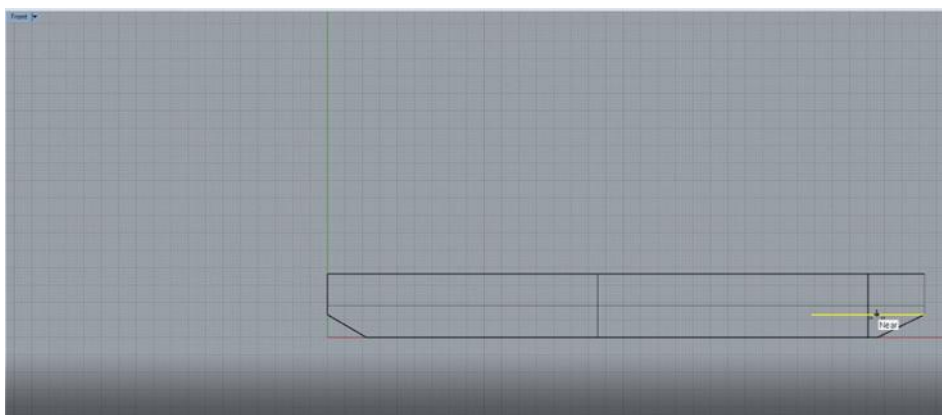
Η ενδιάμεση γραμμή που είχε σβηστεί κατά το πρώτο Extrude, πρέπει πάλι να σχεδιαστεί. Επομένως, σε αυτό το σημείο θα τραβηχθεί ξανά μια γραμμή στις άκρες του ημικυκλίου. Στην πλώρη του πλοίου, σχεδιάζεται ένα νέο κύκλο με διάμετρο 32.4m. Έπειτα πρέπει να διαπιστωθεί αν ταυτίζεται απόλυτα με τον πρώτο στο *Perspective view*.



Top plane → *Move*

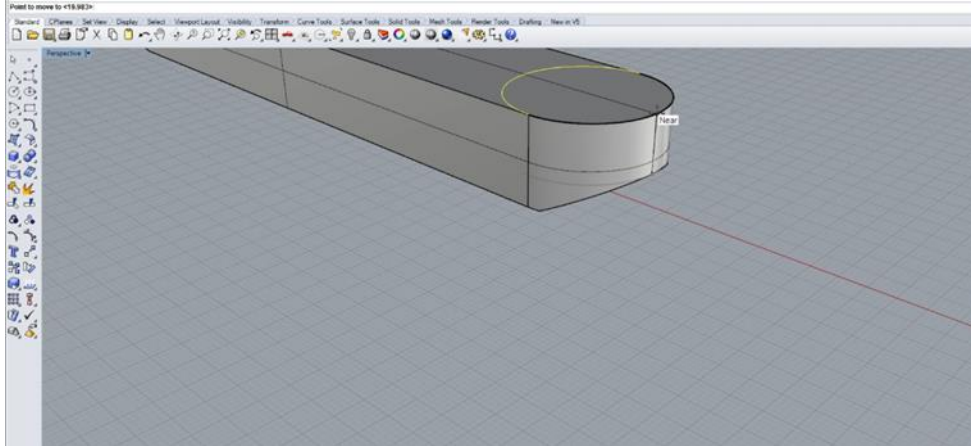


Και στη συνέχεια ελέγχεται στο *Front* αν ο κύκλος έχει επιλεγθεί.

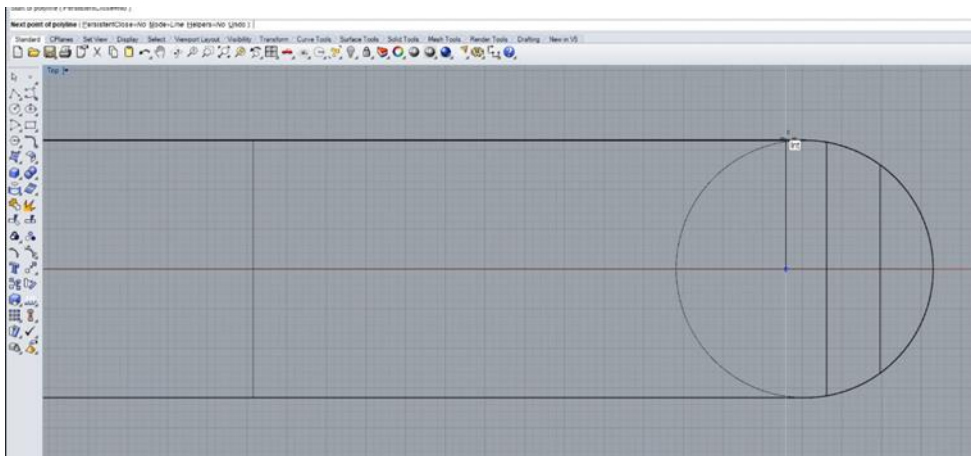


Με την εντολή *Move* μετακινείται ο κύκλος ως το *upper deck* με ενεργοποιημένη την εντολή *Perpendicular*.

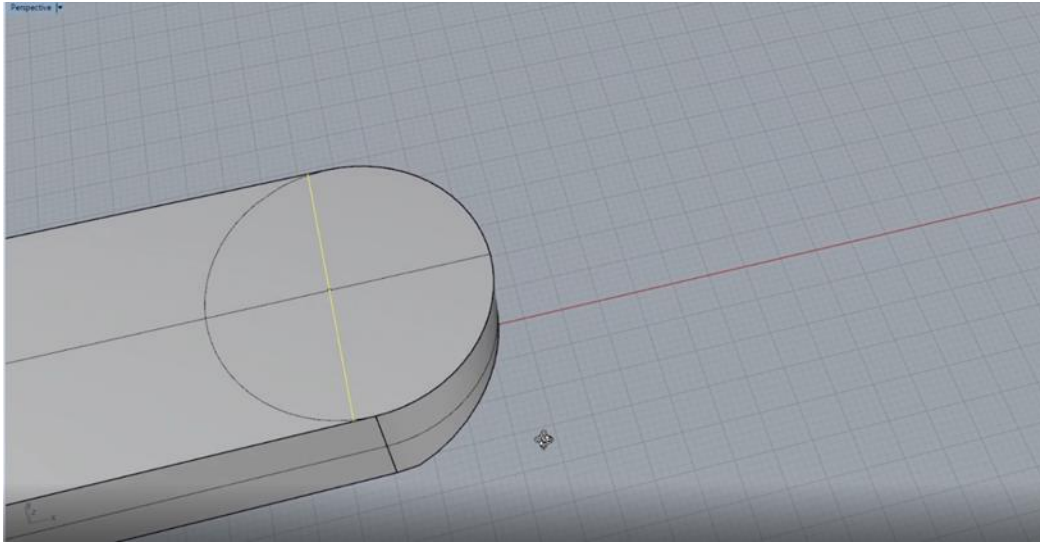
Perspective → Επιλογή του κύκλου και προσοχή στο να τέμνονται σωστά οι γραμμές, έχοντας ενεργοποιημένο το *Interpolate*.



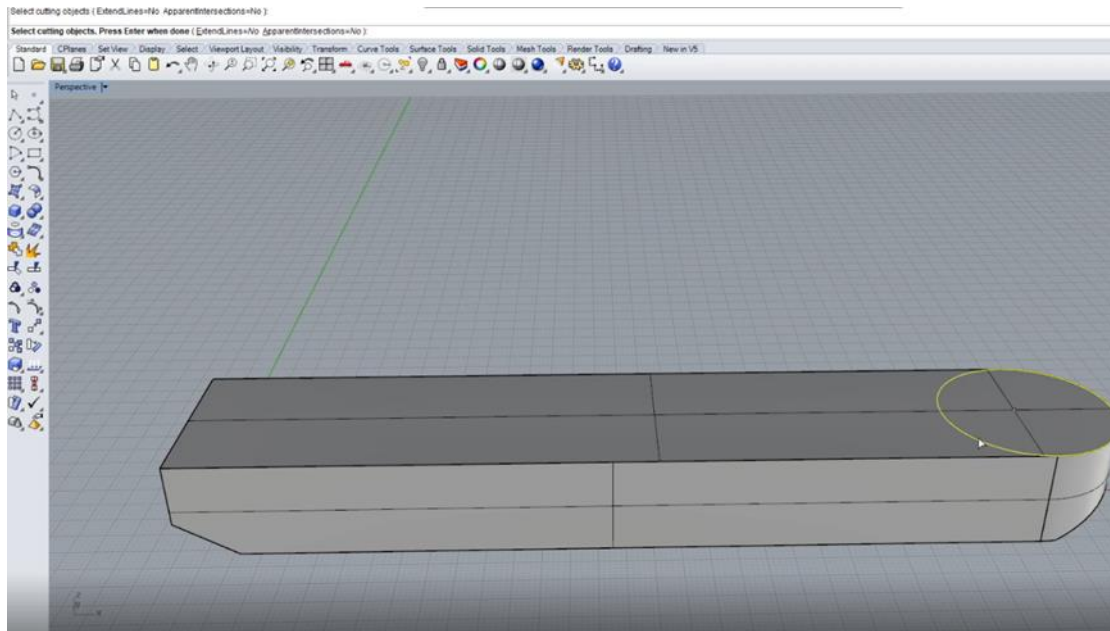
Ορίζεται *Point* με συντεταγμένες $(152.95, 0, 18.2)$ ώστε με την εντολή *Polyline* να φτιαχτούν δύο κάθετες που θα χωρίζουν τον κύκλο. Η σχεδίαση γίνεται στο *Top plane* και ενώνονται οι δύο κάθετες με *Join* για να σχηματιστεί μία κάθετη που θα χωρίσει τον κύκλο.



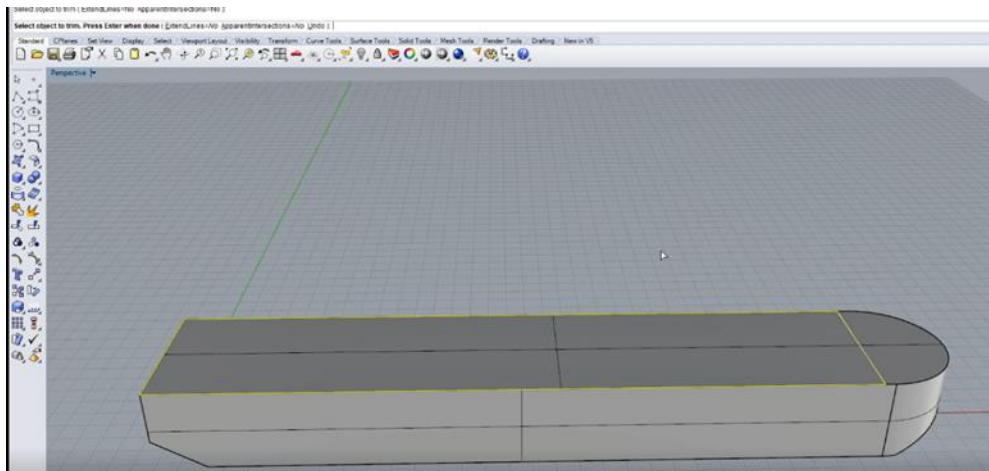
Στο *Perspective View* ελέγχεται αν είναι ο κύκλος σωστά σχεδιασμένος.



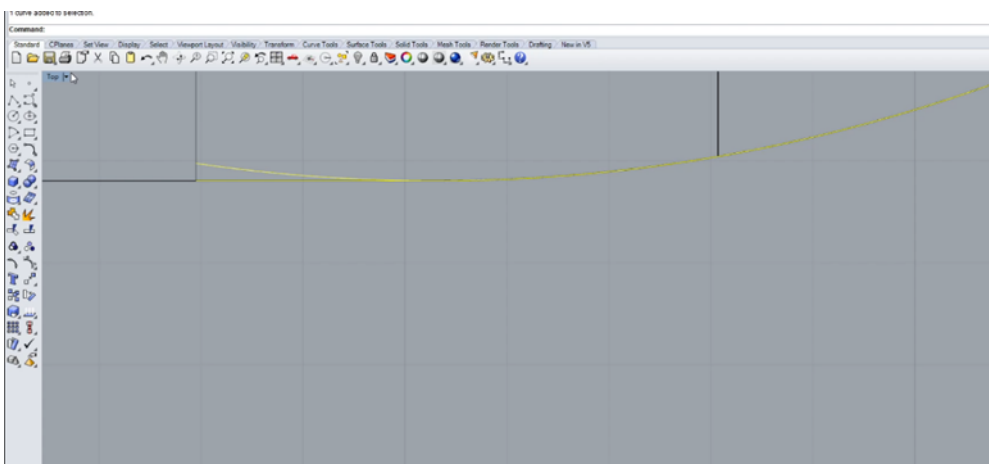
Στη συνέχεια πρέπει να κοπεί το ημικύκλιο που περισσεύει. Με την εντολή *Trim* επιλέγεται το παραλληλόγραμμο του *main deck* που σχεδιάστηκε και το ημικύκλιο.



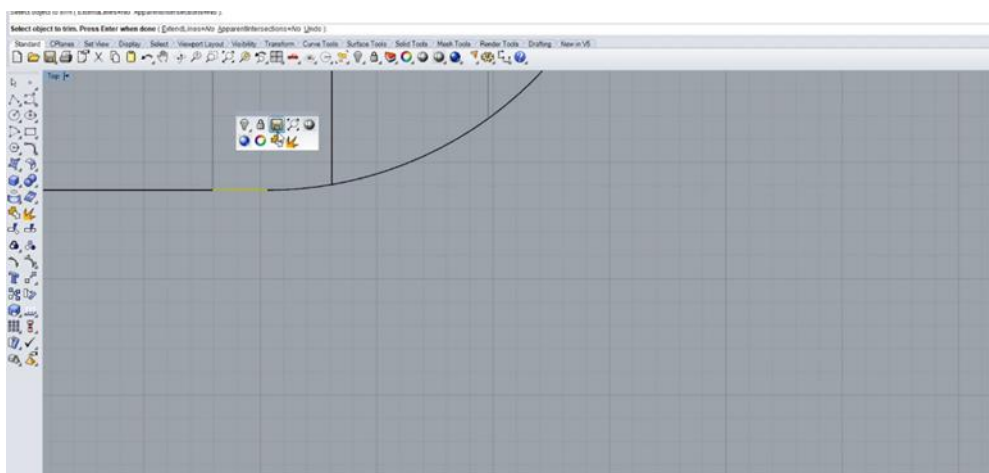
Ενώνεται η γραμμή με τον κύκλο για να δημιουργηθεί ένας ενιαίος ημικυκλικός τομέας.



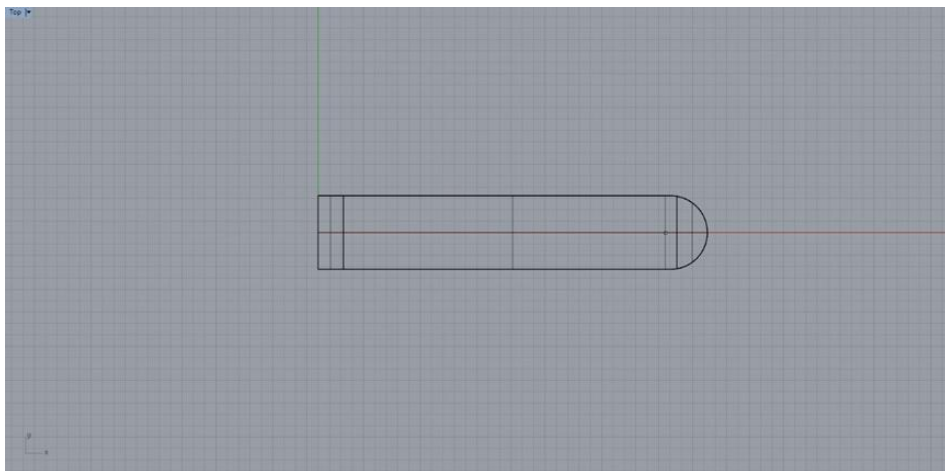
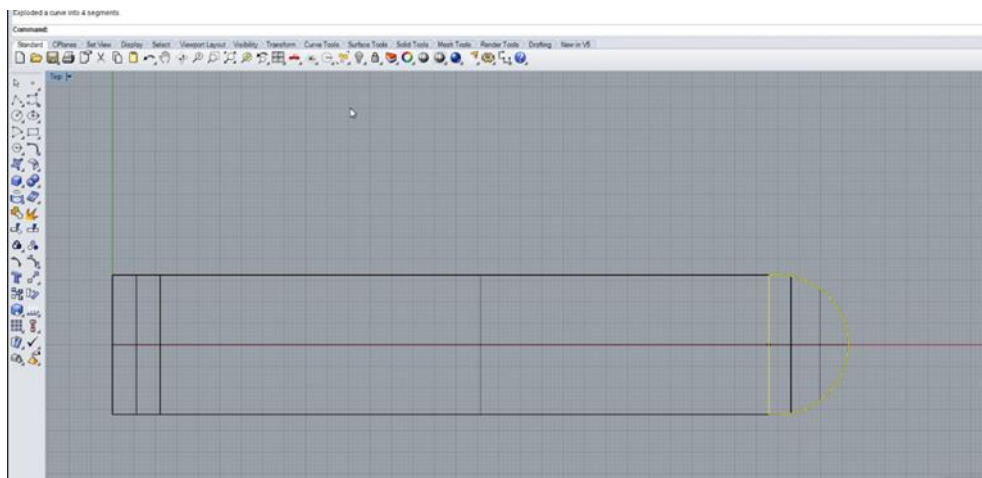
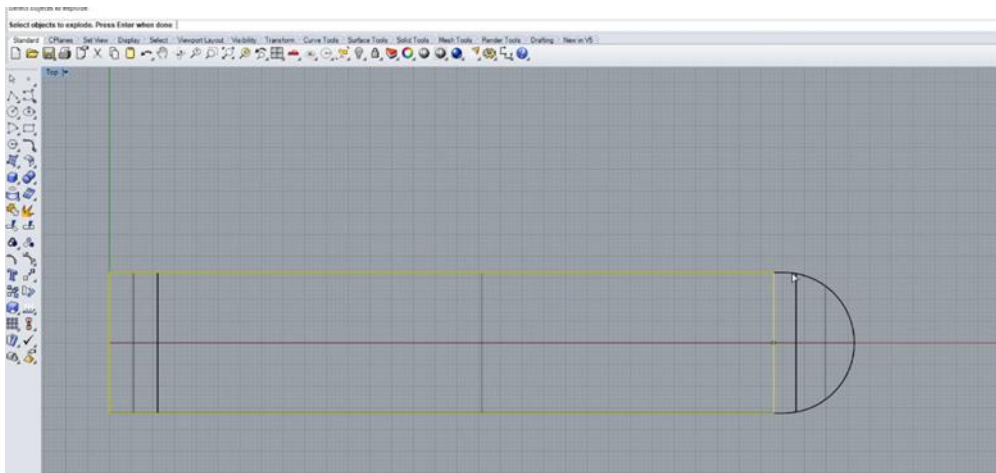
Για να κοπούν οι δύο περιττές γραμμές του κύκλου, πρέπει να σχεδιαστεί μία γραμμή εφαπτομενική στον κύκλο και κάνω *Trim* με το εξωτερικό ημικύκλιο.



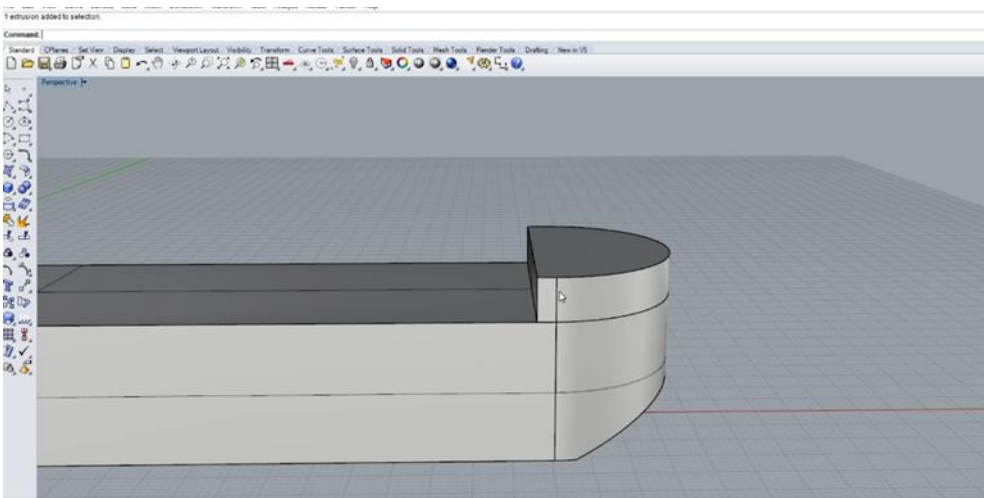
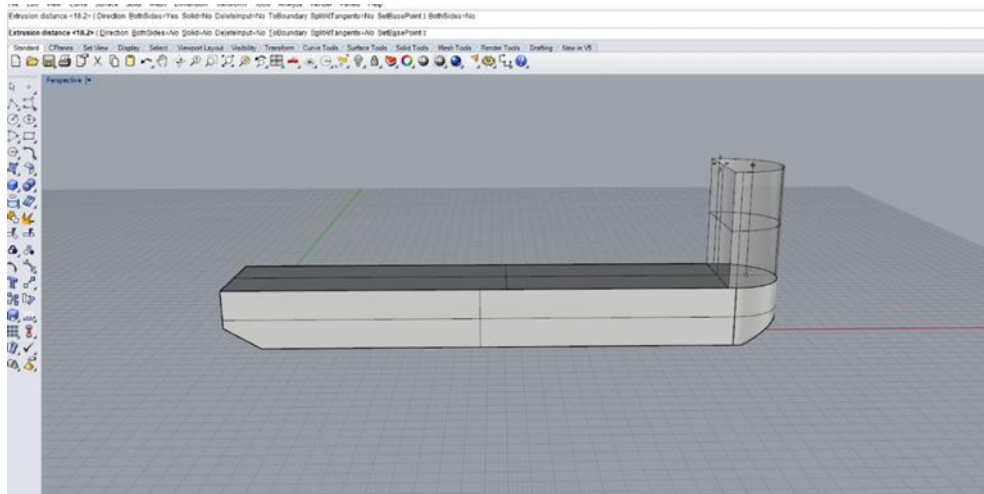
Έτσι θα δημιουργηθεί μια ενιαία καμπύλη. Επαναλαμβάνεται και στο *upper deck*.



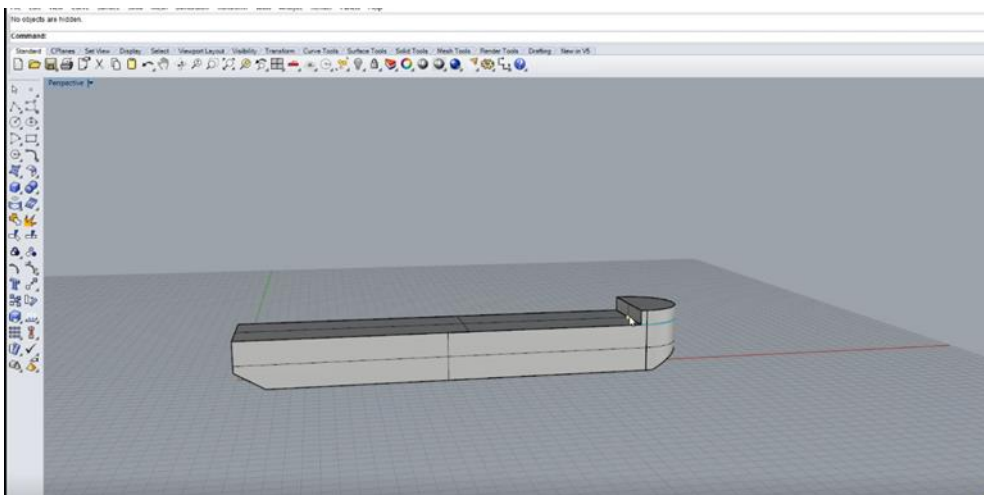
Αφού γίνει *Explode* το ορθογώνιο που υπήρχε πιο πριν με το οποίο κόπηκε, ενώνεται το ημικύκλιο με την εντολή *Join*.



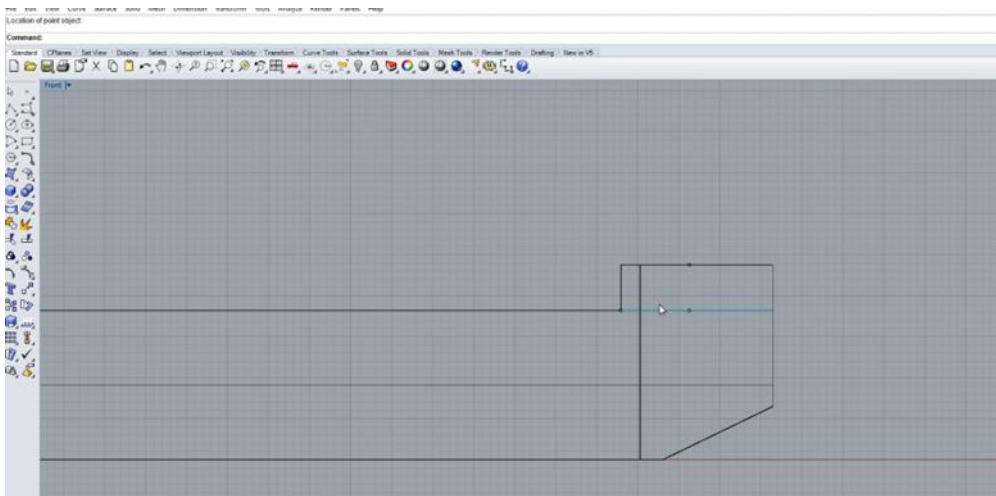
Επιλέγεται το ημικόκλιο και γίνεται *Extrude* μέχρι τα *5.56 m*. Το *Extrude* πρέπει να γίνει από τη μια πλευρά. Επομένως, στο *Both Sides* πατάω *No* και στο *Solid* επίσης *No*.



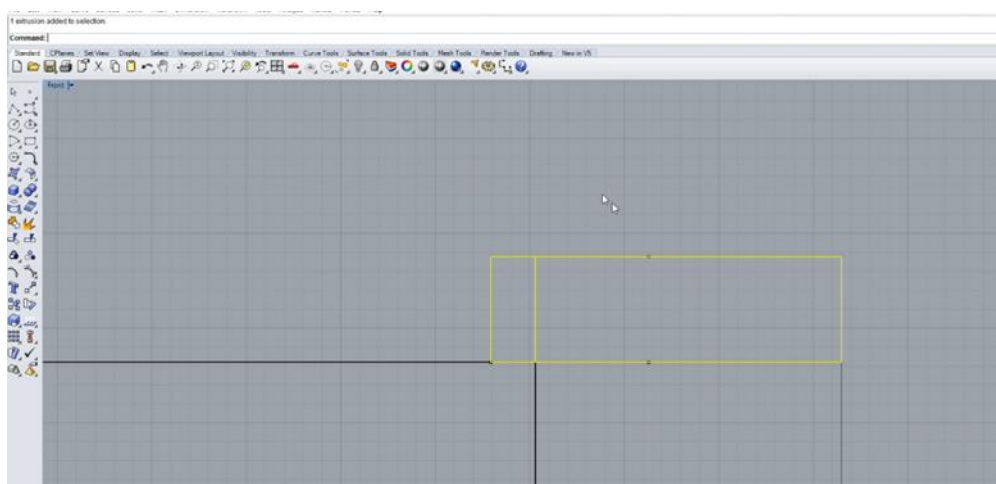
Τοποθετείται ένα σημείο μέσω της εντολής *Point*, με τις εξής συντεταγμένες: $(152.95, 0, 18.9)$



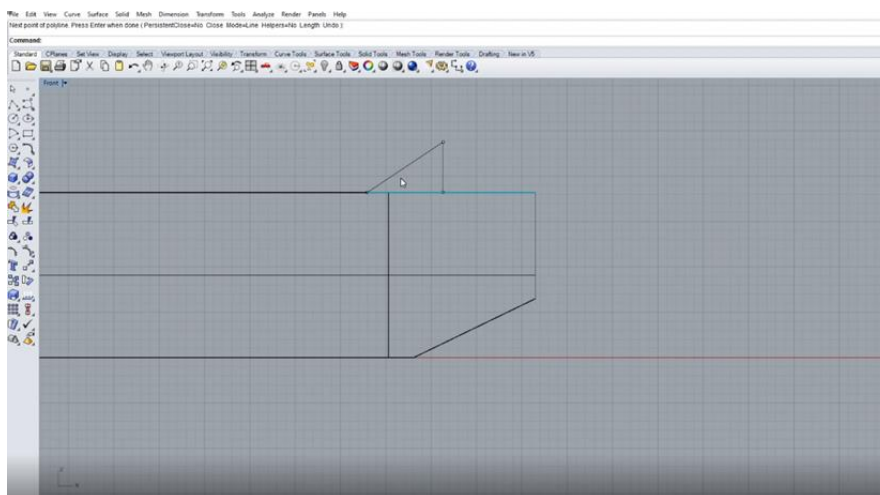
Ορίζονται άλλα δύο σημεία με συντεταγμένες $(164.08, 0, 18.2)$ και $(161.3, 0, 18.2)$. Μόλις τοποθετηθεί το δεύτερο σημείο, ορίζεται άλλο ένα ακριβώς από επάνω, στο *upper deck* όπως στην παρακάτω εικόνα:



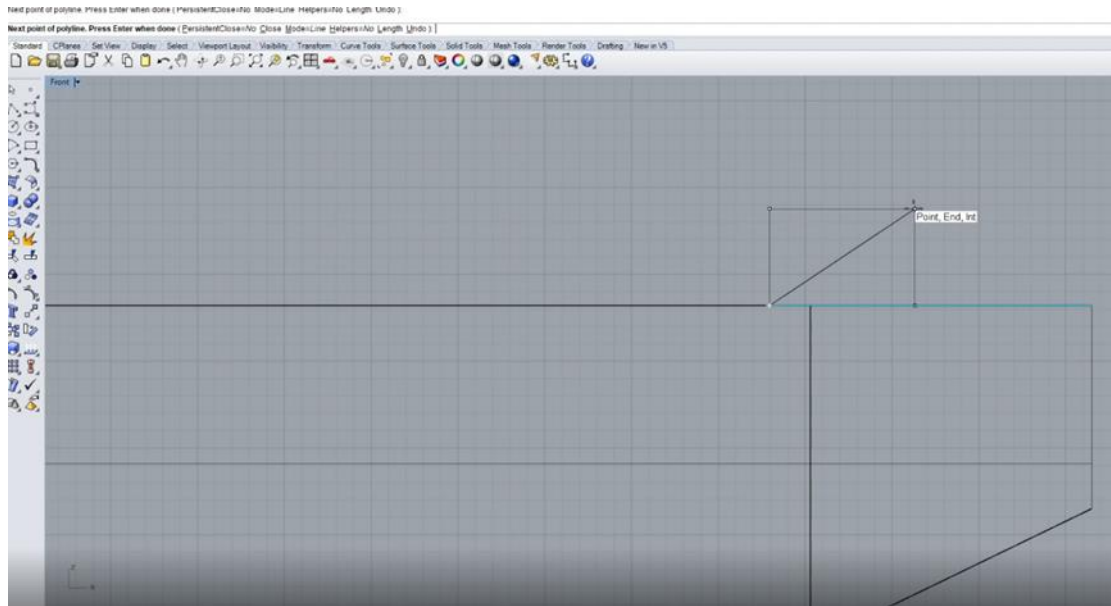
Με την εντολή *Hide* «κρύβουμε» το παρακάτω τετράπλευρο που σχηματίστηκε.



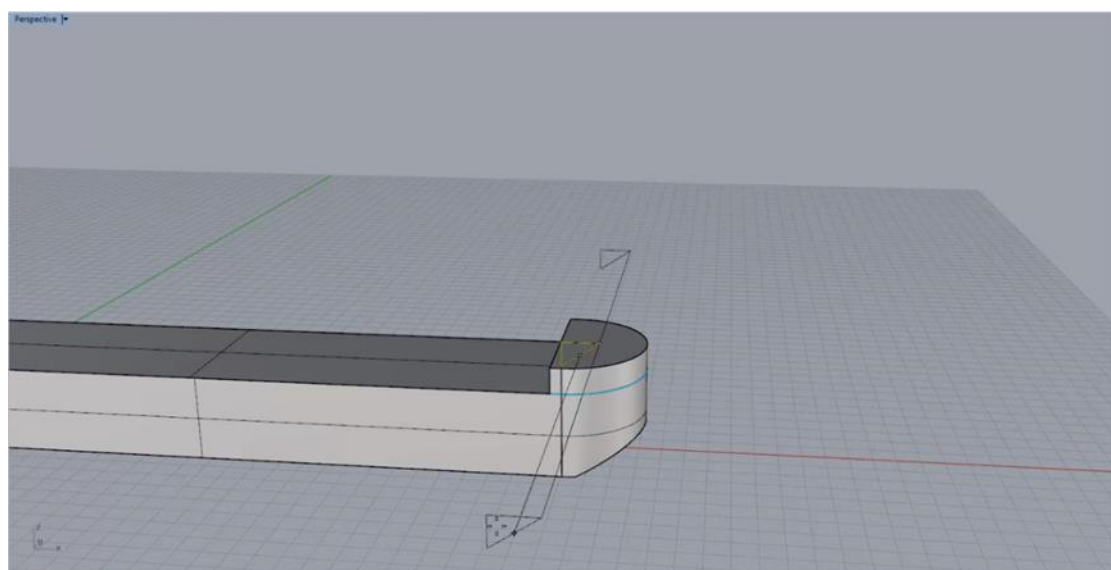
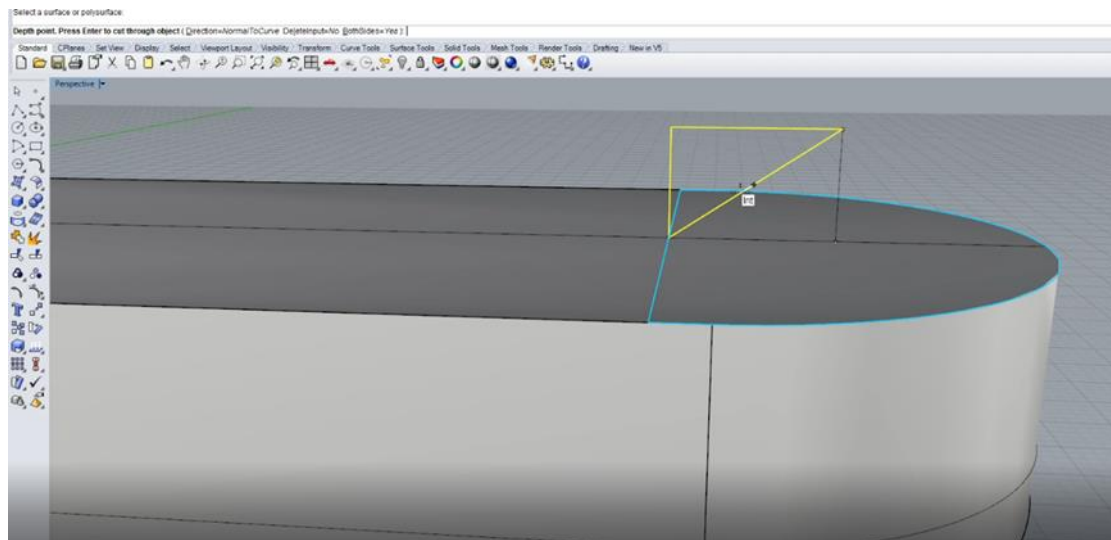
Έπειτα, στο *Front Plane* σχεδιάζεται ένα τρίγωνο ενώνοντας τα τρία αυτά σημεία.



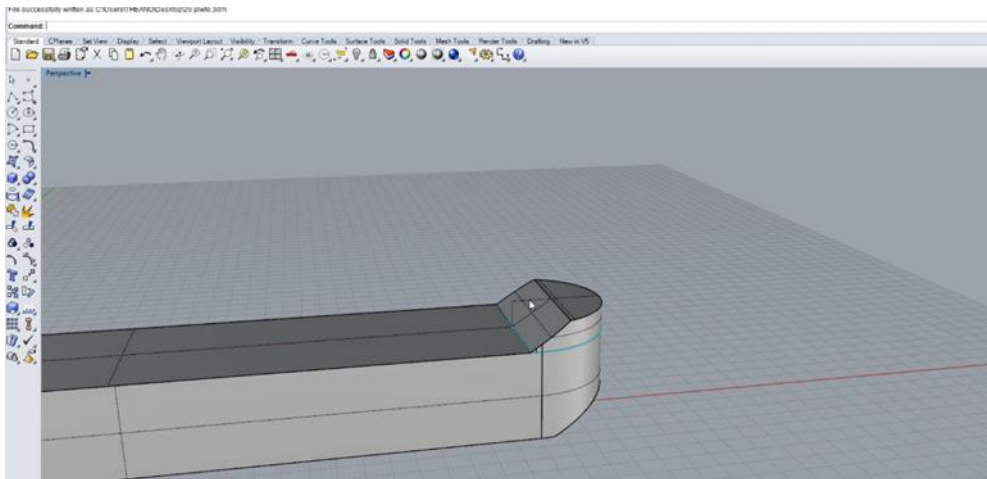
Μόλις ολοκληρωθεί το τρίγωνο σχεδιάζεται άλλο ένα από πάνω, εφαπτομενικά.



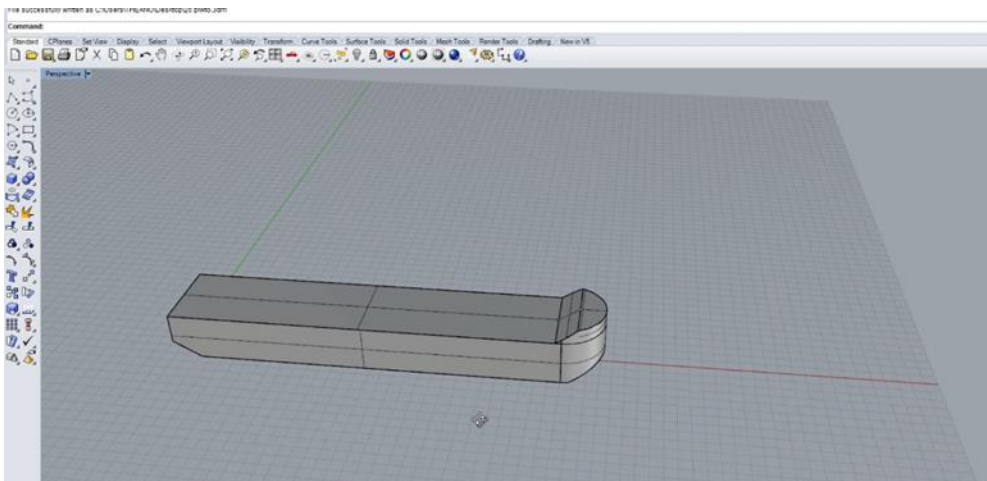
Επιλέγεται το άνω τρίγωνο και την εντολή *Make Hole*.



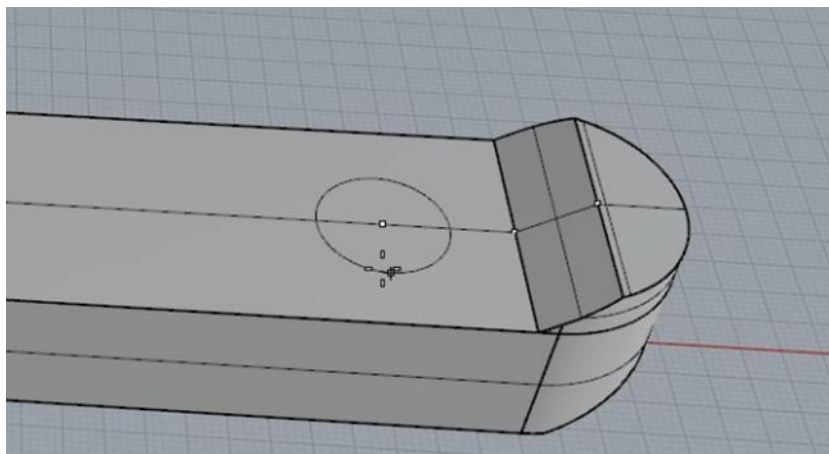
Επιλέγοντας την εντολή *Make Hole* ενεργοποιείται και το *Both Sides*.



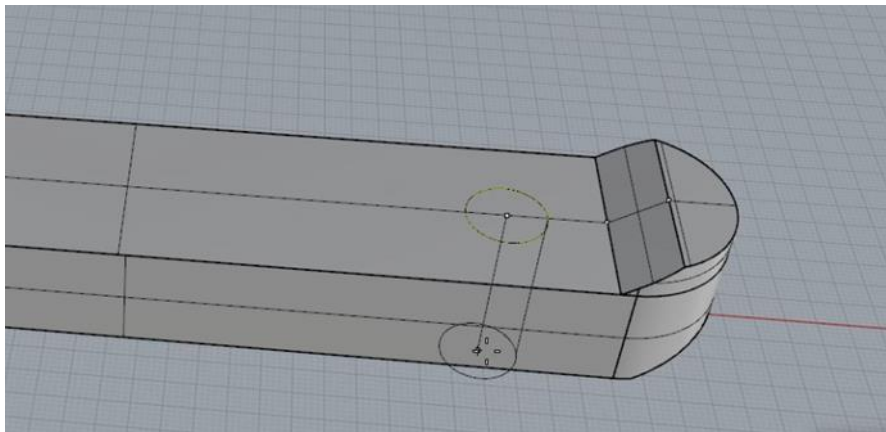
Τοποθετούνται σε νέο *Layer* τα δύο τρίγωνα, τη μπλε καμπύλη και τα σημεία πατώντας *Change Object Layer*. Προκύπτει το ακόλουθο πλοίο:



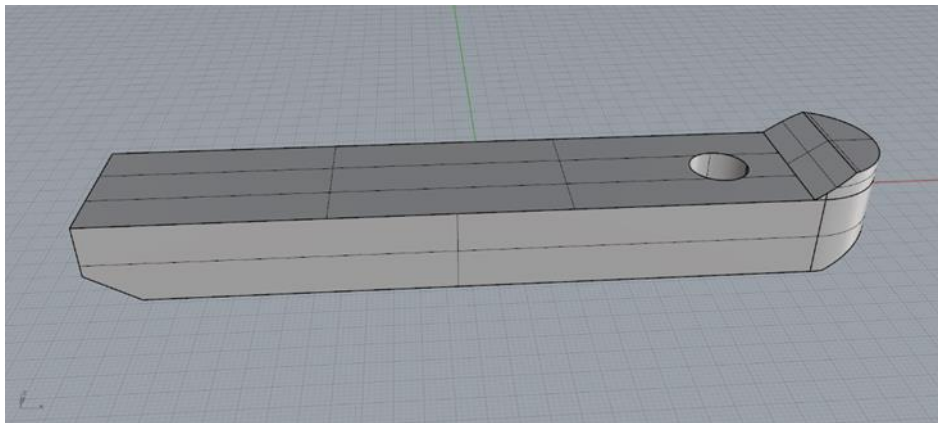
Τέλος, πρέπει να σχεδιαστούν οι δύο πάνω και κάτω οπές, στην πλώρη. Οπότε, ορίζεται σημείο με συντεταγμένες $(137.20, 0, 18.2)$. Με κέντρο αυτό το σημείο, σχεδιάζεται ένας κύκλος, ο οποίος θα έχει διάμετρο $12.98m$.



Στη συνέχεια με την εντολή *Make Hole* στα *-18.2 m*, *Direction Z*, *Both Sides No*.



Αφού σχηματιστεί η οπή μέχρι τον πυθμένα, και έχουν ενωθεί όλες οι πλευρές του σώματος, προκύπτει το παρακάτω πλοίο:



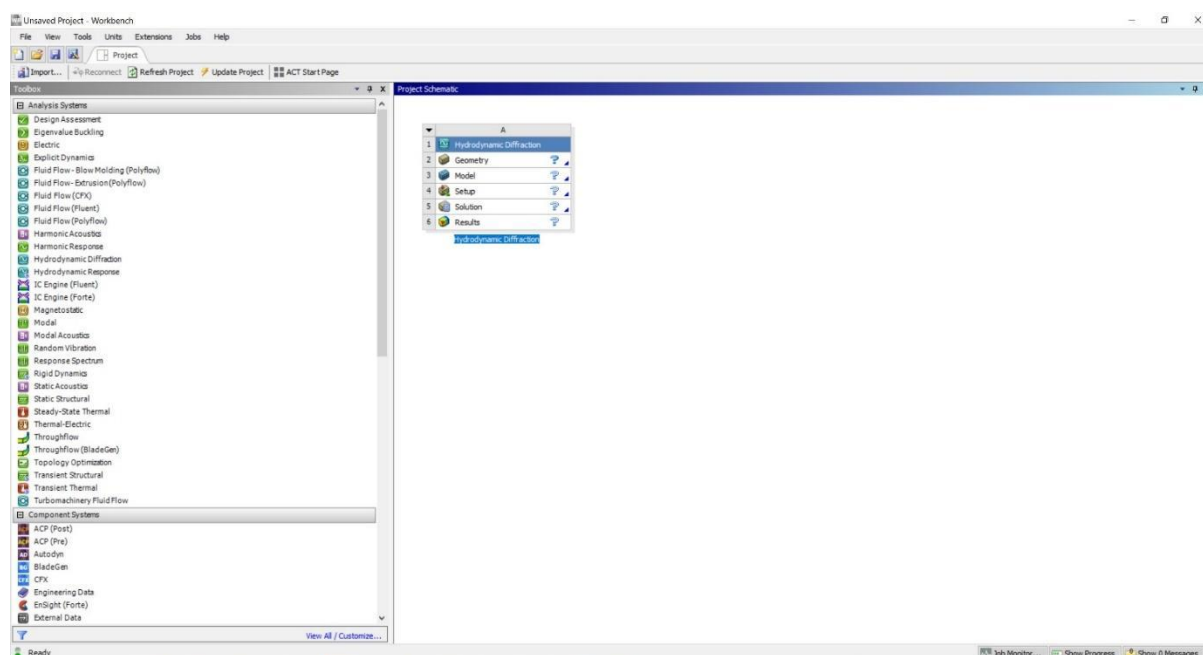
Παράρτημα II: Εισαγωγή στο πρόγραμμα ANSYS-AQWA

Το ANSYS-AQWA είναι ένα υπολογιστικό πρόγραμμα που μελετά την υδροδυναμική συμπεριφορά κατασκευών υπό τη δράση κυματισμών. Η βασική τεχνική ανάλυσης που χρησιμοποιείται στο πρόγραμμα είναι η θεωρία Diffraction/ Radiation. Αυτός ο τύπος ανάλυσης βασίζεται συνήθως σε σώματα των οποίων οι χαρακτηριστικές διαστάσεις προκαλούν διασπορά των αρμονικών κυματισμών. Οι υπολογισμοί περιλαμβάνουν δυνάμεις πρώτης και δεύτερης τάξης στην πλωτή κατασκευή όταν αυτή είναι ακίνητη ή πλέει ελεύθερη.

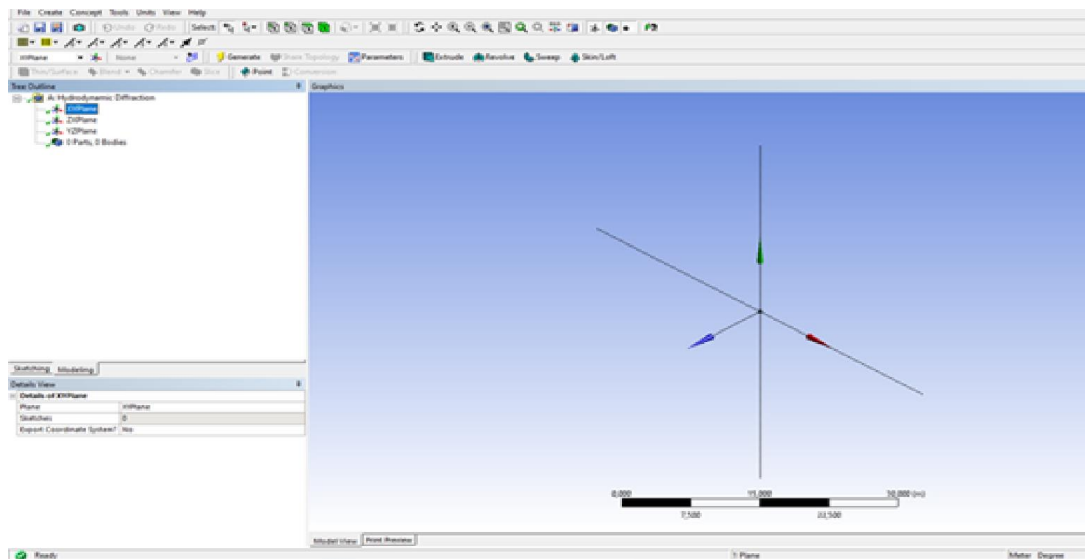
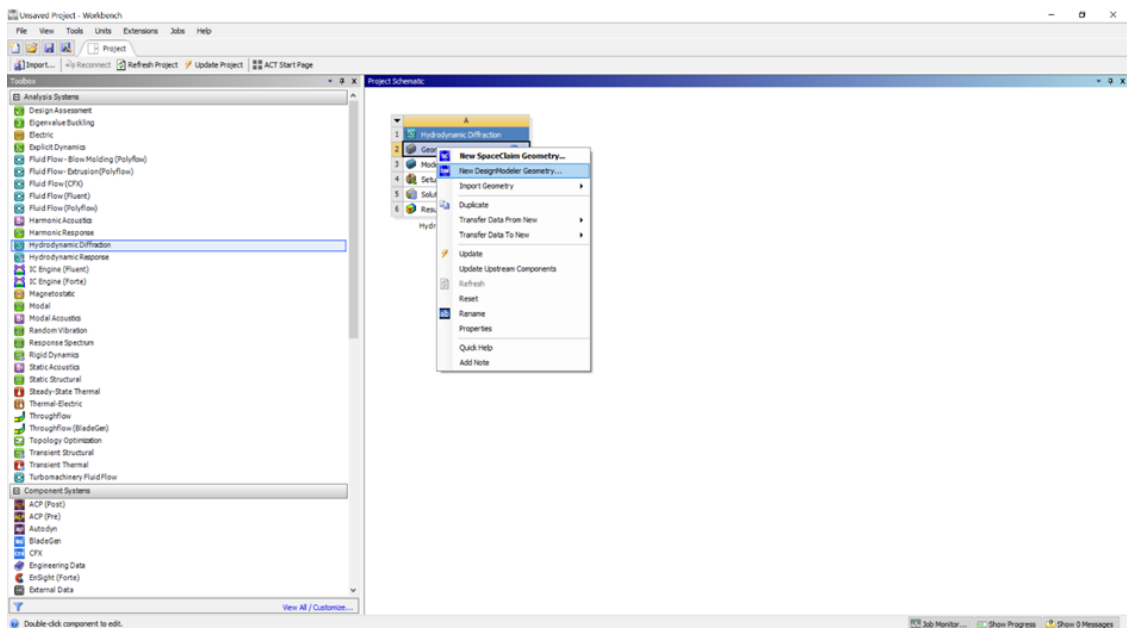
Τα αποτελέσματα από μια ανάλυση δυνάμεων διέγερσης μπορούν να χαρτογραφηθούν σε ένα μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων ANSYS Mechanical για περαιτέρω κατασκευαστική αξιολόγηση και λεπτομερή σχεδιασμό.

Η χρήση του προγράμματος

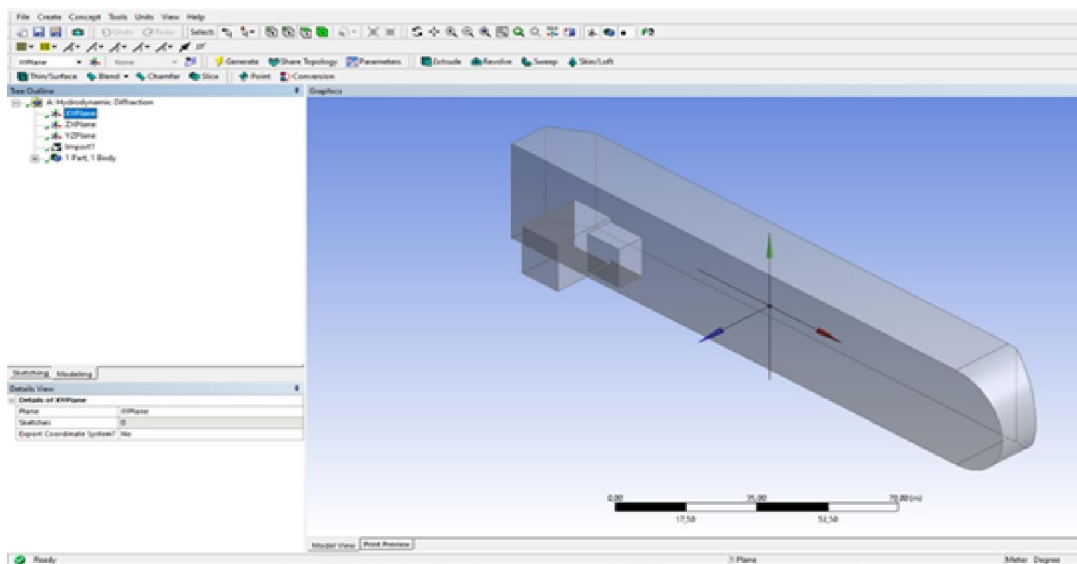
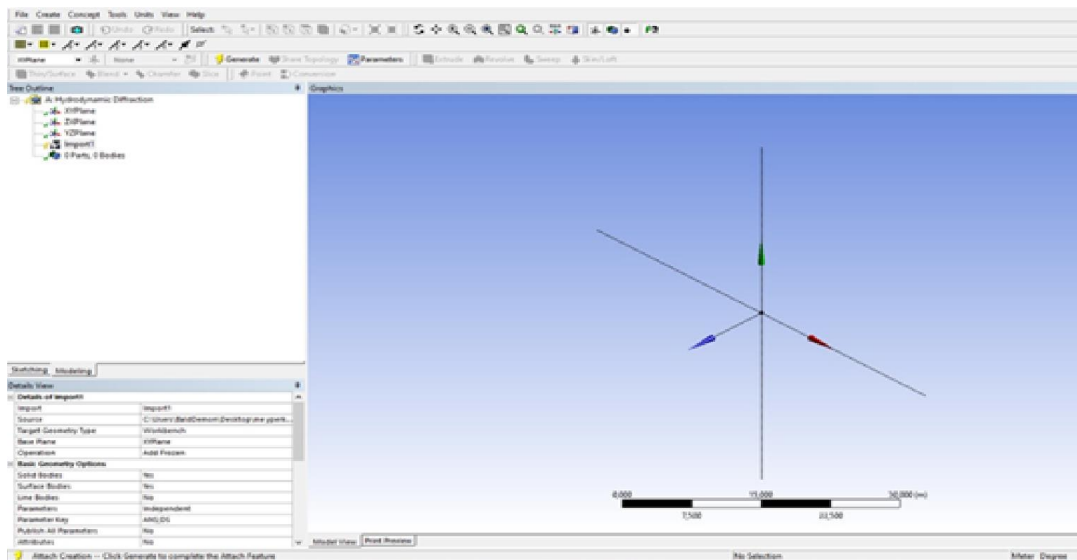
Όταν χρησιμοποιείται το πρόγραμμα ANSYS, ο χρήστης πρέπει, αρχικά, να μοντελοποιήσει την πλωτή κατασκευή και να καθορίσει τις συνθήκες περιβάλλοντος. Για το λόγο αυτό, ανοίγοντας το πρόγραμμα ANSYS, πρέπει να επιλέξουμε το Hydrodynamic Diffraction από το Analysis Settings και με δεξί κλικ να συρθεί στο πλαίσιο που αναγράφεται: Create standalone system.



Στη συνέχεια πατώντας δεξί κλικ στην εντολή Geometry και επιλέγοντας New DesignModeler Geometry, θα εμφανιστεί το περιβάλλον στο οποίο θα γίνει η εισαγωγή του υπό μελέτη σώματος (ή σωμάτων).

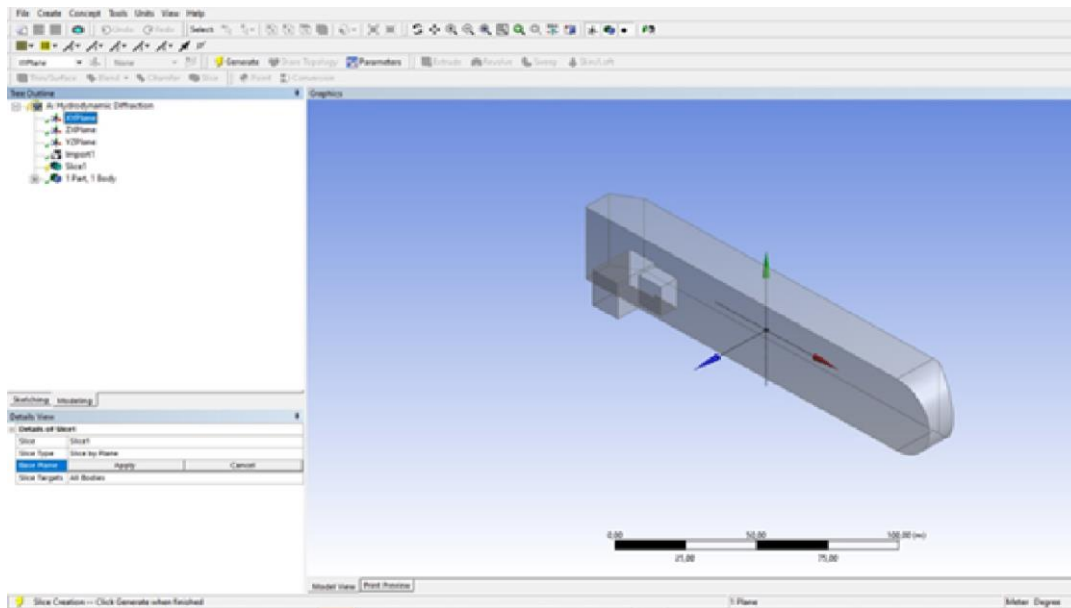


File→ Import External Geometry File→ και στη συνέχεια επιλέγεται το αρχείο. Μόλις επιλεγθεί, εμφανίζεται η εντολή Import. Αφού πατηθεί η εντολή αυτή, πρέπει να επιλεγθεί η εντολή Generate, ώστε να εμφανιστεί η υπό μελέτη κατασκευή στο περιβάλλον εργασίας.

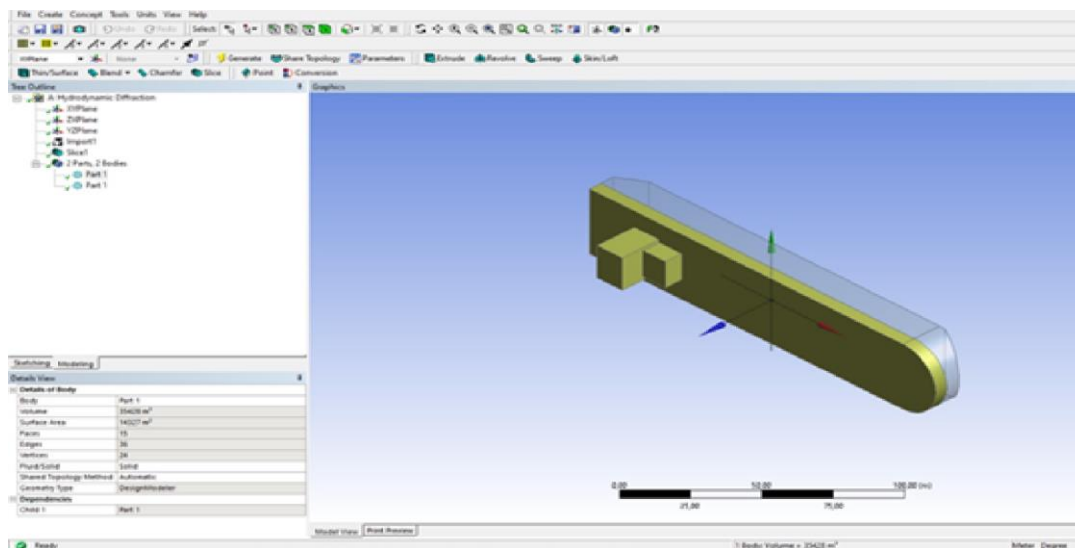


Επιλέγοντας το επίπεδο XY-Plane και με την εντολή Slice θα χωριστεί το σώμα σε δύο μέρη, στα ύφαλα (βυθισμένη επιφάνεια) και στα έξαλα (η επιφάνεια προεξέχει από την επιφάνεια της θάλασσας).

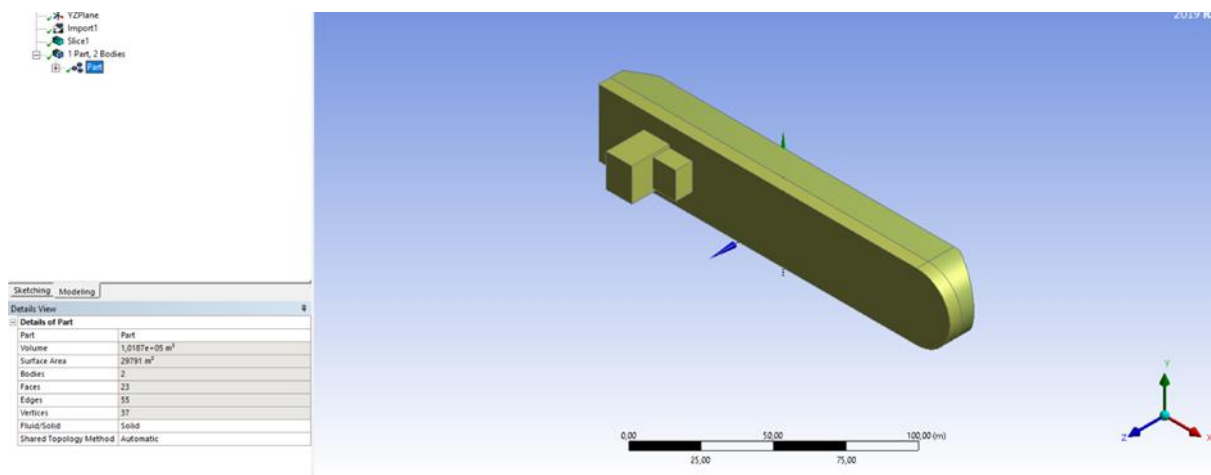
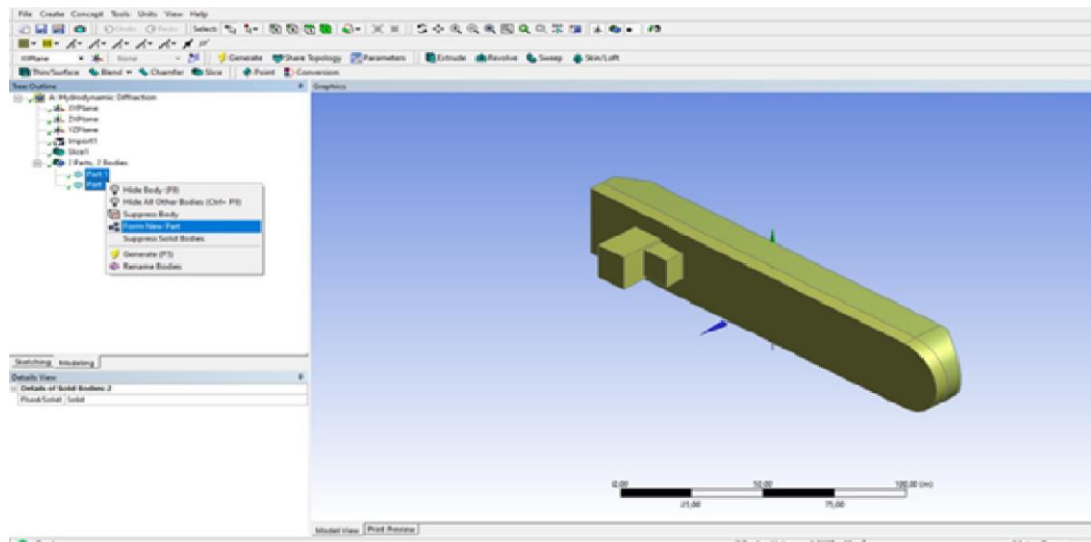
XY-Plane → Slice → Base Plane: Apply → Generate



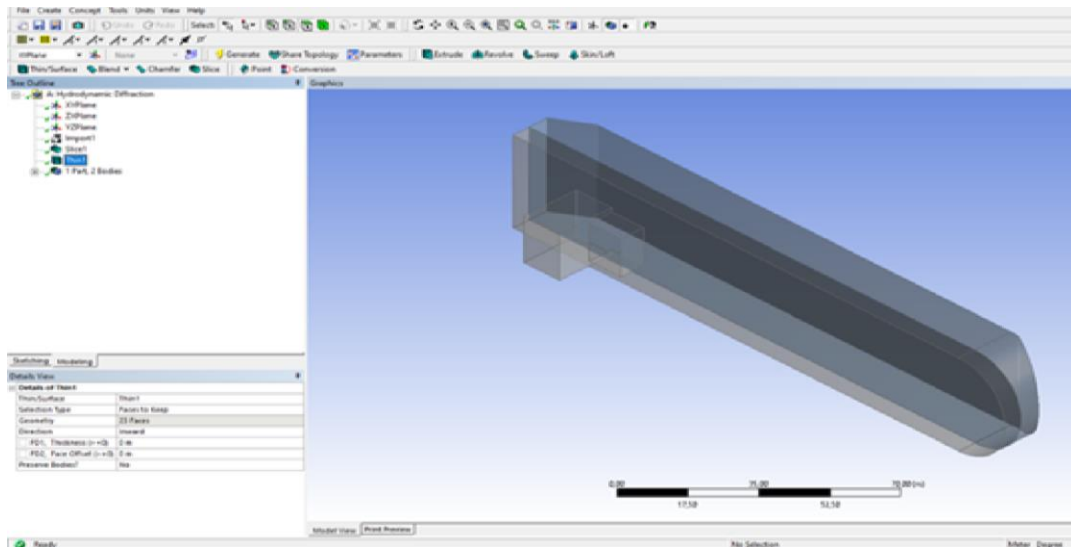
Παρατηρείται ότι το σώμα τώρα έχει χωριστεί σε δύο μέρη.



Το επόμενο βήμα είναι να ενωθούν αυτές οι δύο επιφάνειες σε ένα κοινό σώμα. Για το λόγο αυτό, κλικάροντας και στα δύο (Part 1 και Part 2) μέσω της εντολής του πληκτρολογίου Ctrl και ύστερα κλικάροντας με δεξί κλικ, εμφανίζεται ένα μικρό παράθυρο από το οποίο θα επιλεγθεί η εντολή Form New Part.

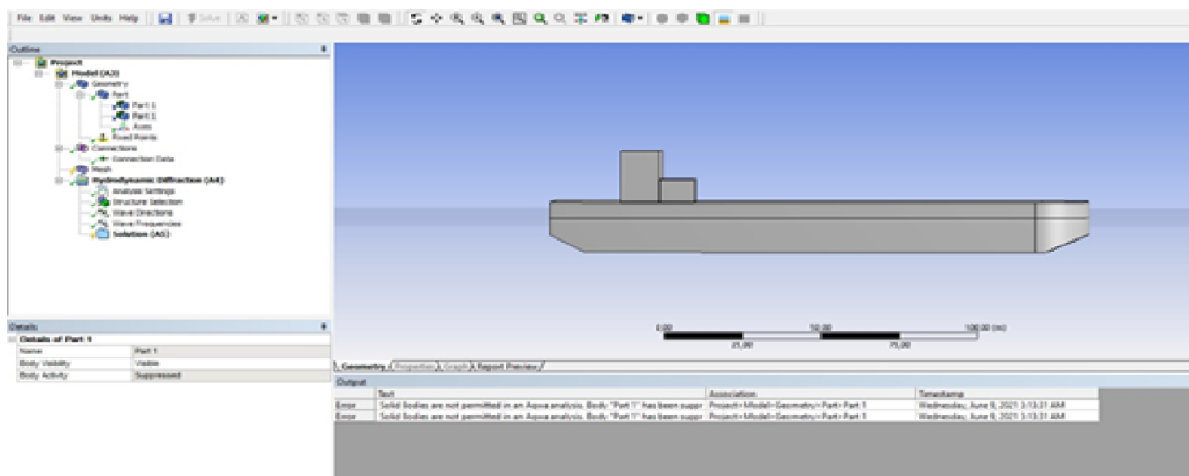


Το τελευταίο βήμα που χρειάζεται πριν εισαχθεί η κατασκευή στο Model είναι να γίνουν λεπτές οι επιφάνειες. Οπότε επιλέγεται στο πάνω παράθυρο η εντολή Thin/Surface και στο Details View → Geometry, με ctrl επιλέγονται όλες οι επιφάνειες. Αφού επιλεχθούν και οριστούν οι εντολές όπως ακριβώς αναγράφεται στον παρακάτω πίνακα, γίνεται Generate Mesh.

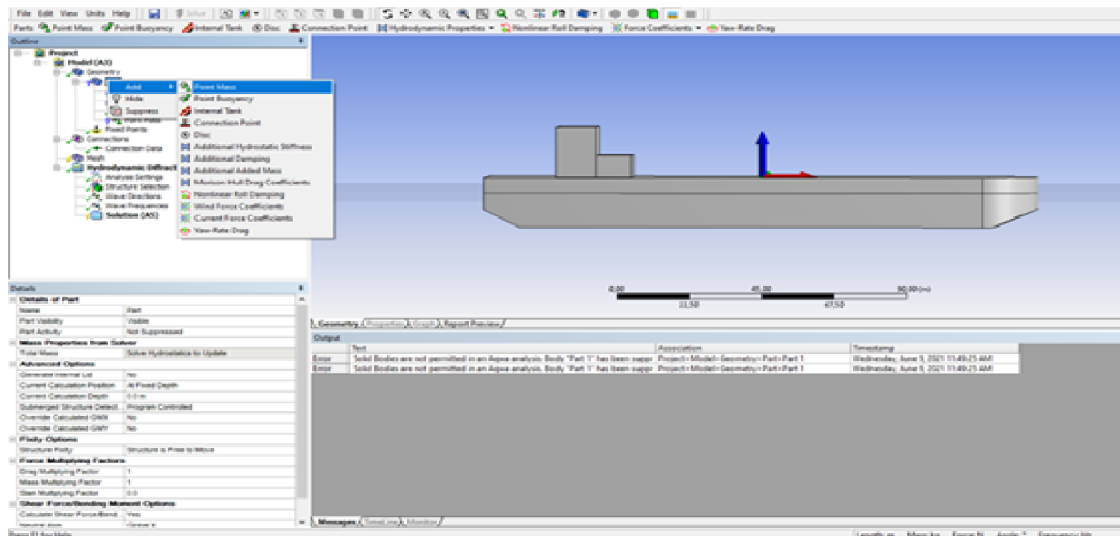


Details of Thin1	
Thin/Surface	Thin1
Selection Type	Faces to Keep
Geometry	23 Faces
Direction	Inward
FD1,Thickness (≥ 0)	0 m
FD2,Thickness (≥ 0)	0 m
Preserve Bodies?	No

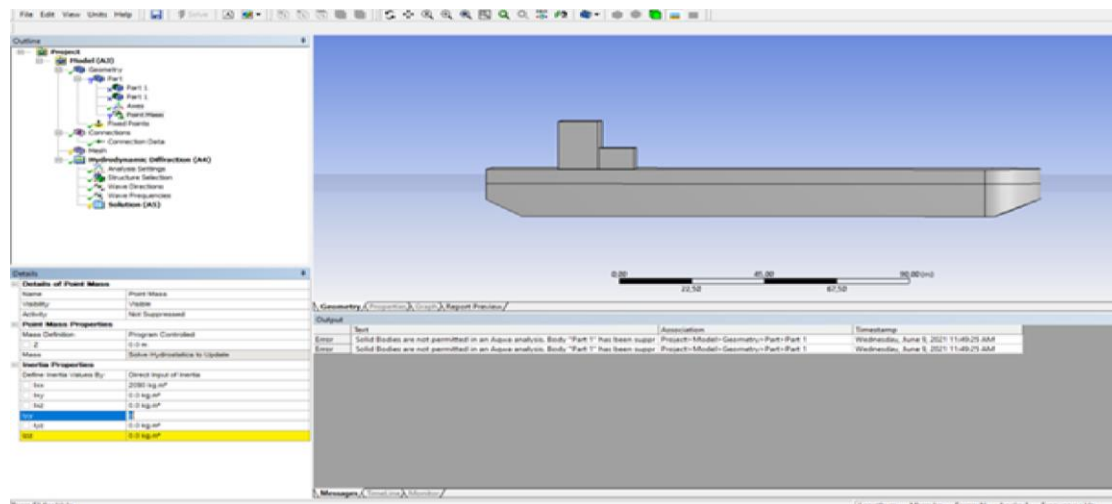
Το σώμα τώρα είναι ενιαίο, όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, και έτοιμο για υδροδυναμική ανάλυση. Κλείνοντας το παράθυρο του DesignModeler εμφανίζεται και πάλι το αρχικό περιβάλλον του Ansys στο οποίο τώρα θα επιλεγεί η εντολή Model.



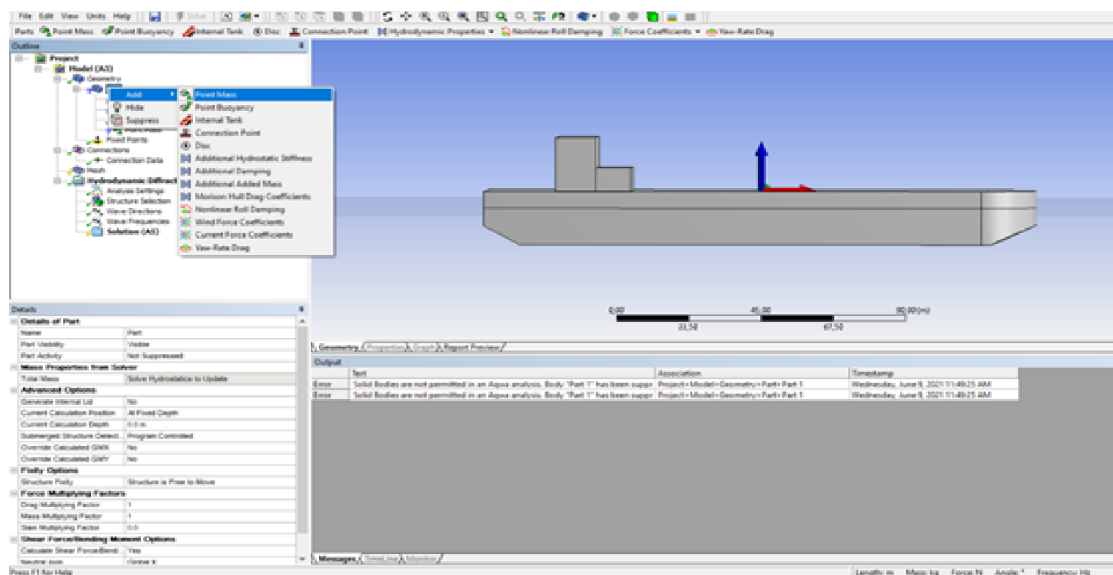
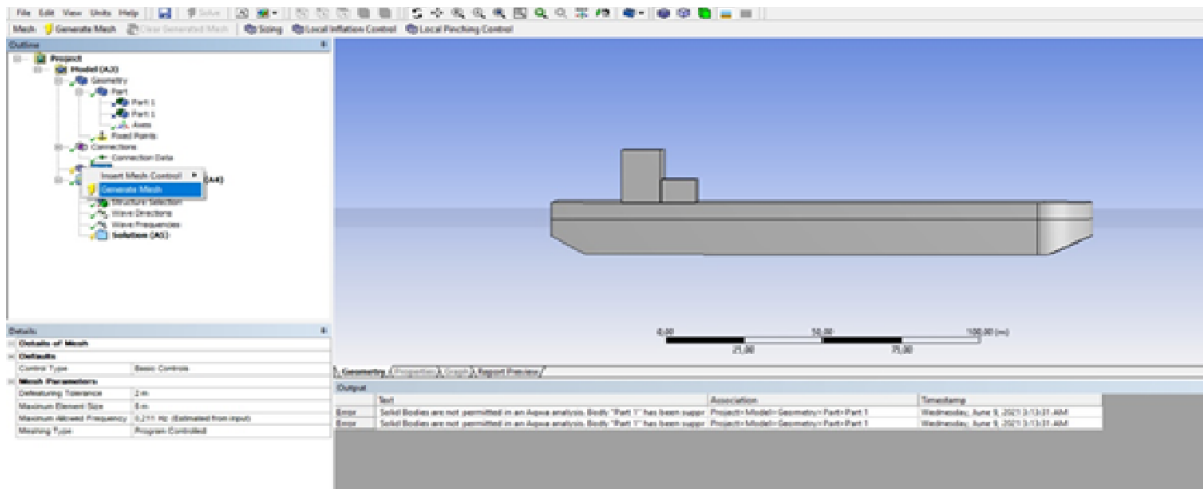
Σε περίπτωση που δεν εμφανιστεί η κατασκευή, με δεξί κλικ πάνω στα Part επιλέγεται η εντολή Show. Πατώντας με δεξί κλικ το Part και επιλέγοντας Point Mass, θα επιλεγεί το κέντρο μάζας του σώματος (-0.127, -1.624,-2.629).



Στη συνέχεια πατώντας στο Point Mass, θα εισαχθούν στο παράθυρο Inertia Properties, οι ροπές αδράνειας του σώματος I_{xx} , I_{yy} , I_{zz} . Πρέπει, οπωσδήποτε, κάτω από την εντολή Inertia Properties, να επιλεγθεί στο Define Inertia Values By η εντολή Direct Input of Inertia ώστε να είναι εφικτή η εισαγωγή των ροπών αδράνειας.



Έπειτα, είναι απαραίτητο να οριστεί το πλέγμα, το οποίο θα πραγματοποιηθεί όταν με δεξί κλικ στην εντολή Mesh πατηθεί Generate Mesh. Στο Mesh Properties πρέπει να οριστούν οι διαστάσεις του πλέγματος.

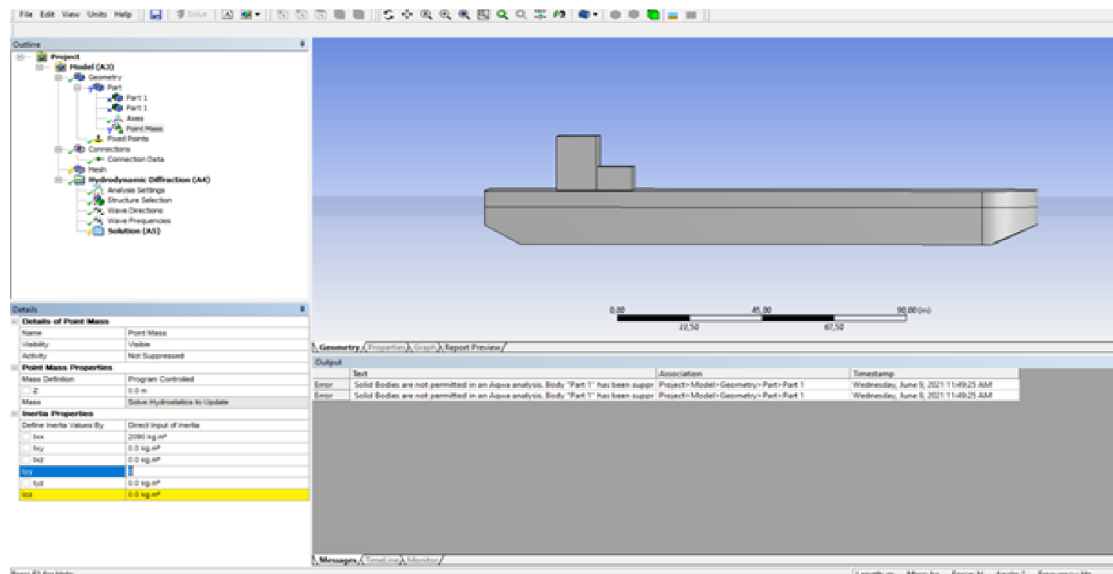


Στη συνέχεια πατώντας στο Point Mass, θα εισαχθούν στο παράθυρο Inertia Properties, οι ροπές αδράνειας του σώματος I_{xx} , I_{yy} , I_{zz} . Πρέπει, οπωσδήποτε, κάτω από την εντολή Inertia Properties, να επιλεγθεί στο Define Inertia Values By η εντολή Direct Input of Inertia ώστε να είναι εφικτή η εισαγωγή των ροπών αδράνειας. Οι ροπές αδράνειας για το υπό μελέτη σώμα, είναι οι παρακάτω:

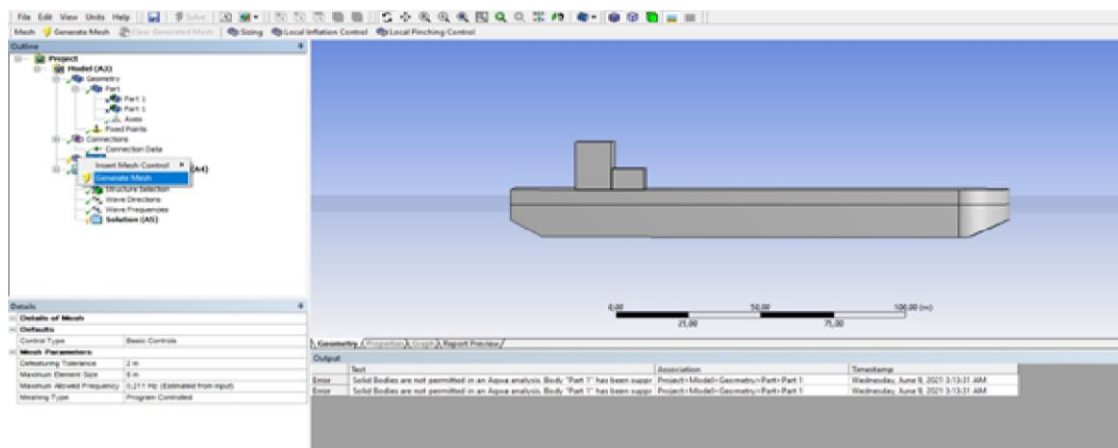
$$I_{xx}: 8380000000 \text{ kg.m}^2$$

$$I_{yy}: 158810000000 \text{ kg.m}^2$$

$$I_{zz}: 161720000000 \text{ kg.m}^2$$



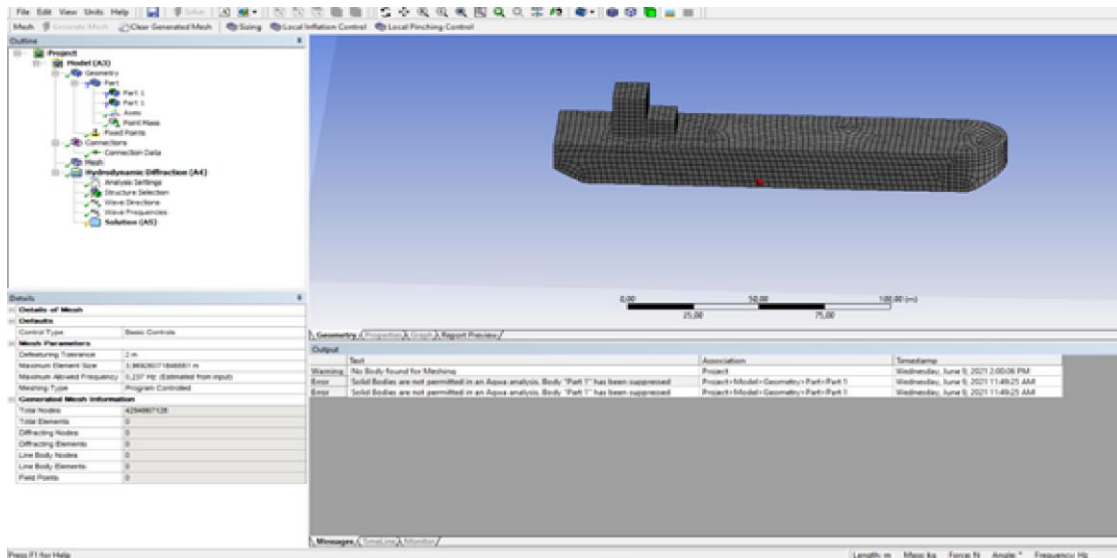
Έπειτα, είναι απαραίτητο να οριστεί το πλέγμα, το οποίο θα πραγματοποιηθεί όταν με δεξί κλικ στην εντολή Mesh πατηθεί Generate Mesh. Στο Mesh Properties πρέπει να οριστούν οι διαστάσεις.



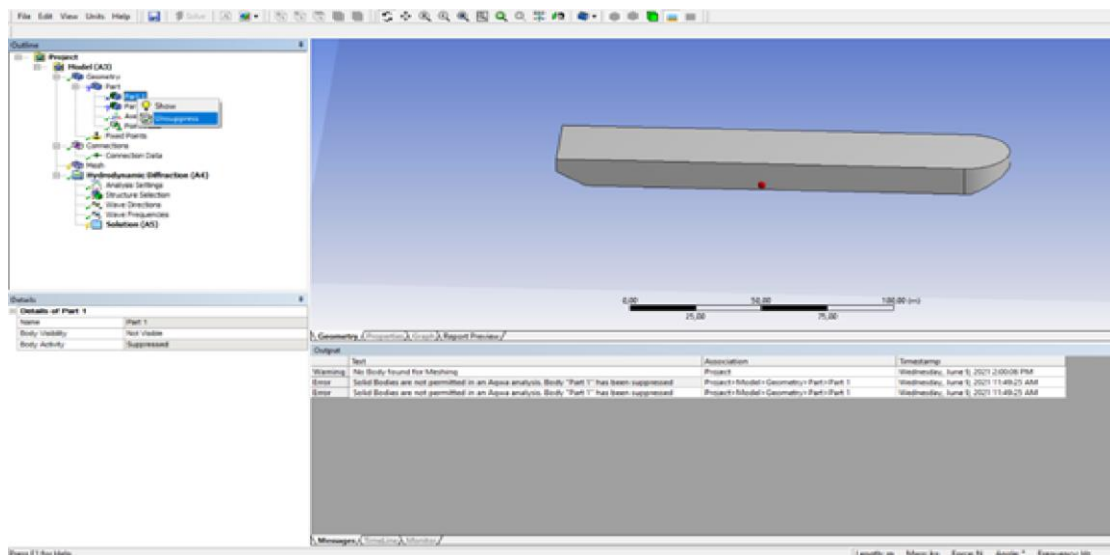
Οι παράμετροι που πρέπει να οριστούν αναγράφονται παρακάτω:

Mesh Parameters	
Defeaturing Tolerance	1m
Maximum Element Size	2m
Maximum Allowed Frequency	0,411 Hz
Meshing Type	Program Controlled

Μόλις οριστούν οι παράμετροι, πρέπει να γίνει Generate Mesh. Έτσι δημιουργείται το πλέγμα (πλήθος στοιχείων διακριτοποίησης: 7181)



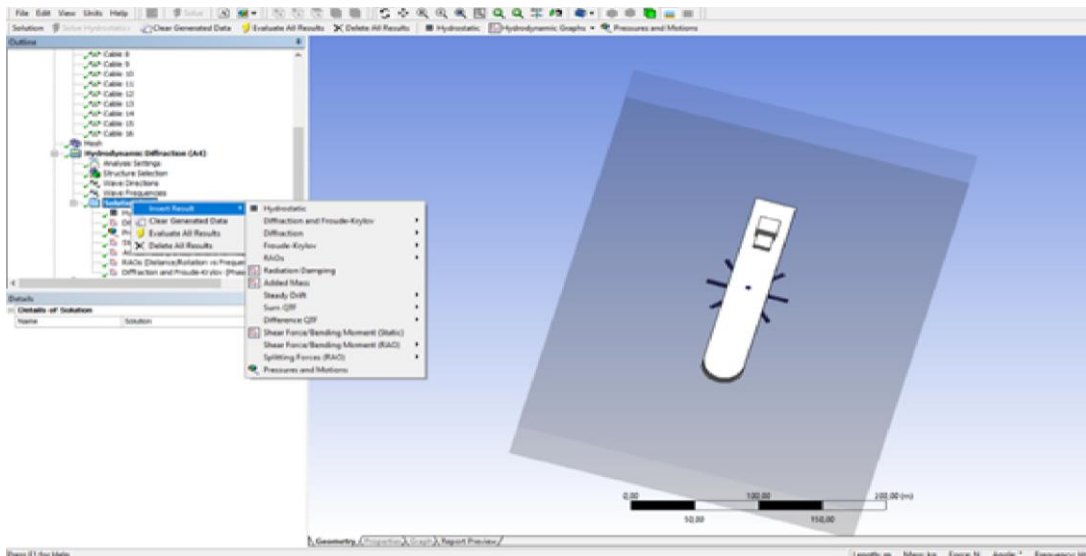
Αυτό που πρέπει να προσεχθεί όταν ορίζεται το πλέγμα, είναι στην εντολή Part να έχει γίνει Unsuppress. Διαφορετικά, το πρόγραμμα δε θα καταλάβει ότι είναι σώμα (solid) και όχι επιφάνεια, οπότε δε θα μπορεί να ορίσει το πλέγμα.



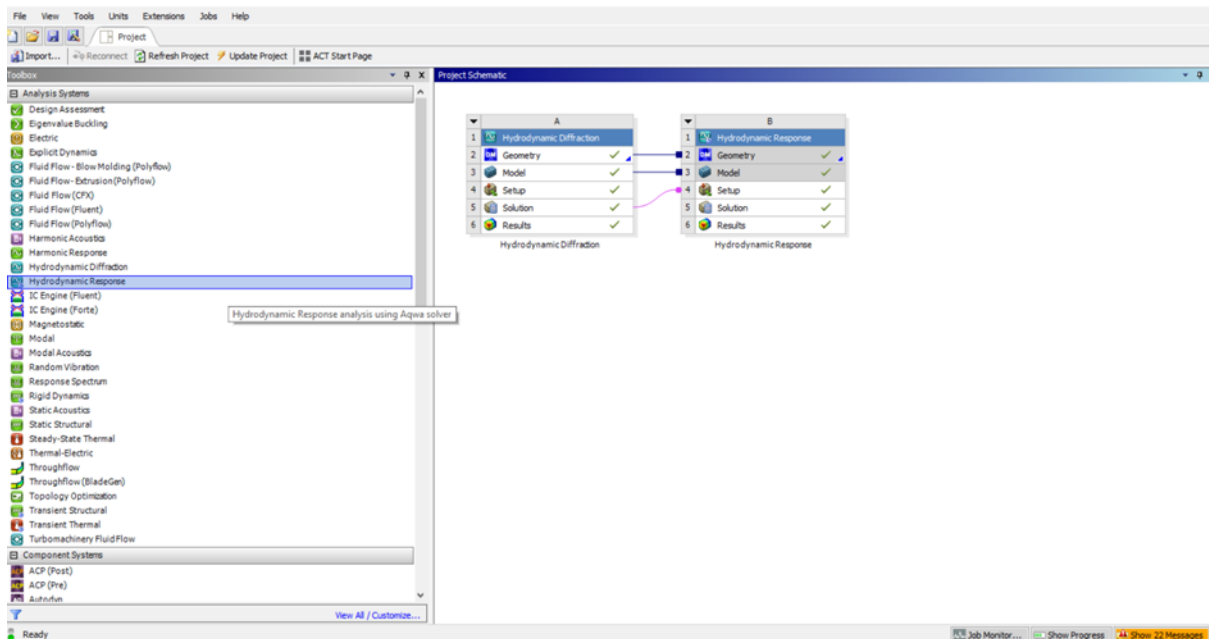
Αφού ακολουθηθούν τα παραπάνω βήματα, το σώμα είναι έτοιμο, ώστε να μελετηθεί. Πατώντας, στην εντολή Solution (με δεξί κλικ) επιλέγεται η εντολή Solve. Για να μπορέσει να εκτελεστεί η εντολή αυτή, είναι απαραίτητο να έχει επιλεγεί στο Structure Selection το σώμα (δηλαδή Part).

Με δεξί κλικ στην εντολή Solution, εμφανίζονται όλες οι υδροδυναμικές φορτίσεις, όπως δυνάμεις διέγερσης, πρόσθετη μάζα, αποσβέση κλπ. Μόλις επιλεγθούν και έχοντας πάντα ενεργοποιημένο το Part στα Details of Solution → Structure, με την εντολή Evaluate all Results υπολογίζονται τα υδροδυναμικά μεγέθη.

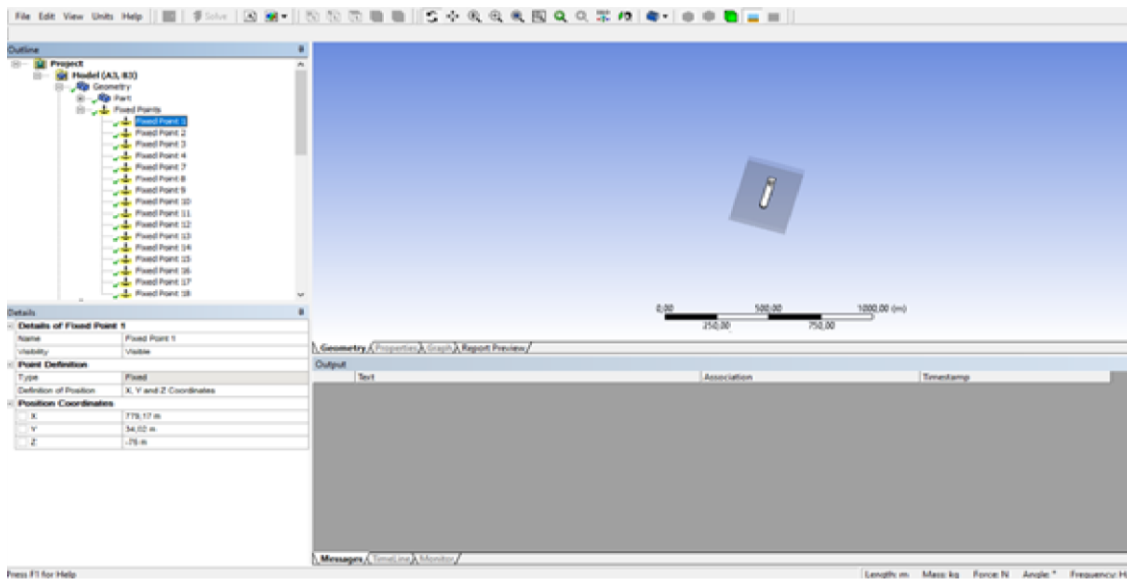
Εισαγωγή του συστήματος αγκύρωσης



Η κατασκευή μπορεί να αγκυρωθεί. Στην αρχή του προγράμματος επιλέγεται η εντολή Hydrodynamic Response και σύροντας το ποντίκι στο παράθυρο B, αντιστοιχίζεται το Geometry του ενός πίνακα με του άλλου και ομοίως το Model. Ύστερα, το πρόγραμμα θα ενώσει μόνο του την εντολή Solution του πίνακα A με το Set up του πίνακα B, αφού πρώτα ανοιχθεί με διπλό κλικ το παράθυρο του Model.



Για τη δημιουργία των 16 συμμετρικών κλάδων αγκύρωσης, πρέπει να ορισθούν 16 σταθερά σημεία (Fixed Points).



Για τον υπολογισμό των 16 κλάδων αγκύρωσης έγινε χρήση των εξισώσεων από το μάθημα Αγκυρώσεις Πλωτών Κατασκευών (Mazarakos, 2020b):

$$l_{min} = d \cdot \left(\frac{2 \cdot T_{max}}{w \cdot d} - 1 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$H = T - w \cdot d$$

$$x = \frac{H}{w} \cdot \left(\frac{w \cdot l_{min}}{H} \right)$$

$$X = l - l_s + x = l - d \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot H}{w \cdot d} \right)^{\frac{1}{2}} + \frac{H}{w} \cdot \left(1 + \frac{w \cdot d}{H} \right)$$

Όπου :

- X : η απόσταση του σημείου πρώτης επαφής στον πυθμένα από το σημείο που ασκούνται οι συνθήκες περιβάλλοντος
- w : βάρος ανά μονάδα μήκους της γραμμής στο νερό
- l : το συνολικό μήκος της γραμμής
- T : η προέκταση από την επιφάνεια του σώματος
- H : οριζόντια δύναμη που ασκείται στη γραμμή
- d : το βάθος της περιοχής εγκατάστασης

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν ως γνωστοί, είναι οι εξής (Chatjigeorgiou et. al. 2006):

- $T_{max} = 1250 \cdot 10^3 N$ (προένταση στην κορυφή)
- $w = 3979,9 \left(\frac{N}{m}\right)$ (βάρος ανά μονάδα μήκους της γραμμής στο νερό)
- $l = 800m$ (συνολικό μήκος γραμμής αγκύρωσης)
- $d = 75m$ (βάθος περιοχής εγκατάστασης)

$$T_H = T_{max} - w \cdot d = 1250 \cdot 10^3 -$$

$$X = l - ls + x = l - h \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot H}{w \cdot d}\right)^{\frac{1}{2}} + \frac{T_H}{w} \cdot \left(1 + \frac{w \cdot d}{H}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X = 800 - 75 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 951507,5}{3979,9 \cdot 75}\right) + \frac{951507,5}{3979,9} \cdot \left(1 + \frac{3979,9 \cdot 75}{951507,5}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow X = 779,92 m$$

Στη συνέχεια, για να υπολογιστούν οι συντεταγμένες των κλάδων αγκύρωσης, έγινε χρήση τριγωνομετρίας. Λόγω συμμετρίας των γραμμών αγκύρωσης παρουσιάζουμε ενδεικτικά τους 4 πρώτους κλάδους στο xy επίπεδο.

$$x_1 = X \cdot \cos(2,5)$$

$$y_1 = X \cdot \sin(2,5)$$

$$x_2 = X \cdot \cos(7,5)$$

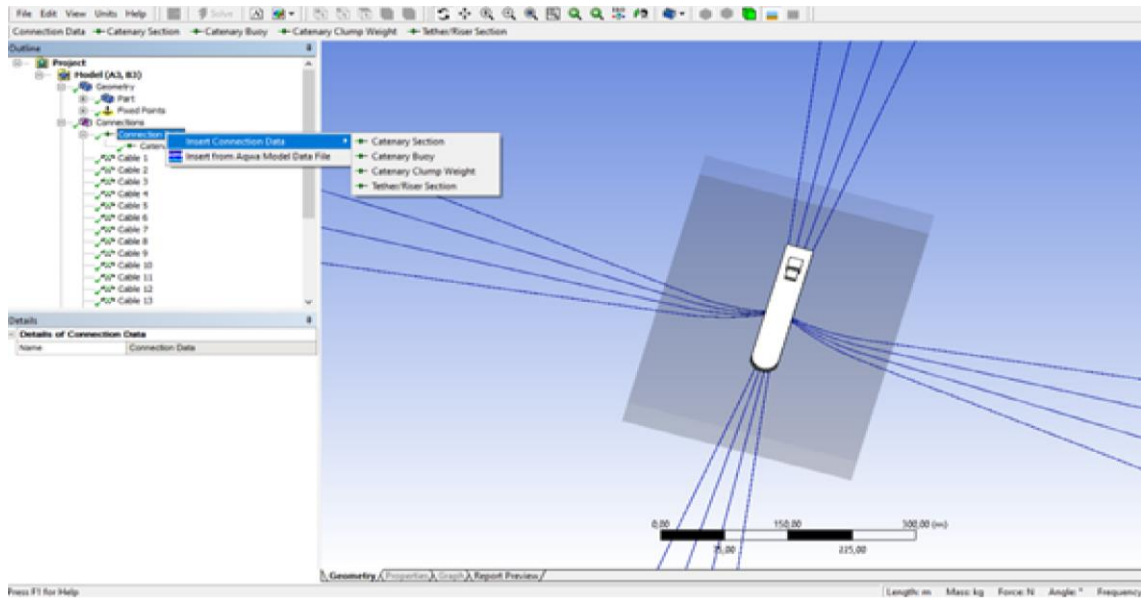
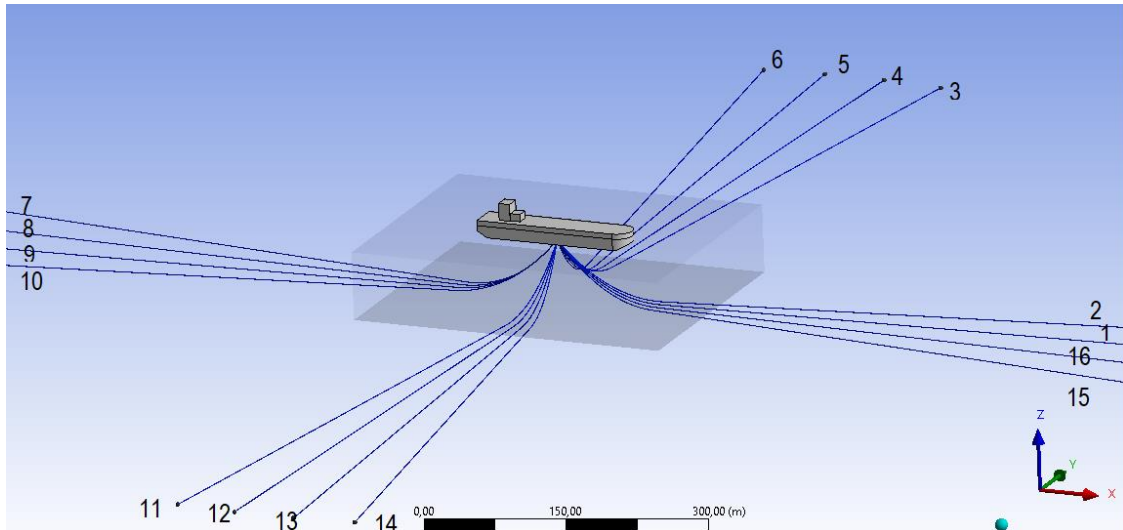
$$y_2 = X \cdot \sin(7,5)$$

$$x_3 = X \cdot \cos(82,5)$$

$$y_3 = X \cdot \sin(82,5)$$

$$x_4 = X \cdot \cos(87,5)$$

$$y_4 = X \cdot \sin(87,5)$$



Οι γραμμές της αγκύρωσης είναι 16 και για να σχηματιστούν πρέπει να ενωθούν τα σωστά σημεία μεταξύ τους. Για παράδειγμα, για τον πρώτο κλάδο αγκύρωσης στην εντολή Start Fixed Point θα επιλεγεί το Fixed Point 1 και για την εντολή End Connection Point, το Connection Point 5. Αντίστοιχα, θα ενωθούν και οι υπόλοιποι κλάδοι. Σημειώνεται ότι το μήκος του εκάστοτε κλάδου αγκύρωσης είναι 800m.

Οι συντεταγμένες της θέσης αγκύρωσης της κάθε γραμμής με τον πυθμένα, βρίσκονται στον παρακάτω πίνακα:

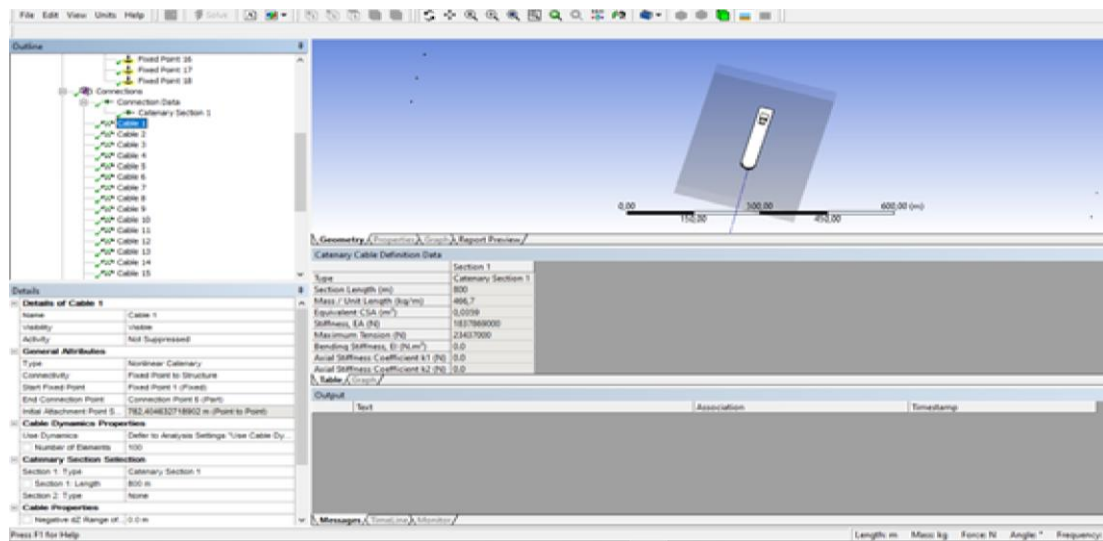
Cable 1	
x	779,17
y	34,02
z	-75
Cable 2	
x	773,277
y	101,7
z	-75
Cable 3	
x	101,8
y	772,5
z	-75
Cable 4	
x	34,02
y	778,428
z	-75
Cable 5	
x	-779,17
y	34,02
z	-75
Cable 6	
x	-773,277
y	101,7
z	-75
Cable 7	
x	101,8
y	772,5
z	-75
Cable 8	
x	-34,02
y	778,428
z	-75

Cable 9	
x	-779,17
y	-34,02
z	-75
Cable 10	
x	-773,277
y	-101,7
z	-75
Cable 11	
x	-101,8
y	-772,5
z	-75
Cable 12	
x	-34,02
y	-778,428
z	-75
Cable 13	
x	779,17
y	-34,02
z	-75
Cable 14	
x	773,277
y	-101,7
z	-75
Cable 15	
x	101,8
y	-772,5
z	-75
Cable 16	
x	34,02
y	-778,428
z	-75

Κάθε γραμμή αποτελείται από δύο άκρα. Το πρώτο είναι αυτό που επικάθεται στον πυθμένα. Το δεύτερο, συνδέεται με την πλωτή κατασκευή και έχει συντεταγμένες $(x,y,z)=(0,0,0)$.

Τα χαρακτηριστικά της γραμμής αγκύρωσης είναι:

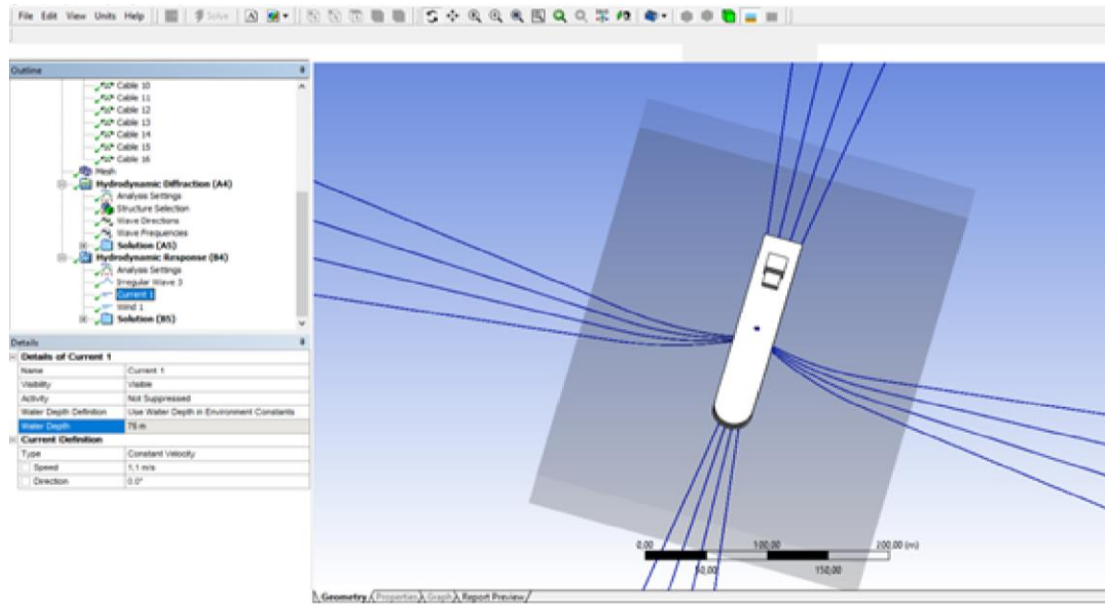
Μήκος κλάδου	m	800
Μάζα	kg/m	466,7
EA	m ²	1837869000
Μέγιστη τάση κλάδου	N	23437000



Τέλος, για να ολοκληρωθεί το μοντέλο πρέπει να εισαχθούν οι δυνάμεις από άνεμο, κύμα και θαλάσσια ρεύματα.

Έτσι για τα θαλάσσια ρεύματα, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες εντολές:

Hydrodynamic Response → Insert → Current → Constant Velocity



Οι συνθήκες περιβάλλοντος είναι οι παρακάτω:

Γωνία πρόσπτωσης κύματος: 197°

Σημαντικό ύψος κύματος: 3 m

$\gamma = 1$

$T_p = 10 \text{ sec}$

Φάσμα: Jonswap

Γωνία πρόσπτωσης ανέμου: 167°

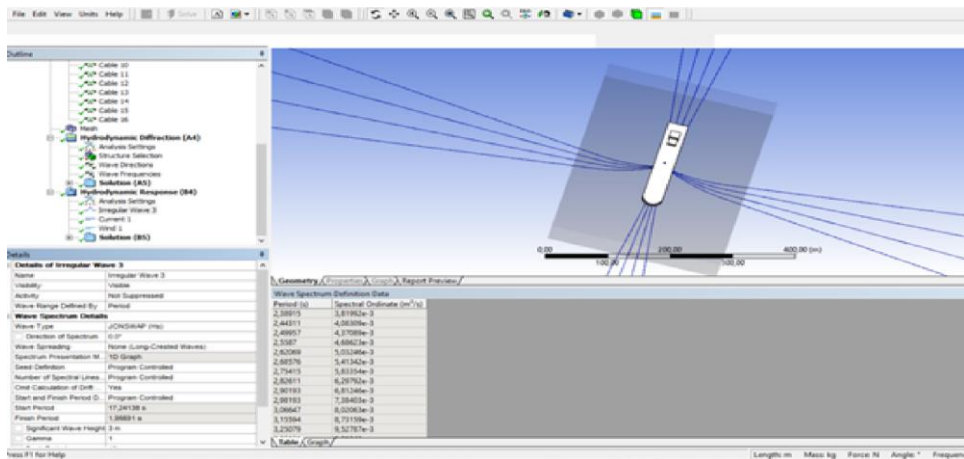
Ταχύτητα ανέμου: 15 m/s

Γωνία πρόσπτωσης θαλάσσιου ρεύματος: 162°

Ταχύτητα θαλάσσιου ρεύματος: 0.4 m/s

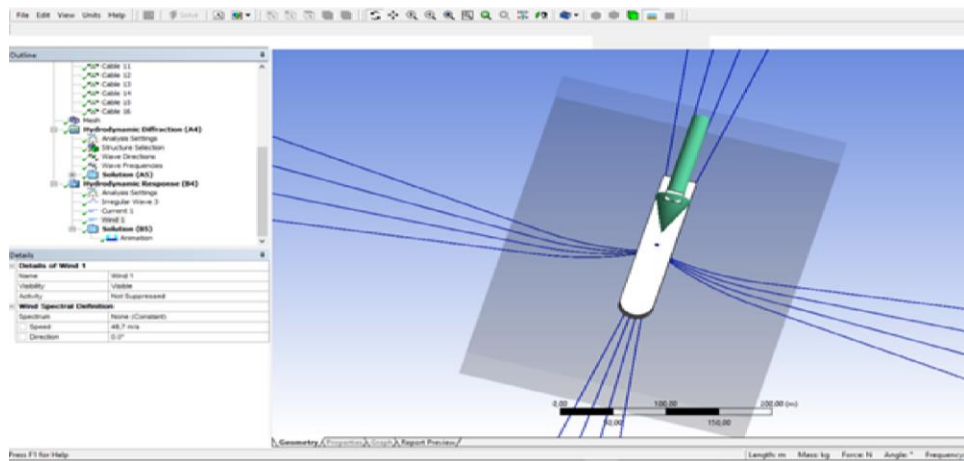
Για τις δυνάμεις λόγω κυμάτων επιλέγεται:

Hydrodynamic Response \rightarrow Insert \rightarrow Irregular wave \rightarrow Jonswap (Hs)

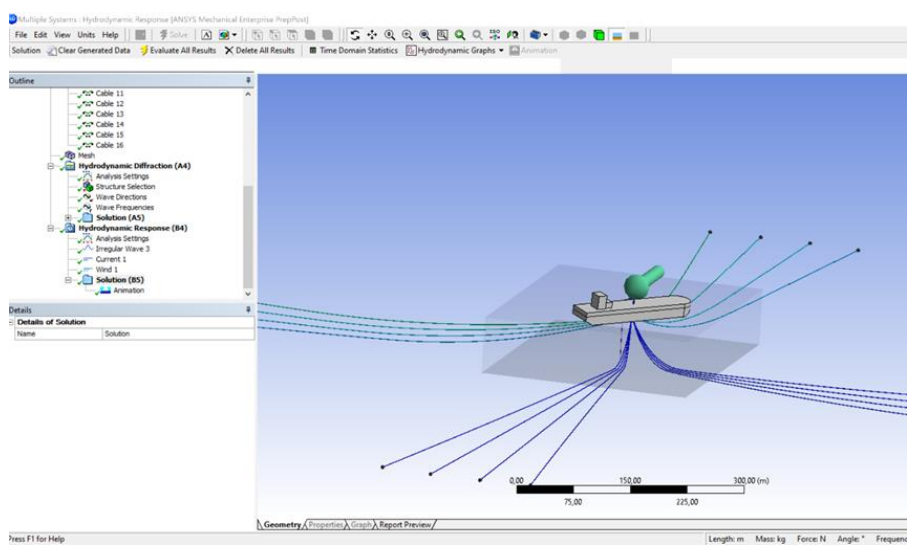


Για τις δυνάμεις λόγω ανέμου, αντίστοιχα, εισάγονται οι εντολές:

Hydrodynamic Response → Insert → Wind → Constant Velocity



Το μοντέλο ολοκληρώνεται με την εντολή Evaluate all results.



Παράρτημα III: Αποτελέσματα σε μορφή πίνακα

Αποτελέσματα κυλίνδρου

Πίνακας 1 Απεικόνιση δυνάμεων διέγερσης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση surge, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
Fx [N/m]				
6,89E+04	4,87E+04	6,49E-02	4,87E+04	6,89E+04
1,03E+05	7,27E+04	2,80E-01	7,27E+04	1,03E+05
1,41E+05	9,94E+04	4,42E-01	9,94E+04	1,41E+05
1,84E+05	1,30E+05	5,89E-01	1,30E+05	1,84E+05
2,36E+05	1,67E+05	1,20E-01	1,67E+05	2,36E+05
2,98E+05	2,11E+05	1,41E-01	2,11E+05	2,98E+05
3,70E+05	2,62E+05	4,29E-01	2,62E+05	3,70E+05
4,50E+05	3,18E+05	8,61E-01	3,18E+05	4,50E+05
5,35E+05	3,78E+05	6,94E-01	3,78E+05	5,35E+05
6,23E+05	4,41E+05	5,54E-01	4,41E+05	6,23E+05
7,13E+05	5,04E+05	5,58E-01	5,04E+05	7,13E+05
8,03E+05	5,68E+05	3,35E-01	5,68E+05	8,03E+05
8,92E+05	6,31E+05	8,23E-01	6,31E+05	8,92E+05
9,78E+05	6,92E+05	7,41E-01	6,92E+05	9,78E+05
1,06E+06	7,50E+05	8,56E-01	7,50E+05	1,06E+06
1,14E+06	8,04E+05	3,44E-01	8,04E+05	1,14E+06
1,21E+06	8,54E+05	6,93E-01	8,54E+05	1,21E+06
1,27E+06	8,97E+05	8,91E-01	8,97E+05	1,27E+06
1,32E+06	9,32E+05	2,00E-01	9,32E+05	1,32E+06
1,36E+06	9,60E+05	2,94E-01	9,60E+05	1,36E+06
1,38E+06	9,77E+05	1,54E-01	9,77E+05	1,38E+06
1,39E+06	9,85E+05	2,49E-01	9,85E+05	1,39E+06
1,39E+06	9,83E+05	1,08E-01	9,83E+05	1,39E+06
1,37E+06	9,71E+05	1,51E-01	9,71E+05	1,37E+06
1,34E+06	9,50E+05	1,88E-01	9,50E+05	1,34E+06
1,31E+06	9,28E+05	1,12E-01	9,28E+05	1,31E+06
1,27E+06	8,97E+05	1,69E-01	8,97E+05	1,27E+06
1,21E+06	8,56E+05	2,61E-01	8,56E+05	1,21E+06
1,15E+06	8,10E+05	1,74E-01	8,10E+05	1,15E+06

1,08E+06	7,63E+05	3,50E-01	7,63E+05	1,08E+06
1,01E+06	7,15E+05	2,69E-01	7,15E+05	1,01E+06
9,45E+05	6,68E+05	2,48E-01	6,68E+05	9,45E+05
8,81E+05	6,23E+05	1,98E-01	6,23E+05	8,81E+05
8,21E+05	5,81E+05	3,16E-01	5,81E+05	8,21E+05
7,64E+05	5,40E+05	4,08E-01	5,40E+05	7,64E+05
7,11E+05	5,03E+05	4,22E-01	5,03E+05	7,11E+05
6,61E+05	4,68E+05	4,41E-01	4,68E+05	6,61E+05
6,15E+05	4,35E+05	4,95E-01	4,35E+05	6,15E+05
5,73E+05	4,05E+05	5,39E-01	4,05E+05	5,73E+05
5,34E+05	3,77E+05	4,41E-01	3,77E+05	5,34E+05
4,98E+05	3,52E+05	5,59E-01	3,52E+05	4,98E+05
4,64E+05	3,28E+05	5,82E-01	3,28E+05	4,64E+05
4,34E+05	3,07E+05	6,11E-01	3,07E+05	4,34E+05

Πίνακας 2 Απεικόνιση δυνάμεων διέγερσης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση sway, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
Fy [N/m]				
2,71E-01	4,87E+04	6,89E+04	4,87E+04	2,31E-01
3,05E-01	7,27E+04	1,03E+05	7,27E+04	2,66E-01
5,40E-01	9,94E+04	1,41E+05	9,94E+04	4,56E-01
8,23E-01	1,30E+05	1,84E+05	1,30E+05	5,77E-01
1,22E+00	1,67E+05	2,36E+05	1,67E+05	1,00E+00
1,30E+00	2,11E+05	2,98E+05	2,11E+05	1,44E+00
1,41E+00	2,62E+05	3,70E+05	2,62E+05	1,43E+00
1,92E+00	3,18E+05	4,50E+05	3,18E+05	1,75E+00
1,93E+00	3,78E+05	5,35E+05	3,78E+05	1,88E+00
2,20E+00	4,41E+05	6,23E+05	4,41E+05	2,07E+00
2,22E+00	5,04E+05	7,13E+05	5,04E+05	2,23E+00
2,46E+00	5,68E+05	8,03E+05	5,68E+05	2,44E+00
2,36E+00	6,31E+05	8,92E+05	6,31E+05	2,49E+00
2,50E+00	6,92E+05	9,78E+05	6,92E+05	2,54E+00
2,48E+00	7,50E+05	1,06E+06	7,50E+05	2,66E+00
2,39E+00	8,04E+05	1,14E+06	8,04E+05	2,43E+00
2,35E+00	8,54E+05	1,21E+06	8,54E+05	2,40E+00
2,22E+00	8,97E+05	1,27E+06	8,97E+05	2,32E+00
2,03E+00	9,32E+05	1,32E+06	9,32E+05	-2,15E+00
1,70E+00	9,60E+05	1,36E+06	9,60E+05	-1,87E+00
1,62E+00	9,77E+05	1,38E+06	9,77E+05	-1,81E+00
1,42E+00	9,85E+05	1,39E+06	9,85E+05	-1,66E+00
1,21E+00	9,83E+05	1,39E+06	9,83E+05	-1,39E+00

1,27E+00	9,71E+05	1,37E+06	9,71E+05	-1,31E+00
1,11E+00	9,50E+05	1,34E+06	9,50E+05	1,30E+00
9,28E-01	9,28E+05	1,31E+06	9,28E+05	-1,06E+00
7,59E-01	8,97E+05	1,27E+06	8,97E+05	9,93E-01
7,44E-01	8,56E+05	1,21E+06	8,56E+05	-9,58E-01
7,20E-01	8,10E+05	1,15E+06	8,10E+05	8,44E-01
6,53E-01	7,63E+05	1,08E+06	7,63E+05	7,20E-01
6,02E-01	7,15E+05	1,01E+06	7,15E+05	6,93E-01
5,33E-01	6,68E+05	9,45E+05	6,68E+05	6,72E-01
4,95E-01	6,23E+05	8,81E+05	6,23E+05	6,31E-01
4,32E-01	5,81E+05	8,21E+05	5,81E+05	6,19E-01
4,81E-01	5,40E+05	7,64E+05	5,40E+05	5,74E-01
4,34E-01	5,03E+05	7,11E+05	5,03E+05	5,23E-01
4,35E-01	4,68E+05	6,61E+05	4,68E+05	5,68E-01
5,23E-01	4,35E+05	6,15E+05	4,35E+05	5,71E-01
5,19E-01	4,05E+05	5,73E+05	4,05E+05	5,35E-01
5,80E-01	3,77E+05	5,34E+05	3,77E+05	4,95E-01
6,23E-01	3,52E+05	4,98E+05	3,52E+05	5,48E-01
6,67E-01	3,28E+05	4,64E+05	3,28E+05	5,08E-01
7,62E-01	3,07E+05	4,34E+05	3,07E+05	5,54E-01

Πίνακας 3 Απεικόνιση δυνάμεων διέγερσης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση heave, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
Fz [N/m]				
7,58E+05	7,59E+05	7,59E+05	7,59E+05	7,59E+05
7,38E+05	7,40E+05	7,40E+05	7,40E+05	7,40E+05
7,12E+05	7,14E+05	7,14E+05	7,14E+05	7,14E+05
6,80E+05	6,82E+05	6,82E+05	6,82E+05	6,82E+05
6,43E+05	6,45E+05	6,45E+05	6,45E+05	6,45E+05
6,02E+05	6,03E+05	6,03E+05	6,03E+05	6,03E+05
5,58E+05	5,59E+05	5,59E+05	5,59E+05	5,59E+05
5,13E+05	5,12E+05	5,12E+05	5,12E+05	5,12E+05
4,66E+05	4,66E+05	4,66E+05	4,66E+05	4,66E+05
4,20E+05	4,20E+05	4,20E+05	4,20E+05	4,20E+05
3,74E+05	3,74E+05	3,74E+05	3,74E+05	3,74E+05
3,30E+05	3,30E+05	3,30E+05	3,30E+05	3,30E+05
2,88E+05	2,88E+05	2,88E+05	2,88E+05	2,88E+05
2,49E+05	2,49E+05	2,49E+05	2,49E+05	2,49E+05
2,14E+05	2,14E+05	2,14E+05	2,14E+05	2,14E+05
1,81E+05	1,81E+05	1,81E+05	1,81E+05	1,81E+05
1,52E+05	1,52E+05	1,52E+05	1,52E+05	1,52E+05
1,26E+05	1,26E+05	1,26E+05	1,26E+05	1,26E+05

1,04E+05	1,04E+05	1,04E+05	1,04E+05	1,04E+05
8,48E+04	8,48E+04	8,48E+04	8,48E+04	8,48E+04
6,85E+04	6,85E+04	6,85E+04	6,85E+04	6,85E+04
5,48E+04	5,48E+04	5,48E+04	5,48E+04	5,48E+04
4,34E+04	4,34E+04	4,34E+04	4,34E+04	4,34E+04
3,41E+04	3,41E+04	3,41E+04	3,41E+04	3,41E+04
2,65E+04	2,65E+04	2,65E+04	2,65E+04	2,65E+04
2,05E+04	2,05E+04	2,05E+04	2,05E+04	2,05E+04
1,58E+04	1,58E+04	1,58E+04	1,58E+04	1,58E+04
1,20E+04	1,20E+04	1,20E+04	1,20E+04	1,20E+04
9,11E+03	9,11E+03	9,11E+03	9,11E+03	9,11E+03
6,85E+03	6,85E+03	6,85E+03	6,85E+03	6,85E+03
5,13E+03	5,13E+03	5,13E+03	5,13E+03	5,13E+03
3,81E+03	3,81E+03	3,81E+03	3,81E+03	3,81E+03
2,81E+03	2,81E+03	2,81E+03	2,81E+03	2,81E+03
2,06E+03	2,06E+03	2,06E+03	2,06E+03	2,06E+03
1,48E+03	1,48E+03	1,48E+03	1,48E+03	1,48E+03
1,04E+03	1,04E+03	1,04E+03	1,04E+03	1,04E+03
6,88E+02	6,88E+02	6,88E+02	6,88E+02	6,88E+02
4,17E+02	4,17E+02	4,17E+02	4,17E+02	4,17E+02
1,74E+02	1,74E+02	1,74E+02	1,74E+02	1,74E+02
5,24E+01	5,25E+01	5,25E+01	5,25E+01	5,25E+01
2,75E+02	2,74E+02	2,74E+02	2,74E+02	2,74E+02
5,31E+02	5,32E+02	5,32E+02	5,32E+02	5,32E+02
8,58E+02	8,58E+02	8,58E+02	8,58E+02	8,58E+02

Πίνακας 4 Απεικόνιση ροπών διέγερσης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση roll, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
Mx [Nm/m]				
1,02E+00	2,59E+04	3,66E+04	2,59E+04	8,76E-01
2,53E+00	4,09E+04	5,78E+04	4,09E+04	2,10E+00
4,22E+00	6,02E+04	8,52E+04	6,02E+04	3,60E+00
5,93E+00	8,61E+04	1,22E+05	8,61E+04	5,68E+00
8,12E+00	1,22E+05	1,72E+05	1,22E+05	7,82E+00
1,05E+01	1,71E+05	2,41E+05	1,71E+05	1,04E+01
1,25E+01	2,36E+05	3,33E+05	2,36E+05	1,24E+01
1,45E+01	3,20E+05	4,52E+05	3,20E+05	1,45E+01
1,64E+01	4,23E+05	5,99E+05	4,23E+05	1,65E+01
1,80E+01	5,49E+05	7,77E+05	5,49E+05	1,84E+01
1,88E+01	6,98E+05	9,87E+05	6,98E+05	1,94E+01
2,02E+01	8,71E+05	1,23E+06	8,71E+05	2,01E+01
2,05E+01	1,07E+06	1,51E+06	1,07E+06	2,09E+01
2,02E+01	1,29E+06	1,82E+06	1,29E+06	2,09E+01
2,01E+01	1,53E+06	2,17E+06	1,53E+06	2,11E+01
1,92E+01	1,80E+06	2,54E+06	1,80E+06	2,05E+01
1,88E+01	2,08E+06	2,94E+06	2,08E+06	2,07E+01
1,80E+01	2,37E+06	3,35E+06	2,37E+06	1,98E+01
1,73E+01	2,67E+06	3,77E+06	2,67E+06	1,92E+01
1,59E+01	2,96E+06	4,18E+06	2,96E+06	1,86E+01
1,49E+01	3,23E+06	4,57E+06	3,23E+06	1,76E+01
1,42E+01	3,48E+06	4,93E+06	3,48E+06	1,68E+01
1,31E+01	3,70E+06	5,24E+06	3,70E+06	1,58E+01
1,24E+01	3,89E+06	5,50E+06	3,89E+06	1,46E+01
1,09E+01	4,02E+06	5,69E+06	4,02E+06	1,32E+01
1,02E+01	4,13E+06	5,84E+06	4,13E+06	1,20E+01
9,66E+00	4,18E+06	5,91E+06	4,18E+06	1,11E+01
8,65E+00	4,18E+06	5,91E+06	4,18E+06	9,24E+00
7,61E+00	4,13E+06	5,84E+06	4,13E+06	8,55E+00
7,58E+00	4,06E+06	5,74E+06	4,06E+06	7,46E+00
6,89E+00	3,95E+06	5,59E+06	3,95E+06	6,69E+00
6,67E+00	3,83E+06	5,42E+06	3,83E+06	5,63E+00
5,93E+00	3,70E+06	5,23E+06	3,70E+06	5,06E+00
5,77E+00	3,55E+06	5,03E+06	3,55E+06	3,80E+00
5,25E+00	3,41E+06	4,82E+06	3,41E+06	3,03E+00
4,94E+00	3,25E+06	4,60E+06	3,25E+06	2,32E+00
4,89E+00	3,10E+06	4,39E+06	3,10E+06	2,27E+00
4,58E+00	2,95E+06	4,18E+06	2,95E+06	2,17E+00
4,68E+00	2,81E+06	3,97E+06	2,81E+06	2,24E+00
4,68E+00	2,67E+06	3,77E+06	2,67E+06	2,60E+00
5,03E+00	2,53E+06	3,58E+06	2,53E+06	2,95E+00

5,29E+00	2,40E+06	3,39E+06	2,40E+06	3,27E+00
5,38E+00	2,28E+06	3,22E+06	2,28E+06	3,74E+00

Πίνακας 5 Απεικόνιση ροπών διέγερσης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση pitch, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
My [Nm/m]				
1,91E+04	2,59E+04	7,52E-01	2,59E+04	3,66E+04
3,61E+04	4,09E+04	7,90E-01	4,09E+04	5,78E+04
6,43E+04	6,02E+04	1,31E+00	6,02E+04	8,52E+04
1,05E+05	8,61E+04	1,55E+00	8,61E+04	1,22E+05
1,62E+05	1,22E+05	2,75E+00	1,22E+05	1,72E+05
2,36E+05	1,71E+05	3,29E+00	1,71E+05	2,41E+05
3,31E+05	2,36E+05	4,13E+00	2,36E+05	3,33E+05
4,51E+05	3,20E+05	3,74E+00	3,20E+05	4,52E+05
5,99E+05	4,23E+05	4,98E+00	4,23E+05	5,99E+05
7,76E+05	5,49E+05	5,42E+00	5,49E+05	7,77E+05
9,87E+05	6,98E+05	5,56E+00	6,98E+05	9,87E+05
1,23E+06	8,71E+05	6,33E+00	8,71E+05	1,23E+06
1,51E+06	1,07E+06	6,07E+00	1,07E+06	1,51E+06
1,82E+06	1,29E+06	6,19E+00	1,29E+06	1,82E+06
2,17E+06	1,53E+06	6,31E+00	1,53E+06	2,17E+06
2,54E+06	1,80E+06	5,48E+00	1,80E+06	2,54E+06
2,94E+06	2,08E+06	6,46E+00	2,08E+06	2,94E+06
3,35E+06	2,37E+06	5,32E+00	2,37E+06	3,35E+06
3,77E+06	2,67E+06	5,85E+00	2,67E+06	3,77E+06
4,18E+06	2,96E+06	4,97E+00	2,96E+06	4,18E+06
4,57E+06	3,23E+06	3,74E+00	3,23E+06	4,57E+06
4,93E+06	3,48E+06	4,45E+00	3,48E+06	4,93E+06
5,24E+06	3,70E+06	3,26E+00	3,70E+06	5,24E+06
5,50E+06	3,89E+06	2,72E+00	3,89E+06	5,50E+06
5,69E+06	4,02E+06	3,19E+00	4,02E+06	5,69E+06
5,84E+06	4,13E+06	2,83E+00	4,13E+06	5,84E+06
5,91E+06	4,18E+06	2,45E+00	4,18E+06	5,91E+06
5,91E+06	4,18E+06	1,75E+00	4,18E+06	5,91E+06
5,84E+06	4,13E+06	1,46E+00	4,13E+06	5,84E+06
5,74E+06	4,06E+06	1,61E+00	4,06E+06	5,74E+06
5,59E+06	3,95E+06	1,51E+00	3,95E+06	5,59E+06
5,42E+06	3,83E+06	1,84E+00	3,83E+06	5,42E+06
5,23E+06	3,70E+06	1,48E+00	3,70E+06	5,23E+06
5,03E+06	3,55E+06	2,23E+00	3,55E+06	5,03E+06
4,82E+06	3,41E+06	2,05E+00	3,41E+06	4,82E+06
4,60E+06	3,25E+06	1,78E+00	3,25E+06	4,60E+06

4,39E+06	3,10E+06	2,39E+00	3,10E+06	4,39E+06
4,18E+06	2,95E+06	2,54E+00	2,95E+06	4,18E+06
3,97E+06	2,81E+06	3,15E+00	2,81E+06	3,97E+06
3,77E+06	2,67E+06	3,59E+00	2,67E+06	3,77E+06
3,58E+06	2,53E+06	3,41E+00	2,53E+06	3,58E+06
3,39E+06	2,40E+06	3,75E+00	2,40E+06	3,39E+06
3,22E+06	2,28E+06	3,67E+00	2,28E+06	3,22E+06

Πίνακας 6 Συγκρίσεις μητρικών συντελεστών πρόσθετων μαζών (A_{11}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		Mazarakos	
rad/s	A11	rad/s	A11
0,10	1,45E+06	0,2	1,44E+06
0,15	1,45E+06	0,2469	1,45E+06
0,19	1,46E+06	0,2939	1,45E+06
0,23	1,47E+06	0,3408	1,47E+06
0,28	1,47E+06	0,3878	1,48E+06
0,32	1,48E+06	0,4347	1,50E+06
0,37	1,50E+06	0,4816	1,52E+06
0,41	1,51E+06	0,5286	1,54E+06
0,46	1,53E+06	0,5755	1,56E+06
0,50	1,55E+06	0,6224	1,58E+06
0,55	1,57E+06	0,6694	1,61E+06
0,59	1,60E+06	0,7163	1,63E+06
0,64	1,62E+06	0,7633	1,64E+06
0,68	1,64E+06	0,8102	1,65E+06
0,73	1,66E+06	0,8571	1,66E+06
0,77	1,68E+06	0,9041	1,64E+06
0,82	1,69E+06	0,951	1,62E+06
0,86	1,69E+06	0,998	1,58E+06
0,91	1,68E+06	1,0449	1,53E+06
0,95	1,65E+06	1,0918	1,47E+06
1,00	1,62E+06	1,1388	1,40E+06
1,04	1,57E+06	1,1857	1,33E+06
1,09	1,51E+06	1,2327	1,25E+06
1,13	1,44E+06	1,2796	1,18E+06
1,18	1,37E+06	1,3265	1,12E+06
1,22	1,31E+06	1,3735	1,06E+06
1,27	1,25E+06	1,4204	1,02E+06
1,31	1,18E+06	1,4673	9,77E+05
1,36	1,12E+06	1,5143	9,46E+05
1,40	1,06E+06	1,5612	9,23E+05
1,44	1,02E+06	1,6082	9,07E+05
1,49	9,81E+05	1,6551	8,95E+05
1,53	9,51E+05	1,702	8,88E+05
1,58	9,28E+05	1,749	8,85E+05
1,62	9,11E+05	1,7959	8,84E+05
1,67	9,00E+05	1,8429	8,85E+05

1,71	8,92E+05	1,8898	8,88E+05
1,76	8,88E+05	1,9367	8,91E+05
1,80	8,86E+05	1,9837	8,96E+05
1,85	8,86E+05	2,0306	9,01E+05
1,89	8,87E+05	2,0776	9,06E+05
1,94	8,90E+05	2,1245	9,11E+05
1,98	8,93E+05	2,1714	9,16E+05

Πίνακας 7 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών πρόσθετων μαζών (A_{22}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		Mazarakos	
rad/s	A22	rad/s	A22
0,10	1,45E+06	0,2	1,44E+06
0,15	1,45E+06	0,2469	1,45E+06
0,19	1,46E+06	0,2939	1,45E+06
0,23	1,47E+06	0,3408	1,47E+06
0,28	1,47E+06	0,3878	1,48E+06
0,32	1,48E+06	0,4347	1,50E+06
0,37	1,50E+06	0,4816	1,52E+06
0,41	1,51E+06	0,5286	1,54E+06
0,46	1,53E+06	0,5755	1,56E+06
0,50	1,55E+06	0,6224	1,58E+06
0,55	1,57E+06	0,6694	1,61E+06
0,59	1,60E+06	0,7163	1,63E+06
0,64	1,62E+06	0,7633	1,64E+06
0,68	1,64E+06	0,8102	1,65E+06
0,73	1,66E+06	0,8571	1,66E+06
0,77	1,68E+06	0,9041	1,64E+06
0,82	1,69E+06	0,951	1,62E+06
0,86	1,69E+06	0,998	1,58E+06
0,91	1,68E+06	1,0449	1,53E+06
0,95	1,65E+06	1,0918	1,47E+06
1,00	1,62E+06	1,1388	1,40E+06
1,04	1,57E+06	1,1857	1,33E+06
1,09	1,51E+06	1,2327	1,25E+06
1,13	1,44E+06	1,2796	1,18E+06
1,18	1,37E+06	1,3265	1,12E+06
1,22	1,31E+06	1,3735	1,06E+06
1,27	1,25E+06	1,4204	1,02E+06
1,31	1,18E+06	1,4673	9,77E+05
1,36	1,12E+06	1,5143	9,46E+05
1,40	1,06E+06	1,5612	9,23E+05
1,44	1,02E+06	1,6082	9,07E+05
1,49	9,81E+05	1,6551	8,95E+05
1,53	9,51E+05	1,702	8,88E+05
1,58	9,28E+05	1,749	8,85E+05
1,62	9,11E+05	1,7959	8,84E+05

1,67	9,00E+05	1,8429	8,85E+05
1,71	8,92E+05	1,8898	8,88E+05
1,76	8,88E+05	1,9367	8,91E+05
1,80	8,86E+05	1,9837	8,96E+05
1,85	8,86E+05	2,0306	9,01E+05
1,89	8,87E+05	2,0776	9,06E+05
1,94	8,90E+05	2,1245	9,11E+05
1,98	8,93E+05	2,1714	9,16E+05

Πίνακας 8 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών πρόσθετων μαζών (A_{33}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		Mazarakos	
rad/s	A33	rad/s	A33
0,10	2,79E+05	0,2	2,79E+05
0,15	2,80E+05	0,2469	2,78E+05
0,19	2,81E+05	0,2939	2,77E+05
0,23	2,79E+05	0,3408	2,74E+05
0,28	2,77E+05	0,3878	2,71E+05
0,32	2,74E+05	0,4347	2,67E+05
0,37	2,71E+05	0,4816	2,63E+05
0,41	2,67E+05	0,5286	2,58E+05
0,46	2,62E+05	0,5755	2,56E+05
0,50	2,58E+05	0,6224	2,53E+05
0,55	2,55E+05	0,6694	2,51E+05
0,59	2,52E+05	0,7163	2,50E+05
0,64	2,50E+05	0,7633	2,50E+05
0,68	2,48E+05	0,8102	2,49E+05
0,73	2,47E+05	0,8571	2,50E+05
0,77	2,47E+05	0,9041	2,50E+05
0,82	2,47E+05	0,951	2,51E+05
0,86	2,47E+05	0,998	2,52E+05
0,91	2,48E+05	1,0449	2,53E+05
0,95	2,48E+05	1,0918	2,53E+05
1,00	2,49E+05	1,1388	2,54E+05

1,04	2,50E+05	1,1857	2,55E+05
1,09	2,51E+05	1,2327	2,55E+05
1,13	2,51E+05	1,2796	2,56E+05
1,18	2,52E+05	1,3265	2,56E+05
1,22	2,52E+05	1,3735	2,56E+05
1,27	2,53E+05	1,4204	2,57E+05
1,31	2,53E+05	1,4673	2,57E+05
1,36	2,54E+05	1,5143	2,57E+05
1,40	2,54E+05	1,5612	2,57E+05
1,44	2,54E+05	1,6082	2,57E+05
1,49	2,54E+05	1,6551	2,57E+05
1,53	2,54E+05	1,702	2,57E+05
1,58	2,55E+05	1,749	2,57E+05
1,62	2,55E+05	1,7959	2,58E+05
1,67	2,55E+05	1,8429	2,58E+05
1,71	2,55E+05	1,8898	2,58E+05
1,76	2,55E+05	1,9367	2,58E+05
1,80	2,55E+05	1,9837	2,58E+05
1,85	2,55E+05	2,0306	2,58E+05
1,89	2,55E+05	2,0776	2,58E+05
1,94	2,55E+05	2,1245	2,58E+05
1,98	2,55E+05	2,1714	2,58E+05

Πίνακας 9 Συγκρίσεις μητρών συντελεστών πρόσθετων μαζών (A_{44}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		Mazarakos	
rad/s	A44	rad/s	A44
0,10	3,15E+07	0,2	3,16E+07
0,15	3,15E+07	0,2469	3,16E+07
0,19	3,16E+07	0,2939	3,18E+07
0,23	3,17E+07	0,3408	3,19E+07
0,28	3,18E+07	0,3878	3,21E+07
0,32	3,19E+07	0,4347	3,23E+07
0,37	3,21E+07	0,4816	3,26E+07
0,41	3,23E+07	0,5286	3,28E+07
0,46	3,25E+07	0,5755	3,33E+07
0,50	3,28E+07	0,6224	3,36E+07
0,55	3,31E+07	0,6694	3,41E+07
0,59	3,35E+07	0,7163	3,48E+07
0,64	3,39E+07	0,7633	3,54E+07
0,68	3,44E+07	0,8102	3,61E+07
0,73	3,50E+07	0,8571	3,68E+07
0,77	3,57E+07	0,9041	3,76E+07
0,82	3,64E+07	0,951	3,82E+07
0,86	3,71E+07	0,998	3,86E+07
0,91	3,78E+07	1,0449	3,88E+07
0,95	3,84E+07	1,0918	3,88E+07
1,00	3,88E+07	1,1388	3,84E+07
1,04	3,91E+07	1,1857	3,76E+07
1,09	3,91E+07	1,2327	3,66E+07
1,13	3,87E+07	1,2796	3,53E+07
1,18	3,80E+07	1,3265	3,37E+07
1,22	3,70E+07	1,3735	3,21E+07
1,27	3,58E+07	1,4204	3,04E+07
1,31	3,43E+07	1,4673	2,88E+07
1,36	3,27E+07	1,5143	2,72E+07
1,40	3,11E+07	1,5612	2,57E+07
1,44	2,95E+07	1,6082	2,44E+07
1,49	2,80E+07	1,6551	2,32E+07
1,53	2,65E+07	1,702	2,22E+07
1,58	2,52E+07	1,749	2,13E+07
1,62	2,40E+07	1,7959	2,05E+07
1,67	2,29E+07	1,8429	1,99E+07
1,71	2,19E+07	1,8898	1,93E+07
1,76	2,11E+07	1,9367	1,89E+07
1,80	2,04E+07	1,9837	1,85E+07
1,85	1,98E+07	2,0306	1,82E+07
1,89	1,93E+07	2,0776	1,80E+07

1,94	1,89E+07	2,1245	1,78E+07
1,98	1,85E+07	2,1714	1,76E+07

Πίνακας 10 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών πρόσθετων μαζών (A_{55}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		Mazarakos	
rad/s	A55	rad/s	A55
0,10	3,15E+07	0,2	3,16E+07
0,15	3,15E+07	0,2469	3,16E+07
0,19	3,16E+07	0,2939	3,18E+07
0,23	3,17E+07	0,3408	3,19E+07
0,28	3,18E+07	0,3878	3,21E+07
0,32	3,19E+07	0,4347	3,23E+07
0,37	3,21E+07	0,4816	3,26E+07
0,41	3,23E+07	0,5286	3,28E+07
0,46	3,25E+07	0,5755	3,33E+07
0,50	3,28E+07	0,6224	3,36E+07
0,55	3,31E+07	0,6694	3,41E+07
0,59	3,35E+07	0,7163	3,48E+07
0,64	3,39E+07	0,7633	3,54E+07
0,68	3,44E+07	0,8102	3,61E+07
0,73	3,50E+07	0,8571	3,68E+07
0,77	3,57E+07	0,9041	3,76E+07
0,82	3,64E+07	0,951	3,82E+07
0,86	3,71E+07	0,998	3,86E+07
0,91	3,78E+07	1,0449	3,88E+07
0,95	3,84E+07	1,0918	3,88E+07
1,00	3,88E+07	1,1388	3,84E+07
1,04	3,91E+07	1,1857	3,76E+07
1,09	3,91E+07	1,2327	3,66E+07
1,13	3,87E+07	1,2796	3,53E+07
1,18	3,80E+07	1,3265	3,37E+07
1,22	3,70E+07	1,3735	3,21E+07
1,27	3,58E+07	1,4204	3,04E+07
1,31	3,43E+07	1,4673	2,88E+07

1,36	3,27E+07	1,5143	2,72E+07
1,40	3,11E+07	1,5612	2,57E+07
1,44	2,95E+07	1,6082	2,44E+07
1,49	2,80E+07	1,6551	2,32E+07
1,53	2,65E+07	1,702	2,22E+07
1,58	2,52E+07	1,749	2,13E+07
1,62	2,40E+07	1,7959	2,05E+07
1,67	2,29E+07	1,8429	1,99E+07
1,71	2,19E+07	1,8898	1,93E+07
1,76	2,11E+07	1,9367	1,89E+07
1,80	2,04E+07	1,9837	1,85E+07
1,85	1,98E+07	2,0306	1,82E+07
1,89	1,93E+07	2,0776	1,80E+07
1,94	1,89E+07	2,1245	1,78E+07
1,98	1,85E+07	2,1714	1,76E+07

Πίνακας 11 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{11}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		Mazarakos	
rad/s	B11	rad/s	B11
0,10	3,41E-01	0,20	5,11E+01
0,15	3,15E+00	0,25	1,47E+02
0,19	2,02E+01	0,29	4,04E+02
0,23	8,68E+01	0,34	1,04E+03
0,28	2,84E+02	0,39	2,44E+03
0,32	7,69E+02	0,43	5,14E+03
0,37	1,81E+03	0,48	9,86E+03
0,41	3,81E+03	0,53	1,76E+04
0,46	7,36E+03	0,58	2,95E+04
0,50	1,32E+04	0,62	4,69E+04
0,55	2,24E+04	0,67	7,13E+04
0,59	3,59E+04	0,72	1,04E+05
0,64	5,52E+04	0,76	1,46E+05
0,68	8,14E+04	0,81	1,99E+05
0,73	1,16E+05	0,86	2,61E+05
0,77	1,59E+05	0,90	3,32E+05

0,82	2,12E+05	0,95	4,10E+05
0,86	2,75E+05	1,00	4,92E+05
0,91	3,46E+05	1,04	5,73E+05
0,95	4,24E+05	1,09	6,49E+05
1,00	5,05E+05	1,14	7,15E+05
1,04	5,86E+05	1,19	7,67E+05
1,09	6,63E+05	1,23	8,03E+05
1,13	7,30E+05	1,28	8,23E+05
1,18	7,85E+05	1,33	8,27E+05
1,22	8,49E+05	1,37	8,17E+05
1,27	8,92E+05	1,42	7,97E+05
1,31	9,05E+05	1,47	7,68E+05
1,36	8,96E+05	1,51	7,34E+05
1,40	8,75E+05	1,56	6,95E+05
1,44	8,44E+05	1,61	6,56E+05
1,49	8,08E+05	1,66	6,15E+05
1,53	7,66E+05	1,70	5,77E+05
1,58	7,24E+05	1,75	5,40E+05
1,62	6,82E+05	1,80	5,03E+05
1,67	6,40E+05	1,84	4,70E+05
1,71	6,00E+05	1,89	4,39E+05
1,76	5,61E+05	1,94	4,11E+05
1,80	5,25E+05	1,98	3,85E+05
1,85	4,91E+05	2,03	3,61E+05
1,89	4,58E+05	2,08	3,38E+05
1,94	4,29E+05	2,12	3,17E+05
1,98	4,02E+05	2,17	2,98E+05

Πίνακας 12 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{22}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		Mazarakos	
rad/s	B22	rad/s	B22
0,10	3,41E-01	0,2	5,11E+01
0,15	3,15E+00	0,2469	1,47E+02
0,19	2,02E+01	0,2939	4,04E+02
0,23	8,68E+01	0,3408	1,04E+03
0,28	2,84E+02	0,3878	2,44E+03

0,32	7,69E+02	0,4347	5,14E+03
0,37	1,81E+03	0,4816	9,86E+03
0,41	3,81E+03	0,5286	1,76E+04
0,46	7,36E+03	0,5755	2,95E+04
0,50	1,32E+04	0,6224	4,69E+04
0,55	2,24E+04	0,6694	7,13E+04
0,59	3,59E+04	0,7163	1,04E+05
0,64	5,52E+04	0,7633	1,46E+05
0,68	8,14E+04	0,8102	1,99E+05
0,73	1,16E+05	0,8571	2,61E+05
0,77	1,59E+05	0,9041	3,32E+05
0,82	2,12E+05	0,951	4,10E+05
0,86	2,75E+05	0,998	4,92E+05
0,91	3,46E+05	1,0449	5,73E+05
0,95	4,24E+05	1,0918	6,49E+05
1,00	5,05E+05	1,1388	7,15E+05
1,04	5,86E+05	1,1857	7,67E+05
1,09	6,63E+05	1,2327	8,03E+05
1,13	7,30E+05	1,2796	8,23E+05
1,18	7,85E+05	1,3265	8,27E+05
1,22	8,49E+05	1,3735	8,17E+05
1,27	8,92E+05	1,4204	7,97E+05
1,31	9,05E+05	1,4673	7,68E+05
1,36	8,96E+05	1,5143	7,34E+05
1,40	8,75E+05	1,5612	6,95E+05
1,44	8,44E+05	1,6082	6,56E+05
1,49	8,08E+05	1,6551	6,15E+05
1,53	7,66E+05	1,702	5,77E+05
1,58	7,24E+05	1,749	5,40E+05
1,62	6,82E+05	1,7959	5,03E+05
1,67	6,40E+05	1,8429	4,70E+05
1,71	6,00E+05	1,8898	4,39E+05
1,76	5,61E+05	1,9367	4,11E+05
1,80	5,25E+05	1,9837	3,85E+05
1,85	4,91E+05	2,0306	3,61E+05
1,89	4,58E+05	2,0776	3,38E+05
1,94	4,29E+05	2,1245	3,17E+05
1,98	4,02E+05	2,1714	2,98E+05

Πίνακας 13 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{33}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		Mazarakos	
rad/s	B33	rad/s	B33
0,10	3,01E+02	0,20	2,17E+03
0,15	8,26E+02	0,25	3,25E+03
0,19	1,81E+03	0,29	4,74E+03
0,23	3,14E+03	0,34	6,57E+03
0,28	4,74E+03	0,39	8,41E+03
0,32	6,50E+03	0,43	9,95E+03
0,37	8,24E+03	0,48	1,10E+04
0,41	9,80E+03	0,53	1,15E+04
0,46	1,10E+04	0,58	1,16E+04
0,50	1,18E+04	0,62	1,10E+04
0,55	1,21E+04	0,67	1,03E+04
0,59	1,19E+04	0,72	8,97E+03
0,64	1,13E+04	0,76	8,01E+03
0,68	1,04E+04	0,81	6,24E+03
0,73	9,21E+03	0,86	5,12E+03
0,77	7,91E+03	0,90	3,96E+03
0,82	6,60E+03	0,95	2,66E+03
0,86	5,35E+03	1,00	2,22E+03
0,91	4,21E+03	1,04	1,49E+03
0,95	3,23E+03	1,09	6,84E+02
1,00	2,42E+03	1,14	5,41E+02
1,04	1,76E+03	1,19	6,43E+02
1,09	1,26E+03	1,23	1,10E+02
1,13	8,74E+02	1,28	-4,66E+01
1,18	5,94E+02	1,33	9,26E+01
1,22	4,01E+02	1,37	1,51E+02
1,27	2,67E+02	1,42	9,02E+00
1,31	1,73E+02	1,47	-1,89E+01
1,36	1,10E+02	1,51	2,80E+01
1,40	6,83E+01	1,56	9,50E+01
1,44	4,21E+01	1,61	5,16E+01
1,49	2,55E+01	1,66	3,73E+01
1,53	1,53E+01	1,70	3,66E+01
1,58	9,02E+00	1,75	4,36E+01
1,62	5,22E+00	1,80	3,68E+01
1,67	2,97E+00	1,84	2,46E+01
1,71	1,61E+00	1,89	2,72E+01
1,76	8,43E-01	1,94	1,65E+01
1,80	3,90E-01	1,98	5,84E+00
1,85	1,49E-01	2,03	2,22E+00
1,89	4,77E-02	2,08	1,03E-01

1,94	4,52E-02	2,12	8,66E-01
1,98	1,36E-01	2,17	6,11E+00

Πίνακας 14 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{44}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		Mazarakos	
rad/s	B44	rad/s	B44
0,10	9,78E-02	0,20	1,52E+01
0,15	1,01E+00	0,25	5,49E+01
0,19	7,56E+00	0,29	1,92E+02
0,23	3,85E+01	0,34	6,32E+02
0,28	1,52E+02	0,39	1,90E+03
0,32	5,07E+02	0,43	5,12E+03
0,37	1,47E+03	0,48	1,25E+04
0,41	3,85E+03	0,53	2,83E+04
0,46	9,23E+03	0,58	5,98E+04
0,50	2,05E+04	0,62	1,19E+05
0,55	4,29E+04	0,67	2,23E+05
0,59	8,45E+04	0,72	4,00E+05
0,64	1,58E+05	0,76	6,84E+05
0,68	2,83E+05	0,81	1,12E+06
0,73	4,84E+05	0,86	1,76E+06
0,77	7,97E+05	0,90	2,65E+06
0,82	1,26E+06	0,95	3,86E+06
0,86	1,92E+06	1,00	5,37E+06
0,91	2,83E+06	1,04	7,23E+06
0,95	4,03E+06	1,09	9,38E+06
1,00	5,53E+06	1,14	1,18E+07
1,04	7,34E+06	1,19	1,42E+07
1,09	9,42E+06	1,23	1,67E+07
1,13	1,17E+07	1,28	1,90E+07
1,18	1,41E+07	1,33	2,11E+07
1,22	1,67E+07	1,37	2,29E+07
1,27	1,92E+07	1,42	2,43E+07
1,31	2,13E+07	1,47	2,54E+07
1,36	2,30E+07	1,51	2,61E+07
1,40	2,45E+07	1,56	2,65E+07
1,44	2,56E+07	1,61	2,66E+07
1,49	2,63E+07	1,66	2,64E+07
1,53	2,68E+07	1,70	2,62E+07
1,58	2,70E+07	1,75	2,57E+07
1,62	2,70E+07	1,80	2,51E+07
1,67	2,68E+07	1,84	2,44E+07
1,71	2,64E+07	1,89	2,37E+07

1,76	2,59E+07	1,94	2,29E+07
1,80	2,53E+07	1,98	2,21E+07
1,85	2,47E+07	2,03	2,12E+07
1,89	2,39E+07	2,08	2,04E+07
1,94	2,31E+07	2,12	1,96E+07
1,98	2,24E+07	2,17	1,88E+07

Πίνακας 15 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{55}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		Mazarakos	
rad/s	B55	rad/s	B55
0,10	9,77E-02	0,20	1,52E+01
0,15	1,01E+00	0,25	5,49E+01
0,19	7,56E+00	0,29	1,92E+02
0,23	3,85E+01	0,34	6,32E+02
0,28	1,52E+02	0,39	1,90E+03
0,32	5,07E+02	0,43	5,12E+03
0,37	1,47E+03	0,48	1,25E+04
0,41	3,85E+03	0,53	2,83E+04
0,46	9,23E+03	0,58	5,98E+04
0,50	2,05E+04	0,62	1,19E+05
0,55	4,29E+04	0,67	2,23E+05
0,59	8,45E+04	0,72	4,00E+05
0,64	1,58E+05	0,76	6,84E+05
0,68	2,83E+05	0,81	1,12E+06
0,73	4,84E+05	0,86	1,76E+06
0,77	7,97E+05	0,90	2,65E+06
0,82	1,26E+06	0,95	3,86E+06
0,86	1,92E+06	1,00	5,37E+06
0,91	2,83E+06	1,04	7,23E+06
0,95	4,03E+06	1,09	9,38E+06
1,00	5,53E+06	1,14	1,18E+07
1,04	7,34E+06	1,19	1,42E+07
1,09	9,42E+06	1,23	1,67E+07
1,13	1,17E+07	1,28	1,90E+07
1,18	1,41E+07	1,33	2,11E+07
1,22	1,67E+07	1,37	2,29E+07
1,27	1,92E+07	1,42	2,43E+07
1,31	2,13E+07	1,47	2,54E+07
1,36	2,30E+07	1,51	2,61E+07
1,40	2,45E+07	1,56	2,65E+07
1,44	2,56E+07	1,61	2,66E+07
1,49	2,63E+07	1,66	2,64E+07

1,53	2,68E+07	1,70	2,62E+07
1,58	2,70E+07	1,75	2,57E+07
1,62	2,70E+07	1,80	2,51E+07
1,67	2,68E+07	1,84	2,44E+07
1,71	2,64E+07	1,89	2,37E+07
1,76	2,59E+07	1,94	2,29E+07
1,80	2,53E+07	1,98	2,21E+07
1,85	2,47E+07	2,03	2,12E+07
1,89	2,39E+07	2,08	2,04E+07
1,94	2,31E+07	2,12	1,96E+07
1,98	2,24E+07	2,17	1,88E+07

Πίνακας 17 Απεικόνιση αποτελεσμάτων RAO για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση surge, , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Surge (m/m)				
0,10	2,2716	1,6063	0	1,6063	2,2716
0,15	1,6166	1,1431	0	1,1431	1,6166
0,19	1,2941	0,9151	0	0,9151	1,2941
0,23	1,0477	0,7409	0	0,7409	1,0477
0,28	0,9785	0,6919	0	0,6919	0,9785
0,32	0,9158	0,6476	0	0,6476	0,9158
0,37	0,8735	0,6176	0	0,6176	0,8735
0,41	0,8389	0,5932	0	0,5932	0,8389
0,46	0,8066	0,5704	0	0,5704	0,8066
0,50	0,7734	0,5469	0	0,5469	0,7734
0,55	0,7391	0,5226	0	0,5226	0,7391
0,59	0,704	0,4978	0	0,4978	0,704
0,64	0,6684	0,4727	0	0,4726	0,6684
0,68	0,6327	0,4474	0	0,4474	0,6327
0,73	0,5971	0,4222	0	0,4222	0,5971
0,77	0,562	0,3974	0	0,3974	0,562
0,82	0,5276	0,373	0	0,373	0,5276
0,86	0,494	0,3493	0	0,3493	0,494
0,91	0,4615	0,3264	0	0,3264	0,4615
0,95	0,4302	0,3042	0	0,3042	0,4302
1,00	0,4002	0,283	0	0,283	0,4002
1,04	0,3715	0,2627	0	0,2627	0,3715
1,09	0,3442	0,2434	0	0,2434	0,3442
1,13	0,3182	0,225	0	0,225	0,3182
1,18	0,2937	0,2076	0	0,2076	0,2937
1,22	0,2701	0,191	0	0,191	0,2701

1,27	0,2479	0,1753	0	0,1753	0,2479
1,31	0,2273	0,1607	0	0,1607	0,2273
1,36	0,208	0,1471	0	0,1471	0,208
1,40	0,1899	0,1343	0	0,1343	0,1899
1,44	0,173	0,1224	0	0,1224	0,173
1,49	0,1573	0,1113	0	0,1113	0,1573
1,53	0,1428	0,101	0	0,101	0,1428
1,58	0,1293	0,0914	0	0,0914	0,1293
1,62	0,1169	0,0826	0	0,0826	0,1169
1,67	0,1054	0,0746	0	0,0746	0,1054
1,71	0,095	0,0672	0	0,0672	0,095
1,76	0,0855	0,0605	0	0,0605	0,0855
1,80	0,0769	0,0544	0	0,0544	0,0769
1,85	0,0691	0,0489	0	0,0489	0,0691
1,89	0,0621	0,0439	0	0,0439	0,0621
1,94	0,0558	0,0394	0	0,0394	0,0558
1,98	0,0501	0,0354	0	0,0354	0,0501

Πίνακας 18 Απεικόνιση αποτελεσμάτων RAO για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση sway, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Sway (m/m)				
0,10	0	1,6063	2,2716	1,6063	0
0,15	0	1,1431	1,6166	1,1431	0
0,19	0	0,9151	1,2941	0,9151	0
0,23	0	0,7409	1,0477	0,7409	0
0,28	0	0,6919	0,9785	0,6919	0
0,32	0	0,6476	0,9158	0,6476	0
0,37	0	0,6176	0,8735	0,6176	0
0,41	0	0,5932	0,8389	0,5932	0
0,46	0	0,5704	0,8066	0,5704	0
0,50	0	0,5469	0,7734	0,5469	0
0,55	0	0,5226	0,7391	0,5226	0
0,59	0	0,4978	0,704	0,4978	0
0,64	0	0,4726	0,6684	0,4726	0
0,68	0	0,4474	0,6327	0,4474	0
0,73	0	0,4222	0,5971	0,4222	0
0,77	0	0,3974	0,562	0,3974	0
0,82	0	0,373	0,5276	0,373	0
0,86	0	0,3493	0,494	0,3493	0
0,91	0	0,3264	0,4615	0,3264	0
0,95	0	0,3042	0,4302	0,3042	0

1,00	0	0,283	0,4002	0,283	0
1,04	0	0,2627	0,3715	0,2627	0
1,09	0	0,2434	0,3442	0,2434	0
1,13	0	0,225	0,3182	0,225	0
1,18	0	0,2076	0,2937	0,2076	0
1,22	0	0,191	0,2701	0,191	0
1,27	0	0,1753	0,2479	0,1753	0
1,31	0	0,1607	0,2273	0,1607	0
1,36	0	0,1471	0,208	0,1471	0
1,40	0	0,1343	0,1899	0,1343	0
1,44	0	0,1224	0,173	0,1224	0
1,49	0	0,1113	0,1573	0,1113	0
1,53	0	0,101	0,1428	0,101	0
1,58	0	0,0914	0,1293	0,0914	0
1,62	0	0,0826	0,1169	0,0826	0
1,67	0	0,0746	0,1054	0,0746	0
1,71	0	0,0672	0,095	0,0672	0
1,76	0	0,0605	0,0855	0,0605	0
1,80	0	0,0544	0,0769	0,0544	0
1,85	0	0,0489	0,0691	0,0489	0
1,89	0	0,0439	0,0621	0,0439	0
1,94	0	0,0394	0,0558	0,0394	0
1,98	0	0,0354	0,0501	0,0354	0

Πίνακας 19 Απεικόνιση αποτελεσμάτων RAO για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση heave, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Heave (m/m)				
0,10	1,0014	1,0014	1,0014	1,0014	1,0014
0,15	1,0033	1,0033	1,0033	1,0033	1,0033
0,19	1,0064	1,0064	1,0064	1,0064	1,0064
0,23	1,0118	1,0118	1,0118	1,0118	1,0118
0,28	1,0212	1,0212	1,0212	1,0212	1,0212
0,32	1,0377	1,0377	1,0377	1,0377	1,0377
0,37	1,0663	1,0663	1,0663	1,0663	1,0663
0,41	1,114	1,114	1,114	1,114	1,114
0,46	1,1997	1,1997	1,1997	1,1997	1,1997
0,50	1,3539	1,3539	1,3539	1,3539	1,3539
0,55	1,6678	1,6678	1,6678	1,6678	1,6678
0,59	2,5123	2,5123	2,5123	2,5123	2,5123
0,64	9,0948	9,0948	9,0948	9,0948	9,0948
0,68	3,2308	3,2308	3,2308	3,2308	3,2308

0,73	1,111	1,111	1,111	1,111	1,111
0,77	0,5748	0,5748	0,5748	0,5748	0,5748
0,82	0,3413	0,3413	0,3413	0,3413	0,3413
0,86	0,2166	0,3413	0,2166	0,2166	0,2166
0,91	0,1427	0,3413	0,1427	0,1427	0,1427
0,95	0,0961	0,3413	0,0961	0,0961	0,0961
1,00	0,0657	0,0657	0,0657	0,0657	0,0657
1,04	0,0453	0,0453	0,0453	0,0453	0,0453
1,09	0,0313	0,0313	0,0313	0,0313	0,0313
1,13	0,0217	0,0217	0,0217	0,0217	0,0217
1,18	0,0151	0,0151	0,0151	0,0151	0,0151
1,22	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105	0,0105
1,27	0,0073	0,0073	0,0073	0,0073	0,0073
1,31	0,0051	0,0051	0,0051	0,0051	0,0051
1,36	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
1,40	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024	0,0024
1,44	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
1,49	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012
1,53	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008
1,58	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
1,62	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
1,67	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
1,71	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
1,76	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
1,80	0	0	0	0	0
1,85	0	0	0	0	0
1,89	0	0	0	0	0
1,94	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001
1,98	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001

Πίνακας 20 Απεικόνιση αποτελεσμάτων RAO για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση roll, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Roll (°/m)				
0,10	0	0,1318	0,1864	0,1318	0
0,15	0	0,3101	0,4385	0,3101	0
0,19	0,0001	1,0052	1,4215	1,0052	0,0001
0,23	0,0003	5,8214	8,233	5,8218	0,0003
0,28	0,0001	1,3427	1,8988	1,3427	0,0001
0,32	0	1,0144	1,4345	1,0144	0
0,37	0	0,9488	1,3418	0,9488	0
0,41	0,0001	0,9607	1,3587	0,9607	0,0001
0,46	0,0001	1,0008	1,4154	1,0008	0,0001
0,50	0,0001	1,0558	1,4931	1,0558	0,0001

0,55	0,0001	1,1171	1,5799	1,1171	0,0001
0,59	0,0002	1,1801	1,669	1,1801	0,0002
0,64	0,0008	1,2419	1,7562	1,2419	0,0008
0,68	0,0003	1,2997	1,838	1,2997	0,0003
0,73	0,0001	1,3522	1,9123	1,3522	0,0001
0,77	0,0001	1,3982	1,9773	1,3982	0,0001
0,82	0	1,4365	2,0315	1,4365	0
0,86	0	1,4666	2,074	1,4666	0
0,91	0	1,4879	2,1042	1,4879	0
0,95	0	1,5003	2,1217	1,5003	0
1,00	0	1,5037	2,1266	1,5037	0
1,04	0	1,4983	2,1189	1,4983	0
1,09	0	1,4843	2,0991	1,4843	0
1,13	0	1,462	2,0676	1,462	0
1,18	0	1,4321	2,0253	1,4321	0
1,22	0	1,3921	1,9687	1,3921	0
1,27	0	1,3463	1,9039	1,3463	0
1,31	0	1,2966	1,8336	1,2966	0
1,36	0	1,2429	1,7578	1,2429	0
1,40	0	1,1853	1,6763	1,1853	0
1,44	0	1,1249	1,5908	1,1249	0
1,49	0	1,0621	1,5021	1,0621	0
1,53	0	0,9983	1,4118	0,9983	0
1,58	0	0,9339	1,3207	0,9339	0
1,62	0	0,8699	1,2301	0,8699	0
1,67	0	0,8071	1,1413	0,8071	0
1,71	0	0,7462	1,0552	0,7462	0
1,76	0	0,6878	0,9726	0,6878	0
1,80	0	0,632	0,8938	0,632	0
1,85	0	0,5795	0,8194	0,5795	0
1,89	0	0,5305	0,7502	0,5305	0
1,94	0	0,4847	0,6855	0,4847	0
1,98	0	0,4423	0,6255	0,4423	0

Πίνακας 21 Απεικόνιση αποτελεσμάτων RAO για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση pitch, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Pitch (°/m)				
0,10	0,1864	0,1318	0	0,1318	0,1864
0,15	0,4385	0,3101	0	0,3101	0,4385
0,19	1,4215	1,0052	0	1,0052	1,4215
0,23	8,2327	5,8213	0,0001	5,8214	8,2327

0,28	1,8988	1,3427	0	1,3427	1,8988
0,32	1,4345	1,0144	0	1,0144	1,4345
0,37	1,3418	0,9488	0	0,9488	1,3418
0,41	1,3587	0,9607	0	0,9607	1,3587
0,46	1,4154	1,0008	0	1,0008	1,4154
0,50	1,4931	1,0558	0	1,0558	1,4931
0,55	1,5799	1,1171	0	1,1171	1,5799
0,59	1,669	1,1801	0,0001	1,1801	1,669
0,64	1,756	1,2417	0,0002	1,2418	1,7561
0,68	1,838	1,2996	0,0001	1,2997	1,838
0,73	1,9123	1,3522	0	1,3522	1,9123
0,77	1,9773	1,3982	0	1,3982	1,9773
0,82	2,0315	1,4365	0	1,4365	2,0315
0,86	2,074	1,4666	0	1,4666	2,074
0,91	2,1042	1,4879	0	1,4879	2,1042
0,95	2,1217	1,5003	0	1,5003	2,1217
1,00	2,1266	1,5037	0	1,5037	2,1266
1,04	2,1189	1,4983	0	1,4983	2,1189
1,09	2,0991	1,4843	0	1,4843	2,0991
1,13	2,0676	1,462	0	1,462	2,0676
1,18	2,0253	1,4321	0	1,4321	2,0253
1,22	1,9687	1,3921	0	1,3921	1,9687
1,27	1,9039	1,3463	0	1,3463	1,9039
1,31	1,8336	1,2966	0	1,2966	1,8336
1,36	1,7578	1,2429	0	1,2429	1,7578
1,40	1,6763	1,1853	0	1,1853	1,6763
1,44	1,5908	1,1249	0	1,1249	1,5908
1,49	1,5021	1,0621	0	1,0621	1,5021
1,53	1,4118	0,9983	0	0,9983	1,4118
1,58	1,3207	0,9339	0	0,9339	1,3207
1,62	1,2301	0,8699	0	0,8699	1,2301
1,67	1,1413	0,8071	0	0,8071	1,1413
1,71	1,0552	0,7462	0	0,7462	1,0552
1,76	0,9726	0,6878	0	0,6878	0,9726
1,80	0,8938	0,632	0	0,632	0,8938
1,85	0,8194	0,5795	0	0,5795	0,8194
1,89	0,7502	0,5305	0	0,5305	0,7502
1,94	0,6855	0,4847	0	0,4847	0,6855
1,98	0,6255	0,4423	0	0,4423	0,6255

Πίνακας 22 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω δυνάμεων έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση surge με τη μέθοδο Near Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fxd [N/m ²]				
0,10	5,26E-04	9,66E-04	1,82E-04	1,04E-03	4,61E-04
0,15	-2,35E-03	-2,01E-03	-7,10E-04	1,84E-03	-1,17E-03
0,19	-1,74E-03	-3,34E-03	-2,69E-03	-1,50E-03	-1,08E-03
0,23	5,30E-02	-5,07E-02	3,46E-03	1,13E-01	5,52E-02
0,28	4,08E-03	-9,45E-03	-4,84E-03	5,54E-03	8,70E-03
0,32	-1,13E-03	-6,23E-03	-2,32E-03	5,88E-03	-6,05E-04
0,37	1,60E-02	-1,73E-03	1,11E-02	-1,67E-03	-1,01E-02
0,41	6,37E-02	3,64E-02	1,69E-03	-5,34E-02	-8,56E-02
0,46	4,47E-01	2,81E-01	-1,18E-02	-3,16E-01	-4,63E-01
0,50	2,98E+00	2,05E+00	-3,30E-02	-2,10E+00	-3,02E+00
0,55	2,03E+01	1,43E+01	-1,08E-01	-1,45E+01	-2,05E+01
0,59	1,89E+02	1,33E+02	-4,25E-01	-1,34E+02	-1,89E+02
0,64	9,27E+03	6,55E+03	-9,47E+00	-6,57E+03	-9,29E+03
0,68	4,08E+03	2,88E+03	-1,93E+00	-2,89E+03	-4,08E+03
0,73	1,58E+03	1,12E+03	-3,89E-01	-1,12E+03	-1,58E+03
0,77	1,31E+03	9,26E+02	-1,16E-01	-9,26E+02	-1,31E+03
0,82	1,37E+03	9,66E+02	-7,24E-02	-9,66E+02	-1,37E+03
0,86	1,56E+03	1,11E+03	-5,70E-02	-1,11E+03	-1,56E+03
0,91	1,87E+03	1,32E+03	-2,73E-02	-1,32E+03	-1,87E+03
0,95	2,27E+03	1,60E+03	-2,35E-02	-1,60E+03	-2,27E+03
1,00	2,77E+03	1,96E+03	-4,99E-04	-1,96E+03	-2,77E+03
1,04	3,36E+03	2,38E+03	-2,65E-02	-2,38E+03	-3,36E+03
1,09	4,06E+03	2,87E+03	-6,65E-03	-2,87E+03	-4,06E+03
1,13	4,86E+03	3,44E+03	4,36E-03	-3,44E+03	-4,86E+03
1,18	5,77E+03	4,08E+03	-2,93E-03	-4,08E+03	-5,77E+03
1,22	6,72E+03	4,75E+03	4,98E-03	-4,75E+03	-6,72E+03
1,27	7,77E+03	5,49E+03	-1,46E-02	-5,49E+03	-7,77E+03
1,31	8,94E+03	6,32E+03	8,60E-04	-6,32E+03	-8,94E+03
1,36	1,02E+04	7,23E+03	-5,42E-03	-7,23E+03	-1,02E+04
1,40	1,16E+04	8,20E+03	-1,03E-02	-8,20E+03	-1,16E+04
1,44	1,31E+04	9,25E+03	3,83E-03	-9,25E+03	-1,31E+04
1,49	1,47E+04	1,04E+04	4,68E-03	-1,04E+04	-1,47E+04
1,53	1,64E+04	1,16E+04	-9,28E-03	-1,16E+04	-1,64E+04
1,58	1,81E+04	1,28E+04	-8,99E-04	-1,28E+04	-1,81E+04
1,62	2,00E+04	1,41E+04	9,49E-03	-1,41E+04	-2,00E+04
1,67	2,18E+04	1,54E+04	-4,12E-03	-1,54E+04	-2,18E+04
1,71	2,36E+04	1,67E+04	-7,28E-03	-1,67E+04	-2,36E+04
1,76	2,53E+04	1,79E+04	1,46E-02	-1,79E+04	-2,53E+04
1,80	2,68E+04	1,89E+04	3,75E-02	-1,89E+04	-2,68E+04
1,85	2,79E+04	1,97E+04	3,48E-02	-1,97E+04	-2,79E+04

Πίνακας 23 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω δυνάμεων έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση pitch με τη μέθοδο Near Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fyd [N/m ²]				
0,10	-3,56E-04	-1,88E-04	-1,60E-03	-7,60E-04	-1,90E-04
0,15	1,28E-04	-2,11E-03	-7,87E-04	-2,61E-03	6,26E-04
0,19	-1,69E-04	-8,02E-04	-8,51E-03	-6,00E-03	-1,57E-04
0,23	-2,29E-02	-8,24E-02	-1,81E-01	-1,27E-01	-2,05E-02
0,28	-8,31E-04	-7,97E-03	-1,26E-02	-4,89E-03	-3,28E-03
0,32	4,91E-03	4,63E-03	-7,35E-03	-6,12E-03	3,65E-03
0,37	1,33E-02	1,09E-02	1,26E-02	1,22E-02	1,59E-02
0,41	3,06E-02	6,58E-02	6,94E-02	5,18E-02	2,70E-02
0,46	7,04E-02	3,85E-01	4,87E-01	3,63E-01	6,94E-02
0,50	1,47E-01	2,22E+00	3,09E+00	2,22E+00	1,51E-01
0,55	3,90E-01	1,48E+01	2,07E+01	1,48E+01	3,99E-01
0,59	1,49E+00	1,35E+02	1,90E+02	1,35E+02	1,49E+00
0,64	3,13E+01	6,59E+03	9,31E+03	6,59E+03	3,14E+01
0,68	6,18E+00	2,89E+03	4,09E+03	2,89E+03	6,22E+00
0,73	1,15E+00	1,12E+03	1,58E+03	1,12E+03	1,14E+00
0,77	4,64E-01	9,26E+02	1,31E+03	9,26E+02	4,66E-01
0,82	2,59E-01	9,66E+02	1,37E+03	9,66E+02	2,64E-01
0,86	1,66E-01	1,11E+03	1,57E+03	1,11E+03	1,70E-01
0,91	1,23E-01	1,32E+03	1,87E+03	1,32E+03	1,19E-01
0,95	8,86E-02	1,60E+03	2,27E+03	1,60E+03	9,04E-02
1,00	7,82E-02	1,96E+03	2,77E+03	1,96E+03	6,73E-02
1,04	5,41E-02	2,38E+03	3,36E+03	2,38E+03	4,98E-02
1,09	4,58E-02	2,87E+03	4,06E+03	2,87E+03	4,46E-02
1,13	3,80E-02	3,44E+03	4,86E+03	3,44E+03	3,40E-02
1,18	2,92E-02	4,08E+03	5,77E+03	4,08E+03	2,24E-02
1,22	3,90E-02	4,75E+03	6,72E+03	4,75E+03	3,20E-02
1,27	3,12E-02	5,49E+03	7,77E+03	5,49E+03	1,57E-02
1,31	2,83E-02	6,32E+03	8,94E+03	6,32E+03	6,49E-03
1,36	1,79E-02	7,23E+03	1,02E+04	7,23E+03	3,51E-03
1,40	1,40E-02	8,20E+03	1,16E+04	8,20E+03	8,38E-03
1,44	1,11E-02	9,25E+03	1,31E+04	9,25E+03	6,12E-03
1,49	1,88E-02	1,04E+04	1,47E+04	1,04E+04	-7,52E-03
1,53	6,89E-03	1,16E+04	1,64E+04	1,16E+04	9,99E-03
1,58	1,06E-02	1,28E+04	1,81E+04	1,28E+04	1,20E-02
1,62	1,27E-02	1,41E+04	2,00E+04	1,41E+04	8,66E-03
1,67	3,52E-03	1,54E+04	2,18E+04	1,54E+04	1,54E-02
1,71	4,62E-03	1,67E+04	2,36E+04	1,67E+04	1,68E-02
1,76	3,58E-03	1,79E+04	2,53E+04	1,79E+04	7,11E-03
1,80	1,43E-03	1,89E+04	2,68E+04	1,89E+04	1,28E-02
1,85	5,39E-03	1,97E+04	2,79E+04	1,97E+04	1,58E-02
1,89	-7,49E-03	2,03E+04	2,87E+04	2,03E+04	3,05E-02
1,94	-1,80E-02	2,06E+04	2,91E+04	2,06E+04	4,26E-02
1,98	-2,15E-02	2,06E+04	2,91E+04	2,06E+04	2,82E-02

Πίνακας 24 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω δυνάμεων έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση heave με τη μέθοδο Near Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fzd [N/m ²]				
0,10	1,19E+03	1,19E+03	1,19E+03	1,19E+03	1,19E+03
0,15	1,39E+03	1,39E+03	1,39E+03	1,39E+03	1,39E+03
0,19	1,40E+03	1,40E+03	1,40E+03	1,40E+03	1,40E+03
0,23	4,72E+03	4,72E+03	4,72E+03	4,72E+03	4,72E+03
0,28	4,08E+03	4,08E+03	4,08E+03	4,08E+03	4,08E+03
0,32	4,92E+03	4,92E+03	4,92E+03	4,92E+03	4,92E+03
0,37	6,16E+03	6,16E+03	6,16E+03	6,16E+03	6,16E+03
0,41	7,75E+03	7,75E+03	7,75E+03	7,75E+03	7,75E+03
0,46	9,85E+03	9,85E+03	9,85E+03	9,85E+03	9,85E+03
0,50	1,29E+04	1,29E+04	1,29E+04	1,29E+04	1,29E+04
0,55	1,86E+04	1,86E+04	1,86E+04	1,86E+04	1,86E+04
0,59	3,64E+04	3,64E+04	3,64E+04	3,64E+04	3,64E+04
0,64	3,83E+05	3,83E+05	3,83E+05	3,83E+05	3,83E+05
0,68	5,01E+04	5,01E+04	5,01E+04	5,01E+04	5,01E+04
0,73	1,26E+04	1,26E+04	1,26E+04	1,26E+04	1,26E+04
0,77	1,00E+04	1,00E+04	1,00E+04	1,00E+04	1,00E+04
0,82	1,01E+04	1,01E+04	1,01E+04	1,01E+04	1,01E+04
0,86	1,05E+04	1,05E+04	1,05E+04	1,05E+04	1,05E+04
0,91	1,09E+04	1,09E+04	1,09E+04	1,09E+04	1,09E+04
0,95	1,13E+04	1,13E+04	1,13E+04	1,13E+04	1,13E+04
1,00	1,15E+04	1,15E+04	1,15E+04	1,15E+04	1,15E+04
1,04	1,16E+04	1,16E+04	1,16E+04	1,16E+04	1,16E+04
1,09	1,16E+04	1,16E+04	1,16E+04	1,16E+04	1,16E+04
1,13	1,15E+04	1,15E+04	1,15E+04	1,15E+04	1,15E+04
1,18	1,12E+04	1,12E+04	1,12E+04	1,12E+04	1,12E+04
1,22	1,08E+04	1,08E+04	1,08E+04	1,08E+04	1,08E+04
1,27	1,04E+04	1,04E+04	1,04E+04	1,04E+04	1,04E+04
1,31	9,83E+03	9,83E+03	9,83E+03	9,83E+03	9,83E+03
1,36	9,25E+03	9,25E+03	9,25E+03	9,25E+03	9,25E+03
1,40	8,61E+03	8,61E+03	8,61E+03	8,61E+03	8,61E+03
1,44	7,94E+03	7,94E+03	7,94E+03	7,94E+03	7,94E+03
1,49	7,26E+03	7,26E+03	7,26E+03	7,26E+03	7,26E+03
1,53	6,58E+03	6,58E+03	6,58E+03	6,58E+03	6,58E+03
1,58	5,90E+03	5,90E+03	5,90E+03	5,90E+03	5,90E+03
1,62	5,26E+03	5,26E+03	5,26E+03	5,26E+03	5,26E+03
1,67	4,65E+03	4,65E+03	4,65E+03	4,65E+03	4,65E+03
1,71	4,08E+03	4,08E+03	4,08E+03	4,08E+03	4,08E+03
1,76	3,56E+03	3,56E+03	3,56E+03	3,56E+03	3,56E+03
1,80	3,09E+03	3,09E+03	3,09E+03	3,09E+03	3,09E+03
1,85	2,68E+03	2,68E+03	2,68E+03	2,68E+03	2,68E+03
1,89	2,31E+03	2,31E+03	2,31E+03	2,31E+03	2,31E+03
1,94	1,98E+03	1,98E+03	1,98E+03	1,98E+03	1,98E+03
1,98	1,70E+03	1,70E+03	1,70E+03	1,70E+03	1,70E+03

Πίνακας 25 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω δυνάμεων έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση roll με τη μέθοδο Near Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Mxd [Nm/m ²]				
0,10	2,13E-03	3,29E-03	9,03E-04	-5,89E-04	3,77E-03
0,15	8,74E-03	3,87E-03	3,15E-03	4,43E-03	7,94E-03
0,19	5,72E-02	1,20E-02	-3,60E-02	-1,07E-02	5,85E-02
0,23	4,39E-01	-1,25E+00	-4,28E+00	-2,60E+00	4,71E-01
0,28	-6,80E-02	-2,28E-01	-4,56E-01	-3,09E-01	-9,02E-02
0,32	-1,36E-01	-3,34E-01	-5,51E-01	-4,24E-01	-1,41E-01
0,37	-2,77E-01	-1,13E+00	-1,68E+00	-1,24E+00	-2,78E-01
0,41	-5,55E-01	-5,09E+00	-7,19E+00	-5,23E+00	-5,58E-01
0,46	-1,15E+00	-2,89E+01	-4,07E+01	-2,91E+01	-1,15E+00
0,50	-2,54E+00	-1,57E+02	-2,21E+02	-1,57E+02	-2,54E+00
0,55	-6,58E+00	-9,17E+02	-1,29E+03	-9,17E+02	-6,54E+00
0,59	-2,49E+01	-7,34E+03	-1,04E+04	-7,35E+03	-2,50E+01
0,64	-5,31E+02	-3,15E+05	-4,46E+05	-3,15E+05	-5,36E+02
0,68	-1,07E+02	-1,22E+05	-1,73E+05	-1,22E+05	-1,08E+02
0,73	-2,01E+01	-4,21E+04	-5,95E+04	-4,21E+04	-2,02E+01
0,77	-8,42E+00	-3,14E+04	-4,44E+04	-3,14E+04	-8,46E+00
0,82	-4,57E+00	-2,96E+04	-4,19E+04	-2,96E+04	-4,72E+00
0,86	-2,78E+00	-3,10E+04	-4,38E+04	-3,10E+04	-2,95E+00
0,91	-1,89E+00	-3,41E+04	-4,82E+04	-3,41E+04	-2,01E+00
0,95	-1,26E+00	-3,83E+04	-5,42E+04	-3,83E+04	-1,34E+00
1,00	-8,50E-01	-4,36E+04	-6,16E+04	-4,36E+04	-9,00E-01
1,04	-5,35E-01	-4,97E+04	-7,03E+04	-4,97E+04	-6,40E-01
1,09	-3,38E-01	-5,67E+04	-8,02E+04	-5,67E+04	-4,01E-01
1,13	-1,51E-01	-6,45E+04	-9,12E+04	-6,45E+04	-2,03E-01
1,18	-7,97E-02	-7,30E+04	-1,03E+05	-7,30E+04	-7,32E-02
1,22	5,17E-02	-8,15E+04	-1,15E+05	-8,15E+04	-9,99E-03
1,27	9,28E-02	-9,06E+04	-1,28E+05	-9,06E+04	1,31E-01
1,31	1,47E-01	-1,01E+05	-1,43E+05	-1,01E+05	1,51E-01
1,36	1,81E-01	-1,12E+05	-1,58E+05	-1,12E+05	3,11E-01
1,40	1,40E-01	-1,23E+05	-1,75E+05	-1,23E+05	2,97E-01
1,44	1,92E-01	-1,36E+05	-1,92E+05	-1,36E+05	3,34E-01
1,49	2,52E-01	-1,49E+05	-2,10E+05	-1,49E+05	3,13E-01
1,53	3,33E-01	-1,63E+05	-2,30E+05	-1,63E+05	2,49E-01
1,58	2,41E-01	-1,77E+05	-2,51E+05	-1,77E+05	2,28E-01
1,62	3,67E-01	-1,92E+05	-2,72E+05	-1,92E+05	8,58E-02

1,67	2,49E-01	-2,07E+05	-2,93E+05	-2,07E+05	1,77E-01
1,71	3,32E-01	-2,22E+05	-3,14E+05	-2,22E+05	9,28E-02
1,76	4,13E-01	-2,36E+05	-3,33E+05	-2,36E+05	1,53E-02
1,80	3,86E-01	-2,47E+05	-3,50E+05	-2,47E+05	-7,54E-02
1,85	4,09E-01	-2,57E+05	-3,63E+05	-2,57E+05	-1,30E-01
1,89	4,89E-01	-2,63E+05	-3,72E+05	-2,63E+05	-2,40E-01
1,94	3,99E-01	-2,67E+05	-3,77E+05	-2,67E+05	-1,99E-01
1,98	4,44E-01	-2,68E+05	-3,78E+05	-2,68E+05	-2,47E-01

Πίνακας 26 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω των δυνάμεων έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση pitch με τη μέθοδο Near Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Myd [Nm/m ²]				
0,10	-3,30E-03	-1,18E-04	-1,23E-03	-6,26E-05	-2,29E-03
0,15	-3,90E-03	6,26E-03	-3,64E-03	-4,12E-03	-3,40E-04
0,19	-1,27E-02	4,59E-02	1,21E-02	-4,69E-02	-1,46E-02
0,23	-1,24E+00	1,85E+00	1,70E-02	-2,90E+00	-1,36E+00
0,28	-8,59E-02	1,25E-01	-3,14E-02	-2,54E-01	-1,49E-01
0,32	2,82E-02	1,54E-01	-5,84E-02	-3,52E-01	-2,96E-01
0,37	8,95E-01	7,62E-01	-9,00E-02	-1,05E+00	-1,28E+00
0,41	5,90E+00	4,36E+00	-2,05E-01	-4,77E+00	-6,51E+00
0,46	3,84E+01	2,74E+01	-3,87E-01	-2,83E+01	-3,94E+01
0,50	2,17E+02	1,53E+02	-7,90E-01	-1,56E+02	-2,19E+02
0,55	1,28E+03	9,08E+02	-2,24E+00	-9,13E+02	-1,29E+03
0,59	1,03E+04	7,31E+03	-8,23E+00	-7,33E+03	-1,04E+04
0,64	4,45E+05	3,15E+05	-1,69E+02	-3,15E+05	-4,45E+05
0,68	1,73E+05	1,22E+05	-3,43E+01	-1,22E+05	-1,73E+05
0,73	5,95E+04	4,21E+04	-6,20E+00	-4,21E+04	-5,95E+04
0,77	4,44E+04	3,14E+04	-2,41E+00	-3,14E+04	-4,44E+04
0,82	4,19E+04	2,96E+04	-1,39E+00	-2,96E+04	-4,19E+04
0,86	4,38E+04	3,10E+04	-8,89E-01	-3,10E+04	-4,38E+04
0,91	4,82E+04	3,41E+04	-5,13E-01	-3,41E+04	-4,82E+04
0,95	5,42E+04	3,83E+04	-3,70E-01	-3,83E+04	-5,42E+04
1,00	6,16E+04	4,36E+04	-2,54E-01	-4,36E+04	-6,16E+04
1,04	7,03E+04	4,97E+04	-2,29E-01	-4,97E+04	-7,03E+04
1,09	8,02E+04	5,67E+04	-7,57E-02	-5,67E+04	-8,02E+04

1,13	9,12E+04	6,45E+04	-1,23E-01	-6,45E+04	-9,12E+04
1,18	1,03E+05	7,30E+04	-2,39E-02	-7,30E+04	-1,03E+05
1,22	1,15E+05	8,15E+04	-5,42E-02	-8,15E+04	-1,15E+05
1,27	1,28E+05	9,06E+04	-1,19E-01	-9,06E+04	-1,28E+05
1,31	1,43E+05	1,01E+05	-5,61E-02	-1,01E+05	-1,43E+05
1,36	1,58E+05	1,12E+05	6,22E-02	-1,12E+05	-1,58E+05
1,40	1,75E+05	1,23E+05	1,21E-01	-1,23E+05	-1,75E+05
1,44	1,92E+05	1,36E+05	1,75E-02	-1,36E+05	-1,92E+05
1,49	2,10E+05	1,49E+05	2,84E-02	-1,49E+05	-2,10E+05
1,53	2,30E+05	1,63E+05	1,38E-01	-1,63E+05	-2,30E+05
1,58	2,51E+05	1,77E+05	7,25E-02	-1,77E+05	-2,51E+05
1,62	2,72E+05	1,92E+05	1,02E-01	-1,92E+05	-2,72E+05
1,67	2,93E+05	2,07E+05	1,23E-01	-2,07E+05	-2,93E+05
1,71	3,14E+05	2,22E+05	2,47E-01	-2,22E+05	-3,14E+05
1,76	3,33E+05	2,36E+05	3,85E-01	-2,36E+05	-3,33E+05
1,80	3,50E+05	2,47E+05	2,39E-01	-2,47E+05	-3,50E+05
1,85	3,63E+05	2,57E+05	4,35E-01	-2,57E+05	-3,63E+05
1,89	3,72E+05	2,63E+05	4,72E-01	-2,63E+05	-3,72E+05
1,94	3,77E+05	2,67E+05	3,98E-01	-2,67E+05	-3,77E+05
1,98	3,78E+05	2,68E+05	3,62E-01	-2,68E+05	-3,78E+05

Πίνακας 27 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω δυνάμεων έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση surge με τη μέθοδο Far Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fxd [N/m ²]				
0,10	3,94E-03	-3,80E-03	-6,99E-10	6,41E-03	4,38E-03
0,15	8,04E-03	-1,10E-02	-2,17E-09	1,96E-02	8,26E-03
0,19	3,35E-02	-3,71E-02	-8,28E-09	7,10E-02	3,29E-02
0,23	-2,12E-01	2,47E-01	5,63E-08	-4,64E-01	-2,15E-01
0,28	-5,62E-02	6,21E-02	1,37E-08	-1,19E-01	-5,49E-02
0,32	-4,33E-02	5,31E-02	7,29E-09	-9,58E-02	-4,55E-02
0,37	-4,40E-02	5,91E-02	-1,44E-08	-1,07E-01	-5,38E-02
0,41	-1,09E-02	9,10E-02	-7,20E-08	-1,43E-01	-9,12E-02

0,46	2,83E-01	3,16E-01	-6,89E-07	-3,79E-01	-4,09E-01
0,50	2,43E+00	1,86E+00	-2,20E-06	-1,93E+00	-2,57E+00
0,55	1,82E+01	1,30E+01	-1,23E-05	-1,31E+01	-1,84E+01
0,59	1,77E+02	1,25E+02	-3,26E-05	-1,25E+02	-1,77E+02
0,64	8,94E+03	6,32E+03	-9,94E-04	-6,32E+03	-8,94E+03
0,68	4,01E+03	2,83E+03	1,49E-04	-2,83E+03	-4,01E+03
0,73	1,57E+03	1,11E+03	3,07E-05	-1,11E+03	-1,57E+03
0,77	1,32E+03	9,31E+02	5,42E-05	-9,31E+02	-1,32E+03
0,82	1,38E+03	9,78E+02	1,34E-04	-9,78E+02	-1,38E+03
0,86	1,59E+03	1,13E+03	3,86E-04	-1,13E+03	-1,59E+03
0,91	1,91E+03	1,35E+03	3,59E-04	-1,35E+03	-1,91E+03
0,95	2,33E+03	1,64E+03	-1,27E-05	-1,64E+03	-2,33E+03
1,00	2,84E+03	2,01E+03	3,08E-04	-2,01E+03	-2,84E+03
1,04	3,46E+03	2,45E+03	1,03E-03	-2,45E+03	-3,46E+03
1,09	4,19E+03	2,96E+03	-6,17E-04	-2,96E+03	-4,19E+03
1,13	5,03E+03	3,55E+03	4,14E-04	-3,55E+03	-5,03E+03
1,18	5,97E+03	4,22E+03	9,62E-04	-4,22E+03	-5,97E+03
1,22	6,92E+03	4,90E+03	9,40E-04	-4,90E+03	-6,92E+03
1,27	7,97E+03	5,64E+03	-1,51E-04	-5,64E+03	-7,97E+03
1,31	9,17E+03	6,49E+03	1,45E-03	-6,49E+03	-9,17E+03
1,36	1,05E+04	7,44E+03	2,06E-04	-7,44E+03	-1,05E+04
1,40	1,20E+04	8,47E+03	1,08E-03	-8,47E+03	-1,20E+04
1,44	1,35E+04	9,58E+03	2,57E-03	-9,58E+03	-1,35E+04
1,49	1,52E+04	1,08E+04	1,90E-03	-1,08E+04	-1,52E+04
1,53	1,71E+04	1,21E+04	-9,64E-04	-1,21E+04	-1,71E+04
1,58	1,90E+04	1,34E+04	-2,16E-03	-1,34E+04	-1,90E+04
1,62	2,10E+04	1,49E+04	-4,13E-04	-1,49E+04	-2,10E+04
1,67	2,31E+04	1,63E+04	3,09E-03	-1,63E+04	-2,31E+04
1,71	2,52E+04	1,78E+04	-7,81E-04	-1,78E+04	-2,52E+04
1,76	2,71E+04	1,92E+04	7,48E-04	-1,92E+04	-2,71E+04
1,80	2,89E+04	2,04E+04	2,70E-03	-2,04E+04	-2,89E+04
1,85	3,03E+04	2,14E+04	4,03E-03	-2,14E+04	-3,03E+04
1,89	3,13E+04	2,21E+04	-3,01E-03	-2,21E+04	-3,13E+04
1,94	3,21E+04	2,27E+04	-4,67E-04	-2,27E+04	-3,21E+04
1,98	3,24E+04	2,29E+04	6,30E-05	-2,29E+04	-3,24E+04

Πίνακας 28 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω δυνάμεων έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση sway με τη μέθοδο Far Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fyd [N/m ²]				
0,10	1,88E-04	-1,43E-04	-2,17E-04	-1,35E-04	-1,97E-04
0,15	6,14E-04	2,03E-04	3,16E-05	-8,15E-04	5,00E-04
0,19	8,78E-04	-1,21E-03	-2,39E-03	-1,72E-03	7,56E-05
0,23	-1,62E-02	-6,14E-02	-1,42E-01	-9,65E-02	-1,39E-02
0,28	1,23E-03	-3,71E-03	-7,29E-03	-6,25E-03	1,42E-03
0,32	2,07E-03	8,73E-03	1,22E-03	4,30E-03	5,74E-03
0,37	1,14E-02	1,35E-02	4,19E-03	8,63E-03	1,41E-02
0,41	2,38E-02	6,29E-02	7,62E-02	6,06E-02	2,48E-02
0,46	7,01E-02	3,73E-01	4,99E-01	3,60E-01	6,52E-02
0,50	1,46E-01	2,24E+00	3,09E+00	2,22E+00	1,63E-01
0,55	4,00E-01	1,48E+01	2,07E+01	1,48E+01	4,01E-01
0,59	1,48E+00	1,35E+02	1,90E+02	1,35E+02	1,48E+00
0,64	3,13E+01	6,59E+03	9,31E+03	6,59E+03	3,13E+01
0,68	6,20E+00	2,89E+03	4,09E+03	2,89E+03	6,21E+00
0,73	1,13E+00	1,12E+03	1,58E+03	1,12E+03	1,15E+00
0,77	4,72E-01	9,26E+02	1,31E+03	9,26E+02	4,69E-01
0,82	2,65E-01	9,66E+02	1,37E+03	9,66E+02	2,60E-01
0,86	1,64E-01	1,11E+03	1,56E+03	1,11E+03	1,63E-01
0,91	1,11E-01	1,32E+03	1,87E+03	1,32E+03	1,23E-01
0,95	9,04E-02	1,60E+03	2,27E+03	1,60E+03	8,68E-02
1,00	6,33E-02	1,96E+03	2,77E+03	1,96E+03	6,78E-02
1,04	5,39E-02	2,38E+03	3,36E+03	2,38E+03	5,56E-02
1,09	6,22E-02	2,87E+03	4,06E+03	2,87E+03	3,30E-02
1,13	4,68E-02	3,44E+03	4,86E+03	3,44E+03	3,53E-02
1,18	3,48E-02	4,08E+03	5,77E+03	4,08E+03	3,55E-02
1,22	3,07E-02	4,75E+03	6,72E+03	4,75E+03	3,18E-02
1,27	2,62E-02	5,49E+03	7,77E+03	5,49E+03	9,55E-03
1,31	2,93E-02	6,32E+03	8,94E+03	6,32E+03	1,38E-02
1,36	1,20E-02	7,22E+03	1,02E+04	7,22E+03	9,62E-03
1,40	1,57E-02	8,20E+03	1,16E+04	8,20E+03	-4,33E-03

1,44	2,37E-02	9,25E+03	1,31E+04	9,25E+03	2,54E-03
1,49	1,18E-02	1,04E+04	1,47E+04	1,04E+04	3,56E-03
1,53	1,13E-02	1,16E+04	1,63E+04	1,16E+04	5,93E-03
1,58	3,34E-03	1,28E+04	1,81E+04	1,28E+04	8,30E-04
1,62	4,24E-03	1,41E+04	2,00E+04	1,41E+04	6,64E-03
1,67	6,74E-03	1,54E+04	2,18E+04	1,54E+04	1,30E-02
1,71	6,38E-03	1,67E+04	2,36E+04	1,67E+04	1,38E-02
1,76	1,50E-02	1,79E+04	2,53E+04	1,79E+04	1,83E-03
1,80	-4,96E-04	1,89E+04	2,68E+04	1,89E+04	2,24E-02
1,85	9,39E-03	1,97E+04	2,79E+04	1,97E+04	3,43E-02
1,89	-5,57E-03	2,03E+04	2,87E+04	2,03E+04	2,12E-02
1,94	-1,15E-02	2,06E+04	2,91E+04	2,06E+04	3,15E-02
1,98	-1,69E-04	2,06E+04	2,91E+04	2,06E+04	3,85E-02

Πίνακας 29 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω ροπών έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση yaw με τη μέθοδο Far Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Mzd [Nm/m ²]				
0,10	5,12E-04	5,29E-04	5,02E-04	4,93E-04	5,18E-04
0,15	1,01E-03	9,26E-04	1,05E-03	1,07E-03	1,11E-03
0,19	2,83E-03	1,86E-03	1,91E-03	2,82E-03	2,84E-03
0,23	6,26E-02	1,66E-02	2,79E-02	7,34E-02	6,12E-02
0,28	1,01E-02	8,46E-03	9,01E-03	1,18E-02	1,08E-02
0,32	1,38E-02	1,45E-02	1,44E-02	1,45E-02	1,39E-02
0,37	2,50E-02	2,63E-02	2,56E-02	2,49E-02	2,47E-02
0,41	4,51E-02	4,88E-02	5,01E-02	4,53E-02	4,44E-02
0,46	8,69E-02	9,81E-02	9,62E-02	8,73E-02	8,62E-02
0,50	1,84E-01	2,04E-01	2,01E-01	1,82E-01	1,81E-01
0,55	4,60E-01	4,92E-01	4,83E-01	4,42E-01	4,40E-01
0,59	1,70E+00	1,76E+00	1,71E+00	1,58E+00	1,55E+00
0,64	3,59E+01	3,60E+01	3,41E+01	3,16E+01	3,02E+01
0,68	7,35E+00	7,16E+00	6,56E+00	5,91E+00	5,39E+00
0,73	1,43E+00	1,37E+00	1,20E+00	9,93E-01	8,35E-01
0,77	6,40E-01	6,23E-01	5,08E-01	3,58E-01	2,61E-01
0,82	3,85E-01	3,84E-01	2,99E-01	1,61E-01	7,66E-02
0,86	2,71E-01	2,93E-01	2,08E-01	7,06E-02	-1,95E-03
0,91	2,13E-01	2,47E-01	1,67E-01	2,49E-02	-4,13E-02

0,95	1,72E-01	2,08E-01	1,45E-01	-6,57E-03	-6,11E-02
1,00	1,43E-01	1,89E-01	1,32E-01	-1,33E-02	-7,52E-02
1,04	1,24E-01	1,88E-01	1,21E-01	-2,25E-02	-7,54E-02
1,09	1,07E-01	1,67E-01	1,21E-01	-2,97E-02	-7,87E-02
1,13	9,50E-02	1,69E-01	1,15E-01	-2,13E-02	-7,09E-02
1,18	8,05E-02	1,58E-01	1,11E-01	-3,70E-02	-6,37E-02
1,22	6,82E-02	1,34E-01	1,10E-01	-3,70E-02	-5,97E-02
1,27	5,50E-02	1,04E-01	1,03E-01	-4,54E-02	-5,20E-02
1,31	4,59E-02	1,13E-01	9,69E-02	-1,73E-02	-4,23E-02
1,36	3,86E-02	1,02E-01	9,05E-02	-1,37E-02	-3,62E-02
1,40	2,70E-02	8,78E-02	8,62E-02	-1,84E-02	-2,95E-02
1,44	2,20E-02	1,07E-01	8,05E-02	-2,66E-02	-2,30E-02
1,49	1,74E-02	9,29E-02	7,18E-02	-1,34E-02	-1,71E-02
1,53	1,55E-02	6,59E-02	7,15E-02	-1,58E-02	-1,10E-02
1,58	8,47E-03	5,59E-02	6,53E-02	-2,12E-02	-1,15E-02
1,62	8,03E-03	4,94E-02	5,61E-02	-1,26E-02	-8,49E-03
1,67	5,71E-03	5,39E-02	4,81E-02	-1,41E-02	-4,06E-03
1,71	2,37E-03	4,29E-02	4,78E-02	-1,09E-02	1,76E-03
1,76	3,19E-03	3,53E-02	4,24E-02	-7,46E-03	2,63E-03
1,80	3,69E-03	4,02E-02	3,97E-02	-1,08E-02	3,68E-03
1,85	1,42E-03	3,56E-02	2,40E-02	-7,34E-03	6,43E-04
1,89	-9,13E-03	2,23E-02	2,92E-02	-1,54E-02	1,05E-03
1,94	-2,30E-03	2,26E-02	2,17E-02	-9,28E-03	5,29E-03
1,98	1,05E-03	8,49E-03	2,33E-02	-1,10E-02	1,14E-02

Αποτελέσματα barge DNV

Πίνακας 30 Απεικόνιση δυνάμεων διέγερσης για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση surge, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fx [N/m]				
0,1	8,02E+05	5,69E+05	8,70E-01	5,69E+05	8,02E+05
0,2	1,71E+06	1,22E+06	1,30E+00	1,22E+06	1,71E+06
0,3	2,81E+06	2,06E+06	1,21E+00	2,06E+06	2,81E+06
0,4	3,70E+06	2,95E+06	2,04E-01	2,95E+06	3,70E+06
0,5	3,48E+06	3,50E+06	4,67E-01	3,50E+06	3,48E+06
0,6	2,00E+06	3,54E+06	1,63E+00	3,54E+06	2,00E+06
0,7	2,09E+06	2,62E+06	1,43E+00	2,62E+06	2,09E+06
0,8	3,34E+06	1,09E+06	2,10E+00	1,09E+06	3,34E+06
0,9	2,33E+06	2,73E+06	1,32E+00	2,73E+06	2,33E+06
1	3,36E+06	2,88E+06	1,29E+00	2,88E+06	3,36E+06
1,1	2,72E+06	1,57E+06	9,35E-01	1,57E+06	2,72E+06
1,2	2,94E+06	1,71E+06	8,35E-01	1,71E+06	2,94E+06
1,3	2,45E+06	1,32E+06	3,25E-01	1,32E+06	2,45E+06
1,4	1,98E+06	1,02E+06	2,74E-01	1,02E+06	1,98E+06
1,5	1,90E+06	7,15E+05	1,18E-01	7,15E+05	1,90E+06
1,6	1,91E+06	4,06E+05	6,23E-01	4,06E+05	1,91E+06
1,7	1,89E+06	8,75E+04	6,19E-01	8,75E+04	1,89E+06
1,8	1,71E+06	2,62E+05	8,79E-01	2,62E+05	1,71E+06
1,9	1,49E+06	3,13E+05	3,34E-01	3,13E+05	1,49E+06
2	1,36E+06	2,63E+05	4,76E-01	2,63E+05	1,36E+06

Πίνακας 31 Απεικόνιση δυνάμεων διέγερσης για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση sway, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fy [N/m]				
0,1	3,75E-01	8,39E+05	1,19E+06	8,39E+05	6,48E-01
0,2	8,47E+00	1,86E+06	2,65E+06	1,86E+06	7,89E+00
0,3	1,25E+00	3,35E+06	4,87E+06	3,35E+06	1,75E+00
0,4	1,22E+00	5,41E+06	8,34E+06	5,41E+06	1,58E+00
0,5	3,75E+00	7,21E+06	1,26E+07	7,21E+06	3,05E+00
0,6	1,87E+00	7,15E+06	1,59E+07	7,15E+06	3,03E+00
0,7	8,92E-01	4,50E+06	1,72E+07	4,50E+06	5,66E-01
0,8	6,59E-01	6,82E+05	1,71E+07	6,82E+05	1,52E+00
0,9	3,14E-01	2,74E+06	1,60E+07	2,74E+06	1,60E+00
1	1,65E-01	2,96E+06	1,47E+07	2,96E+06	1,09E+00

1,1	1,60E+00	1,15E+06	1,34E+07	1,15E+06	2,40E+00
1,2	1,32E-01	1,08E+06	1,23E+07	1,08E+06	8,01E-01
1,3	7,26E-01	1,56E+06	1,14E+07	1,56E+06	1,19E+00
1,4	4,48E-01	2,64E+05	1,04E+07	2,64E+05	2,77E-01
1,5	1,25E-01	8,42E+05	9,46E+06	8,42E+05	6,07E-01
1,6	1,48E-01	2,86E+05	8,94E+06	2,86E+05	7,91E-01
1,7	2,33E-01	3,81E+05	8,09E+06	3,81E+05	1,82E-01
1,8	1,06E-01	7,73E+04	7,32E+06	7,73E+04	5,49E-01
1,9	1,44E-01	3,73E+05	6,63E+06	3,73E+05	2,50E-01
2	1,89E-01	1,76E+05	6,64E+06	1,76E+05	3,45E-01

Πίνακας 32 Απεικόνιση δυνάμεων διέγερσης για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση heave, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fz [N/m]				
0,1	3,99E+07	4,00E+07	4,01E+07	4,00E+07	3,99E+07
0,2	3,55E+07	3,59E+07	3,62E+07	3,59E+07	3,55E+07
0,3	2,88E+07	2,97E+07	3,07E+07	2,97E+07	2,88E+07
0,4	2,10E+07	2,33E+07	2,57E+07	2,33E+07	2,10E+07
0,5	1,31E+07	1,76E+07	2,28E+07	1,76E+07	1,31E+07
0,6	5,00E+06	1,16E+07	2,08E+07	1,16E+07	5,00E+06
0,7	2,05E+06	5,60E+06	1,78E+07	5,60E+06	2,05E+06
0,8	2,77E+06	1,45E+06	1,46E+07	1,45E+06	2,77E+06
0,9	1,54E+06	2,08E+06	1,18E+07	2,08E+06	1,54E+06
1	1,56E+06	2,19E+06	9,04E+06	2,19E+06	1,56E+06
1,1	1,41E+06	1,21E+06	6,81E+06	1,21E+06	1,41E+06
1,2	1,13E+06	7,21E+05	5,12E+06	7,21E+05	1,13E+06
1,3	8,61E+05	7,80E+05	3,85E+06	7,80E+05	8,61E+05
1,4	7,61E+05	3,36E+05	2,90E+06	3,36E+05	7,61E+05
1,5	4,80E+05	2,93E+05	2,15E+06	2,93E+05	4,80E+05
1,6	3,94E+05	1,10E+05	1,51E+06	1,10E+05	3,94E+05
1,7	3,15E+05	7,17E+04	8,21E+05	7,17E+04	3,15E+05
1,8	2,18E+05	1,58E+04	1,07E+06	1,58E+04	2,18E+05
1,9	1,28E+05	6,96E+04	6,11E+05	6,96E+04	1,28E+05
2	9,42E+04	2,25E+04	3,83E+05	2,25E+04	9,42E+04

Πίνακας 33 Απεικόνιση ροπών διέγερσης για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση roll, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Mx [Nm/m]				
0,1	1,72E+01	5,93E+06	8,40E+06	5,93E+06	4,67E+00
0,2	2,05E+01	1,28E+07	1,83E+07	1,28E+07	2,12E+01
0,3	1,68E+01	2,20E+07	3,22E+07	2,20E+07	1,29E+01

0,4	6,01E+00	3,33E+07	5,18E+07	3,33E+07	4,22E+00
0,5	3,01E+00	4,05E+07	7,26E+07	4,05E+07	7,49E+00
0,6	2,39E+00	3,52E+07	8,41E+07	3,52E+07	2,83E+00
0,7	5,47E+00	1,75E+07	8,25E+07	1,75E+07	3,14E+00
0,8	1,84E+00	4,17E+06	7,40E+07	4,17E+06	3,36E+00
0,9	2,23E+00	1,13E+07	6,23E+07	1,13E+07	3,09E+00
1	7,25E-01	6,67E+06	5,10E+07	6,67E+06	1,46E+00
1,1	4,65E+00	1,50E+06	4,11E+07	1,50E+06	1,18E+00
1,2	7,90E-01	4,67E+06	3,24E+07	4,67E+06	4,36E-01
1,3	3,54E+00	2,85E+06	2,50E+07	2,85E+06	4,77E-01
1,4	9,10E+00	2,42E+06	1,83E+07	2,42E+06	7,18E+00
1,5	4,96E+00	2,86E+06	1,59E+07	2,86E+06	3,59E+00
1,6	2,88E-01	1,01E+06	1,25E+07	1,01E+06	9,00E-01
1,7	8,29E-01	1,14E+06	1,04E+07	1,14E+06	1,05E+00
1,8	5,69E-01	6,50E+05	8,85E+06	6,50E+05	6,30E-01
1,9	9,30E-01	6,55E+05	7,45E+06	6,55E+05	1,18E+00
2	1,06E+00	2,07E+05	3,00E+06	2,07E+05	2,09E+00

Πίνακας 34 Απεικόνιση ροπών διέγερσης για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση pitch, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	My [Nm/m]				
0,1	1,45E+08	1,03E+08	3,50E+02	1,03E+08	1,45E+08
0,2	3,01E+08	2,14E+08	2,28E+02	2,14E+08	3,01E+08
0,3	4,75E+08	3,42E+08	6,28E+01	3,42E+08	4,75E+08
0,4	6,08E+08	4,56E+08	3,80E+01	4,56E+08	6,08E+08
0,5	6,08E+08	4,98E+08	2,16E+02	4,98E+08	6,08E+08
0,6	4,81E+08	4,79E+08	1,65E+02	4,79E+08	4,81E+08
0,7	2,64E+08	4,29E+08	8,98E+01	4,29E+08	2,64E+08
0,8	9,60E+07	2,99E+08	5,84E+01	2,99E+08	9,60E+07
0,9	1,26E+08	1,36E+08	1,87E+02	1,36E+08	1,26E+08
1	8,73E+07	6,48E+07	1,46E+02	6,48E+07	8,73E+07
1,1	7,79E+07	8,59E+07	1,12E+02	8,59E+07	7,79E+07
1,2	6,51E+07	6,16E+07	2,18E+01	6,16E+07	6,51E+07
1,3	5,44E+07	2,14E+07	6,82E+01	2,14E+07	5,44E+07
1,4	2,61E+07	1,92E+07	4,50E+01	1,92E+07	2,61E+07
1,5	2,56E+07	1,60E+07	2,85E+01	1,60E+07	2,56E+07
1,6	2,24E+07	6,64E+06	2,62E+01	6,64E+06	2,24E+07
1,7	1,59E+07	2,35E+06	2,44E+01	2,35E+06	1,59E+07
1,8	1,35E+07	2,58E+06	3,90E+01	2,58E+06	1,35E+07
1,9	1,04E+07	1,16E+06	2,99E+01	1,16E+06	1,04E+07
2	7,52E+06	1,87E+06	5,38E+01	1,87E+06	7,52E+06

Πίνακας 35 Απεικόνιση ροπών διέγερσης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση γων, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Mz [Nm/m]				
0,1	1,49E+01	1,80E+06	2,08E+01	1,80E+06	3,19E+01
0,2	2,80E+01	8,89E+06	5,34E+01	8,89E+06	2,75E+01
0,3	2,33E+01	2,92E+07	4,39E+01	2,92E+07	2,40E+01
0,4	5,07E+01	8,12E+07	3,88E+01	8,12E+07	8,39E+01
0,5	3,87E+00	1,81E+08	4,03E+01	1,81E+08	4,94E+01
0,6	4,44E+01	3,16E+08	9,03E+01	3,16E+08	1,03E+02
0,7	2,10E+01	3,99E+08	6,14E+01	3,99E+08	8,32E+01
0,8	1,37E+02	3,35E+08	1,41E+02	3,35E+08	1,09E+02
0,9	1,19E+01	1,47E+08	1,17E+02	1,47E+08	8,48E+01
1	6,38E+01	5,23E+07	1,54E+02	5,23E+07	9,03E+01
1,1	7,62E+01	1,53E+08	2,70E+02	1,53E+08	4,30E+01
1,2	6,35E+00	1,19E+08	2,01E+02	1,19E+08	6,55E+01
1,3	2,27E+01	1,38E+07	2,32E+02	1,38E+07	1,95E+01
1,4	8,97E+01	7,87E+07	2,45E+02	7,87E+07	1,62E+02
1,5	3,23E+01	3,69E+07	1,77E+02	3,69E+07	5,52E+01
1,6	1,95E+01	2,71E+07	2,79E+02	2,71E+07	1,12E+01
1,7	6,77E+00	1,43E+07	2,73E+02	1,43E+07	2,71E+01
1,8	2,10E+00	2,61E+07	2,31E+02	2,61E+07	2,43E+01
1,9	2,00E+01	1,40E+07	2,81E+02	1,40E+07	6,02E+00
2	2,30E+00	2,32E+07	2,62E+02	2,32E+07	8,94E+00

Πίνακας 36 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών πρόσθετων μαζών (A_{11}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180°, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		MAZARAKOS	
ω (rad/s)	A11 [kg]	ω (rad/s)	A11 [kg]
0,1	3,17E+06	2,00E-01	3,39E+06
0,2	3,31E+06	3,80E-01	3,89E+06
0,3	3,58E+06	5,60E-01	3,57E+06
0,4	3,82E+06	7,40E-01	3,58E+06
0,5	3,68E+06	9,20E-01	2,73E+06
0,6	3,40E+06	1,10E+00	1,37E+06
0,7	3,47E+06	1,28E+00	4,76E+05
0,8	3,30E+06	1,46E+00	2,92E+05
0,9	2,76E+06	1,64E+00	3,90E+05
1	2,16E+06	1,82E+00	2,82E+05
1,1	1,36E+06	2,00E+00	3,93E+05
1,2	7,50E+05		
1,3	3,79E+05		
1,4	1,58E+05		

1,5	1,60E+05
1,6	3,08E+05
1,7	3,33E+05
1,8	3,24E+05
1,9	3,36E+05
2	3,75E+05

Πίνακας 37 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών πρόσθετων μαζών (A_{22}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		MAZARAKOS	
ω (rad/s)	A22 [kg]	ω (rad/s)	A22 [kg]
0,1	1,98E+07	2,00E-01	2,10E+07
0,2	2,07E+07	3,80E-01	2,55E+07
0,3	2,26E+07	5,60E-01	2,78E+07
0,4	2,58E+07	7,40E-01	1,63E+07
0,5	2,84E+07	9,20E-01	7,30E+06
0,6	2,59E+07	1,10E+00	3,17E+06
0,7	1,89E+07	1,28E+00	1,43E+06
0,8	1,29E+07	1,46E+00	1,43E+06
0,9	8,08E+06	1,64E+00	1,46E+06
1	4,84E+06	1,82E+00	1,53E+06
1,1	3,15E+06	2,00E+00	2,62E+06
1,2	1,84E+06		
1,3	1,27E+06		
1,4	8,45E+05		
1,5	1,63E+06		
1,6	1,30E+06		
1,7	1,40E+06		
1,8	1,58E+06		
1,9	1,80E+06		
2	1,84E+06		

Πίνακας 38 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών πρόσθετων μαζών (A_{33}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		MAZARAKOS	
ω (rad/s)	A33 [kg]	ω (rad/s)	A33 [kg]
0,1	1,07E+08	2,00E-01	9,98E+07
0,2	9,99E+07	3,80E-01	7,99E+07
0,3	9,16E+07	5,60E-01	5,33E+07
0,4	7,62E+07	7,40E-01	4,48E+07
0,5	6,02E+07	9,20E-01	4,58E+07
0,6	4,92E+07	1,10E+00	4,84E+07
0,7	4,49E+07	1,28E+00	5,61E+07

0,8	4,44E+07	1,46E+00	5,50E+07
0,9	4,53E+07	1,64E+00	5,61E+07
1	4,68E+07	1,82E+00	5,73E+07
1,1	4,85E+07	2,00E+00	5,77E+07
1,2	5,02E+07		
1,3	5,20E+07		
1,4	5,34E+07		
1,5	5,45E+07		
1,6	5,54E+07		
1,7	5,59E+07		
1,8	5,66E+07		
1,9	5,70E+07		
2	5,74E+07		

Πίνακας 39 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών πρόσθετων μαζών (A_{44}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		ΜΑΖΑΡΑΚΟΣ	
ω (rad/s)	A_{44} [kgm ²]	ω (rad/s)	A_{44} [kgm ²]
0,1	2,01E+09	2,00E-01	1,80E+09
0,2	2,03E+09	3,80E-01	1,82E+09
0,3	2,08E+09	5,60E-01	1,78E+09
0,4	2,16E+09	7,40E-01	1,72E+09
0,5	2,17E+09	9,20E-01	1,74E+09
0,6	2,02E+09	1,10E+00	1,75E+09
0,7	1,81E+09	1,28E+00	1,75E+09
0,8	1,68E+09	1,46E+00	1,69E+09
0,9	1,62E+09	1,64E+00	1,77E+09
1	1,61E+09	1,82E+00	1,75E+09
1,1	1,62E+09	2,00E+00	1,75E+09
1,2	1,64E+09		
1,3	1,66E+09		
1,4	1,67E+09		
1,5	1,71E+09		
1,6	1,71E+09		
1,7	1,72E+09		
1,8	1,73E+09		
1,9	1,73E+09		
2	1,74E+09		

Πίνακας 40 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών πρόσθετων μαζών (A55) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180°, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		ΜΑΖΑΡΑΚΟΣ	
ω (rad/s)	A55 [kgm ²]	ω (rad/s)	A55 [kgm ²]
0,1	8,64E+10	2,00E-01	8,85E+10
0,2	8,90E+10	3,80E-01	9,56E+10
0,3	9,40E+10	5,60E-01	8,05E+10
0,4	9,64E+10	7,40E-01	6,02E+10
0,5	8,88E+10	9,20E-01	5,62E+10
0,6	7,57E+10	1,10E+00	5,74E+10
0,7	6,35E+10	1,28E+00	6,21E+10
0,8	5,70E+10	1,46E+00	6,31E+10
0,9	5,59E+10	1,64E+00	6,45E+10
1	5,64E+10	1,82E+00	6,55E+10
1,1	5,73E+10	2,00E+00	6,60E+10
1,2	5,89E+10		
1,3	6,00E+10		
1,4	6,00E+10		
1,5	6,22E+10		
1,6	6,35E+10		
1,7	6,42E+10		
1,8	6,49E+10		
1,9	6,53E+10		
2	6,57E+10		

Πίνακας 41 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών πρόσθετων μαζών (A66) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180°, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		ΜΑΖΑΡΑΚΟΣ	
ω (rad/s)	A66 [kgm ²]	ω (rad/s)	A66 [kgm ²]
0,1	2,29E+10	2,00E-01	2,39E+10
0,2	2,35E+10	3,80E-01	2,70E+10
0,3	2,47E+10	5,60E-01	3,52E+10
0,4	2,70E+10	7,40E-01	2,88E+10
0,5	3,14E+10	9,20E-01	1,43E+10
0,6	3,64E+10	1,10E+00	6,32E+09
0,7	3,32E+10	1,28E+00	3,28E+09
0,8	2,14E+10	1,46E+00	3,28E+09
0,9	1,49E+10	1,64E+00	2,47E+09
1	1,03E+10	1,82E+00	2,33E+09
1,1	6,24E+09	2,00E+00	2,87E+09

1,2	4,99E+09
1,3	3,27E+09
1,4	2,18E+09
1,5	3,87E+09
1,6	2,33E+09
1,7	2,14E+09
1,8	2,45E+09
1,9	2,71E+09
2	2,61E+09

Πίνακας 42 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{11}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		MAZARAKOS 2020	
ω (rad/s)	B_{11} [kg/s]	ω (rad/s)	B_{11} [kg/s]
0,1	4,74E+02	2,00E-01	6,84E+03
0,2	6,68E+03	3,80E-01	2,05E+05
0,3	5,40E+04	5,60E-01	7,89E+05
0,4	2,57E+05	7,40E-01	1,42E+06
0,5	5,98E+05	9,20E-01	2,55E+06
0,6	8,52E+05	1,10E+00	3,27E+06
0,7	1,13E+06	1,28E+00	2,90E+06
0,8	1,85E+06	1,46E+00	2,26E+06
0,9	2,39E+06	1,64E+00	1,89E+06
1	3,05E+06	1,82E+00	1,60E+06
1,1	3,23E+06	2,00E+00	1,27E+06
1,2	3,14E+06		
1,3	2,81E+06		
1,4	1,96E+06		
1,5	2,04E+06		
1,6	1,95E+06		
1,7	1,85E+06		
1,8	1,70E+06		
1,9	1,49E+06		
2	1,30E+06		

Πίνακας 43 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{22}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		ΜΑΖΑΡΑΚΟΣ 2020	
ω (rad/s)	B22 [kg/s]	ω (rad/s)	B22 [kg/s]
0,1	1,03E+03	2,00E-01	1,60E+04
0,2	1,56E+04	3,80E-01	7,60E+05
0,3	1,51E+05	5,60E-01	7,64E+06
0,4	1,05E+06	7,40E-01	1,55E+07
0,5	4,24E+06	9,20E-01	1,74E+07
0,6	9,90E+06	1,10E+00	1,57E+07
0,7	1,44E+07	1,28E+00	1,35E+07
0,8	1,64E+07	1,46E+00	1,02E+07
0,9	1,73E+07	1,64E+00	9,08E+06
1	1,65E+07	1,82E+00	7,14E+06
1,1	1,57E+07	2,00E+00	3,14E+06
1,2	1,43E+07		
1,3	1,32E+07		
1,4	1,18E+07		
1,5	1,04E+07		
1,6	9,63E+06		
1,7	8,51E+06		
1,8	7,54E+06		
1,9	6,66E+06		
2	3,51E+06		

Πίνακας 44 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{33}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		ΜΑΖΑΡΑΚΟΣ 2020	
ω (rad/s)	B33 [kg/s]	ω (rad/s)	B33 [kg/s]
0,1	2,33E+06	2,00E-01	5,74E+06
0,2	5,76E+06	3,80E-01	1,68E+07
0,3	1,16E+07	5,60E-01	2,10E+07
0,4	1,80E+07	7,40E-01	1,52E+07
0,5	2,13E+07	9,20E-01	9,46E+06
0,6	2,03E+07	1,10E+00	5,12E+06
0,7	1,68E+07	1,28E+00	2,12E+06
0,8	1,33E+07	1,46E+00	6,84E+05
0,9	1,01E+07	1,64E+00	2,00E+05
1	7,27E+06	1,82E+00	1,47E+05

1,1	5,06E+06	2,00E+00	-
1,2	4,26E+06		
1,3	1,17E+06		
1,4	8,41E+05		
1,5	4,64E+05		
1,6	2,42E+05		
1,7	1,12E+05		
1,8	4,52E+04		
1,9	-6,45E+03		
2	9,63E+02		

Πίνακας 45 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{44}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		ΜΑΖΑΡΑΚΟΣ 2020	
ω (rad/s)	B_{44} [kgm ² /s]	ω (rad/s)	B_{44} [kgm ² /s]
0,1	5,20E+04	2,00E-01	2,53E+05
0,2	7,49E+05	3,80E-01	8,65E+06
0,3	6,64E+06	5,60E-01	4,81E+07
0,4	4,07E+07	7,40E-01	3,84E+07
0,5	1,40E+08	9,20E-01	1,28E+07
0,6	2,69E+08	1,10E+00	3,96E+06
0,7	3,16E+08	1,28E+00	1,31E+07
0,8	2,93E+08	1,46E+00	-5,51E+07
0,9	2,40E+08	1,64E+00	3,18E+07
1	1,78E+08	1,82E+00	2,85E+07
1,1	1,29E+08	2,00E+00	-5,36E+06
1,2	8,86E+07		
1,3	6,11E+07		
1,4	4,42E+07		
1,5	-6,48E+05		
1,6	1,13E+07		
1,7	1,05E+07		
1,8	9,13E+06		
1,9	7,75E+06		
2	-5,04E+06		

Πίνακας 46 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{55}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		ΜΑΖΑΡΑΚΟΣ 2020	
ω (rad/s)	B_{55} [kgm ² /s]	ω (rad/s)	B_{55} [kgm ² /s]
0,1	1,54E+07	2,00E-01	1,97E+08
0,2	2,04E+08	3,80E-01	4,91E+09
0,3	1,51E+09	5,60E-01	1,69E+10
0,4	6,48E+09	7,40E-01	1,85E+10
0,5	1,41E+10	9,20E-01	1,13E+10
0,6	1,95E+10	1,10E+00	6,30E+09
0,7	2,04E+10	1,28E+00	2,28E+09
0,8	1,67E+10	1,46E+00	1,02E+09
0,9	1,27E+10	1,64E+00	1,72E+08
1	9,51E+09	1,82E+00	-3,91E+07
1,1	6,81E+09	2,00E+00	5,36E+07
1,2	5,15E+09		
1,3	2,75E+09		
1,4	-3,22E+08		
1,5	6,91E+08		
1,6	4,19E+08		
1,7	2,19E+08		
1,8	1,19E+08		
1,9	6,47E+07		
2	3,45E+07		

Σχήμα 47 Συγκρίσεις μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{66}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

Αποτελέσματα		ΜΑΖΑΡΑΚΟΣ 2020	
ω (rad/s)	B_{66} [kgm ² /s]	ω (rad/s)	B_{66} [kgm ² /s]
0,1	2,39E+03	2,00E-01	1,86E+05
0,2	1,77E+05	3,80E-01	6,45E+07
0,3	5,59E+06	5,60E-01	3,21E+09
0,4	1,08E+08	7,40E-01	1,90E+10
0,5	1,07E+09	9,20E-01	2,18E+10
0,6	5,73E+09	1,10E+00	2,10E+10
0,7	1,55E+10	1,28E+00	1,89E+10
0,8	2,13E+10	1,46E+00	1,56E+10
0,9	2,14E+10	1,64E+00	1,34E+10
1	2,30E+10	1,82E+00	1,08E+10
1,1	2,09E+10	2,00E+00	7,75E+09
1,2	2,07E+10		
1,3	1,83E+10		

1,4	1,77E+10
1,5	1,54E+10
1,6	1,40E+10
1,7	1,27E+10
1,8	1,13E+10
1,9	9,88E+09
2	7,40E+09

Πίνακας 48 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω δυνάμεων έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση surge με τη μέθοδο Near Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fdx [N/m ²]				
0,1	-7,46E-03	4,62E-03	2,22E-03	-2,05E-03	-1,21E-02
0,2	6,69E-02	2,95E-02	-2,08E-03	-2,60E-02	-3,11E-02
0,3	1,01E+00	7,17E-01	-2,80E-02	-7,21E-01	-1,08E+00
0,4	9,60E+00	6,87E+00	-1,70E-02	-6,89E+00	-9,60E+00
0,5	-8,71E+00	3,25E+01	1,95E-02	3,24E+01	-8,66E+00
0,6	1,27E+04	3,19E+03	-2,23E-02	-3,19E+03	-1,27E+04
0,7	7,78E+04	4,95E+04	-7,77E-02	-4,95E+04	-7,78E+04
0,8	1,03E+05	1,56E+05	-2,70E-01	-1,56E+05	-1,03E+05
0,9	1,31E+05	9,96E+04	-1,68E-02	-9,96E+04	-1,31E+05
1	1,29E+05	8,90E+04	3,34E-03	-8,90E+04	-1,29E+05
1,1	1,55E+05	8,47E+04	-1,29E-01	-8,47E+04	-1,55E+05
1,2	1,55E+05	6,95E+04	6,44E-03	-6,95E+04	-1,55E+05
1,3	1,55E+05	7,28E+04	1,25E-01	-7,28E+04	-1,55E+05
1,4	1,30E+05	1,15E+04	6,92E-02	-1,15E+04	-1,30E+05
1,5	1,34E+05	8,24E+04	-7,44E-02	-8,24E+04	-1,34E+05
1,6	1,46E+05	7,13E+04	3,22E-02	-7,13E+04	-1,46E+05
1,7	1,50E+05	7,42E+04	-3,24E-02	-7,42E+04	-1,50E+05
1,8	1,54E+05	8,66E+04	-1,37E-01	-8,66E+04	-1,54E+05
1,9	1,42E+05	6,95E+04	-4,12E-02	-6,95E+04	-1,42E+05
2	1,43E+05	7,02E+04	-9,57E-02	-7,02E+04	-1,43E+05

Πίνακας 49 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω δυνάμεων έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση sway με τη μέθοδο Near Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fdy [N/m ²]				
0,1	-8,32E-03	-1,35E-02	-1,12E-02	-5,75E-04	-4,76E-03
0,2	6,75E-03	5,17E-02	-2,53E-03	3,16E-02	2,16E-02
0,3	-2,51E-02	5,96E-01	1,05E+00	5,43E-01	-9,95E-03
0,4	3,11E-02	6,25E+00	1,34E+01	6,25E+00	-3,77E-02
0,5	-1,60E-01	-1,02E+00	3,57E+01	-1,15E+00	-1,53E-01
0,6	-1,64E-01	1,78E+03	8,13E+02	1,78E+03	-8,13E-02
0,7	-7,10E-02	3,87E+04	1,08E+04	3,87E+04	7,78E-02
0,8	-1,15E-01	2,16E+05	-2,27E+05	2,16E+05	7,69E-03
0,9	-4,14E-02	3,46E+05	8,43E+05	3,46E+05	-1,42E-01
1	-1,59E-02	3,71E+05	6,14E+05	3,71E+05	4,09E-02
1,1	-2,51E-01	3,66E+05	5,89E+05	3,66E+05	-2,80E-02
1,2	8,54E-02	3,59E+05	5,78E+05	3,59E+05	6,33E-02
1,3	-1,85E-01	3,46E+05	5,99E+05	3,46E+05	-1,07E-01
1,4	9,56E-02	1,54E+05	5,98E+05	1,54E+05	2,62E-01
1,5	-1,25E-01	3,38E+05	5,91E+05	3,38E+05	-1,83E-01
1,6	-1,26E-01	3,37E+05	6,22E+05	3,37E+05	-1,02E-01
1,7	4,06E-01	3,08E+05	6,09E+05	3,08E+05	-1,70E-01
1,8	9,17E-02	3,26E+05	6,52E+05	3,26E+05	-2,91E-01
1,9	-9,75E-02	3,31E+05	6,43E+05	3,31E+05	-2,68E-01
2	5,65E-02	2,99E+05	4,57E+05	2,99E+05	-1,07E-01

Πίνακας 50 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω δυνάμεων έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση heave με τη μέθοδο Near Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fdz [N/m ²]				
0,1	7,81E+04	7,64E+04	7,41E+04	7,64E+04	7,81E+04
0,2	1,17E+05	1,19E+05	1,17E+05	1,19E+05	1,17E+05
0,3	1,75E+05	1,93E+05	1,95E+05	1,93E+05	1,75E+05
0,4	2,01E+05	2,83E+05	3,04E+05	2,83E+05	2,01E+05
0,5	1,25E+05	3,38E+05	4,19E+05	3,38E+05	1,25E+05
0,6	-4,11E+03	3,17E+05	5,15E+05	3,17E+05	-4,11E+03
0,7	-1,06E+05	1,78E+05	5,12E+05	1,78E+05	-1,06E+05
0,8	-1,57E+05	1,28E+05	6,50E+05	-1,28E+05	-1,57E+05
0,9	-1,66E+05	2,55E+05	2,94E+05	-2,55E+05	-1,66E+05

1	-1,18E+05	2,08E+05	5,15E+04	-2,08E+05	-1,18E+05
1,1	-9,19E+04	1,50E+05	1,11E+04	-1,50E+05	-9,19E+04
1,2	-5,91E+04	1,01E+05	-6,45E+03	-1,01E+05	-5,91E+04
1,3	-3,98E+04	6,53E+04	1,11E+04	-6,53E+04	-3,98E+04
1,4	-3,50E+04	1,98E+05	3,36E+03	-1,98E+05	-3,50E+04
1,5	-2,22E+04	3,40E+04	-1,07E+04	-3,40E+04	-2,22E+04
1,6	-1,10E+04	1,77E+04	8,02E+03	-1,77E+04	-1,10E+04
1,7	-6,47E+03	1,63E+04	3,77E+03	-1,63E+04	-6,47E+03
1,8	-3,66E+03	1,04E+04	-5,81E+03	-1,04E+04	-3,66E+03
1,9	-3,39E+03	4,46E+03	-7,48E+02	-4,46E+03	-3,39E+03
2	-1,10E+03	2,85E+03	-3,12E+04	-2,85E+03	-1,10E+03

Πίνακας 51 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω των ροπών έκπτωσης δεύτερης τάξης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση roll με τη μέθοδο Near Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Mdx [Nm/m ²]				
0,1	7,95E-02	1,14E-02	-1,99E+00	2,60E-01	4,00E-02
0,2	-1,75E-01	1,58E+00	-2,34E-01	1,75E+00	-1,14E-01
0,3	-1,25E-01	2,23E+01	-6,26E+01	2,21E+01	-5,12E-02
0,4	4,61E-02	3,10E+02	-8,86E+02	3,11E+02	4,09E-02
0,5	-2,93E-01	2,03E+03	1,24E+02	2,03E+03	-5,80E-01
0,6	-2,64E-01	4,60E+03	2,80E+04	-4,60E+03	-2,35E-01
0,7	-2,44E-01	1,99E+05	4,26E+05	-1,99E+05	-3,36E-01
0,8	-6,10E-01	1,59E+06	8,78E+06	-1,59E+06	-1,09E+00
0,9	-7,61E-01	2,45E+06	-1,29E+07	-2,45E+06	-1,22E+00
1	-1,16E-01	2,89E+06	-7,34E+06	-2,89E+06	-7,80E-01
1,1	-1,47E-01	3,27E+06	-5,76E+06	-3,27E+06	-6,87E-01
1,2	-4,65E-02	3,28E+06	-4,93E+06	-3,28E+06	-6,38E-01
1,3	-2,72E-01	3,23E+06	-4,48E+06	-3,23E+06	-5,93E-01
1,4	-4,34E-02	1,59E+06	-4,18E+06	-1,59E+06	-4,28E-01
1,5	-4,61E-02	2,97E+06	-3,36E+06	-2,97E+06	-7,16E-01
1,6	-8,56E-02	2,91E+06	-3,48E+06	-2,91E+06	-6,77E-01
1,7	-2,03E-02	2,63E+06	-3,26E+06	-2,63E+06	-3,42E-01
1,8	-2,10E-01	2,46E+06	-3,19E+06	-2,46E+06	-1,17E+00
1,9	-1,28E-01	2,43E+06	-3,06E+06	-2,43E+06	-1,24E+00
2	-3,91E-02	2,25E+06	-2,32E+06	-2,25E+06	-7,04E-01

Πίνακας 52 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω ροπών έκπτωσης δεύτερης τάξης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση pitch με τη μέθοδο Near Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Mdy [Nm/m ²]				
0,1	-2,91E+00	3,92E+00	6,41E-01	-3,61E+00	-2,80E+00
0,2	5,29E+00	4,90E+01	-8,82E-01	-5,01E+01	-6,09E+00
0,3	2,10E+02	9,51E+02	1,39E+00	-9,51E+02	-2,20E+02
0,4	3,14E+03	8,71E+03	4,45E+00	-8,70E+03	-3,13E+03
0,5	5,54E+04	1,82E+03	-7,72E+00	-1,80E+03	-5,54E+04
0,6	-2,65E+05	1,95E+05	-1,85E-01	1,95E+05	2,65E+05
0,7	-1,74E+06	2,53E+06	1,66E+01	2,53E+06	1,74E+06
0,8	-1,09E+06	4,93E+06	4,74E+00	4,93E+06	1,09E+06
0,9	-2,38E+06	5,99E+04	4,36E+00	5,99E+04	2,38E+06
1	-1,94E+06	1,22E+06	4,04E+00	-1,22E+06	1,94E+06
1,1	-9,31E+05	4,80E+05	9,38E+00	-4,80E+05	9,31E+05
1,2	-3,15E+05	2,27E+05	4,11E+00	2,27E+05	3,15E+05
1,3	-1,82E+05	9,31E+04	2,70E+00	9,31E+04	-1,82E+05
1,4	1,44E+05	9,72E+05	2,01E+00	-9,72E+05	-1,44E+05
1,5	5,85E+05	4,15E+05	6,08E-01	-4,15E+05	-5,85E+05
1,6	6,13E+05	3,57E+05	1,04E+00	-3,57E+05	-6,13E+05
1,7	6,35E+05	5,99E+05	5,12E-01	-5,99E+05	-6,35E+05
1,8	6,64E+05	5,77E+05	-1,36E-01	-5,77E+05	-6,64E+05
1,9	6,22E+05	4,75E+05	1,76E-01	-4,75E+05	-6,22E+05
2	6,20E+05	5,24E+05	-1,96E-01	-5,24E+05	-6,20E+05

Πίνακας 53 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω ροπών έκπτωσης δεύτερης τάξης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση yaw με τη μέθοδο Near Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Mdz [Nm/m ²]				
0,1	-1,28E-01	2,17E+03	-3,19E-03	-2,17E+03	-1,84E-01
0,2	5,71E-01	1,97E+04	2,02E-01	-1,97E+04	-4,35E-01
0,3	-1,27E+00	7,89E+04	1,52E-01	-7,89E+04	1,67E+00
0,4	4,63E-01	2,16E+05	1,08E-02	-2,16E+05	-8,91E-01
0,5	-3,63E-02	1,77E+05	1,04E+00	-1,77E+05	-4,57E-01
0,6	0	8,43E+05	-6,85E-01	8,43E+05	2,21E+00
0,7	0	3,98E+06	-3,04E+00	3,98E+06	1,67E+00
0,8	-4,79E-01	6,73E+06	1,55E+01	6,73E+06	3,20E+00
0,9	0	3,67E+05	3,91E+00	3,67E+05	1,13E+01
1	5,93E+00	1,85E+06	1,66E+01	-1,85E+06	6,52E+00

1,1	8,80E+00	1,15E+06	3,26E+01	-1,15E+06	-4,71E+00
1,2	-7,43E+00	5,48E+05	4,30E+00	5,48E+05	2,59E-01
1,3	-6,72E+00	7,39E+04	6,62E+00	7,39E+04	-6,94E-01
1,4	1	4,62E+05	1,59E+01	4,62E+05	1,15E+01
1,5	0	5,43E+05	-4,38E+00	5,43E+05	8,54E+00
1,6	-4,60E+00	3,44E+04	-1,36E+01	3,44E+04	-9,26E+00
1,7	-4,23E+00	9,90E+05	1,35E+01	9,90E+05	-3,88E+00
1,8	0	3,67E+05	-1,99E+01	3,67E+05	4,22E+00
1,9	0	7,42E+05	-1,75E+01	7,42E+05	6,90E+00
2	0	5,84E+05	-6,32E+00	5,84E+05	1,46E+01

Πίνακας 54 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω δυνάμεων ροπών έκπτωσης δεύτερης τάξης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση surge με τη μέθοδο Far Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fdx [N/m ²]				
0,10	-1,48E-05	3,82E-04	2,90E-04	-7,77E-04	8,59E-04
0,29	1,06E+00	1,10E+02	-2,84E-02	-1,10E+02	-1,07E+00
0,48	3,17E+04	1,39E+04	-3,46E-03	-1,39E+04	-3,17E+04
0,67	1,81E+05	2,35E+05	9,34E-03	-2,35E+05	-1,81E+05
0,86	1,10E+05	8,53E+04	-1,56E-02	-8,53E+04	-1,10E+05
1,05	1,40E+05	8,20E+04	-6,13E-03	-8,20E+04	-1,40E+05
1,24	1,56E+05	6,76E+04	-2,15E-01	-6,76E+04	-1,56E+05
1,43	1,44E+05	8,11E+04	4,18E-02	-8,11E+04	-1,44E+05
1,61	1,36E+05	6,47E+04	-2,43E-03	-6,47E+04	-1,36E+05
1,80	1,52E+05	8,75E+04	5,59E-02	-8,75E+04	-1,52E+05
1,99	1,41E+05	8,07E+04	3,92E-05	-8,07E+04	-1,41E+05
2,18	1,47E+05	6,94E+04	-1,73E-03	-6,94E+04	-1,47E+05
2,37	1,49E+05	1,17E+05	4,95E-02	-1,17E+05	-1,49E+05

Πίνακας 55 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω δυνάμεων ροπών έκπτωσης δεύτερης τάξης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση sway με τη μέθοδο Far Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fdy [N/m ²]				
0,10	-1,96E-04	2,60E-04	-4,53E-03	1,94E-03	-7,77E-04
0,29	-8,04E-03	1,74E+02	4,96E+02	1,74E+02	2,34E-03
0,48	4,97E-02	1,31E+04	1,27E+03	1,31E+04	-3,34E-02
0,67	1,84E-02	2,88E+05	1,12E+05	2,88E+05	2,63E-02

0,86	2,78E-02	3,48E+05	7,07E+05	3,48E+05	-1,17E-02
1,05	7,86E-02	3,71E+05	5,96E+05	3,71E+05	8,49E-02
1,24	3,42E-02	3,54E+05	2,67E+05	3,54E+05	1,05E-01
1,43	2,38E-01	3,51E+05	6,05E+05	3,51E+05	-1,16E-01
1,61	3,43E-01	3,23E+05	6,23E+05	3,23E+05	-2,24E-01
1,80	-2,02E-01	3,07E+05	6,50E+05	3,07E+05	2,71E-01
1,99	-9,40E-02	2,90E+05	5,29E+05	2,90E+05	1,82E-01
2,18	1,21E-01	3,39E+05	5,83E+05	3,39E+05	-2,29E-01
2,37	9,33E-02	2,84E+05	5,92E+05	2,84E+05	-1,77E-01

Αποτελέσματα PTSC BIEN DONG

Πίνακας 56 Απεικόνιση δυνάμεων διέγερσης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση surge, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fx [N/m]				
0,1	2,06E+05	1,49E+05	2,10E+03	1,49E+05	2,07E+05
0,2	2,34E+05	1,86E+05	7,69E+03	1,89E+05	2,37E+05
0,3	2,30E+05	1,27E+05	1,55E+04	5,42E+04	1,57E+05
0,4	1,27E+06	8,58E+05	2,44E+04	7,55E+05	1,16E+06
0,5	2,48E+06	1,99E+06	3,07E+04	1,81E+06	2,36E+06
0,6	2,35E+06	2,56E+06	3,96E+04	2,32E+06	2,40E+06
0,7	1,49E+05	1,83E+06	1,45E+05	1,72E+06	5,19E+05
0,8	3,49E+06	4,37E+05	2,64E+05	5,06E+05	3,12E+06
0,9	2,26E+06	1,96E+06	4,56E+05	1,27E+06	2,39E+06
1	3,09E+06	2,33E+06	5,65E+05	2,33E+06	2,96E+06
1,1	1,72E+06	1,65E+05	6,70E+05	2,26E+05	1,55E+06
1,2	3,09E+06	1,90E+06	6,11E+05	1,75E+06	3,05E+06
1,3	1,18E+06	4,62E+05	5,46E+05	4,21E+05	1,39E+06
1,4	9,14E+05	1,14E+06	4,33E+05	1,17E+06	7,63E+05
1,5	1,71E+06	3,24E+05	2,86E+05	4,01E+05	1,68E+06
1,6	1,81E+06	5,98E+05	1,19E+05	4,26E+05	1,80E+06
1,7	1,63E+06	2,47E+05	4,13E+04	4,54E+05	1,61E+06
1,8	1,40E+06	4,59E+05	1,21E+05	4,70E+05	1,39E+06
1,9	1,24E+06	3,66E+05	1,41E+05	3,54E+05	1,23E+06
2	1,10E+06	1,67E+05	1,18E+05	2,36E+05	1,08E+06

Πίνακας 57 Απεικόνιση δυνάμεων διέγερσης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση sway, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fy [N/m]				
0,1	7,76E+01	1,57E+06	2,23E+06	1,57E+06	7,97E+01
0,2	2,92E+02	3,29E+06	4,79E+06	3,29E+06	3,05E+02
0,3	6,66E+02	5,33E+06	8,09E+06	5,33E+06	7,20E+02
0,4	1,21E+03	7,69E+06	1,27E+07	7,70E+06	1,34E+03
0,5	1,76E+03	9,27E+06	1,79E+07	9,29E+06	1,90E+03
0,6	2,01E+03	7,36E+06	1,94E+07	7,43E+06	2,38E+03
0,7	2,31E+03	2,64E+06	1,63E+07	2,95E+06	2,28E+03
0,8	1,80E+03	2,45E+06	1,10E+07	2,55E+06	2,17E+03
0,9	6,60E+02	1,79E+06	4,13E+06	1,78E+06	8,75E+02
1	4,73E+02	2,00E+05	2,91E+06	5,67E+05	6,82E+02
1,1	1,05E+03	2,71E+05	9,00E+06	5,79E+05	9,29E+02

1,2	5,76E+02	7,67E+05	1,36E+07	4,96E+05	2,36E+02
1,3	3,78E+02	4,97E+05	1,57E+07	6,66E+05	6,34E+02
1,4	3,69E+02	9,60E+05	1,54E+07	8,15E+05	1,08E+03
1,5	6,67E+02	6,39E+05	1,14E+07	7,68E+05	1,53E+03
1,6	2,95E+02	4,67E+05	5,85E+06	2,94E+05	6,58E+02
1,7	5,06E+02	5,92E+05	3,63E+05	6,21E+05	7,78E+02
1,8	2,27E+02	3,19E+05	5,42E+06	3,94E+05	8,89E+02
1,9	1,04E+03	2,10E+05	7,77E+06	1,58E+05	1,22E+03
2	1,00E+03	2,18E+05	7,66E+06	2,52E+05	8,73E+01

Πίνακας 58 Απεικόνιση δυνάμεων διέγερσης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση heave, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fz [N/m]				
0,1	1,92E+06	1,94E+06	1,96E+06	1,93E+06	1,91E+06
0,2	5,58E+06	5,81E+06	6,03E+06	5,78E+06	5,54E+06
0,3	9,04E+06	9,99E+06	1,10E+07	9,93E+06	8,98E+06
0,4	1,03E+07	1,29E+07	1,57E+07	1,28E+07	1,02E+07
0,5	7,81E+06	1,26E+07	1,86E+07	1,25E+07	7,78E+06
0,6	1,75E+06	8,72E+06	1,94E+07	8,61E+06	1,89E+06
0,7	4,31E+06	2,17E+06	1,93E+07	2,21E+06	4,11E+06
0,8	4,09E+06	3,10E+06	1,76E+07	2,84E+06	3,86E+06
0,9	1,76E+06	4,12E+06	1,48E+07	3,91E+06	1,47E+06
1	2,85E+06	1,49E+06	1,15E+07	1,18E+06	2,40E+06
1,1	1,60E+06	1,44E+06	8,40E+06	1,50E+06	1,48E+06
1,2	1,09E+06	1,09E+06	5,41E+06	9,82E+05	5,80E+05
1,3	1,35E+06	7,03E+05	3,00E+06	8,38E+05	1,11E+06
1,4	8,97E+05	2,61E+05	1,37E+06	2,63E+05	7,88E+05
1,5	4,73E+05	3,85E+05	5,43E+05	4,85E+05	3,48E+05
1,6	2,98E+05	1,21E+05	3,87E+05	2,51E+05	5,53E+04
1,7	2,71E+05	1,64E+05	1,23E+06	1,82E+05	1,22E+05
1,8	2,12E+05	4,58E+04	3,58E+05	9,26E+04	1,11E+05
1,9	1,42E+05	4,56E+04	1,54E+05	5,33E+04	5,85E+04
2	8,21E+04	7,70E+04	3,37E+04	5,57E+04	2,65E+04

Πίνακας 59 Απεικόνιση ροπών διέγερσης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση roll, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Mx [Nm/m]				
0,1	3,21E+04	4,28E+05	6,11E+05	4,28E+05	3,16E+04
0,2	9,33E+04	1,07E+06	1,54E+06	1,07E+06	9,20E+04
0,3	1,51E+05	2,29E+06	3,43E+06	2,34E+06	1,49E+05
0,4	1,74E+05	4,74E+06	7,75E+06	4,91E+06	1,70E+05
0,5	1,33E+05	8,91E+06	1,75E+07	9,45E+06	1,27E+05
0,6	3,35E+04	1,12E+07	3,16E+07	1,25E+07	2,57E+04
0,7	6,98E+04	5,55E+06	4,37E+07	6,97E+06	7,62E+04
0,8	7,03E+04	6,76E+06	5,24E+07	7,78E+06	7,29E+04
0,9	3,02E+04	1,21E+07	5,55E+07	1,29E+07	2,53E+04
1	4,43E+04	4,87E+06	5,45E+07	4,78E+06	4,34E+04
1,1	2,89E+04	6,70E+06	5,00E+07	6,70E+06	2,52E+04
1,2	1,83E+04	6,68E+06	4,26E+07	5,35E+06	1,17E+04
1,3	2,50E+04	3,48E+06	3,33E+07	3,81E+06	2,45E+04
1,4	1,87E+04	3,73E+06	2,30E+07	2,20E+06	1,55E+04
1,5	1,05E+04	2,34E+06	1,42E+07	2,61E+06	6,60E+03
1,6	6,02E+03	8,73E+05	6,60E+06	5,60E+05	4,23E+03
1,7	3,70E+03	1,15E+06	1,92E+06	1,29E+06	5,17E+03
1,8	2,49E+03	7,79E+05	5,05E+05	8,34E+05	4,34E+03
1,9	1,52E+03	1,86E+05	1,52E+06	2,23E+05	4,50E+03
2	1,17E+03	1,84E+05	2,02E+06	2,35E+05	3,38E+03

Πίνακας 60 Απεικόνιση ροπών διέγερσης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση pitch, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	My [Nm/m]				
0,1	1,46E+07	1,03E+07	4,60E+06	1,41E+07	1,85E+07
0,2	2,31E+07	2,01E+07	1,42E+07	9,49E+06	9,75E+06
0,3	1,50E+08	1,14E+08	2,57E+07	9,04E+07	1,28E+08
0,4	3,91E+08	3,09E+08	3,66E+07	2,84E+08	3,70E+08
0,5	6,35E+08	5,71E+08	4,36E+07	5,51E+08	6,19E+08
0,6	6,12E+08	7,36E+08	4,61E+07	7,20E+08	5,99E+08
0,7	2,38E+08	6,32E+08	4,83E+07	6,11E+08	2,34E+08
0,8	2,22E+08	3,11E+08	4,91E+07	3,00E+08	2,14E+08
0,9	2,56E+08	5,79E+07	4,66E+07	5,67E+07	2,35E+08
1	1,17E+08	2,08E+08	4,12E+07	2,07E+08	1,16E+08
1,1	1,34E+08	9,34E+07	3,40E+07	7,99E+07	1,03E+08

1,2	1,13E+08	6,02E+07	2,43E+07	7,17E+07	1,07E+08
1,3	-3,58E+07	4,40E+07	1,75E+07	3,91E+07	2,85E+07
1,4	4,42E+07	2,75E+07	1,30E+07	3,57E+07	3,02E+07
1,5	4,78E+07	5,80E+06	9,05E+06	9,55E+06	4,11E+07
1,6	-3,81E+07	-9,69E+06	6,01E+06	1,33E+07	3,44E+07
1,7	2,71E+07	5,70E+06	3,03E+06	8,91E+06	2,47E+07
1,8	-1,93E+07	5,00E+06	1,98E+06	6,79E+06	-1,72E+07
1,9	1,42E+07	1,76E+06	9,69E+05	4,23E+06	1,22E+07
2	-1,04E+07	4,04E+06	-6,94E+05	5,70E+06	-8,82E+06

Πίνακας 61 Απεικόνιση ροπών διέγερσης, για γωνία πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς την κίνηση γων, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Mz [Nm/m]				
0,1	2,55E+03	8,11E+06	5,27E+06	8,07E+06	2,66E+03
0,2	6,44E+03	3,22E+07	1,14E+07	3,18E+07	7,16E+03
0,3	1,48E+04	8,21E+07	1,93E+07	8,00E+07	1,32E+04
0,4	3,59E+04	1,81E+08	3,06E+07	1,74E+08	2,05E+04
0,5	7,50E+04	3,67E+08	4,41E+07	3,52E+08	4,76E+04
0,6	1,11E+05	5,79E+08	4,99E+07	5,67E+08	1,08E+05
0,7	1,06E+05	5,11E+08	4,41E+07	5,07E+08	1,20E+05
0,8	6,99E+04	2,08E+08	3,75E+07	2,21E+08	1,14E+05
0,9	3,07E+04	8,93E+07	2,43E+07	9,48E+07	7,26E+04
1	5,72E+04	5,68E+07	1,58E+07	5,09E+07	7,48E+04
1,1	4,76E+04	3,58E+07	2,94E+06	1,54E+07	3,46E+04
1,2	3,97E+04	2,29E+07	5,80E+06	6,08E+07	2,87E+04
1,3	2,04E+04	7,56E+07	1,31E+07	5,32E+07	5,76E+04
1,4	2,91E+04	4,16E+07	1,87E+07	6,61E+07	6,92E+04
1,5	6,59E+04	5,72E+07	2,35E+07	3,81E+07	9,40E+04
1,6	4,22E+04	4,84E+07	2,67E+07	4,93E+07	6,28E+04
1,7	1,25E+04	1,95E+07	2,45E+07	6,03E+06	6,57E+03
1,8	1,75E+04	2,03E+07	2,02E+07	2,49E+07	7,23E+04
1,9	5,30E+04	2,20E+07	1,17E+07	2,71E+07	5,66E+04
2	1,29E+05	2,06E+07	2,04E+06	1,85E+07	5,00E+04

Πίνακας 62 Απεικόνιση μητρώων συντελεστών πρόσθετων μαζών (A_{11}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

ω (rad/s)	A_{11} [kg]
0,1	6,55E+06
0,2	6,85E+06
0,3	7,03E+06
0,4	6,77E+06
0,5	6,04E+06
0,6	5,76E+06
0,7	5,76E+06
0,8	4,55E+06
0,9	3,95E+06
1	2,80E+06
1,1	2,03E+06
1,2	1,54E+06
1,3	1,29E+06
1,4	1,26E+06
1,5	1,31E+06
1,6	1,37E+06
1,7	1,42E+06
1,8	1,47E+06
1,9	1,54E+06
2	1,63E+06

Πίνακας 63 Απεικόνιση μητρώων συντελεστών πρόσθετων μαζών (A_{22}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

ω (rad/s)	A_{22} [kg]
0,1	6,15E+07
0,2	6,54E+07
0,3	7,23E+07
0,4	8,16E+07
0,5	8,16E+07
0,6	5,62E+07
0,7	3,23E+07
0,8	1,67E+07
0,9	8,70E+06
1	5,27E+06
1,1	3,92E+06
1,2	3,65E+06
1,3	4,17E+06

1,4	6,32E+06
1,5	6,19E+06
1,6	7,24E+06
1,7	8,29E+06
1,8	9,28E+06
1,9	1,01E+07
2	1,13E+07

Πίνακας 64 Απεικόνιση μητρώων συντελεστών πρόσθετων μαζών (A_{33}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

ω (rad/s)	A33 [kg]
0,1	1,79E+08
0,2	1,32E+08
0,3	1,04E+08
0,4	8,35E+07
0,5	6,93E+07
0,6	6,43E+07
0,7	6,56E+07
0,8	6,86E+07
0,9	7,22E+07
1	7,55E+07
1,1	7,88E+07
1,2	8,10E+07
1,3	8,28E+07
1,4	8,42E+07
1,5	8,52E+07
1,6	8,61E+07
1,7	8,67E+07
1,8	8,71E+07
1,9	8,58E+07
2	8,62E+07

Πίνακας 65 Απεικόνιση μητρώων συντελεστών πρόσθετων μαζών (A_{44}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

ω (rad/s)	A44 [kgm ²]
0,1	2,65E+09
0,2	2,65E+09
0,3	2,65E+09
0,4	2,65E+09
0,5	2,63E+09

0,6	2,62E+09
0,7	2,63E+09
0,8	2,64E+09
0,9	2,64E+09
1	2,63E+09
1,1	2,63E+09
1,2	2,62E+09
1,3	2,62E+09
1,4	2,61E+09
1,5	2,61E+09
1,6	2,62E+09
1,7	2,62E+09
1,8	2,62E+09
1,9	2,62E+09
2	2,62E+09

Πίνακας 66 Απεικόνιση μητρώων συντελεστών πρόσθετων μαζών (A_{55}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

ω (rad/s)	A_{55} [kgm ²]
0,1	2,12E+11
0,2	2,17E+11
0,3	2,17E+11
0,4	2,02E+11
0,5	1,74E+11
0,6	1,43E+11
0,7	1,28E+11
0,8	1,29E+11
0,9	1,31E+11
1	1,35E+11
1,1	1,39E+11
1,2	1,41E+11
1,3	1,44E+11
1,4	1,46E+11
1,5	1,48E+11
1,6	1,49E+11
1,7	1,50E+11
1,8	1,51E+11
1,9	1,51E+11
2	1,52E+11

Πίνακας 67 Απεικόνιση μητρώων συντελεστών πρόσθετων μαζών (A_{66}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

ω (rad/s)	A_{66} [kgm ²]
0,1	1,04E+11
0,2	1,08E+11
0,3	1,16E+11
0,4	1,33E+11
0,5	1,61E+11
0,6	1,60E+11
0,7	8,69E+10
0,8	5,19E+10
0,9	2,91E+10
1	1,77E+10
1,1	1,22E+10
1,2	1,12E+10
1,3	1,00E+10
1,4	7,61E+09
1,5	1,32E+10
1,6	1,48E+10
1,7	1,66E+10
1,8	1,85E+10
1,9	2,01E+10
2	2,26E+10

Πίνακας 68 Απεικόνιση μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{11}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

ω (rad/s)	B_{11} [kg/s]
0,1	1,29E+04
0,2	1,10E+05
0,3	3,88E+05
0,4	8,86E+05
0,5	1,38E+06
0,6	1,63E+06
0,7	2,58E+06
0,8	3,28E+06
0,9	3,93E+06
1	4,18E+06
1,1	4,18E+06
1,2	3,75E+06
1,3	3,26E+06

1,4	2,80E+06
1,5	2,44E+06
1,6	2,18E+06
1,7	1,97E+06
1,8	1,73E+06
1,9	1,51E+06
2	1,32E+06

Πίνακας 69 Απεικόνιση μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{22}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

ω (rad/s)	B_{22} [kg/s]
0,1	3,96E+04
0,2	3,95E+05
0,3	1,94E+06
0,4	7,57E+06
0,5	2,28E+07
0,6	3,94E+07
0,7	4,38E+07
0,8	4,37E+07
0,9	3,88E+07
1	3,50E+07
1,1	3,03E+07
1,2	2,66E+07
1,3	2,30E+07
1,4	2,05E+07
1,5	1,72E+07
1,6	1,47E+07
1,7	1,26E+07
1,8	1,08E+07
1,9	9,11E+06
2	8,47E+06

Πίνακας 70 Απεικόνιση μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{33}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

ω (rad/s)	B_{33} [kg/s]
0,1	9,64E+06
0,2	1,75E+07

0,3	2,32E+07
0,4	2,61E+07
0,5	2,49E+07
0,6	1,98E+07
0,7	1,46E+07
0,8	1,01E+07
0,9	6,57E+06
1	4,12E+06
1,1	2,42E+06
1,2	1,50E+06
1,3	7,87E+05
1,4	4,29E+05
1,5	2,40E+05
1,6	1,02E+05
1,7	3,92E+04
1,8	3,53E+04
1,9	2,25E+04
2	1,16E+04

Πίνακας 71 Απεικόνιση μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{44}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

ω (rad/s)	B_{44} [kgm ² /s]
0,1	1,12E+05
0,2	9,48E+05
0,3	3,53E+06
0,4	8,80E+06
0,5	1,30E+07
0,6	8,18E+06
0,7	5,05E+06
0,8	6,06E+06
0,9	1,42E+07
1	1,91E+07
1,1	2,31E+07
1,2	2,45E+07
1,3	1,99E+07
1,4	1,74E+07
1,5	9,10E+06
1,6	4,82E+06
1,7	2,32E+06
1,8	1,11E+06
1,9	1,16E+06
2	1,41E+06

Πίνακας 72 Απεικόνιση μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{55}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

ω (rad/s)	B_{55} [kgm ² /s]
0,1	4,62E+08
0,2	3,47E+09
0,3	1,14E+10
0,4	2,44E+10
0,5	3,67E+10
0,6	3,97E+10
0,7	3,01E+10
0,8	2,13E+10
0,9	1,50E+10
1	1,03E+10
1,1	7,03E+09
1,2	4,39E+09
1,3	2,49E+09
1,4	1,41E+09
1,5	8,17E+08
1,6	4,87E+08
1,7	1,74E+08
1,8	1,71E+08
1,9	1,25E+08
2	8,26E+07

Πίνακας 73 Απεικόνιση μητρώων συντελεστών υδροδυναμικών αποσβέσεων (B_{66}) για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0° - 180° , για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

ω (rad/s)	B_{66} [kgm ² /s]
0,1	7,78E+05
0,2	2,46E+07
0,3	2,82E+08
0,4	2,28E+09
0,5	1,51E+10
0,6	6,04E+10
0,7	9,19E+10
0,8	8,55E+10
0,9	8,65E+10
1	7,33E+10
1,1	6,76E+10
1,2	5,80E+10

1,3	5,08E+10
1,4	3,13E+10
1,5	3,86E+10
1,6	3,30E+10
1,7	2,84E+10
1,8	2,45E+10
1,9	2,09E+10
2	1,94E+10

Πίνακας 75 Απεικόνιση αποτελεσμάτων RAO για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση surge, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Surge (m/m)				
0,1	3,6053	2,5707	0,0029	2,5707	3,6054
0,2	1,7383	1,2751	0,0036	1,2753	1,7385
0,3	1,0667	0,8321	0,0052	0,8332	1,0677
0,4	0,6622	0,5902	0,0083	0,5942	0,6652
0,5	0,3213	0,405	0,0138	0,4144	0,3251
0,6	0,0372	0,2084	0,0204	0,2199	0,0309
0,7	0,1215	0,0501	0,0017	0,0562	0,1187
0,8	0,0613	0,0794	0,0065	0,0833	0,053
0,9	0,0727	0,0696	0,0078	0,0602	0,0687
1	0,049	0,0285	0,008	0,0237	0,0355
1,1	0,0465	0,0281	0,0079	0,0287	0,0368
1,2	0,0299	0,0211	0,0061	0,0151	0,0254
1,3	0,026	0,0089	0,0047	0,0126	0,0187
1,4	0,0196	0,0081	0,0032	0,009	0,0152
1,5	0,0144	0,0025	0,0018	0,0064	0,0112
1,6	0,0118	0,0014	0,0007	0,0043	0,008
1,7	0,01	0,0012	0,0002	0,0042	0,0058
1,8	0,0082	0,0012	0,0005	0,003	0,0043
1,9	0,0066	0,0014	0,0006	0,0023	0,0032
2	0,0053	0,001	0,0004	0,0022	0,0025

Πίνακας 76 Απεικόνιση αποτελεσμάτων RAO για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση sway, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Sway (m/m)				
0,1	0	2,5597	3,6451	2,5597	0
0,2	0	1,2681	1,8481	1,2681	0
0,3	0	0,8253	1,2621	0,8257	0
0,4	0	0,5801	0,9777	0,5851	0
0,5	0,0001	0,4135	0,8159	0,3931	0,0001
0,6	0	0,2321	0,6928	0,2194	0
0,7	0,0001	0,0452	0,5832	0,0504	0
0,8	0	0,0752	0,4757	0,0841	0
0,9	0	0,0656	0,3815	0,0658	0
1	0	0,0123	0,2961	0,0062	0
1,1	0	0,0219	0,228	0,0306	0
1,2	0	0,0141	0,1752	0,013	0
1,3	0	0,0053	0,1334	0,0133	0
1,4	0	0,006	0,1046	0,0077	0
1,5	0	0,0016	0,0798	0,0078	0
1,6	0	0,0017	0,0619	0,0031	0
1,7	0	0,0013	0,0483	0,0046	0
1,8	0	0,0005	0,0379	0,0022	0
1,9	0	0,0009	0,0295	0,0016	0
2	0	0,0007	0,0256	0,0021	0

Πίνακας 77 Απεικόνιση αποτελεσμάτων RAO για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση heave, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Heave (m/m)				
0,1	0,9867	0,9943	1,0022	0,9945	0,9866
0,2	0,9433	0,9764	1,0103	0,9765	0,9432
0,3	0,8566	0,9416	1,0313	0,941	0,8554
0,4	0,6941	0,8787	1,0871	0,8741	0,6871
0,5	0,4207	0,7806	1,2517	0,7486	0,3804
0,6	0,2052	0,6924	1,7684	0,5196	0,1005
0,7	0,2277	0,1366	1,2721	0,1069	0,2238
0,8	0,0551	0,0845	0,4316	0,0801	0,0488

0,9	0,037	0,0389	0,1767	0,0325	0,0272
1	0,024	0,0191	0,0798	0,0144	0,0164
1,1	0,0141	0,01	0,0391	0,0077	0,0094
1,2	0,0094	0,0066	0,0199	0,0056	0,0055
1,3	0,0062	0,0034	0,0104	0,0034	0,0036
1,4	0,0038	0,0014	0,0056	0,0013	0,0024
1,5	0,0023	0,001	0,003	0,0015	0,0015
1,6	0,0015	0,0004	0,0014	0,0006	0,0007
1,7	0,001	0,0003	0,0028	0,0005	0,0005
1,8	0,0006	0,0001	0,0006	0,0002	0,0003
1,9	0,0004	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002
2	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Πίνακας 78 Απεικόνιση αποτελεσμάτων RAO για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση roll, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Roll (°/m)				
0,1	0,0008	0,3798	0,3337	0,3796	0,0008
0,2	0,0013	0,5275	0,5673	0,5291	0,0013
0,3	0,0038	0,8629	1,0699	0,8689	0,0038
0,4	0,0136	2,2062	3,1327	2,2381	0,0135
0,5	0,0143	2,1486	3,7085	2,2041	0,0129
0,6	0,0027	0,4554	1,0032	0,4674	0,0014
0,7	0,0021	0,2219	0,4675	0,2494	0,0022
0,8	0,0006	0,0949	0,2254	0,0881	0,0005
0,9	0,0003	0,0323	0,0994	0,0364	0,0003
1	0,0002	0,048	0,0417	0,0548	0,0002
1,1	0,0001	0,022	0,0186	0,0111	0,0001
1,2	0,0001	0,0285	0,0226	0,0233	0
1,3	0	0,0149	0,0217	0,0077	0
1,4	0	0,0127	0,0167	0,0075	0
1,5	0	0,0061	0,0099	0,004	0
1,6	0	0,0044	0,0037	0,003	0
1,7	0	0,002	0,0009	0,0022	0
1,8	0	0,0008	0,0035	0,0018	0
1,9	0	0,0004	0,0053	0,0008	0
2	0	0,0003	0,0055	0,0009	0

Πίνακας 79 Απεικόνιση αποτελεσμάτων RAO για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση pitch, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Pitch (°/m)				
0,1	0,2124	0,1509	0,0008	0,1509	0,2124
0,2	0,4317	0,3116	0,0034	0,3116	0,4318
0,3	0,6625	0,4944	0,0093	0,4951	0,6632
0,4	0,8998	0,7186	0,0227	0,724	0,9039
0,5	1,0984	1,0226	0,0583	1,0484	1,1085
0,6	1,0031	1,4204	0,1758	1,5062	0,977
0,7	0,2362	1,1129	0,1812	1,1246	0,2662
0,8	0,1744	0,1513	0,0301	0,1446	0,1595
0,9	0,067	0,069	0,0094	0,0629	0,0531
1	0,0433	0,041	0,0054	0,0351	0,0317
1,1	0,0283	0,0209	0,0035	0,017	0,0184
1,2	0,0169	0,0093	0,0021	0,0081	0,0118
1,3	0,0098	0,0063	0,0014	0,0056	0,0073
1,4	0,0065	0,0021	0,0009	0,0032	0,0042
1,5	0,004	0,0011	0,0006	0,0013	0,0024
1,6	0,0024	0,0002	0,0004	0,001	0,0014
1,7	0,0014	0,0001	0,0002	0,0004	0,0008
1,8	0,0008	0,0001	0,0001	0,0002	0,0005
1,9	0,0005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003
2	0,0003	0,0002	0	0,0002	0,0002

Πίνακας 80 Απεικόνιση αποτελεσμάτων RAO για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση yaw, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Yaw (°/m)				
0,1	0,0009	0,3835	0,1409	0,3832	0,0009
0,2	0,0004	0,3899	0,0704	0,3898	0,0004
0,3	0,0002	0,4169	0,0466	0,4171	0,0002
0,4	0,0001	0,4559	0,0332	0,4568	0,0001
0,5	0,0001	0,4922	0,0295	0,4946	0,0001
0,6	0	0,4756	0,0232	0,4804	0
0,7	0,0001	0,3618	0,0232	0,3636	0
0,8	0,0001	0,1242	0,0243	0,1224	0
0,9	0	0,0529	0,0213	0,0625	0
1	0	0,0855	0,0209	0,0944	0

1,1	0	0,032	0,017	0,0262	0
1,2	0	0,0232	0,0139	0,0401	0
1,3	0	0,0208	0,0112	0,0212	0
1,4	0	0,0043	0,0083	0,021	0
1,5	0	0,0061	0,0052	0,0083	0
1,6	0	0,0015	0,0036	0,0107	0
1,7	0	0,0004	0,0025	0,003	0
1,8	0	0,0021	0,0024	0,006	0
1,9	0	0,0015	0,0022	0,0049	0
2	0	0,0011	0,0019	0,002	0

Πίνακας 81 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω δυνάμεων έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες^ο ως προς κίνηση surge με τη μέθοδο Far Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fdx [N/m ²]				
0,1	1,06E+02	5,56E+01	-5,86E+00	5,51E+01	1,06E+02
0,2	4,51E+02	2,61E+02	-1,86E+01	2,56E+02	4,42E+02
0,3	1,13E+03	8,02E+02	-5,47E+01	7,57E+02	1,02E+03
0,4	2,06E+03	2,94E+03	-2,57E+02	2,80E+03	1,88E+03
0,5	-7,56E+03	1,08E+03	6,50E+02	-5,07E+03	-2,61E+03
0,6	8,76E+04	6,56E+04	7,78E+03	-7,41E+04	-8,28E+04
0,7	9,23E+04	2,22E+05	1,99E+04	-2,46E+05	-8,67E+04
0,8	1,09E+05	8,03E+04	8,77E+02	-7,55E+04	-8,94E+04
0,9	1,11E+05	8,15E+04	-4,02E+03	-7,88E+04	-7,91E+04
1	1,47E+05	7,86E+04	-5,94E+03	-7,85E+04	-9,42E+04
1,1	1,55E+05	6,31E+04	-9,55E+03	-7,02E+04	-9,42E+04
1,2	1,65E+05	7,48E+04	-1,13E+04	-7,10E+04	-9,64E+04
1,3	1,64E+05	7,77E+04	-1,32E+04	-8,21E+04	-9,76E+04
1,4	1,56E+05	7,46E+04	-1,67E+04	-7,74E+04	-9,69E+04
1,5	1,52E+05	7,67E+04	-1,48E+04	-7,75E+04	-9,69E+04
1,6	1,55E+05	7,95E+04	-1,60E+04	-7,09E+04	-9,97E+04
1,7	1,61E+05	8,97E+04	-1,90E+04	-7,57E+04	-1,04E+05
1,8	1,62E+05	8,10E+04	-1,88E+04	-7,45E+04	-1,03E+05
1,9	1,57E+05	7,89E+04	-1,98E+04	-7,60E+04	-1,00E+05
2	1,54E+05	1,33E+05	-2,28E+04	-8,88E+04	-9,97E+04

Πίνακας 82 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω δυνάμεων έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση sway με τη μέθοδο Far Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fdy [N/m ²]				
0,1	2,88E-01	1,15E+02	3,31E-01	-1,15E+02	2,98E-01
0,2	6,88E-01	5,80E+02	-1,08E+00	-5,78E+02	5,22E-01
0,3	1,34E+00	2,10E+03	-1,73E+01	-2,08E+03	-8,34E-01
0,4	2,21E+01	1,09E+04	-4,10E+02	-1,10E+04	-1,96E+01
0,5	-4,36E+01	1,89E+04	2,42E+04	2,65E+04	2,57E+01
0,6	5,51E-01	4,61E+04	2,40E+05	6,27E+04	9,13E+00
0,7	5,06E+01	3,62E+05	9,31E+05	3,64E+05	4,18E+01
0,8	4,26E+01	4,26E+05	7,06E+05	4,43E+05	1,21E+01
0,9	2,17E+01	4,42E+05	6,54E+05	4,66E+05	2,25E+01
1	8,11E+00	4,20E+05	6,89E+05	4,47E+05	2,80E+01
1,1	1,64E+01	4,05E+05	7,46E+05	4,42E+05	2,79E+01
1,2	1,11E+01	4,29E+05	7,68E+05	4,60E+05	2,79E+01
1,3	3,46E+01	4,30E+05	7,80E+05	4,75E+05	3,85E+01
1,4	5,61E+01	4,14E+05	7,80E+05	4,56E+05	5,03E+01
1,5	6,75E+01	4,01E+05	7,99E+05	4,46E+05	9,31E+01
1,6	2,66E+01	4,16E+05	8,00E+05	4,56E+05	1,34E+02
1,7	2,72E+01	3,71E+05	8,53E+05	4,22E+05	9,69E+01
1,8	9,67E+01	4,04E+05	8,13E+05	4,53E+05	2,00E+02
1,9	1,03E+01	3,76E+05	7,96E+05	4,23E+05	2,32E+02
2	2,01E+01	4,46E+05	8,01E+05	4,96E+05	1,55E+02

Πίνακας 83 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω δυνάμεων έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση heave με τη μέθοδο Far Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Fdz [N/m ²]				
0,1	1,85E+05	1,95E+05	1,97E+05	1,95E+05	1,85E+05
0,2	1,82E+05	2,24E+05	2,35E+05	2,24E+05	1,82E+05
0,3	1,67E+05	2,68E+05	2,95E+05	2,68E+05	1,67E+05
0,4	1,20E+05	3,15E+05	3,63E+05	3,16E+05	1,20E+05
0,5	3,69E+04	4,02E+05	7,11E+05	4,00E+05	3,88E+04
0,6	7,89E+04	2,80E+05	6,57E+05	2,88E+05	-7,95E+04
0,7	-1,69E+05	2,63E+05	-1,48E+05	-2,64E+05	-1,60E+05
0,8	-1,70E+05	2,74E+05	-5,83E+04	-2,75E+05	-1,56E+05

0,9	-1,24E+05	1,78E+05	5,74E+03	-1,76E+05	-1,05E+05
1	-9,47E+04	1,17E+05	1,30E+04	-1,07E+05	-7,84E+04
1,1	-5,99E+04	7,22E+04	-1,03E+04	-6,29E+04	-4,76E+04
1,2	-3,87E+04	5,71E+04	-8,15E+03	-4,79E+04	-3,03E+04
1,3	-2,41E+04	3,85E+04	-1,15E+04	-3,03E+04	-1,93E+04
1,4	-1,51E+04	2,12E+04	-2,10E+04	-1,51E+04	-1,23E+04
1,5	-9,21E+03	1,48E+04	-7,09E+03	-9,78E+03	-7,47E+03
1,6	-5,57E+03	1,15E+04	-5,42E+03	-8,03E+03	-3,98E+03
1,7	-3,54E+03	7,83E+03	-9,23E+03	-5,14E+03	-2,21E+03
1,8	-2,01E+03	3,62E+03	-3,16E+03	-2,01E+03	-1,26E+03
1,9	-1,08E+03	2,03E+03	-8,61E+02	-1,08E+03	-6,76E+02
2	-6,99E+02	6,88E+03	-3,55E+03	-5,67E+03	-4,38E+02

Πίνακας 84 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω των ροπών έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση roll με τη μέθοδο Far Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Mdx [Nm/m ²]				
0,1	-3,19E+03	1,33E+04	-3,36E+03	6,61E+03	-3,19E+03
0,2	-3,29E+03	3,29E+04	-4,22E+03	2,49E+04	-3,29E+03
0,3	-2,90E+03	9,23E+04	-5,23E+03	8,32E+04	-2,90E+03
0,4	-1,91E+02	4,23E+05	5,89E+03	4,23E+05	-2,65E+02
0,5	3,26E+03	8,22E+05	-6,35E+05	-1,03E+06	-2,69E+03
0,6	-1,42E+03	4,06E+05	-4,98E+06	-1,49E+06	2,24E+03
0,7	-8,98E+01	6,63E+06	-1,58E+07	-6,75E+06	1,77E+03
0,8	-1,30E+03	6,32E+06	-9,68E+06	-6,27E+06	2,54E+03
0,9	-9,70E+02	6,55E+06	-7,41E+06	-6,51E+06	1,28E+03
1	-6,01E+02	6,34E+06	-6,57E+06	-6,21E+06	6,62E+02
1,1	-4,77E+01	5,72E+06	-5,86E+06	-5,63E+06	7,03E+02
1,2	-1,92E+02	4,88E+06	-5,42E+06	-4,82E+06	2,36E+02
1,3	-4,29E+02	4,45E+06	-5,04E+06	-4,44E+06	-1,60E+03
1,4	-7,99E+01	4,20E+06	-3,89E+06	-4,21E+06	-3,69E+03
1,5	-8,08E+02	3,86E+06	-4,26E+06	-3,86E+06	-4,72E+03
1,6	-1,17E+03	3,47E+06	-4,05E+06	-3,53E+06	-4,02E+03
1,7	-1,55E+03	3,14E+06	-3,75E+06	-3,22E+06	-1,80E+03
1,8	-2,35E+03	3,10E+06	-3,70E+06	-3,17E+06	-2,07E+03
1,9	-2,10E+03	2,86E+06	-3,55E+06	-2,93E+06	-3,32E+03
2	-3,97E+03	2,63E+06	-3,44E+06	-2,72E+06	-4,39E+03

Πίνακας 85 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω ροπών έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση pitch με τη μέθοδο Far Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Mdy [Nm/m ²]				
0,1	-4,47E+05	7,32E+05	-1,02E+06	-7,29E+05	-4,47E+05
0,2	-5,08E+05	7,83E+05	-1,11E+06	-7,79E+05	-5,06E+05
0,3	-5,96E+05	8,10E+05	-1,20E+06	-7,88E+05	-5,65E+05
0,4	-6,68E+05	5,45E+05	-1,20E+06	-3,74E+05	-5,39E+05
0,5	-9,91E+05	1,84E+06	-1,08E+06	-1,53E+06	2,19E+05
0,6	-5,39E+06	6,65E+06	-1,64E+06	5,32E+06	5,21E+06
0,7	-3,67E+06	1,20E+07	-2,54E+06	1,13E+07	2,76E+06
0,8	-4,33E+06	9,15E+04	-7,60E+05	-4,84E+04	2,67E+06
0,9	-3,55E+06	1,22E+05	-9,38E+05	-4,63E+05	1,73E+06
1	-2,74E+06	8,82E+05	-9,06E+05	-4,37E+04	9,25E+05
1,1	-1,65E+06	1,08E+06	-6,00E+05	2,26E+05	5,17E+05
1,2	-8,65E+05	9,49E+05	-3,21E+05	-7,73E+04	1,40E+05
1,3	-3,53E+05	7,65E+05	-2,20E+05	-4,67E+04	-5,21E+04
1,4	-4,79E+04	2,93E+05	-1,05E+05	-3,04E+05	-1,92E+05
1,5	-1,90E+05	1,62E+05	-8,71E+04	-2,78E+05	-3,51E+05
1,6	3,68E+05	1,56E+05	-8,55E+04	-4,76E+05	-4,83E+05
1,7	4,87E+05	2,88E+05	-1,03E+05	-4,42E+05	-5,09E+05
1,8	5,58E+05	3,17E+05	-1,09E+05	-3,83E+05	-5,08E+05
1,9	5,75E+05	4,03E+05	-1,15E+05	-3,97E+05	-5,03E+05
2	5,71E+05	4,96E+05	-1,11E+05	-4,93E+05	-4,99E+05

Πίνακας 86 Απεικόνιση αποτελεσμάτων μέσω ροπών έκπτωσης δεύτερης τάξης για γωνίες πρόσπτωσης κυματισμού από 0°-180° μοίρες ως προς κίνηση yaw με τη μέθοδο Far Field, για γωνιακή συχνότητα ω (0-2 rad/s).

	0 degrees	45 degrees	90 degrees	135 degrees	180 degrees
ω (rad/s)	Mdz [Nm/m ²]				
0,1	2,05E+01	7,85E+04	-7,32E+01	-7,90E+04	2,12E+01
0,2	1,38E+02	2,83E+05	-3,59E+01	-2,84E+05	-1,36E+02
0,3	6,35E+02	5,07E+05	-1,69E+01	-5,09E+05	-6,21E+02
0,4	1,88E+03	1,53E+05	1,73E+02	-1,61E+05	-1,77E+03
0,5	2,03E+03	5,78E+05	-1,45E+05	-4,78E+05	-1,01E+03
0,6	-1,40E+03	6,39E+06	-1,80E+06	6,17E+06	-7,82E+02
0,7	-1,76E+03	7,77E+06	1,66E+06	1,09E+07	1,38E+03
0,8	9,00E+02	4,60E+05	1,32E+06	2,33E+06	2,12E+03
0,9	1,16E+03	2,88E+06	8,47E+05	-3,81E+05	1,49E+03
1	1,17E+03	8,87E+05	8,64E+05	1,35E+06	1,87E+03

1,1	-4,88E+02	1,11E+06	1,06E+06	3,22E+06	2,29E+03
1,2	-8,31E+02	2,10E+06	1,51E+06	3,04E+06	3,19E+03
1,3	-2,70E+03	1,87E+06	1,49E+06	3,24E+06	2,44E+03
1,4	-8,52E+03	1,42E+06	1,03E+06	3,17E+06	8,13E+02
1,5	-3,68E+03	8,82E+05	1,01E+06	2,87E+06	7,51E+03
1,6	-2,60E+03	2,73E+06	8,53E+05	4,31E+06	8,88E+03
1,7	-2,25E+03	1,60E+06	5,75E+05	3,21E+06	7,99E+03
1,8	-1,68E+03	9,45E+05	7,42E+05	3,04E+06	1,07E+04
1,9	-7,81E+02	7,51E+05	6,89E+05	3,18E+06	1,47E+04
2	-5,07E+03	4,01E+06	6,61E+05	4,94E+06	9,43E+03

Αποτελέσματα PTSC BIEN DONG στο πεδίο του χρόνου

Time (s)	surge (m)	sway (m)	heave (°)	roll (°)	pitch (°)	yaw (°)
0	-7,88E+00	-2,49E+00	-5,32E+00	-4,56E-03	1,10E-02	2,09E-01
1	-7,22E+00	-2,21E+00	-5,13E+00	8,19E-03	-1,98E-02	1,18E-01
2	-5,31E+00	-1,43E+00	-5,07E+00	-3,06E-03	7,52E+03	3,68E-02
3	-2,95E+00	-4,58E-01	-5,06E+00	-6,79E-04	1,47E-03	-5,32E-02
4	-8,54E-01	3,99E-01	-5,22E+00	6,13E-03	-1,46E-02	-2,39E-01
5	-3,02E+00	-4,90E-01	-5,40E+00	-1,14E-02	2,74E-02	-4,70E-02
6	-5,47E+00	-1,50E+00	-5,33E+00	1,37E-03	-3,60E-03	1,22E-01
7	-5,16E+00	-1,37E+00	-5,26E+00	9,14E-03	-2,18E-02	8,41E-04
8	-5,44E+00	-1,48E+00	-5,26E+00	-6,77E-03	1,64E-02	2,72E-02
9	-5,70E+00	-1,59E+00	-5,22E+00	1,46E-03	-3,64E-03	4,59E-02
10	-5,59E+00	-1,55E+00	-5,17E+00	-5,84E-05	2,35E-04	6,07E-02
11	-4,63E+00	-1,15E+00	-5,09E+00	-1,95E-03	4,56E-03	6,36E-02
12	-1,94E+00	-4,64E-02	-5,14E+00	8,76E-03	-2,10E-02	-1,63E-01
13	-2,24E+00	-1,70E-01	-5,32E+00	-8,09E-03	1,97E-02	-1,15E-01
14	-4,33E+00	-1,03E+00	-5,31E+00	-4,63E-03	1,08E-02	8,06E-02
15	-3,96E+00	-8,78E-01	-5,28E+00	1,17E-02	-2,81E-02	-4,75E-02
16	-4,74E+00	-1,20E+00	-5,34E+00	-6,30E-03	1,53E-02	-1,64E-02
17	-6,31E+00	-1,84E+00	-5,28E+00	-3,23E-03	7,54E-03	1,18E-01
18	-5,83E+00	-1,64E+00	-5,18E+00	6,29E-03	-1,51E-02	6,13E-02
19	-4,57E+00	-1,13E+00	-5,14E+00	-2,98E-03	7,19E-03	1,37E-02
20	-2,83E+00	-4,10E-01	-5,19E+00	4,50E-03	-1,08E-02	-1,34E-01
21	-3,61E+00	-7,32E-01	-5,35E+00	-3,52E-03	8,68E-03	-9,92E-02
22	-6,62E+00	-1,97E+00	-5,30E+00	-8,51E-03	2,02E-02	1,80E-01
23	-6,01E+00	-1,72E+00	-5,12E+00	1,15E-02	-2,78E-02	9,68E-02
24	-3,91E+00	-8,55E-01	-5,12E+00	3,62E-05	1,90E-04	-5,03E-02
25	-3,06E+00	-5,05E-01	-5,16E+00	-6,03E-03	1,44E-02	-3,57E-02
26	-2,25E+00	-1,74E-01	-5,24E+00	6,22E-03	-1,49E-02	-1,25E-01
27	-3,60E+00	-7,29E-01	-5,33E+00	-6,60E-03	1,60E-02	-9,59E-03
28	-4,81E+00	-1,23E+00	-5,26E+00	-3,27E-04	5,38E-04	9,60E-02
29	-3,61E+00	-7,33E-01	-5,24E+00	8,53E-03	-2,04E-02	-5,98E-02
30	-3,55E+00	-7,10E-01	-5,32E+00	-6,02E-03	1,46E-02	-6,93E-02
31	-4,65E+00	-1,16E+00	-5,37E+00	9,41E-04	-2,37E-03	-4,03E-02
32	-6,87E+00	-2,07E+00	-5,38E+00	-8,27E-04	2,11E-03	6,53E-02
33	-8,88E+00	-2,89E+00	-5,20E+00	-5,63E-03	1,33E-02	2,64E-01
34	-6,38E+00	-1,87E+00	-5,00E+00	1,17E-02	-2,82E-02	6,95E-02
35	-3,34E+00	-6,20E-01	-5,05E+00	-1,56E-03	4,08E-03	-1,06E-01
36	-2,69E+00	-3,52E-01	-5,11E+00	-9,02E-03	2,15E-02	-1,52E-02
37	-1,20E+00	2,57E-01	-5,16E+00	8,60E-03	-2,08E-02	-1,22E-01
38	-1,01E+00	3,36E-01	-5,32E+00	-2,54E-03	6,29E-03	-1,52E-01
39	-2,87E+00	-4,29E-01	-5,41E+00	-3,63E-03	8,58E-03	-4,26E-02
40	-4,94E+00	-1,28E+00	-5,43E+00	3,97E-03	-9,50E-03	8,40E-03

41	-7,31E+00	-2,25E+00	-5,35E+00	-5,52E-03	1,33E-02	1,68E-01
42	-6,98E+00	-2,12E+00	-5,18E+00	5,68E-03	-1,38E-02	1,17E-01
43	-5,12E+00	-1,35E+00	-5,15E+00	3,08E-03	-7,16E-03	-3,72E-02
44	-4,74E+00	-1,19E+00	-5,16E+00	-8,93E-03	2,14E-02	3,35E-02
45	-3,27E+00	-5,94E-01	-5,17E+00	7,97E-03	-1,93E-02	-8,78E-02
46	-3,25E+00	-5,86E-01	-5,31E+00	-8,41E-04	2,31E-03	-1,31E-01
47	-6,19E+00	-1,79E+00	-5,31E+00	-1,06E-02	2,52E-02	1,45E-01
48	-6,35E+00	-1,85E+00	-5,12E+00	8,57E-03	-2,08E-02	1,54E-01
49	-3,67E+00	-7,56E-01	-5,06E+00	2,59E-03	-6,06E-03	-1,59E-02
50	-1,03E+00	3,28E-01	-5,15E+00	-1,11E-03	2,64E-03	-1,73E-01
51	-8,66E-01	3,93E-01	-5,38E+00	1,05E-03	-2,39E-03	-2,36E-01
52	-4,93E+00	-1,28E+00	-5,48E+00	-1,08E-02	2,60E-02	6,90E-02
53	-7,36E+00	-2,27E+00	-5,31E+00	5,27E-03	-1,30E-02	1,99E-01
54	-6,27E+00	-1,82E+00	-5,19E+00	8,54E-03	-2,03E-02	3,21E-02
55	-5,81E+00	-1,63E+00	-5,16E+00	-9,37E-03	2,26E-02	7,18E-02
56	-4,30E+00	-1,01E+00	-5,09E+00	4,06E-03	-9,94E-03	7,45E-03
57	-2,42E+00	-2,42E-01	-5,17E+00	2,47E-03	-5,75E-03	-1,19E-01
58	-2,42E+00	-2,44E-01	-5,26E+00	-6,51E-03	1,56E-02	-6,49E-02
59	-2,60E+00	-3,21E-01	-5,35E+00	6,26E-03	-1,51E-02	-1,24E-01
60	-4,88E+00	-1,26E+00	-5,45E+00	-4,01E-03	9,82E-03	-2,61E-02
61	-8,21E+00	-2,62E+00	-5,35E+00	-4,71E-03	1,11E-02	2,07E-01
62	-8,42E+00	-2,70E+00	-5,13E+00	7,70E-03	-1,85E-02	1,90E-01
63	-6,32E+00	-1,84E+00	-4,97E+00	-2,96E-03	7,19E-03	1,35E-01
64	-1,83E+00	1,37E-03	-4,93E+00	4,31E-03	-1,05E-02	-1,02E-01
65	1,66E+00	1,43E+00	-5,19E+00	3,68E-03	-8,57E-03	-3,61E-01
66	-8,66E-01	3,92E-01	-5,47E+00	-1,39E-02	3,36E-02	-1,29E-01
67	-4,44E+00	-1,07E+00	-5,47E+00	3,70E-03	-9,21E-03	6,34E-02
68	-6,21E+00	-1,80E+00	-5,42E+00	6,47E-03	-1,54E-02	5,20E-02
69	-7,96E+00	-2,52E+00	-5,31E+00	-6,87E-03	1,65E-02	1,69E-01
70	-7,50E+00	-2,33E+00	-5,14E+00	4,89E-03	-1,19E-02	1,28E-01
71	-5,54E+00	-1,52E+00	-5,07E+00	1,77E-04	-2,89E-04	3,16E-02
72	-3,32E+00	-6,13E-01	-5,07E+00	-1,45E-03	3,39E-03	-5,43E-02
73	-1,66E+00	7,03E-02	-5,21E+00	4,89E-03	-1,16E-02	-1,97E-01
74	-3,65E+00	-7,51E-01	-5,33E+00	-1,05E-02	2,52E-02	3,40E-03
75	-5,04E+00	-1,32E+00	-5,23E+00	1,64E-03	-4,27E-03	1,31E-01
76	-3,11E+00	-5,28E-01	-5,21E+00	1,19E-02	-2,84E-02	-1,07E-01
77	-3,45E+00	-6,67E-01	-5,34E+00	-9,46E-03	2,29E-02	-8,11E-02
78	-5,42E+00	-1,48E+00	-5,34E+00	-1,75E-03	3,99E-03	5,79E-02
79	-6,43E+00	-1,89E+00	-5,26E+00	4,15E-03	-9,91E-03	8,91E-02
80	-6,46E+00	-1,90E+00	-5,14E+00	-3,65E-03	8,72E-03	1,40E-01
81	-4,02E+00	-9,00E-01	-5,07E+00	6,89E-03	-1,66E-02	-2,89E-02
82	-2,22E+00	-1,60E-01	-5,17E+00	-2,47E-03	6,15E-03	-1,22E-01
83	-2,32E+00	-2,01E-01	-5,25E+00	-5,27E-03	1,25E-02	-5,39E-02
84	-2,25E+00	-1,75E-01	-5,35E+00	7,98E-03	-1,92E-01	-1,44E-01
85	-4,70E+00	-1,18E+00	-5,45E+00	-6,95E-03	1,69E-02	-8,83E-03
86	-7,58E+00	-2,36E+00	-5,34E+00	-2,43E-03	5,58E-03	1,87E-01

87	-7,29E+00	-2,24E+00	-5,19E+00	9,63E-03	-2,31E-02	8,88E-02
88	-6,66E+00	-1,98E+00	-5,11E+00	-6,47E-03	1,57E-02	1,04E-01
89	-4,72E+00	-1,19E+00	-5,01E+00	1,40E-03	-3,56E-03	5,07E-02
90	-1,52E+00	1,27E-01	-5,07E+00	5,54E-03	-1,32E-02	-1,55E-01
91	-6,79E-01	4,71E-01	-5,24E+00	-6,96E-03	1,68E-02	-1,55E-01
92	-1,48E+00	1,41E-01	-5,39E+00	2,96E-03	-7,19E-03	-1,48E-01
93	-4,39E+00	-1,06E+00	-5,49E+00	-2,49E-03	6,12E-03	-1,15E-02
94	-7,73E+00	-2,42E+00	-5,37E+00	-4,59E-03	1,08E-02	2,16E-01
95	-7,30E+00	-2,24E+00	-5,19E+00	1,07E-02	-2,56E-02	1,04E-01
96	-6,13E+00	-1,77E+00	-5,13E+00	-4,18E-03	1,03E-02	5,27E-02
97	-4,75E+00	-1,20E+00	-5,05E+00	-3,45E-03	8,06E-03	6,07E-02
98	-1,68E+00	5,98E-02	-5,11E+00	9,55E-03	-2,29E-02	-1,74E-01
99	-1,54E+00	1,15E-01	-5,31E+00	-7,66E-03	1,86E-02	-1,57E-01
100	-3,78E+00	-8,01E-01	-5,37E+00	-2,97E-03	6,92E-03	7,51E-03
101	-5,28E+00	-1,42E+00	-5,34E+00	5,35E-03	-1,28E-02	4,15E-02
102	-6,30E+00	-1,83E+00	-5,27E+00	-3,76E-03	9,02E-03	1,12E-01
103	-5,49E+00	-1,50E+00	-5,18E+00	5,37E-03	-1,30E-02	1,82E-02
104	-4,99E+00	-1,30E+00	-5,21E+00	-1,92E-03	4,81E-03	-8,96E-03
105	-5,22E+00	-1,39E+00	-5,14E+00	-6,34E-03	1,50E-02	1,05E-01
106	-2,85E+00	-4,19E-01	-5,12E+00	1,14E-02	-2,74E-02	-1,00E-01
107	-2,22E+00	-1,63E-01	-5,29E+00	-4,16E-03	1,03E-02	-1,57E-01
108	-4,63E+00	-1,15E+00	-5,32E+00	-9,05E-03	2,15E-02	7,82E-02
109	-4,97E+00	-1,29E+00	-5,23E+00	9,26E-03	-2,24E-02	5,61E-02
110	-4,18E+00	-9,66E-01	-5,22E+00	-7,47E-04	1,96E-03	-1,44E-02
111	-3,66E+00	-7,55E-01	-5,25E+00	-7,86E-04	1,82E-03	-5,92E-02
112	-4,24E+00	-9,92E-01	-5,33E+00	1,07E-03	-2,45E-03	-6,11E-02
113	-6,43E+00	-1,89E+00	-5,29E+00	-7,90E-03	1,89E-02	1,45E-01
114	-5,81E+00	-1,63E+00	-5,15E+00	8,32E-03	-2,02E-02	7,67E-02
115	-3,94E+00	-8,66E-01	-5,18E+00	3,30E-03	-7,64E-03	-9,65E-02
116	-4,57E+00	-1,13E+00	-5,22E+00	-1,06E-02	2,55E-02	3,35E-02
117	-4,32E+00	-1,02E+00	-5,17E+00	6,23E-03	-1,51E-02	2,09E-02
118	-3,48E+00	-6,78E-01	-5,19E+00	5,37E-04	-1,11E-03	-3,30E-02
119	-3,00E+00	-4,82E-01	-5,21E+00	-3,78E-03	8,96E-03	-2,00E-02
120	-1,94E+00	-4,82E-02	-5,30E+00	7,79E-03	-1,87E-02	-1,77E-01
121	-4,07E+00	-9,24E-01	-5,46E+00	-7,26E-03	1,76E-02	-6,89E-02
122	-7,92E+00	-2,50E+00	-5,38E+00	-4,45E-03	1,04E-02	2,00E-01
123	-8,62E+00	-2,79E+00	-5,15E+00	7,29E-03	-1,75E-02	2,21E-01
124	-6,23E+00	-1,81E+00	-4,97E+00	-1,47E-03	3,55E-03	1,34E-01
125	-1,33E+00	2,06E-01	-4,97E+00	6,59E-03	-1,59E-02	-1,78E-01
126	7,57E-01	1,06E+00	-5,27E+00	-1,65E-03	4,29E-03	-3,33E-01
127	-2,98E+00	-4,75E-01	-5,45E+00	-1,43E-02	3,42E-02	8,74E-03
128	-5,35E+00	-1,45E+00	-5,35E+00	8,80E-03	-2,15E-02	1,16E-01
129	-5,11E+00	-1,35E+00	-5,30E+00	5,54E-03	-1,31E-02	-2,58E-03
130	-5,51E+00	-1,51E+00	-5,29E+00	-6,65E-03	1,60E-02	2,67E-02
131	-5,76E+00	-1,62E+00	-5,28E+00	4,00E-03	-9,66E-03	-1,83E-03
132	-6,86E+00	-2,06E+00	-5,25E+00	-4,01E-03	9,74E-03	8,78E-02

133	-7,11E+00	-2,17E+00	-5,10E+00	-4,99E-04	1,01E-03	1,58E-01
134	-4,87E+00	-1,24E+00	-5,01E+00	6,67E-03	-1,59E-02	1,88E-02
135	-2,69E+00	-3,52E-01	-5,02E+00	-6,48E-03	1,56E-02	-5,04E-03
136	4,89E-01	9,52E-01	-5,09E+00	5,23E-03	-1,27E-02	-1,85E-01
137	1,93E+00	1,54E+00	-5,40E+00	3,74E-03	-8,68E-03	-3,74E-01
138	-2,86E+00	-4,28E-01	-5,64E+00	-1,45E-02	3,48E-02	-5,28E-02
139	-8,00E+00	-2,54E+00	-5,53E+00	3,60E-03	-8,98E-03	2,15E-01
140	-9,56E+00	-3,18E+00	-5,31E+00	6,49E-03	-1,55E-02	2,15E-01
141	-8,72E+00	-2,83E+00	-5,10E+00	-2,93E-03	7,02E-03	1,76E-01
142	-5,79E+00	-1,62E+00	-5,02E+00	5,29E-03	-1,27E-02	-1,42E-02
143	-4,08E+00	-9,25E-01	-5,07E+00	-5,27E-03	1,28E-02	-4,12E-02
144	-3,18E+00	-5,55E-01	-5,07E+00	-2,18E-03	5,02E-03	-9,16E-04
145	-1,38E+00	1,84E-01	-5,15E+00	7,78E-03	-1,86E-02	-1,43E-01
146	-1,76E+00	2,69E-02	-5,27E+00	-8,06E-03	1,95E-02	-6,28E-02
147	-2,23E+00	-1,66E-01	-5,29E+00	1,66E-03	-4,23E-03	-2,82E-02
148	-1,97E+00	-5,94E-02	-5,40E+00	7,30E-03	-1,73E-02	-1,68E-01
149	-4,79E+00	-1,22E+00	-5,51E+00	-9,97E-03	2,40E-02	-5,57E-03
150	-7,91E+00	-2,50E+00	-5,42E+00	2,04E-03	-5,13E-03	1,42E-01
151	-9,32E+00	-3,07E+00	-5,27E+00	3,24E-03	-7,65E-03	1,77E-01
152	-9,20E+00	-3,02E+00	-5,04E+00	-4,77E-03	1,14E-02	2,49E-01
153	-5,39E+00	-1,46E+00	-4,88E+00	7,98E-03	-1,92E-02	4,27E-02
154	-1,12E+00	2,91E-01	-4,95E+00	-1,44E-03	3,67E-03	-1,55E-01
155	1,08E+00	1,19E+00	-5,13E+00	-3,89E-03	9,24E-03	-2,13E-01
156	1,21E+00	1,25E+00	-5,40E+00	4,97E-03	-1,19E-02	-2,87E-01
157	-2,97E+00	-4,74E-01	-5,58E+00	-9,67E-03	2,33E-02	-2,38E-02
158	-6,93E+00	-2,10E+00	-5,46E+00	1,07E-03	-2,89E-03	1,93E-01
159	-7,18E+00	-2,20E+00	-5,32E+00	1,07E-02	-2,55E-02	6,40E-02
160	-7,65E+00	-2,39E+00	-5,26E+00	-8,21E-03	1,99E-02	1,06E-01
161	-7,25E+00	-2,22E+00	-5,13E+00	1,09E-03	-2,83E-03	1,13E-01
162	-5,30E+00	-1,42E+00	-5,09E+00	4,87E-03	-1,16E-02	-2,12E-02
163	-4,36E+00	-1,04E+00	-5,11E+00	-5,63E-03	1,35E-02	-1,25E-02
164	-3,66E+00	-7,53E-01	-5,13E+00	3,24E-03	-7,83E-03	-3,86E-02
165	-3,79E+00	-8,03E-01	-5,15E+00	-3,77E-03	9,15E-03	4,17E-02
166	-2,63E+00	-3,29E-01	-5,07E+00	-5,46E-04	1,07E-03	5,45E-02
167	1,17E+00	1,23E+00	-5,18E+00	1,25E-02	-2,99E-02	-2,88E-01
168	5,12E-01	9,57E-01	-5,51E+00	-9,66E-03	2,35E-02	-2,79E-01
169	-4,63E+00	-1,16E+00	-5,62E+00	-8,05E-03	1,90E-02	5,83E-02
170	-8,07E+00	-2,56E+00	-5,49E+00	9,24E-03	-2,23E-02	1,52E-01
171	-9,63E+00	-3,20E+00	-5,32E+00	-1,96E-03	4,81E-03	1,98E-01
172	-9,02E+00	-2,95E+00	-5,13E+00	2,17E-03	-5,30E-03	1,39E-01
173	-7,48E+00	-2,32E+00	-5,05E+00	1,03E-03	-2,30E-03	5,82E-02
174	-6,34E+00	-1,85E+00	-4,95E+00	-7,14E-03	1,71E-02	1,36E-01
175	-2,58E+00	-3,04E-01	-4,88E+00	8,61E-03	-2,08E-02	-5,00E-02
176	9,29E-01	1,13E+00	-5,05E+00	7,48E-05	8,76E-05	-2,36E-01
177	1,22E+00	1,25E+00	-5,26E+00	-7,60E-03	1,81E-02	-1,75E-01
178	3,73E-01	9,00E-01	-5,45E+00	6,72E-03	-1,62E-02	-2,05E-01

179	-3,21E+00	-5,72E-01	-5,60E+00	-5,60E-03	1,36E-02	-3,62E-02
180	-7,21E+00	-2,21E+00	-5,49E+00	-2,90E-03	6,70E-03	1,91E-01
181	-7,73E+00	-2,42E+00	-5,34E+00	1,05E-02	-2,53E-02	8,80E-02
182	-7,99E+00	-2,53E+00	-5,27E+00	-5,45E-03	1,33E-02	8,66E-02
183	-8,07E+00	-2,56E+00	-5,15E+00	-1,40E-03	3,20E-03	1,29E-01
184	-6,76E+00	-2,02E+00	-5,06E+00	3,79E-03	-9,03E-03	6,73E-02
185	-5,00E+00	-1,30E+00	-4,99E+00	-4,45E-03	1,07E-02	6,32E-02
186	-1,66E+00	6,93E-02	-5,01E+00	7,08E-03	-1,71E-02	-1,38E-01
187	-3,24E-01	6,17E-01	-5,22E+00	-2,40E-03	6,04E-03	-2,12E-01
188	-2,31E+00	-1,98E-01	-5,32E+00	-9,26E-03	2,21E-02	4,14E-03
189	-2,76E+00	-3,84E-01	-5,32E+00	1,03E-02	-2,48E-02	-4,62E-02
190	-3,59E+00	-7,26E-01	-5,40E+00	-1,63E-03	4,17E-03	-6,06E-02
191	-5,84E+00	-1,65E+00	-5,37E+00	-6,57E-03	1,56E-02	1,04E-01
192	-6,16E+00	-1,78E+00	-5,27E+00	7,65E-03	-1,84E-02	6,11E-02
193	-5,99E+00	-1,71E+00	-5,23E+00	-3,00E-03	7,35E-03	5,19E-02
194	-5,37E+00	-1,46E+00	-5,17E+00	1,62E-04	-5,12E-04	2,92E-02
195	-4,49E+00	-1,09E+00	-5,19E+00	2,77E-03	-6,52E-03	-3,90E-02
196	-4,73E+00	-1,19E+00	-5,18E+00	-7,12E-03	1,71E-02	6,16E-02
197	-3,23E+00	-5,77E-01	-5,15E+00	7,66E-03	-1,86E-02	-5,85E-02
198	-2,44E+00	-2,54E-01	-5,29E+00	9,02E-04	-1,87E-03	-1,64E-01
199	-4,95E+00	-1,28E+00	-5,35E+00	-1,13E-02	2,72E-02	7,13E-02
200	-5,69E+00	-1,59E+00	-5,24E+00	8,54E-03	-2,07E-02	7,61E-02
201	-5,16E+00	-1,37E+00	-5,23E+00	1,88E-03	-4,28E-03	-8,27E-03
202	-5,54E+00	-1,52E+00	-5,19E+00	-6,42E-03	1,53E-02	6,97E-02
203	-4,85E+00	-1,24E+00	-5,14E+00	4,93E-03	-1,19E-02	3,16E-02
204	-3,77E+00	-7,95E-01	-5,11E+00	-2,92E-03	7,09E-03	2,34E-02
205	-1,63E+00	7,97E-02	-5,13E+00	2,90E-03	-7,12E-03	-9,83E-02
206	-2,98E-01	6,26E-01	-5,34E+00	4,29E-03	-1,01E-02	-2,66E-01
207	-3,69E+00	-7,68E-01	-5,50E+00	-1,26E-02	3,02E-02	-1,38E-02
208	-6,91E+00	-2,09E+00	-5,39E+00	3,38E-03	-8,42E-03	1,66E-01
209	-7,14E+00	-2,18E+00	-5,26E+00	7,07E-03	-1,68E-02	9,32E-02
210	-6,69E+00	-1,99E+00	-5,17E+00	-6,01E-03	1,45E-02	1,00E-01
211	-4,73E+00	-1,19E+00	-5,13E+00	6,08E-03	-1,47E-02	-5,13E-02
212	-4,20E+00	-9,73E-01	-5,23E+00	-2,28E-03	5,70E-03	-8,88E-02
213	-5,94E+00	-1,69E+00	-5,21E+00	-8,09E-03	1,93E-02	1,20E-01
214	-5,32E+00	-1,43E+00	-5,09E+00	8,29E-03	-2,00E-02	8,48E-02
215	-3,13E+00	-5,35E-01	-5,06E+00	-3,26E-04	9,36E-04	-2,18E-02
216	-8,66E-01	3,95E-01	-5,13E+00	-2,12E-04	4,28E-04	-1,39E-01
217	-1,61E-01	6,82E-01	-5,34E+00	2,79E-03	-6,53E-03	-2,39E-01
218	-3,42E+00	-6,58E-01	-5,48E+00	-1,08E-02	2,60E-02	1,18E-02
219	-5,65E+00	-1,57E+00	-5,38E+00	5,30E-03	-1,30E-02	1,06E-01
220	-5,67E+00	-1,58E+00	-5,35E+00	7,50E-03	-1,78E-02	-2,70E-02
221	-7,45E+00	-2,31E+00	-5,32E+00	-1,09E-02	2,63E-02	1,24E-01
222	-7,76E+00	-2,43E+00	-5,15E+00	3,87E-03	-9,53E-03	1,63E-01
223	-5,61E+00	-1,55E+00	-5,06E+00	4,61E-03	-1,09E-02	2,10E-02
224	-3,58E+00	-7,17E-01	-5,07E+00	-4,15E-03	9,96E-03	-4,43E-02

225	-2,04E+00	-8,90E-02	-5,17E+00	3,73E-03	-8,95E-03	-1,47E-01
226	-2,99E+00	-4,78E-01	-5,29E+00	-6,12E-03	1,48E-02	-4,08E-02
227	-4,07E+00	-9,22E-01	-5,26E+00	5,79E-05	-3,83E-04	5,07E-02
228	-3,49E+00	-6,84E-01	-5,28E+00	9,00E-03	-2,15E-02	-9,10E-02
229	-5,17E+00	-1,37E+00	-5,33E+00	-1,03E-02	2,50E-02	5,57E-02
230	-6,04E+00	-1,73E+00	-5,18E+00	5,11E-04	-1,54E-03	1,63E-01
231	-3,49E+00	-6,81E-01	-5,13E+00	1,03E-02	-2,46E-02	-6,35E-02
232	-2,15E+00	-1,33E-01	-5,24E+00	-6,60E-03	1,60E-02	-1,31E-01
233	-2,77E+00	-3,87E-01	-5,36E+00	2,06E-04	-6,01E-04	-1,16E-01
234	-5,31E+00	-1,43E+00	-5,44E+00	-1,23E-03	3,08E-03	7,18E-03
235	-8,21E+00	-2,62E+00	-5,31E+00	-4,88E-03	1,15E-02	2,27E-01
236	-7,25E+00	-2,23E+00	-5,11E+00	9,93E-03	-2,39E-02	1,15E-01
237	-5,10E+00	-1,34E+00	-5,07E+00	-2,00E-03	5,03E-03	-6,47E-04
238	-3,47E+00	-6,71E-01	-5,07E+00	-3,99E-03	9,44E-03	-2,02E-02
239	-1,59E+00	9,85E-02	-5,17E+00	6,97E-03	-1,67E-02	-1,71E-01
240	-2,63E+00	-3,33E-01	-5,31E+00	-8,46E-03	2,04E-02	-5,30E-02
241	-4,01E+00	-8,97E-01	-5,28E+00	1,34E-05	-3,15E-04	6,29E-02
242	-3,32E+00	-6,14E-01	-5,29E+00	9,31E-03	-2,22E-02	-8,53E-02
243	-4,42E+00	-1,07E+00	-5,36E+00	-8,02E-03	1,94E-02	-1,70E-02
244	-6,07E+00	-1,74E+00	-5,31E+00	1,66E-04	-5,86E-04	8,40E-02
245	-6,53E+00	-1,93E+00	-5,23E+00	2,81E-03	-6,66E-03	9,42E-02
246	-5,84E+00	-1,64E+00	-5,12E+00	-3,09E-03	7,35E-03	1,05E-01
247	-3,02E+00	-4,90E-01	-5,11E+00	8,13E-03	-1,95E-02	-1,17E-01
248	-2,43E+00	-2,49E-01	-5,28E+00	-4,91E-03	1,21E-02	-1,53E-01
249	-4,65E+00	-1,16E+00	-5,33E+00	-6,96E-03	1,65E-02	5,01E-02
250	-5,44E+00	-1,48E+00	-5,27E+00	9,14E-03	-2,20E-02	3,11E-02
251	-6,29E+00	-1,83E+00	-5,22E+00	-5,15E-03	1,25E-02	1,11E-01
252	-5,58E+00	-1,54E+00	-5,06E+00	-8,15E-04	1,71E-03	1,42E-01
253	-1,72E+00	4,75E-02	-5,06E+00	1,04E-02	-2,49E-02	-1,51E-01
254	-2,38E-01	6,51E-01	-5,28E+00	-6,86E-03	1,67E-02	-2,32E-01
255	-2,26E+00	-1,81E-01	-5,46E+00	-2,88E-03	6,77E-03	-1,16E-01
256	-5,90E+00	-1,67E+00	-5,50E+00	3,00E-04	-6,84E-04	6,28E-02
257	-8,77E+00	-2,85E+00	-5,32E+00	-3,15E-03	7,41E-03	2,52E-01
258	-7,45E+00	-2,31E+00	-5,13E+00	1,06E-02	-2,56E-02	8,29E-02
259	-6,00E+00	-1,71E+00	-5,12E+00	-3,50E-03	8,72E-03	2,14E-03
260	-5,80E+00	-1,63E+00	-5,03E+00	-9,11E-03	2,17E-02	1,54E-01
261	-2,19E+00	-1,45E-01	-4,95E+00	1,21E-02	-2,92E-02	-6,16E-02
262	1,21E+00	1,25E+00	-5,15E+00	-6,09E-04	1,76E-03	-2,80E-01
263	6,15E-01	1,00E+00	-5,42E+00	-6,68E-03	1,60E-02	-2,27E-01
264	-2,77E+00	-3,92E-01	-5,59E+00	2,17E-03	-5,22E-03	-1,02E-01
265	-7,90E+00	-2,50E+00	-5,55E+00	-6,02E-03	1,44E-02	1,93E-01
266	-1,00E+01	-3,36E+00	-5,28E+00	5,25E-03	-1,28E-02	2,70E-01
267	-8,48E+00	-2,73E+00	-5,09E+00	5,69E-03	-1,35E-02	1,18E-01
268	-6,59E+00	-1,95E+00	-4,98E+00	-7,94E-03	1,91E-02	1,13E-01
269	-2,90E+00	-4,36E-01	-4,94E+00	6,34E-03	-1,54E-02	-7,04E-02
270	-7,69E-03	7,48E-01	-5,12E+00	4,32E-04	-7,88E-04	-2,32E-01

271	-5,68E-01	5,16E-01	-5,30E+00	-8,30E-03	1,98E-02	-1,22E-01
272	-1,75E+00	3,01E-02	-5,42E+00	7,16E-03	-1,73E-02	-1,32E-01
273	-4,86E+00	-1,25E+00	-5,51E+00	-3,99E-03	9,79E-03	4,79E-03
274	-8,36E+00	-2,68E+00	-5,36E+00	-4,79E-03	1,13E-02	2,46E-01
275	-7,75E+00	-2,43E+00	-5,15E+00	9,98E-03	-2,40E-02	1,47E-01
276	-5,41E+00	-1,47E+00	-5,07E+00	-2,08E-03	5,17E-03	1,56E-02
277	-3,25E+00	-5,82E-01	-5,11E+00	-2,49E-04	5,28E-04	-9,20E-02
278	-2,77E+00	-3,88E-01	-5,24E+00	1,59E-04	-2,35E-04	-1,15E-01
279	-4,45E+00	-1,08E+00	-5,24E+00	-8,60E-03	2,06E-02	9,62E-02
280	-3,36E+00	-6,28E-01	-5,16E+00	9,96E-03	-2,41E-02	-8,84E-03
281	-1,76E+00	2,68E-02	-5,30E+00	3,30E-03	-7,59E-03	-2,02E-01
282	-4,10E+00	-9,35E-01	-5,42E+00	-1,24E-02	2,97E-02	-5,34E-03
283	-6,23E+00	-1,81E+00	-5,35E+00	5,48E-03	-1,34E-02	8,90E-02
284	-7,04E+00	-2,14E+00	-5,27E+00	1,69E-03	-3,92E-03	9,67E-02
285	-7,01E+00	-2,13E+00	-5,14E+00	-3,20E-03	7,59E-03	1,32E-01
286	-5,05E+00	-1,32E+00	-5,07E+00	5,81E-03	-1,39E-02	2,72E-03
287	-3,53E+00	-6,97E-01	-5,09E+00	-4,94E-03	1,20E-02	-1,90E-02
288	-1,88E+00	-1,99E-02	-5,13E+00	1,89E-03	-4,71E-03	-9,17E-02
289	-1,00E+00	3,37E-01	-5,30E+00	4,18E-03	-9,83E-03	-2,07E-01
290	-3,82E+00	-8,20E-01	-5,40E+00	-1,17E-02	2,81E-02	3,60E-02
291	-5,29E+00	-1,42E+00	-5,29E+00	5,49E-03	-1,35E-02	1,12E-01
292	-4,22E+00	-9,82E-01	-5,27E+00	7,51E-03	-1,78E-02	-6,20E-02
293	-4,83E+00	-1,24E+00	-5,32E+00	-8,81E-03	2,12E-02	-6,11E-03
294	-5,74E+00	-1,61E+00	-5,30E+00	3,02E-03	-7,40E-03	2,20E-02
295	-6,75E+00	-2,02E+00	-5,27E+00	-5,67E-04	1,49E-03	7,41E-02
296	-7,24E+00	-2,22E+00	-5,14E+00	-3,22E-03	7,58E-03	1,64E-01
297	-5,03E+00	-1,31E+00	-5,04E+00	7,90E-03	-1,90E-02	1,25E-02
298	-3,01E+00	-4,85E-01	-5,07E+00	-4,85E-03	1,18E-02	-4,26E-02
299	-1,24E+00	2,44E-01	-5,12E+00	1,38E-05	-2,17E-04	-1,02E-01
300	-8,35E-04	7,48E-01	-5,32E+00	6,36E-03	-1,51E-02	-2,62E-01
301	-3,18E+00	-5,57E-01	-5,50E+00	-1,13E-02	2,72E-02	-4,48E-02
302	-6,81E+00	-2,05E+00	-5,42E+00	1,36E-03	-3,56E-03	1,64E-01
303	-7,58E+00	-2,36E+00	-5,27E+00	7,13E-03	-1,70E-02	1,31E-01
304	-7,15E+00	-2,18E+00	-5,12E+00	-5,90E-03	1,42E-02	1,60E-01
305	-4,16E+00	-9,54E-01	-5,03E+00	6,23E-03	-1,51E-02	-2,08E-02
306	-1,42E+00	1,66E-01	-5,16E+00	7,25E-04	-1,50E-03	-2,03E-01
307	-2,13E+00	-1,26E-01	-5,33E+00	-7,58E-03	1,82E-02	-1,13E-01
308	-4,19E+00	-9,73E-01	-5,40E+00	3,86E-03	-9,33E-03	-3,37E-02
309	-7,07E+00	-2,15E+00	-5,35E+00	-4,56E-03	1,10E-02	1,59E-01
310	-7,38E+00	-2,28E+00	-5,14E+00	2,09E-03	-5,25E-03	1,99E-01
311	-4,14E+00	-9,47E-01	-5,08E+00	1,03E-02	-2,45E-02	-8,52E-02
312	-3,25E+00	-5,83E-01	-5,19E+00	-1,05E-02	2,53E-02	-7,15E-02
313	-3,52E+00	-6,95E-01	-5,20E+00	-9,60E-04	2,03E-03	7,84E-03
314	-2,78E+00	-3,91E-01	-5,25E+00	7,87E-03	-1,88E-02	-1,06E-01
315	-3,97E+00	-8,81E-01	-5,33E+00	-7,58E-03	1,83E-02	-1,10E-02
316	-5,29E+00	-1,42E+00	-5,28E+00	1,50E-03	-3,78E-03	7,00E-02

317	-5,41E+00	-1,47E+00	-5,22E+00	1,89E-03	-4,44E-03	6,90E-02
318	-4,39E+00	-1,05E+00	-5,15E+00	-1,66E-03	3,90E-03	3,63E-02
319	-2,22E+00	-1,61E-01	-5,22E+00	7,63E-03	-0,01825	-1,78E-01
320	-3,55E+00	-7,07E-01	-5,39E+00	-8,78E-03	0,02132	-7,74E-02
321	-6,39E+00	-1,87E+00	-5,32E+00	-5,06E-03	1,18E-02	1,71E-01
322	-5,49E+00	-1,50E+00	-5,20E+00	1,34E-02	-3,21E-02	1,43E-02
323	-4,86E+00	-1,24E+00	-5,25E+00	-4,65E-03	1,14E-02	-4,81E-02
324	-5,87E+00	-1,66E+00	-5,23E+00	-4,71E-03	1,12E-02	6,14E-02
325	-6,15E+00	-1,77E+00	-5,16E+00	3,97E-03	-9,52E-03	8,78E-02
326	-5,36E+00	-1,45E+00	-5,04E+00	-3,81E-03	9,12E-03	1,31E-01
327	-1,63E+00	8,23E-02	-5,00E+00	7,69E-03	-1,86E-02	-9,90E-02
328	1,21E+00	1,25E+00	-5,24E+00	1,28E-03	-2,78E-03	-3,23E-01
329	-1,15E+00	2,76E-01	-5,50E+00	-1,10E-02	2,63E-02	-1,45E-01
330	-5,20E+00	-1,39E+00	-5,54E+00	3,97E-03	-9,68E-03	3,12E-02
331	-9,04E+00	-2,96E+00	-5,42E+00	-1,98E-03	4,85E-03	2,38E-01
332	-9,61E+00	-3,19E+00	-5,11E+00	-3,97E-04	7,15E-04	3,14E-01
333	-4,90E+00	-1,26E+00	-4,96E+00	1,29E-02	-3,09E-02	-5,14E-02
334	-1,95E+00	-4,96E-02	-5,13E+00	-7,38E-03	1,81E-02	-1,96E-01
335	-2,67E+00	-3,46E-01	-5,25E+00	-6,98E-03	1,66E-02	-5,44E-02
336	-3,45E+00	-6,69E-01	-5,29E+00	6,28E-03	-1,51E-02	-3,05E-02
337	-4,40E+00	-1,06E+00	-5,29E+00	-3,21E-03	7,76E-03	3,48E-02
338	-4,36E+00	-1,04E+00	-5,26E+00	3,68E-03	-8,94E-03	-1,20E-02
339	-4,68E+00	-1,17E+00	-5,30E+00	1,96E-04	-2,79E-04	-3,43E-02
340	-6,27E+00	-1,83E+00	-5,25E+00	-7,70E-03	1,84E-02	1,36E-01
341	-5,27E+00	-1,41E+00	-5,14E+00	9,31E-03	-2,25E-02	3,33E-02
342	-4,03E+00	-9,06E-01	-5,17E+00	-1,11E-03	2,95E-03	-5,03E-02
343	-4,16E+00	-9,58E-01	-5,16E+00	-7,67E-03	1,83E-02	6,12E-02
344	-2,35E+00	-2,13E-01	-5,16E+00	9,84E-03	-2,37E-02	-9,12E-02
345	-1,68E+00	5,77E-02	-5,31E+00	-2,94E-03	7,31E-03	-1,55E-01
346	-3,50E+00	-6,87E-01	-5,40E+00	-5,36E-03	1,27E-02	-2,51E-02
347	-5,23E+00	-1,40E+00	-5,40E+00	5,09E-03	-1,22E-02	1,09E-02
348	-7,12E+00	-2,17E+00	-5,34E+00	-4,08E-03	9,83E-03	1,19E-01
349	-7,38E+00	-2,28E+00	-5,21E+00	3,88E-03	-9,44E-03	9,86E-02
350	-6,91E+00	-2,09E+00	-5,15E+00	1,14E-03	-2,53E-03	5,71E-02
351	-6,78E+00	-2,03E+00	-5,02E+00	-8,90E-03	2,13E-02	2,02E-01
352	-2,60E+00	-3,14E-01	-4,89E+00	1,11E-02	-2,69E-02	-3,07E-02
353	1,99E+00	1,57E+00	-5,12E+00	3,23E-03	-7,39E-03	-3,54E-01
354	1,03E+00	1,17E+00	-5,44E+00	-1,19E-02	2,86E-02	-2,47E-01
355	-2,96E+00	-4,68E-01	-5,60E+00	2,74E-03	-6,73E-03	-7,12E-02
356	-7,92E+00	-2,51E+00	-5,55E+00	-2,07E-03	5,05E-03	1,74E-01
357	-1,06E+01	-3,60E+00	-5,27E+00	-1,18E-04	8,25E-05	3,29E-01
358	-8,48E+00	-2,73E+00	-5,02E+00	8,79E-03	-2,10E-02	1,52E-01
359	-5,11E+00	-1,35E+00	-4,94E+00	-5,28E-03	1,28E-02	3,30E-02
360	-1,19E+00	2,65E-01	-4,98E+00	2,19E-03	-5,40E-03	-1,48E-01

Στατιστικά αποτελέσματα PTSC BIEN DONG στο πεδίο του χρόνου

Time Domain Statistics sway [m]	
Mean Value	9,73E-05
Standard Deviation	1,06E-01
Minimum Value	-9,22E-01
Maximum Value	2,22E-01
Mean of Lowest-Third Peaks	-1,67E-01
Mean of Highest-Third Peaks	1,66E-01

Time Domain Statistics heave [m]	
Mean Value	-1,22E-04
Standard Deviation	8,33E-02
Minimum Value	-1,72E-01
Maximum Value	1,83E-01
Mean of Lowest-Third Peaks	-1,32E-01
Mean of Highest-Third Peaks	1,32E-01

Time Domain Statistics surge [m]	
Mean Value	2,37E-04
Standard Deviation	2,58E-01
Minimum Value	-5,87E-01
Maximum Value	5,42E-01
Mean of Lowest-Third Peaks	-4,07E-01
Mean of Highest-Third Peaks	4,05E-01

Time Domain Statistics roll [°]	
Mean Value	5,73E-06
Standard Deviation	6,37E-03
Minimum Value	-1,45E-02
Maximum Value	1,34E-02
Mean of Lowest-Third Peaks	-1,00E-02
Mean of Highest-Third Peaks	1,00E-02

Time Domain Statistics pitch [°]	
Mean Value	-1,40E-05
Standard Deviation	1,53E-02
Minimum Value	-3,21E-02
Maximum Value	3,48E-02
Mean of Lowest-Third Peaks	-2,40E-02
Mean of Highest-Third Peaks	2,41E-02

Time Domain Statistics yaw [°]	
Mean Value	2,24E-05
Standard Deviation	1,53E-02
Minimum Value	-3,36E-02
Maximum Value	3,17E-02
Mean of Lowest-Third Peaks	-2,43E-02
Mean of Highest-Third Peaks	2,43E-02