



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Σχολή Μηχανικής και
Τεχνολογίας

Πτυχιακή εργασία

**ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ
ΕΞΕΔΡΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ**

Στέφανος Ιωάννου

Λεμεσός, Μάιος 2020

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πτυχιακή εργασία

ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ
ΕΞΕΔΡΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

του

Στέφανου Ιωάννου

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Κωνσταντίνος Μιχαηλίδης

Λεμεσός, Μάϊος 2020

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Στέφανος Ιωάννου, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Κωνσταντίνο Μιχαηλίδη για την τεράστια βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε κατά την διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας. Επίσης του οφείλω πραγματικά ένα μεγάλο ευχαριστώ για την άριστη συνεργασία μας αλλά και για την παραχώρηση όλων των πολύτιμων πληροφοριών και γνώσεων που μου δόθηκαν. Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένεια μου για το κουράγιο και την δύναμη που μου προσέφερε όλο αυτό το διάστημα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σκοπό την μοντελοποίηση και ανάλυση τμήματος θαλάσσιας προβλήτας με το λογισμικό SAP2000 που εδράζεται στη Λεμεσό και συγκεκριμένα στη περιοχή του Βασιλικού. Λόγω της κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης της Κύπρου και της δραστηριότητας που εξελίσσεται στην παράκτια ζώνη του νησιού η αναγκαιότητα προσβασιμότητας στη θάλασσα είναι αδήριτη. Η δημιουργία εγκαταστάσεων αποθήκευσης πετρελαίου για βιομηχανικές εφαρμογές οδήγησαν στην κατασκευή θαλάσσιων προβλήτων οι οποίες στερεώνονται πάνω σε πασσάλους. Στόχος της εργασίας αυτής, είναι η ανάδειξη και κατανόηση της κυματικής θεωρίας Airy και Stokes 1^{ης} τάξης, καθώς και των διάφορων φορτίων που ασκούνται στις υπεράκτιες δομές, χρησιμοποιώντας την εξίσωση υπολογισμού υδροδυναμικών φορτίων Morison. Αρχικά, έγινε κατανόηση του λογισμικού SAP2000 μοντελοποιώντας και αναλύοντας ένα λεπτόγραμμο κατακόρυφο μέλος. Στην συνέχεια, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων με την βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος Excel. Ακολούθως, έγινε μοντελοποίηση των δυο μοντέλων στο λογισμικό SAP2000, χρησιμοποιώντας τα κυματικά φορτία που υπολογίστηκαν μέσω της θεωρίας γένεσης ανεμογενών κυματισμών, με την μέθοδο Jonswap για απλούς κυματισμούς. Όσο στο μοντέλο με τους δύο πασσάλους τόσο και στο μοντέλο με τους τέσσερις πασσάλους χρησιμοποιήθηκαν απλοί κυματισμοί για τον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών που ασκούνται στην κατασκευή. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε και μια περίπτωση ακραίας κυματικής φόρτισης με μεγαλύτερα χαρακτηριστικά κύματος H και T, στο μοντέλο με τέσσερις πασσάλους. Από την ανάλυση προέκυψαν μεγαλύτερα υδροδυναμικά φορτία στη περίπτωση ανέμων με Νότια διεύθυνση διάδοσης λόγω των μεγαλύτερων χαρακτηριστικών κύματος που δημιουργούνται, καθώς και στη περίπτωση ακραίας κυματικής φόρτισης.

Λέξεις κλειδιά: Airy και Stokes 1ου βαθμού, κυματική φόρτιση, μοντελοποίηση φορέα, ανάλυση φορέα, SAP2000.

ABSTRACT

The present dissertation aims at modeling and analyzing a section of a sea pier by using the SAP2000 software, which is based in Limassol, specifically in the area of Vasilikos. Due to the socio-economic development of Cyprus and the evolving activity in the coastal zone of the island, the necessity for accessibility to the sea is dire. The creation of oil storage facilities for industrial applications has led to the construction of offshore piers that are attached to piles. The dissertation seeks to highlight and understand the wave theory of Airy and Stokes 1st class, as well as the various loads exerted on offshore structures by using the Morison's equation for calculation of hydrodynamic loads. Firstly, the SAP2000 software was understood by modeling and analyzing a thin line vertical member. Then, the results were compared with the assistance of the Excel spreadsheet program. Subsequently, the two models were modeled on the SAP2000 software, using the wavelengths calculated using wind turbine generation theory, using the Jonswap method for simple waves. Both to the two-pile model and the four-pile model simple ripples were used in order to calculate the intensive forces exerted on the construction. Furthermore, a case of extreme wave force with higher H and T wave characteristics was used in the four-pile model. The analysis resulted in greater hydrodynamic loads in the case of winds with southern propagation direction due to the larger wavelengths generated, as well as in the case of extreme wave force.

Keywords: Airy, Stokes, wave forces, modeling – analysis, SAP2000

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	v
ABSTRACT.....	vi
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	xii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
1 ΥΠΕΡΑΚΤΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	19
1.1 Ιστορική αναδρομή	19
1.2 Σχεδιασμός και συμπεριφορά	23
1.3 Θαλάσσιοι τερματικοί σταθμοί.....	24
1.4 Φορτία στις θαλάσσιες μεταλλικές προβλήτες	27
2 ΔΙΑΝΕΜΗΜΕΝΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ.....	29
2.1 Περιγραφή.....	29
2.2 Εξίσωση Morison.....	30
2.2.1 Αδρανειακός συντελεστής και συντελεστής αντίστασης	32
3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΥΜΑΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ.....	35
3.1 Γραμμική θεωρία κυματισμών (Airy - Stokes 1ης τάξης).....	35
3.2 Υπολογισμός ανεμογενών κυματισμών	40
3.3 Φασματική ανάλυση κυματισμών.....	43
3.3.1 Βραχυπρόθεσμη φασματική πρόβλεψη κυματισμών	45
3.3.1.1 Μέθοδος JONSWAP	46
3.3.1.2 Μέθοδος SMB	47
3.4 Υπολογισμός ανεμογενών κυματισμών στην περιοχή μελέτης.....	49
4 ΕΚΜΑΘΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ SAP2000.....	54

4.1	Γενικά.....	54
4.2	Περιγραφή προβλήματος	54
4.3	Μοντελοποίηση.....	55
4.3.1	Αποτελέσματα.....	65
4.3.2	Λύση προβλήματος στο λογισμικό Excel.....	66
5	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΠΡΟΒΛΗΤΑΣ	70
5.1	Γενικά.....	70
5.2	Δεδομένα σχεδιασμού	72
5.3	Μεθοδολογία μοντελοποίησης.....	73
5.3.1	Δυο πάσσαλοι με κεφαλόδεσμο.....	73
5.3.2	Τέσσερις πάσσαλοι με κεφαλόδεσμο.	83
6	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΓΙΑ ΑΠΛΟΥΣ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΥΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ AIRY	90
6.1	Γενικά.....	90
6.2	Δυο πάσσαλοι με κεφαλόδεσμο	92
6.2.1	Νότια διεύθυνση (135°) με ύψος κύματος $H_s=3.601\text{m}$ και περίοδο $T_s=9.493\text{s}$	92
6.2.2	Νοτιοανατολική διεύθυνση (180°) με ύψος κύματος $H_s=1.572\text{ m}$ και περίοδο $T_s=5.568\text{s}$	95
6.2.3	Νοτιοδυτική διεύθυνση (90°) με ύψος κύματος $H_s=2.080\text{m}$ και περίοδο $T_s=7.215\text{s}$	98
6.2.4	Αποτελέσματα ανάλυσης μοντέλου με δύο πασσάλους.....	101
6.3	Τέσσερις πάσσαλοι με κεφαλόδεσμο.....	102
6.3.1	Νότια διεύθυνση (135°) με ύψος $H_s=3.601\text{m}$ και περίοδο $T_s=9.493\text{s}$...	104
6.3.2	Αποτελέσματα ανάλυσης μοντέλου με τέσσερις πασσάλους.....	106
6.3.2.1	Απλές κυματικές φορτίσεις.	106

6.3.2.2	Ακραίος κυματισμός.....	111
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	114
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	116
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	118

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Υδροδυναμικές φορτίσεις σε λεπτόγραμμα μέλη, γενικές τιμές CD και CM	33
Πίνακας 2: Πίνακας δοθέντων δεδομένων για των υπολογισμών χαρακτηριστικών δεδομένων.....	49
Πίνακας 3: Βοηθητικός πίνακας για τον υπολογισμό του Feffective με νοτιά διεύθυνση ανέμου.....	50
Πίνακας 4: Υπολογισμός του Feffective με νοτιοανατολική διεύθυνση ανέμου.	52
Πίνακας 5: Υπολογισμός του Feffective με νοτιοδυτική διεύθυνση ανέμου.	53
Πίνακας 6: Υπολογισμός των χαρακτηριστικών κύματος.....	53
Πίνακας 7: Αποτελέσματα γραμμικής ανάλυσης.	65
Πίνακας 8: Αποτελέσματα οριζόντιας ταχύτητας και επιτάχυνσης από το λογισμικό...	66
Πίνακας 9:Αποτελέσματα οριζόντιας ταχύτητας και συνολικής δυνάμεις.	67
Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά ανεμογενών κυματισμών από τους υπολογισμούς του (κεφ.4) και γωνιά μετάδοσης στο λογισμικό.	91
Πίνακας 11: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται στους κόμβους.....	101
Πίνακας 12: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται κατά μήκος των πασσάλων.....	101
Πίνακας 13: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται κατά μήκος των πασσάλων με γωνιά μετάδοσης (135°).....	107
Πίνακας 14: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται στους κόμβους με γωνιά μετάδοσης (135°).....	107
Πίνακας 15: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται κατά μήκος των πασσάλων με γωνιά μετάδοσης (180°).....	108
Πίνακας 16: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται στους κόμβους με γωνιά μετάδοσης (180°).....	109

Πίνακας 17: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται κατά μήκος των πασσάλων με γωνιά μετάδοσης (90°).....	109
Πίνακας 18: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται στους κόμβους με γωνιά μετάδοσης (90°).....	110
Πίνακας 19: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται στους κόμβους με γωνιά μετάδοσης (135°).....	112
Πίνακας 20: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται κατά μήκος των πασσάλων με γωνιά μετάδοσης (135°).....	112

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Ξύλινες πλατφόρμες στην περιοχή του Summerland, California.....	19
Διάγραμμα 2: Πρώτη μεταλλική προβλήτα, California.....	20
Διάγραμμα 3: Πετρελαιοπηγή Ship Shoal Block 32	21
Διάγραμμα 4: Εξέδρα Shell Spar Perdido στο κόλπο του Μεξικού.....	22
Διάγραμμα 5: Θαλάσσιος τερματικός σταθμός.....	26
Διάγραμμα 6: Κυλινδρικό στοιχείο υπό την δράση θραυόμενου κυματισμού.....	32
Διάγραμμα 7: Γραφική παράσταση των συντελεστών CD και CM	34
Διάγραμμα 8: Απεικόνιση παραμέτρων γραμμικών κυματισμών	36
Διάγραμμα 9: Ταχύτητες υλικού σημείου ενός προωθούμενου κυματισμού.....	40
Διάγραμμα 10: Υπολογισμός του ενεργού μήκους Feff στο A	42
Διάγραμμα 11: Μορφολογία ενεργειακών φασμάτων Pierson-Moskowitz και Jonswap	45
Διάγραμμα 12: Διάγραμμα εκτίμησης της παραμέτρου Φ	48
Διάγραμμα 13: Χάραξη γραμμών με νοτιά διεύθυνση ανέμου.....	49
Διάγραμμα 14: Χάραξη γραμμών με νοτιοανατολική διεύθυνση ανέμου	51
Διάγραμμα 15: Χάραξη γραμμών με νοτιοδυτική διεύθυνση ανέμου.....	52
Διάγραμμα 16: Δημιουργία νέου μοντέλου με την χρήση κανάβου	55
Διάγραμμα 17: Καθορισμός υλικού	56
Διάγραμμα 18: Καθορισμός διατομών	56
Διάγραμμα 19: Σχεδίαση στοιχείων	57
Διάγραμμα 20: Ανάθεση διατομής στα στοιχεία.....	57
Διάγραμμα 21: Καθορισμός στηρίξεων.....	58
Διάγραμμα 22: Δημιουργία νέας κυματικής φόρτισης.....	58
Διάγραμμα 23: Τροποποίηση της κυματικής φόρτισης.....	59

Διάγραμμα 24: Προσδιορισμός βάθους και σημείου έναρξης κυματισμών.....	59
Διάγραμμα 25: Καθορισμός χαρακτηριστικών κύματος.....	60
Διάγραμμα 26: Διαγράμματα χαρακτηριστικών κύματος.....	60
Διάγραμμα 27: Υπολογισμοί ταχύτητας, επιτάχυνσης και πίεσης.....	61
Διάγραμμα 28: Προσδιορισμός παραμέτρων κυματικής φορτίσεις.....	61
Διάγραμμα 29: Ανάλυση μοντέλου.....	62
Διάγραμμα 30: Εμφάνιση εντατικών μεγεθών στο μέλος.....	62
Διάγραμμα 31: Διαγράμματα φορτίσεων στο μέλος.....	63
Διάγραμμα 32: Προσομοίωση μοντέλου σε φάση κορυφής ($\theta=0$).....	63
Διάγραμμα 33: Προσδιορισμός θέσης πρόσκρουσης κυματισμού.....	64
Διάγραμμα 34: Προσομοίωση μοντέλου σε φάση κοιλιάς ($\theta=\pi$).....	64
Διάγραμμα 35: Κατανομή συνολικών δυνάμεων ανάλογα με το βάθος.....	68
Διάγραμμα 36: Πραγματική κατάσταση μοντέλου με δυο πάσσάλους και κεφαλόδεσμο.....	71
Διάγραμμα 37: Θαλασσιά προβλήματα στην περιοχή Βασιλικού, Λεμεσός.....	71
Διάγραμμα 38: Δημιουργία κανάλιου συντεταγμένων.....	73
Διάγραμμα 39: Καθορισμός διατομής πάσσάλων.....	74
Διάγραμμα 40: Καθορισμός διατομής κεφαλόδεσμου.....	74
Διάγραμμα 41: Τρισδιάστατο μοντέλο.....	75
Διάγραμμα 42: Προσδιορισμός στηρίξεων.....	75
Διάγραμμα 43: Σχηματική απεικόνιση στηρίξεων στο επίπεδο.....	76
Διάγραμμα 44: Καθορισμός χαρακτηριστικών κύματος.....	77
Διάγραμμα 45: Καθορισμός στάθμης θάλασσας και θέσης πρόσκρουσης κυματισμού, φάση κορυφής στον πάσσαλο 1.....	77
Διάγραμμα 46: Απεικόνιση θέσης πρόσκρουσης κυματισμού στην κατασκευή και ανύψωση της μέσης στάθμης θάλασσας, κορυφή στον πάσσαλο 1.....	78

Διάγραμμα 47: Συνολικές δύναμης διάτμησης λόγω της επιβολής κυματικής φορτίσεις, σε φάση κορυφής.....	79
Διάγραμμα 48: Συνολικές ροπές κάμψης λόγω της επιβολής κυματικής φορτίσεις, σε φάση κορυφής.....	79
Διάγραμμα 49: Καθορισμός στάθμης θάλασσας και θέσης πρόσκρουσης κυματισμού, φάση κοιλίας στον πάσσαλο 1	80
Διάγραμμα 50: Απεικόνιση θέσης πρόσκρουσης κυματισμού στην κατασκευή και ανύψωση της μέσης στάθμης θάλασσας, κοιλιά στον πάσσαλο 1	81
Διάγραμμα 51: Συνολικές δύναμης διάτμησης λόγω της επιβολής κυματικής φορτίσεις, σε φάση κοιλιάς	82
Διάγραμμα 52: Συνολικές ροπές κάμψης λόγω της επιβολής κυματικής φορτίσεις, σε φάση κοιλιάς.....	82
Διάγραμμα 53: Δημιουργία κανάβου συντεταγμένων.....	83
Διάγραμμα 54: Καθορισμός διατομής πασσάλων	84
Διάγραμμα 55: Καθορισμός διατομής κεφαλόδεσμου	84
Διάγραμμα 56: Προσδιορισμός στηρίξεων.....	85
Διάγραμμα 57: Σχεδιασμός μέλλων και στηρίξεων	85
Διάγραμμα 58: Τρισδιάστατη απεικόνιση μοντέλου.....	86
Διάγραμμα 59: Καθορισμός στάθμης θάλασσας και θέσης πρόσκρουσης κυματισμού, φάση κορυφής στο κέντρο της κατασκευής	86
Διάγραμμα 60: Καθορισμός χαρακτηριστικών κύματος.....	87
Διάγραμμα 61: Συνολικές δύναμης διάτμησης λόγω της επιβολής κυματικής φορτίσεις, σε φάση κορυφής.....	87
Διάγραμμα 62: Συνολικές ροπές κάμψης λόγω της επιβολής κυματικής φορτίσεις, σε φάση κορυφής.....	88
Διάγραμμα 63: Καθορισμός στάθμης θάλασσας και θέσης πρόσκρουσης κυματισμού, φάση κοιλιάς στο κέντρο της κατασκευής.....	88

Διάγραμμα 64: Συνολικές δυνάμεις διάτμησης λόγω της επιβολής κυματικής φορτίσεις, σε φάση κοιλιάς	89
Διάγραμμα 65: Συνολικές ροπές κάμψης λόγω της επιβολής κυματικής φορτίσεις, σε φάση κοιλιάς	89
Διάγραμμα 66: Δορυφορική εικόνα της περιοχής μελέτης	90
Διάγραμμα 67: Απεικόνιση κυματικών φορτίων που ασκούνται στην κατασκευή κατά x και ψ διεύθυνση	92
Διάγραμμα 68: Διαγράμματα τεμνουσών δυνάμεων κατά την επιβολή της κυματικής φόρτισης.....	93
Διάγραμμα 69: Διαγράμματα ροπών κάμψης κατά την επιβολή της κυματικής φόρτισης	93
Διάγραμμα 70: Σχηματική απεικόνιση κυματικών φορτίων σε $z-x$ και $z-y$, αντίστοιχα. 94	
Διάγραμμα 71: Διαγράμματα μετατοπίσεων κατά χ και ψ διεύθυνση	94
Διάγραμμα 72: Απεικόνιση κυματικών φορτίων που ασκούνται στην κατασκευή κατά x διεύθυνση.....	95
Διάγραμμα 73: Διαγράμματα τεμνουσών δυνάμεων και ροπών κάμψης.....	96
Διάγραμμα 74: Σχηματική απεικόνιση κυματικών φορτίων σε $z-x$ και $z-y$, αντίστοιχα. 96	
Διάγραμμα 75: Διαγράμματα μετατοπίσεων κατά χ και ψ διεύθυνση	97
Διάγραμμα 76: Απεικόνιση κυματικών φορτίων που ασκούνται στην κατασκευή κατά x και ψ διεύθυνση	98
Διάγραμμα 77: Διαγράμματα τεμνουσών δυνάμεων κατά την επιβολή της κυματικής φόρτισης.....	98
Διάγραμμα 78: Διαγράμματα ροπών κάμψης κατά την επιβολή της κυματικής φόρτισης	99
Διάγραμμα 79: Σχηματική απεικόνιση κυματικών φορτίων σε $z-x$ και $z-y$, αντίστοιχα. 99	
Διάγραμμα 80: Διαγράμματα μετατοπίσεων κατά χ και ψ διεύθυνση	100
Διάγραμμα 81: Αρίθμηση κόμβων και μελών	103

Διάγραμμα 82: Απεικόνιση κυματικών φορτίων που ασκούνται στην κατασκευή κατά x και ψ διεύθυνση	104
Διάγραμμα 83: Διαγράμματα τεμνουσών δυνάμεων κατά την επιβολή της κυματικής φόρτισης.....	104
Διάγραμμα 84: Διαγράμματα ροπών κάμψης κατά την επιβολή της κυματικής φόρτισης	105
Διάγραμμα 85: Εντατικά μεγέθη που ασκούνται στην βάση της κατασκευής.....	105
Διάγραμμα 86: Διαγράμματα μετατοπίσεων κατά χ και ψ διεύθυνση	106
Διάγραμμα 87: Απεικόνιση κυματικών φορτίων που ασκούνται στην κατασκευή κατά x και ψ διεύθυνση (ακραίος κυματισμός).....	111

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σκοπό την μοντελοποίηση και ανάλυση τμήματος θαλάσσιας προβλήτας που εδράζεται στη Λεμεσό και συγκεκριμένα στη περιοχή του Βασιλικού. Χρησιμοποιώντας δεδομένα σχεδιασμού για ανάλυση του φορέα της κατασκευής για διάφορες περιπτώσεις, μεγαλύτερα υδροδυναμικά φορτία καθώς επίσης σύγκριση αποτελεσμάτων με λογισμικό ανάλυσης.

Χρησιμοποιήθηκαν γεωμετρικά στοιχεία τμήματος της υφιστάμενης κατασκευής με σκοπό την σύγκριση της υφιστάμενης κατασκευής με αυτή που μοντελοποιήθηκε, έτσι ώστε να εξαχθούν πιο ακριβή αποτελέσματα και συμπεράσματα.

Λόγω της κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης της Κύπρου και της δραστηριότητας που εξελίσσεται στη παράκτια ζώνη του νησιού η αναγκαιότητα προσβασιμότητας στη θάλασσα είναι αδήριτη. Η ανάγκη για πρόσβαση στη θάλασσα λόγω της δημιουργίας νέων λιμανιών (Μαρίνες), εγκαταστάσεις αποθήκευσης πετρελαίου για βιομηχανικές εφαρμογές, δημιουργία σκάλων προσέγγισης σκαφών για τον ελλιμενισμό τους, οδήγησαν στην κατασκευή θαλάσσιων προβλητών.

Η υπεράκτιες δομές και συγκεκριμένα οι θαλάσσιες προβλήτες στερεώνονται πάνω σε δέσμες πασσάλων. Μια υπεράκτια δομή μπορεί να οριστεί ως δομή που δεν έχει σταθερή πρόσβαση σε ξηρή γη και η οποία απαιτείται να παραμείνει στη θέση της σε όλες τις καιρικές συνθήκες. Ενώ μεγάλες υπεράκτιες κατασκευές υποστηρίζουν την εξερεύνηση και την παραγωγή πετρελαίου και αερίου κάτω από τη θάλασσα, σύντομα θα παρατηρηθούν και άλλες μεγάλες δομές, π.χ. δομές σχεδιασμένες να αντλούν ενέργεια από τη θάλασσα. Η υπεράκτια δομή θα πρέπει να έχει ελάχιστη κίνηση για να παρέχει ένα σταθερό σταθμό για εργασίες. Οι υπεράκτιες κατασκευές κατασκευάζονται συνήθως από χάλυβα, σκυρόδεμα ή συνδυασμό χάλυβα και σκυροδέματος, κοινώς αναφερόμενο ως υβριδική κατασκευή.

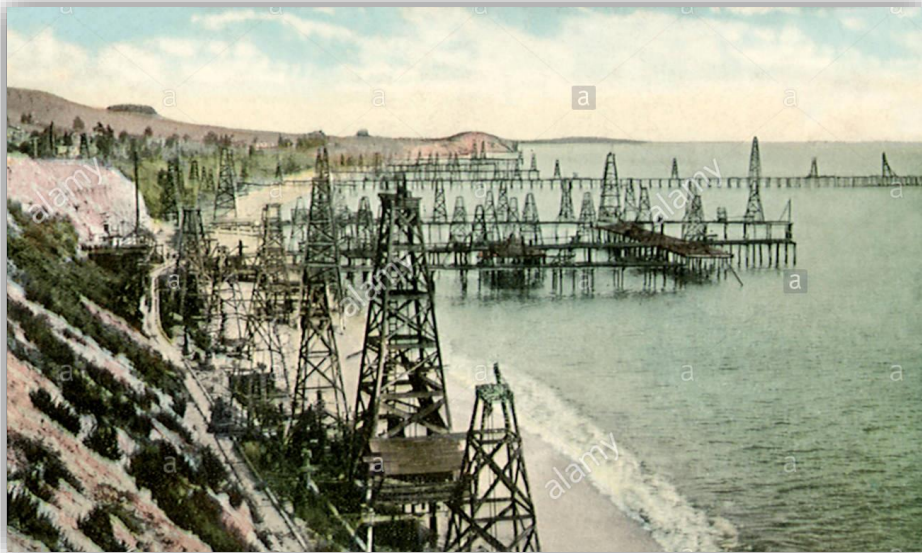
Η παρούσα εργασία διαρθρώνεται ως εξής: Στην εισαγωγή της παρούσας μελέτης παρατίθεται η αναγκαιότητα τέτοιου είδους κατασκευών και διατυπώνεται ο σκοπός της έρευνας. Στο πρώτο κεφάλαιο επιχειρείται, μέσω της βιβλιογραφικής επισκόπησης, μια

ιστορική αναδρομή των υπεράκτιων κατασκευών και συγκεκριμένα των θαλασσιών πλατφορμών, καθώς επίσης ο σχεδιασμός και η συμπεριφορά τέτοιων κατασκευών . Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι διανεμημένες δυνάμεις και οι υδροδυναμικές φορτίσεις που ασκούνται σε ένα λεπτόγγραμμο μέλος. Ακολούθως προσεγγίζεται η εξίσωση Morison η οποία προβλέπει τις δυνάμεις των κυμάτων σε ένα εκτεθειμένο κατακόρυφο σωλήνα περιγράφοντας τις δυνάμεις (αδράνειας και αντίστασης) που δέχεται μια κυλινδρικής διατομής κατασκευή ανά μονάδα μήκους. Ειδικότερα, περιγράφονται οι διάφοροι παράμετροι που περιλαμβάνει η εξίσωση δίνοντας έμφαση στο εύρος τιμών των συντελεστών αδράνειας και αντίστασης. Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται βασικά στοιχεία της κυματομηχανικής, όπως η θεωρία κυματισμών Airy - Stokes 1ης τάξης συχνά αναφερομένη και ως γραμμική θεωρία απειροστού ύψους, διατυπώνοντας τις εξισώσεις του κύματος , ταχύτητας και επιτάχυνσης του ρευστού. Στην συνέχεια περιεγράφηκε η γένεση ανεμογενών κυματισμών καθώς και η βραχυπρόθεσμη ανάλυση κυματισμών αναλύοντας τις δυο μεθόδους υπολογισμού Jonswar και SMB. Έπειτα, υπολογίστηκαν με τις αντίστοιχες μεθόδους τα χαρακτηριστικά κύματος που προκύπτουν στην περιοχή μελέτης. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ένα παράδειγμα για την εκμάθηση του λογισμικού SAP2000 καθώς και σύγκριση με το λογισμικό Excel. Ακολούθως, στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η μεθοδολογία μοντελοποίησης τμήματος της θαλάσσιας προβλήτας συγκεκριμένα για τα δυο μοντέλα, χρησιμοποιώντας δεδομένα σχεδιασμού για την ανάλυση του φορέα της κατασκευής για διάφορες περίπτωσης κυματικής φόρτισης. Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά αποτελέσματα για τα μοντέλα των δυο και των τεσσάρων πασσάλων. Επιπρόσθετα έγινε σύγκριση και περιγραφή αποτελεσμάτων ανάλογα με το μέγεθος της κυματικής φορτίσεις. Τέλος, διατυπώνονται συμπερασματικές διαπιστώσεις, σκοπός της εργασίας και βασικά αποτελέσματα κατά την μοντελοποίηση.

1 ΥΠΕΡΑΚΤΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

1.1 Ιστορική αναδρομή

Η υπεράκτια εξερεύνηση του πετρελαίου χρονολογείται από τον δέκατο ένατο αιώνα. Η πρώτη ξύλινη πλατφόρμα χρονολογείται από το 1897 στο Summerland της California με το μήκος της προβλήτας να είναι μεγαλύτερο από 91μ, αντλώντας επιτυχώς πετρέλαιο από το βυθό της θάλασσας. Καθώς με το πέρασμα του χρόνου το Summerland έγινε σταθμός για πολλές αμερικάνικες πετρελαϊκές εταιρείες, αφού δημιουργηθήκαν περίπου 15 τέτοιες ξύλινες πλατφόρμες εκτίνοντας το μήκος τους πέραν των 400μ μακριά από την ακτογραμμή.



Διάγραμμα 1: Ξύλινες πλατφόρμες στην περιοχή του Summerland, California.

Άλλες αξιοσημείωτες δραστηριότητες γεωτρήσεις υλοποιήθηκαν στη λίμνη Caddo, στη Λουϊζιάνα τη δεκαετία του 1910. Στο μεταξύ, το 1913 ξεκίνησαν δραστηριότητες στη канаδική πλευρά της λίμνης Erie, χρησιμοποιώντας πλατφόρμα με ξύλινους πασσάλους. Αναλυτικά στερεώνονταν 40-80 ξύλινοί πάσσαλοι στον πυθμένα συνδέοντας τους με κοχλιώσεις σε μεγάλες δοκούς, διαμορφώνοντας έτσι το κατώτερο επίπεδο της πλατφόρμας. Στην συνέχεια τοποθετούνταν πάνω σε αυτή κι άλλες δοκοί φτάνοντας σε ύψος καταστρώματος πέραν των 3μ από την επιφάνεια της λίμνης. Λίγο αργότερα,

ανοίχθηκαν πηγάδια σε περιοχές παλιρροιακών ζωνών κατά μήκος της ακτής του Κόλπου του Τέξας και της Λουϊζιάνα.

Ακολούθως άρχισε η αντικατάσταση του ξύλου από χαλύβδινους πασσάλους και κιβώτια οπλισμένου σκυροδέματος, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τις γεωτρήσεις που έγιναν την δεκαετία του 1920 στη λίμνη Maracaibo της Βενεζουέλας από τιμεντένιες εξέδρες. Μέχρι και το 1921, προβλήτες χάλυβα χρησιμοποιήθηκαν μόνο στο Rincon και στο Elwood της Καλιφόρνια, για τη στήριξη εξεδρών γεώτρησης τύπου ξηράς. Στις αρχές της δεκαετίας του 1930 η εταιρεία Texas co ονομαζόμενη σήμερα Chevron, ξεκίνησε τις πρώτες μεταλλικές προβλήτες και συγκεκριμένα το 1932 κατασκευάστηκε ένα «μεταλλικό νησί» στην California σε απόσταση μισό μίλι από την στεριά. Ουσιαστικά, κατασκευάστηκε ένα τμήμα εξέδρας σε βάθους πέραν των 11μ, αλλά γύρω στο 1940 καταστράφηκε από μεγάλα κύματα. Παρόλα αυτά η κατασκευή αποτέλεσε το ξεκίνημα των χαλύβδινων εξεδρών σήμερα.



Διάγραμμα 2: Πρώτη μεταλλική προβλήτα, California.

Η πρώτη πλωτή κατασκευή στην οποία δεν υπήρχε πρόσβαση από τη στεριά κατασκευάστηκε στους βάλτους της Λουϊζιάνα στις αρχές της δεκαετίας του 1940 με τη χρήση φορηγίδων μικρού βυθίσματος. Αυτές οι φορηγίδες ήταν ορθογώνιες με μια στενή

σχισμή στο πρυμναίο άκρο τους για τον αγωγό του πηγαδιού. Κανάλια δημιουργούνταν μέσω εκβάθυνσης, έτσι ώστε ρυμουλκά να μπορούν να μετακινούν τις φορηγίδες σε συγκεκριμένες θέσεις. Αργότερα, οι φορηγίδες σταθεροποιούνταν με μια χαλύβδινη πλεγματική δομή πάνω από τη φορηγίδα, που τους επέτρεπε να εργαστούν σε μεγαλύτερα βάθη νερού με βύθιση της φορηγίδας στον πυθμένα. Αυτές οι φορηγίδες συνήθως απαιτούσαν πασσάλους γύρω τους για να αποφύγουν αλλαγές της θέσης τους από τους ανέμους και τα κύματα.

Μια άλλη κατασκευή ορόσημο, ανεγέρθηκε το 1947 από την εταιρεία Superior Oil μια εξέδρα γεώτρησης και παραγωγής πετρελαίου σε βάθος νερού 6 μέτρων και περίπου 30 χιλιόμετρα από την ακτή στον Κόλπο του Μεξικού. Μέχρι εκείνη τη χρονική περίοδο, η τεχνολογία γεωτρήσεων είχε προχωρήσει πολύ πέρα από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνταν για να σκάσουν τα πρώτα πηγάδια στο Summerfield. Η εταιρεία McGee Oil Industries κατασκεύασε τον Οκτώβριο του 1947 την ιστορική πετρελαιοπηγή Ship Shoal Block 32, αποτελώντας την πρώτη γεώτρηση πετρελαίου που ήταν αθέατη από την στεριά.



Διάγραμμα 3: Πετρελαιοπηγή Ship Shoal Block 32

Καθώς η τεχνολογία προχωρούσε, καθώς ο χάλυβας αντικατέστησε πλήρως το ξύλο και με την δυνατότητα για χρήση μεγαλύτερων διατομών για την υλοποίηση μεγαλύτερων κατασκευών σε μεγαλύτερα βάθη νερού. Μετατοπίζοντας τις δραστηριότητες του σε μεγαλύτερα βάθη μεταξύ 30-120 μέτρων, δημιουργώντας έτσι τις πρώτες σταθερές εξέδρες για εγκατάσταση του απαιτούμενου εξοπλισμού, που συνδέονταν στον πυθμένα της θάλασσας με πασσάλους που εισχωρούσαν μέσα σε αυτόν. Οι εξέδρες αυτού του τύπου ονομάζονται “Jackets” και είναι χωροδικτυώματα. Με το πέρασμα των χρόνων τέτοιου είδους πλατφόρμες άρχισαν να κατασκευάζονται σε μεγαλύτερα βάθη, ενώ στα μέσα της δεκαετίας του 1960 κατασκευάστηκαν οι πρώτες σταθερές “Jacket” πλατφόρμες στη Βόρεια θάλασσα. Στις αρχές της δεκαετίας του 1970, ένας νέος τύπος σταθερών εξεδρών έκαναν την εμφάνισή τους, οι πλατφόρμες βαρύτητας. Αρχικά, κατασκευάστηκε μια εξέδρα μικτού τύπου στη Βόρεια θάλασσα, σε βάθος 95 m. Η “Tecnomare”, όπως ονομάστηκε, ήταν μια πλατφόρμα βαρύτητας με βάση από τσιμέντο και μεταλλικό σκελετό.

Η απαίτηση για εγκατάσταση σταθερών εξεδρών σε ακόμα μεγαλύτερα βάθη νερού δημιούργησε μια σειρά από προβλήματα συναρμολόγησής τους, που αντιμετωπίστηκαν με τη βοήθεια της τμηματικής κατασκευής.



Διάγραμμα 4: Εξέδρα Shell Spar Perdido στο κόλπο του Μεξικού

Τα θαλασσιά γεωτρήματα ξεπέρασαν τα 600 μέσα στην δεκαετία του 2000 με διαφορά είδη κατασκευών (jack-ups, ημιβυθιζόμενες εξέδρες, γεωτρητικά σκάφη και φορηγίδες).

Η εταιρεία Royal Dutch Shell κατέχει το παγκόσμιο ρεκόρ έχοντας βάθος εγκατάστασης 2438 μετρά στο κόλπο του Μεξικού από την εξέδρα Spar Perdido με κόστος κατασκευής τα 3 δισεκατομμύρια δολάρια (Offshore Petroleum History, 2020).

1.2 Σχεδιασμός και συμπεριφορά

Παρόλο που οι περισσότερες από τις υπεράκτιες δομές που κατασκευάστηκαν μέχρι σήμερα έχουν αντέξει τη δοκιμασία του χρόνου, υπήρξαν επίσης αρκετές καταστροφικές αποτυχίες υπεράκτιων κατασκευών. Μια δομή σπανίως είναι τελείως άκαμπτη. Ωστόσο, αν η παραμόρφωση των μελών της που προκύπτει από τις δυνάμεις των κυμάτων, καθώς και οι αντιδράσεις της δομής λόγω της δράσης των κυμάτων, είναι περιορισμένες, μπορεί να χαρακτηριστούν άκαμπτες. Οι άκαμπτες κατασκευές προτιμώνται λειτουργικά και παρέχουν υποστήριξη για τους σωλήνες γεώτρησης και τους ανυψωτήρες.

Ο σχεδιασμός τέτοιων κατασκευών είναι σχετικά απλός. Υπάρχουν δύο γενικές κατηγορίες υπεράκτιων δομών, άκαμπτες ή μη, σταθερές και συμβατές.

Μια δομή θεωρείται σταθερή εάν αντέχει τις περιβαλλοντικές δυνάμεις χωρίς σημαντική μετατόπιση ή παραμόρφωση. Εάν η μετατόπιση είναι αρκετά μικρή ώστε να μπορεί να αγνοηθεί στην ανάλυση σχεδιασμού της δομής, τότε η δομή αντιμετωπίζεται ως σταθερή. Μια συμβατή δομή μπορεί να είναι δύο τύπων: η μία είναι άκαμπτη και επιπλέουσα, αλλά συνδέεται με το πυθμένα με κάποια μηχανικά μέσα, ενώ η άλλη επιτρέπει μεγάλη παραμόρφωση των μελών της όταν υπόκειται σε κύματα, άνεμο και ρεύμα. Οι σταθερές δομές παρουσιάζουν μεγαλύτερες δυνάμεις από τις συμβατές δομές.

Οι σταθερές κατασκευές μπορεί να είναι οικονομικά βιώσιμες για βάθη υδάτων μέχρι 1000-1600 πόδια. Οι συμβατικές κατασκευές δοκιμάζουν μικρότερες δυνάμεις κύματος και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βαθύτερα νερά. Τυπικά, οι συμβατές κατασκευές

διατηρούνται στη γενική τους θέση με καλώδια anchor που εκτείνονται ακτινικά προς τα έξω από το ανώτερο τμήμα της κατασκευής. Ορισμένες επιπλέον κατασκευές είναι κατακόρυφα δεμένες, γεγονός που μειώνει ουσιαστικά την κατακόρυφη κίνηση της δομής.

1.3 Θαλάσσιοι τερματικοί σταθμοί

Οι θαλάσσιοι τερματικοί σταθμοί είναι συνήθως χτισμένοι σε βάθη υδάτων άνω των 20 μέτρων, προκειμένου να φιλοξενούν πολύ μεγάλα πετρελαιοφόρα πλοία. Όπου είναι εφικτό, βέβαια, αυτά βρίσκονται σε προστατευμένα ή ημιπροστατευμένα νερά, σε μερικώς ή πλήρως εκτεθειμένη τοποθεσία. Επομένως, οι εργασίες κατασκευής πρέπει να διεξάγονται στο περιβάλλον των ωκεανών, υπό την επιφύλαξη των φυσιολογικών κυμάτων, του ανέμου και του ρεύματος για τη συγκεκριμένη εποχή και με κατάλληλες προφυλάξεις για πιθανές καταιγίδες.

Οι προβλήτες συγκροτούνται από προκατασκευασμένα μοναδιαία τμήματα, τα οποία συνδέονται με διάφορους τρόπους έτσι ώστε να δημιουργηθεί η τελική προβλήτα σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής. Οι θαλάσσιες αυτές προβλήτες αποτελούνται κυρίως από δομικό χάλυβα εκτιμώμενες από την ακτή για κάποιες εκατοντάδες μέχρι και χιλιάδες μετρά μέσα στην θάλασσα, διαμορφωμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να φιλοξενούν αγκυροβολημένα πλοία. Ανάλογα με την κινητικότητα του συγκεκριμένου σταθμού, καθορίζεται ο αριθμός των απαιτούμενων αποβάθρων προβλέποντας την δυνατότητα για μελλοντική προσθήκη. Πάνω στο κατάστρωμα υπάρχει δρόμος πρόσβασης για την εξυπηρέτηση οχημάτων από και προς τις αποβάθρες. Κύριας σημασίας είναι η ύπαρξη αγωγών και καλωδίων ποικίλων μεγεθών αναλόγως του προϊόντος μεταφοράς, τοποθετούμενων εκατέρωθεν του δρόμου αλλά και πάνω από αυτόν.

Το κατάστρωμα είναι κατασκευασμένο συνήθως από σκυρόδεμα, με υποδομή για τη διέλευση ηλεκτρικών και υδραυλικών δικτύων. Κατασκευάζονται δέστρες διαφόρων τύπων ανάλογα με το μέγεθος των ελλιμενιζόμενων σκαφών, ελαστικοί προσκρουστήρες, γέφυρες ή ράμπες για την πρόσβαση από την ξηρά και συστήματα φωτισήμανσης σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Υπηρεσίας Φάρων. Η τυπική δομή ενός θαλάσσιου

τερματικού σταθμού αποτελείται από μια πλατφόρμα φόρτωσης, θέσεις πρόσδεσης των πλοίων, έτσι, ώστε να πραγματοποιείται η φορτοεκφόρτωση των προϊόντων, καθώς επίσης να υπάρχει επαρκής αποθηκευτικός χώρος για το εμπόρευμα.

Το κατάστρωμα συνήθως ενώνει όλες αυτές τις δομές και μπορεί να απαιτούνται ενδιάμεσες στηρίξεις, προσαρμόζοντας τις διαστάσεις στις συνθήκες σχεδιασμού της ανοιχτής θάλασσας. Τα εξαρτήματα είναι συνήθως χαλύβδινες σωληνώσεις μεγάλου διαμέτρου. Χρησιμοποιείται συνήθως χάλυβας υψηλής αντοχής (350 MPa). Τόσο οι κατακόρυφοι πάσσαλοι όσο και οι δέσμες πασσάλων διασταυρώνονται στο επίπεδο του καταστρώματος για να αντιδρούν μεταξύ τους υπό πλευρικά φορτία. Οι δέσμες πασσάλων ονομάζονται επίσης πάσσαλοι συσσώρευσης. Καθώς το μέγεθος των πλοίων και οι συνθήκες έκθεσης καθίστανται πιο αυστηρές, το ποσοστό των πασσάλων αυξάνεται έτσι ώστε τυπικά να κυριαρχούν στην κατασκευή. Σχετικά υψηλά αξονικά φορτία χρησιμοποιούνται ως βάση για το σχεδιασμό, 400-600 tn. σε θλίψη και 50% -100% αυτού σε εφελκυσμό. Επομένως, είναι σημαντικό οι δέσμες να οδηγούνται στα όρια του σχεδιασμού τους και να τοποθετούνται με ακρίβεια έτσι ώστε οι άξονες μιας ομάδας κατακόρυφης συστοιχίας να διασταυρώνονται σε ένα μόνο σημείο, ώστε να ελαχιστοποιείται η κάμψη. Η σύνδεση στη διασταύρωση πρέπει να είναι επαρκής για την ανάπτυξη της ροής των δυνάμεων.

Ο εργολάβος πρέπει να μελετήσει προσεκτικά τη βαθυμετρία, η οποία μπορεί να αλλάζει εποχικά σε απότομες ακτές, ακολούθως τις γεωτεχνικές πληροφορίες που μπορεί να υποδηλώνουν την ύπαρξη σκληρών ή σταθερών στρωμάτων ή ογκόλιθων και κοραλλιών που καθιστούν δύσκολη την διείσδυση, καθώς επίσης την διάθλαση κυματισμών και το σημείο θραύσης τους, τα οποία ενδέχεται να επηρεάσουν την εργασία στο χώρο. Και τέλος, τα ρεύματα, τα οποία ενδέχεται να επηρεάσουν τη διαδρομή των υπηρεσιών εφοδιασμού.

Μια αρχική απαίτηση για την υλοποίηση της κατασκευής, είναι να δημιουργηθεί μια βάση ακτής για την υποστήριξη της. Στην ιδανική περίπτωση, θα υπάρχει ένα γειτονικό λιμάνι με εγκαταστάσεις αποβάθρας και γερανού. Δυστυχώς, αυτό συνήθως δεν συμβαίνει. Επομένως, πρέπει να δημιουργηθεί μια βάση στήριξης.

Στην περίπτωση των περισσότερων υπεράκτιων τερματικών, υπάρχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός δομικών και μηχανικών στοιχείων που πρέπει να μεταφερθούν στο εργοτάξιο. Μια ανάλυση του αριθμού των φορτίων, φορηγών και ανελκυστήρων υποδηλώνει συνήθως ότι είναι απαραίτητη η αποτελεσματική μεταφορά στη βάση της ακτής. Το κατάλληλο σχέδιο πρέπει να παρέχεται όχι μόνο για τις φορηγίδες αλλά και για τα ρυμουλκά και τα σκάφη του πληρώματος. Οι υπηρεσίες (ηλεκτρική ενέργεια, νερό και καύσιμα) πρέπει να παρέχονται στη βάση των ακτών, καθώς και στις επικοινωνίες τόσο τοπικές όσο και σε κέντρα παροχής και ιδιαίτερα στις υπηρεσίες πρόγνωσης καιρού (Gerwick, 2007).



Διάγραμμα 5: Θαλάσσιος τερματικός σταθμός

Κατασκευαστικά προβλήματα τερματικών σταθμών θαλάσσιας προέλευσης.

1. Ο θαλάσσιος χώρος είναι συνήθως μετρίως απομακρυσμένος, δυσκολεύοντας την παροχή υλικών και την πρόσβαση του προσωπικού.
2. Απαιτείται ακρίβεια και ο κατάλληλος εξοπλισμός για την τοποθέτηση των πασσάλων στις κεφαλές.
3. Οι συνδέσεις στην κεφαλή των πασσάλων δεν πρέπει να αστοχούν λόγω κόπωσης.
4. Το σχετικά ρηχά νερά (20-30 m) προκαλούν διάθλαση των κυμάτων και παρατηρείται μεταβολή των χαρακτηριστικών του κύματος, καθιστώντας τις λειτουργίες δύσκολες ακόμα και σε μέτριες θαλάσσιες συνθήκες.

5. Τέλος, οι οικονομικοί περιορισμοί και η σχετικά μικρή απόσταση, αναγκάζουν α τον εργολάβο να χρησιμοποιεί εξοπλισμό και μεθόδους λιμενικού τύπου, οι οποίες συχνά αποδεικνύονται πολύ μικρές και περιορισμένες για τις συνθήκες έκθεσης και τις εργασίες.

1.4 Φορτία στις θαλάσσιες μεταλλικές προβλήτες

Στις θαλάσσιες κατασκευές και ειδικότερα στις μεταλλικές προβλήτες οι οποίες είναι αρκετά εκτεθειμένες λόγω του μεγάλου μήκους τους, ενέχονται μεγάλες φορτίσεις από διάφορους φωτιστικούς παράγοντες. Όπως και σε κάθε κατασκευή το σύνολο των φορτίσεων που παραλαμβάνει προέρχονται από μόνιμα, κινητά και σεισμικά φορτία. Επιπρόσθετα, στα θαλάσσια έργα υπολογίζονται τυχωματικά φορτία και φορτία στις θέσεις πρόσδεσης.

Αρχικά υπολογίζεται το ίδιο βάρος των επιμέρους στοιχείων της εξέδρας, όπως το βάρος των μεταλλικών πασσάλων και του οπλισμένου σκυροδέματος που χρησιμοποιείται στους κεφαλόδεσμούς και το κατάστρωμα. Ακολούθως, εφόσον υπάρχει δρόμος πρόσβασης υπολογίζονται τα φορτία που δημιουργούν το χαλύβδινο πλέγμα, τις μεταλλικές στηρίξεις και τα κιγκλιδώματα ασφάλειας. Αναλόγως με τον σκοπό της εξέδρας και το προϊόν που θα μεταφέρουν οι αγωγοί, υπολογίζεται το ίδιο βάρος τους κατά μήκος του δρόμου και το βάρος των προϊόντων μεταφοράς. Επιπρόσθετα λαμβάνονται υπόψη το ίδιο βάρος καλωδιώσεων και λοιπού εξοπλισμού, καθώς επίσης τα φορτία που προκαλούνται λόγω των κυματισμών και του σταθερού ρεύματος στους πασσάλους της κατασκευής.

Όσον αφορά τα κινητά φορτία της κατασκευής υπολογίζονται τα φορτία κυκλοφορίας του δρόμου και τα φορτία κυκλοφορίας διάδρομων, τα οποία διαχωρίζονται σε κατανεμημένα και συγκεντρωμένα. Λόγω της μεγάλης επιφάνειας του καταστρώματος λαμβάνονται υπόψη τα φορτία χιονιού, παγετού εφόσον υπάρχουν και τα φορτία λόγω δράσης ανέμου δίνοντας προσοχή στα κρίσιμα σημεία της κατασκευής.

Λόγω της σεισμικής δράσεις στην περιοχή της ανατολικής μεσογείου κρίνεται απαραίτητη η αντισεισμική μελέτη για την εξέδρα. Καθώς και η τυχωματική μελέτη που εξυπηρετεί

στη πρόληψη από εξωγενής παράγοντες, όπως κάποιου είδους έκρηξη ή ακόμη πρόσκρουση κάποιου σκάφους κατά μήκος της κατασκευής.

Τέλος ιδιαίτερης σημασίας είναι τα φορτία που ασκούνται στις θέσεις πρόσδεσης, τα οποία κατατάσσονται σε δυο ομάδες συστημάτων. Η πρώτη ομάδα αφορά τα φορτία που μεταβιβάζει κατά το δέσιμο των πλοίων με κάβους σε δέστρες και είναι ανάλογα του είδους του πλοίου και η άλλη ομάδα σχετίζεται με την απορρόφηση της ενέργειας που δημιουργείται λόγω της πρόσκρουσης των σκαφών πάνω στην εξέδρα (Σαμπατακάκη, 2015).

2 ΔΙΑΝΕΜΗΜΕΝΕΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ

2.1 Περιγραφή

Στο θαλάσσιο περιβάλλον οι δυνάμεις χαρακτηρίζονται ως προς τη γέννηση τους αλλά και ως προς τη φύση τους κατά την διανομή τους σε ένα λεπτόγραμμα μέλος. Διανεμημένες ορίζονται δυνάμεις που ασκούνται και διανέμονται πάνω σε μια λεπτόγραμμη κατασκευή στην διεύθυνση του μήκους της, όπως είναι ο αγωγός ή ακόμη και ο πάσσαλος. Η θεώρηση τους πηγάζει όσο από φυσική, τόσο και από μαθηματική άποψη σε ότι αφορά την κατανομή τους κατά μήκος του μέλους. Στις θαλάσσιες εφαρμογές, τμήματα μεγάλου μήκους έχουν την δυνατότητα να παραλαμβάνουν ποικίλα μεγέθη δυνάμεων σε διαφορετικά τμήματα ενός στοιχείου. Από μαθηματική ματιά, αφορά τη δυναμική συμπεριφορά μελών η οποία είναι ένα σύστημα διαφορικών εξισώσεων που επιβάλλει εξωτερικές φορτίσεις διανεμημένες σε διαφορετικά τμήματα.

Όπως επισημαίνει ο Χατζηγεωργίου (2015, σελ.69):

Η πρώτη, προφανής, διανεμημένη δύναμη κατά μήκος ενός αγωγού είναι το βάρος (ανά μονάδα μήκους) του. Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι σε θαλάσσιες εφαρμογές ορίζεται το «βυθισμένο» (submerged) βάρος του αγωγού, το οποίο υπολογίζεται από το ισοδύναμο βάρος στον αέρα μείον την άνωση, λόγω των υδροστατικών πιέσεων. Στο «βυθισμένο» βάρος θα πρέπει να προστεθεί και το βάρος ανά μονάδα μήκους του μεταφερόμενου ρευστού. Η διανεμημένη δύναμη του βάρους μπορεί να μεταβάλλει τιμές κατά μήκος του αγωγού, λόγω, για παράδειγμα, διαφορετικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών κατά το μήκος, αν και το τελευταίο έχει μόνο θεωρητική αξία. Επίσης, η πιθανή ύπαρξη ανωστικών σωμάτων κατά μήκος του αγωγού μεταβάλλει την κατακόρυφη δύναμη που ασκείται εκεί και την καθιστά συνάρτηση της Lagrangian μεταβλητής.

Οι δυνάμεις αντίστασης είναι εκ, φύσεως μη γραμμικές και έχουν σημαντική συνεισφορά στις διανεμημένες δυνάμεις και εξαρτώνται από τους τετραγωνικούς ορούς της ταχύτητας. Περιορίζοντας τις κινήσεις της κατασκευής μεταβάλλεται δραστικά η εντατική τους

κατάσταση, απορροφώντας ενέργεια. Επίσης μεγάλη συνεισφορά έχουν οι δυνάμεις που δημιουργούνται λόγω της επίδρασης του θαλάσσιου πυθμένα με την κατασκευή.

Υδροδυναμικές ορίζονται η διανεμημένες δυνάμεις που δημιουργούνται από τις δράσεις του θαλάσσιου περιβάλλοντος καθώς ασκούνται λόγω των ρευμάτων και των κυματισμών των θαλασσών. Η εκθετική μείωση τους καθ' ύψος προς τον πυθμένα χαρακτηρίζει τους θαλάσσιους κυματισμούς, αντίθετα στις περιπτώσεις θαλάσσιων ρευμάτων που δεν μεταβάλλονται συγκεκριμένα (Karpos,2019).

Η εφαρμογή των υδροδυναμικών φορτίσεων προκαλείται από κανονικούς (περιοδικούς) ή τυχαίους θαλάσσιους κυματισμούς που ασκούνται κατά μήκος των πασσάλων προκαλούνται με απλή γραμμική υπέρθεση απείρων αρμονικών κυματισμών διαφορετικής περιόδου, ύψους και φάσης. Χρησιμοποιώντας την εξίσωση Laplace domain η οποία είναι η πιο αποδεκτή πρακτική και βασίζεται στη χρήση της θεωρίας δυναμικού, υπολογίζεται το πεδίο ταχυτήτων γύρω από τον αγωγό, παρόλο που στις λεπτόγραμμες κατασκευές οι περισσότερες παράμετροι αμελούνται.

Χρησιμοποιώντας λοιπόν την θεωρία δυναμικού με τη θεώρηση ασυμπίεστου, μη συνεκτικού ρευστού και αστρόβιλης ροής, προσαρμόζοντας τα δεδομένα καταλήγουμε στο πρόβλημα του απλού αρμονικού κυματισμού στο οποίο το πεδίο ροής δεν παραμορφώνεται από την κατασκευή και χρησιμοποιώντας μόνο το αντίστοιχο δυναμικό ταχυτήτων, υπολογίζονται και οι αντίστοιχες δυνάμεις βάσει των πιέσεων στη θέση του αγωγού (Χατζηγεωργίου, 2015).

2.2 Εξίσωση Morison

Πολύ συχνά στις υπεράκτιες κατασκευές, η διάμετρος ενός κυλίνδρου είναι πολύ μικρότερη σε σύγκριση με το μήκος κύματος εφόσον η διάμετρος των λεπτόγραμμων μελών D είναι πολύ μικρότερη από το μήκος κύματος λ ($D/\lambda < 0,15$). Σε αυτή την περίπτωση, τα αποτελέσματα διάθλασης είναι αμελητέα και το πρόβλημα μπορεί να απλοποιηθεί πολύ. Ο J.E. Morison πρόβλεψε τις δυνάμεις των κυμάτων σε ένα εκτεθειμένο κατακόρυφο σωλήνα, περιγράφοντας τις δυνάμεις που δέχεται μια κυλινδρικής διατομής κατασκευή ανά μονάδα μήκους της, η οποία δέχεται δράσεις από

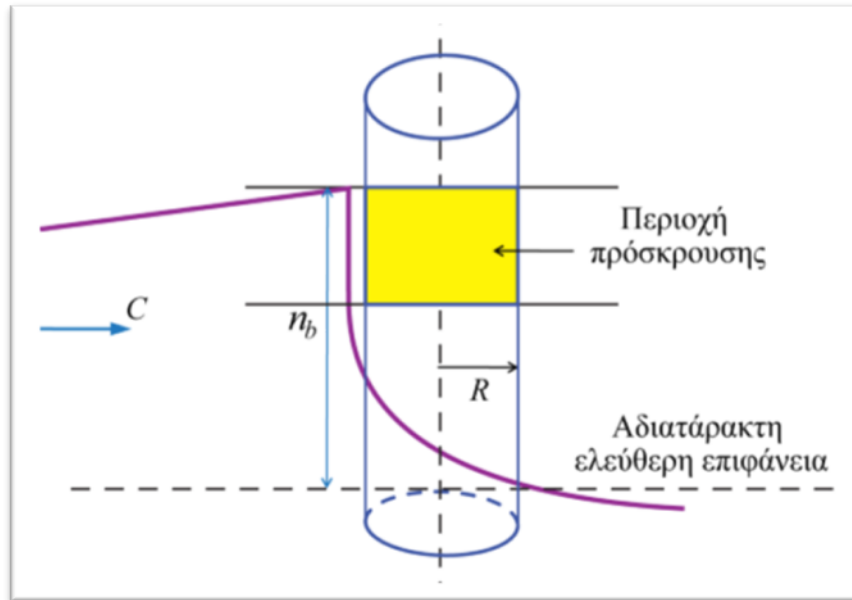
απλούς αρμονικούς κυματισμούς βαρύτητας. Η συνολική δύναμη προκύπτει απλά αθροίζοντας τη δύναμη αδράνειας και τις δυνάμεις αντίστασης (Morison,1950). Το άθροισμα των δυο υπολογίζει τις υδροδυναμικές φορτίσεις που ασκούνται σε μια κατασκευή και δίνεται από τη σχέση:

$$F(t) = \frac{\pi}{4} \rho C_M D^2 \cdot \dot{u}(t) + \frac{1}{2} \rho C_D D \cdot u(t)|u(t)|$$

Εξίσωση 1: Εξίσωση Morison

όπου F είναι το σύνολο των δυνάμεων, ρ η πυκνότητα του νερού, D η εξωτερική διάμετρος του κυλίνδρου, u η ταχύτητα σωματιδίων του ρευστού που υπολογίζεται με χρήση της θεωρίας του δυναμικού, καθώς επίσης ο όρος \dot{u} με τη χρήση της τέλειας στο πάνω μέρος φανερώνει την παραγωγή της ταχύτητας, δηλαδή την επιτάχυνση. Οι δυο όροι ταχύτητας και επιτάχυνσης θα αναλυθούν περαιτέρω στη συνέχεια. Τέλος, οι συντελεστές C_M και C_D , οι οποίοι προκύπτουν μέσω πειραματικών μετρήσεων και υποδηλώνουν των αδρανειακό και των συντελεστή αντίστασης, αντίστοιχα.

Η εξίσωση Morison ισχύει υπό κάποιες παραδοχές και προϋποθέσεις. Αρχικά σε ένα λεπτόγραμμο μέλος οι δυνάμεις δίδονται ανά μονάδα μήκους, οι οποίες προκύπτουν από τις παραγόμενες σχέσεις καθώς ενσωματώνονται στο συνολικό μήκος του κυλίνδρου για να δώσουν μια συνολική δύναμη. Επίσης κατά συνέπεια αυτής της προσέγγισης, σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή οι κινήσεις του περιβάλλοντος νερού είναι όλες σχεδόν οι ίδιες. Τέλος, αγνοούμε τη χωρική μεταβολή της διαταραγμένης ροής κοντά στο μήκος μονάδας λεπτόγραμμων μελών.



Διάγραμμα 6: Κυλινδρικό στοιχείο υπό την δράση θραυόμενου κυματισμού.

2.2.1 Αδρανειακός συντελεστής και συντελεστής αντίστασης

Οι συντελεστές C_M και C_D , στην πραγματικότητα οι τιμές τους ποικίλλουν ευρέως ανάλογα με την χρονική εξάρτηση της ταλαντευόμενης ροής και τις διάφορες παραμέτρους που προκύπτουν λόγω τις επιβαλλομένης ταλαντωτικής διέγερσης στην κατασκευή ή ακόμη και να διαθέτει το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό κατά τη γένεση της. Μαθηματικά, η συγκεκριμένη εξάρτηση περιγράφεται μέσω του αριθμού Keulegan-Carpenter (KC), ο οποίος ορίζεται ως εξής (Keulegan & Carpenter, 1958):

$$KC = \frac{u_a \cdot T}{D}$$

Εξίσωση 2: Αριθμός Keulegan-Carpenter

όπου u_a είναι η μέγιστη ταχύτητα της ταλαντωτικής ροής, T η περίοδος και D η διάμετρος του κυλίνδρου.

Το εύρος των συντελεστών οπισθέλκουσας μας επιτρέπει να υπολογίζουμε την τραχύτητα και τα αποτελέσματα του αριθμού Reynolds :

$$Re = \frac{u_a \cdot D}{\nu}$$

Εξίσωση 3: Αριθμός Reynolds

όπου u_a είναι η μέγιστη ταχύτητα της ταλαντωτικής ροής , D η διάμετρος του κυλίνδρου και ν είναι η κινηματική συνεκτικότητα του ρευστού.

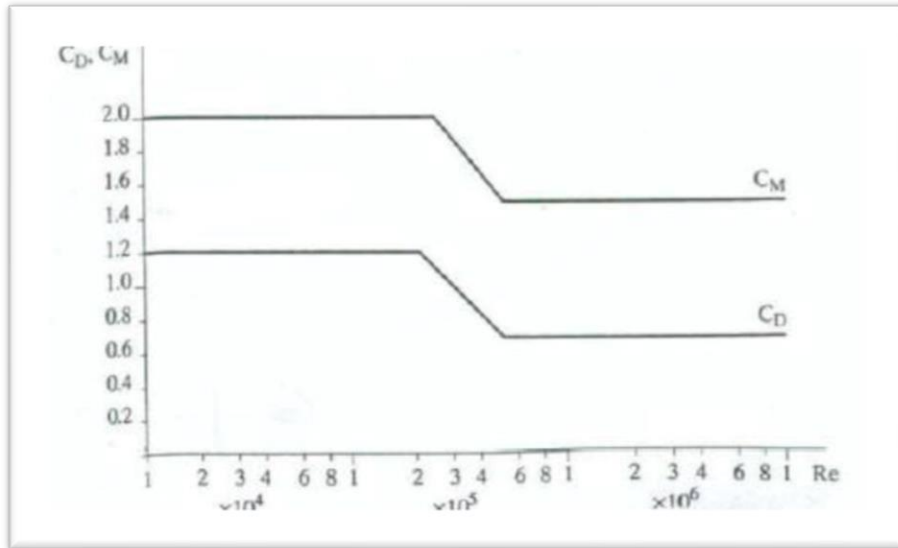
Για τους λείους κυλίνδρους ο αριθμός Reynolds είναι περίπου 10^5 , η μεταβολή της στρωτής ροής σε τυρβώδη ροή προκαλεί μείωση στην τιμή του C_D ως συνάρτηση του Re . Για τους μεγαλύτερους αριθμούς Reynolds το σημείο διαχωρισμού παραμένει ουσιαστικά σταθερό και έτσι και ο συντελεστής οπισθέλκουσας. Η τραχύτητα προκαλεί τη μεταβολή από τη στρωτή προς την τυρβώδη ροή σε χαμηλότερο αριθμό Reynolds και αυξάνει την τριβή προκαλώντας μεγαλύτερη τιμή στον C_D . Ο συντελεστής μάζας C_M επηρεάζεται από τις αλλαγές στο οριακό στρώμα και έτσι επηρεάζεται ο αριθμός Reynolds και η τραχύτητα (Dubey, 2016).

Όμως σε αριθμητικές εφαρμογές, εΐθισται οι συντελεστές αυτοί να λαμβάνονται σταθερή για γραμμικούς κυματισμούς με την προϋπόθεση λείας επιφάνειας και κυλινδρικής διατομής στοιχείων. Από τον παρακάτω πίνακα μπορούμε να δούμε ότι για γραμμικά κύματα οι συνιστώμενες τιμές για συντελεστές οπισθέλκουσας και μάζας είναι 0,6-1,2 και 1,5-2 αντίστοιχα.

Πίνακας 1: Υδροδυναμικές φορτίσεις σε λεπτόγραμμα μέλη, γενικές τιμές C_D και C_M

	Rn < 10⁵		Rn > 10⁵	
KC	C_D	C_M	C_D	C_M
< 10	1.2	2.0	0.6	2.0
≥ 10	1.2	1.5	0.6	1.5

Για κυλινδρικής διατομής πασσάλους δίνεται η γραφική παράσταση των συντελεστών C_D και C_M ανάλογα με τον αριθμό Reynolds:



Διάγραμμα 7: Γραφική παράσταση των συντελεστών C_D και C_M

3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΥΜΑΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

3.1 Γραμμική θεωρία κυματισμών (Airy - Stokes 1ης τάξης)

Ως κυματισμός ορίζεται κάθε περιοδική ή μη περιοδική διαταραχή της επιφάνειας της θάλασσας σε ένα πεπερασμένο ή άπειρο πεδίο. Οι παράγοντες οι οποίοι οδηγούν στο σχηματισμό των επιφανειακών κυμάτων και καθορίζουν το μέγεθός τους είναι η ταχύτητα του ανέμου, η διάρκεια, το εύρος του καθώς και η απόσταση πάνω από την επιφάνεια που φυσάει το ρεύμα αέρα.

Η θεωρία κυματισμών Airy - Stokes 1ης τάξης συχνά αναφερομένη και ως γραμμική θεωρία απειροστού ύψους ($\frac{H}{L} \ll 1$) είναι βασισμένη στην παραδοχή μικρών τιμών των λόγων $\frac{H}{d}$ και $\frac{H}{L}$ για μικρά ύψη κύματος, δηλαδή το ύψος του κύματος H είναι πολύ μικρότερο του βάρους d και του μήκους L και μπορεί να εφαρμοστεί για όλες τις τιμές του σχετικού βάρους $\frac{d}{L}$. Έχοντας εκατέρωθεν βασικές υποθέσεις, όπως ότι το στρώμα υγρού είναι ομοιογενές και ασυμπύεστο, πυθμένας είναι αδιαπέραστος και οριζόντιος έχοντας σταθερό βάθος, η ροή είναι αστρόβιλη, η τάση είναι αμελητέα και η πίεση σταθερή και ομοιόμορφη στην ελεύθερη επιφάνεια.

Το προφίλ ενός κύματος περιγράφεται ως ημιτονοειδής ή συν ημιτονοειδής και είναι απολυτά συμμετρικό τόσο στον κατακόρυφο όσο και στον οριζόντιο άξονα. Προκειμένου να προσδιοριστεί ένα κανονικό κύμα χρειαζόμαστε το εύρος του, a , το μήκος κύματος του, λ , την περίοδο, T , και για να είναι πλήρως καθορίζονται, επίσης την κατεύθυνση διάδοσης και τη φάση σε μια δεδομένη τοποθεσία και χρόνο. Σύμφωνα με τη γραμμική θεωρία το μήκος κύματος ορίζεται η απόσταση μεταξύ των δύο διαδοχικών κορυφών του, ύψος κύματος η διαφορά μεταξύ του μέγιστου και ελάχιστου σημείου και βάθος του η κατακόρυφη απόσταση της μέσης επιφάνειας της θάλασσας από τον πυθμένα στο οποίο διαδίδεται. Χρησιμοποιώντας αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να υπολογιστούν ποσότητες όπως είναι η ταχύτητα μετάδοσης και η επιτάχυνση ενός κύματος (Karimirad, Michailides & Nematbakhsh, 2018).

Ορίζοντας τον άξονα x στη στάθμη ηρεμίας καθώς το κύμα κινείται στην θετική διεύθυνση x, το προφίλ της ελεύθερης επιφάνειας δίνεται ως συνάρτηση του x και του t:

$$\eta = \frac{H}{2} \cdot \cos(kx - \sigma t)$$

Εξίσωση 4: Μετατόπιση της ελεύθερης επιφάνειας

Οπού,

η : η στιγμιαία ανύψωση από τη μέση στάθμη του κύματος

H: το ύψος του κύματος

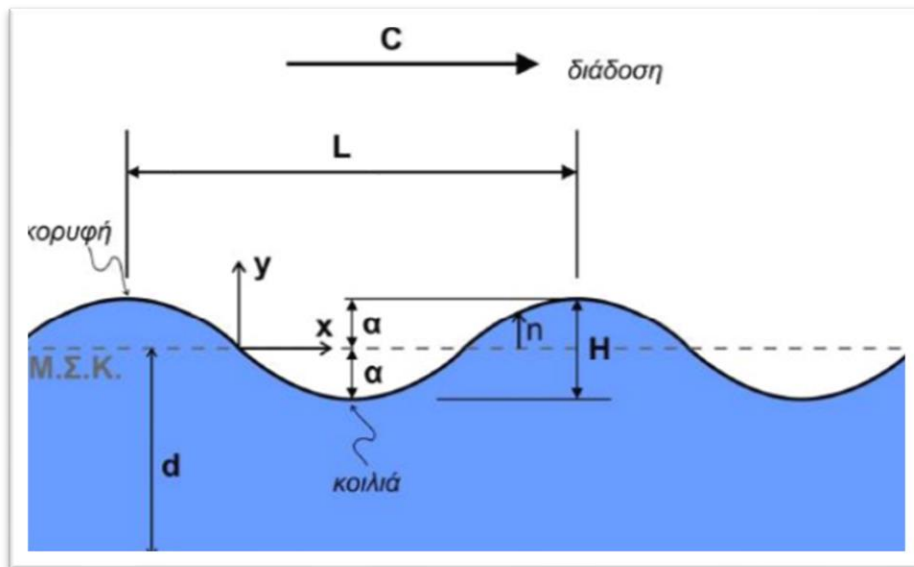
k: αριθμός κύματος, ($k=2\pi/L$)

L: το μήκος κύματος

σ ή ω : η κυκλική συχνότητα, ($\sigma=2\pi/T$)

T: η περίοδος του κύματος

α : το πλάτος του κύματος, ($\alpha= H/2$).



Διάγραμμα 8: Απεικόνιση παραμέτρων γραμμικών κυματισμών

Η συνιστώσες της ταχύτητας των μορίων του νερού, u και w , σε συνάρτηση με το δυναμικό των ταχυτήτων δίνονται ως :

$$u = \frac{\partial \Phi}{\partial x} \quad \text{και} \quad w = \frac{\partial \Phi}{\partial z}$$

Χρησιμοποιώντας την συνάρτηση δυναμικού Φ , θεωρούμαι δεδομένο ότι ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες :

1. Η αρχή διατήρησης της μάζας που εκφράζεται από την εξίσωση Laplace :

$$\Delta \Phi = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = 0$$

Εξίσωση 5: Εξίσωση Laplace ή εξίσωση συνέχειας

2. Η κινηματική συνοριακή συνθήκη στην ελεύθερη επιφάνεια για $z=-d$ (μηδενισμός εγκάρσιας ταχύτητας), $z=\eta(x,t)$:

$$w = \frac{\partial \Phi}{\partial z} = \frac{\partial \eta(x, t)}{\partial t}$$

Εξίσωση 6: Κινηματική συνθήκη ελεύθερης επιφάνειας

3. Η δυναμική συνοριακή συνθήκη στην ελεύθερη επιφάνεια που εκφράζεται από την εξίσωση Bernoulli, $z=\eta(x,t)$:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + g\eta(x, t) = 0$$

Εξίσωση 7: Δυναμική συνθήκη Bernoulli

4. Η κινηματική οριακή συνθήκη του στερεού ορίου (πάνω στον οριζόντιο και σταθερό πυθμένα):

$$w = \frac{\partial \Phi}{\partial z} = 0$$

Εξίσωση 8: Κινηματική συνθήκη πυθμένα

Η γενική μορφή της συνάρτησης δυναμικού $\Phi(x,z,t)$ των ταχυτήτων είναι:

$$\Phi(x, z, t) = Z(z)\sin(kx - \sigma t)$$

Εξίσωση 9: Συνάρτησης δυναμικού

Όπου $Z(z)$ είναι άγνωστη συνάρτηση μεταβλητής z .

Λόγω της αντικατάστασης της Φ στην εξίσωση Laplace (εξ.8) προκύπτει η κανονική διαφορική εξίσωση:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} - k^2 z = 0$$

Εξίσωση 9: Κανονική διαφορική εξίσωση

με γενική λύση :

$$\Phi = (C_1 e^{kz} + C_2 e^{-kz})$$

Εξίσωση 10: Λύση της διαφορικής εξίσωσης

Η σταθερές C_1 και C_2 υπολογίζονται με την βοήθεια των δυο συνοριακών συνθήκων, πυθμένα (εξ.8) και την δυναμική (εξ.7) στην ελεύθερη επιφάνεια. Κατά συνέπεια η τελική μορφή της Φ δίνεται από :

$$\Phi = \frac{H g \cosh(k(d+z))}{2 \sigma \cosh(kd)} \sin(kx - \sigma t)$$

Εξίσωση 11: Τελική μορφή Φ

Αντικαθιστώντας την τελική μορφή της Φ (εξ.11) στην γραμμικοποιημένη κινηματική συνοριακή συνθήκη στην ελεύθερη επιφάνεια (εξ.6) οδηγεί στην σχέση διασποράς(ή διακύμανσης), η οποία συσχετίζει τη συχνότητα σ με το βάθος d και το μήκος κύματος L .

$$\sigma^2 = g k \tanh(kd)$$

Εξίσωση 12: Σχέση διασποράς ή διακύμανσης

Η εξίσωση διασποράς διαχωρίζει τα κύματα σχετικά με τη συχνότητα τους, επεξηγηματικά έχουν διαφορετικές φασικές ταχύτητες, κύματα διαφορετικής συχνότητας ή περιόδου,

κατά συνέπεια να κινούνται με διαφορετικό ρυθμό και διασπειρόμενα. Δεδομένου ότι $C = \frac{L}{T}$, προκύπτει η ταχύτητα μετάδοσης ή ταχύτητα φάσης του κύματος σαν αύξουσα συνάρτηση της περιόδου του κύματος :

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh(kd)$$

Εξίσωση 13: Ταχύτητα φάσης του κύματος

και την έκφραση για το μήκος κύματος :

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh(kd)$$

Εξίσωση 14: Μήκος του κύματος

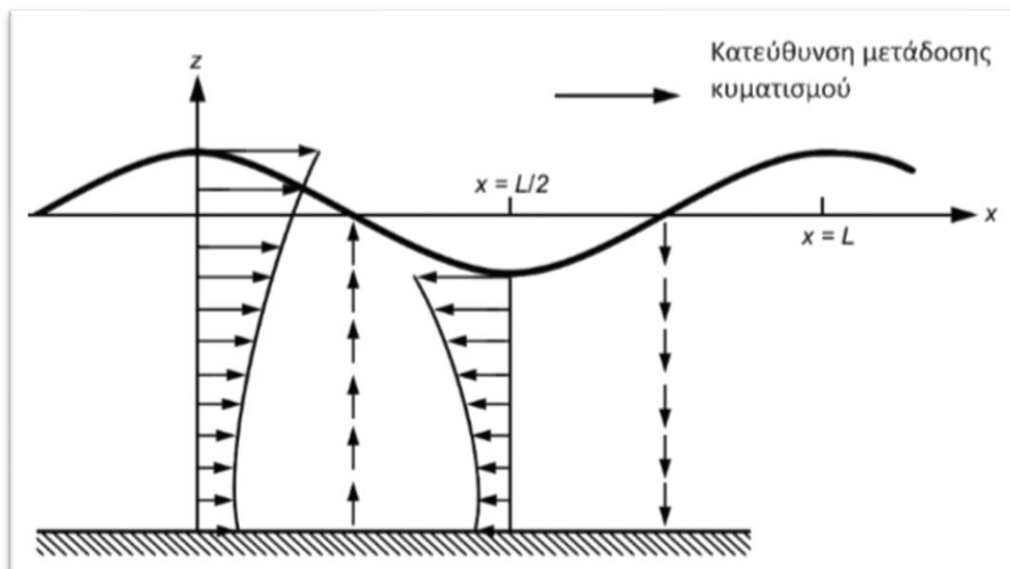
Η κίνηση των μορίων του νερού είναι μια απλή αρμονική συνάρτηση του χρόνου. Οι ταχύτητες και επιτάχυνσης του ρευστού που προκαλεί το κύμα για συγκεκριμένο βάθος και φάση (χρόνο), προκύπτουν παραγωγίζοντας τη συνάρτηση δυναμικού Φ :

$$u = \frac{\pi H}{T} \cdot \frac{\cosh(k(d+z))}{\sinh(kd)} \cdot \cos(kx - \sigma t)$$

Εξίσωση 15: Ταχύτητες των μορίων του νερού

$$\dot{u} = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \cdot \frac{\cosh(k(d+z))}{\sinh(kd)} \cdot \sin(kx - \sigma t)$$

Εξίσωση 16 : Επιτάχυνσης των μορίων του νερού



Διάγραμμα 9: Ταχύτητες υλικού σημείου ενός προωθούμενου κυματισμού

Από το διάγραμμα 9 γίνεται αντιληπτό ότι, όταν η οριζόντια ταχύτητα είναι στο μέγιστο στην κορυφή του κύματος ή στο ελάχιστο της στην κοιλιά, η κατακόρυφη ταχύτητα μηδενίζεται. Επομένως η συνιστώσα u βρίσκεται σε διαφορά φάσης $\pi/2(90^\circ)$ από την συνιστώσα \dot{y} .

3.2 Υπολογισμός ανεμογενών κυματισμών

Ο Κουτίτα (2015, σελ.70) επισημαίνει:

Ο κύριος παράγων ανεμοκυματογένεσης είναι το πέρασμα ενέργειας από τα κινούμενα κατώτερα ατμοσφαιρικά στρώματα στις επιφανειακές θαλάσσιες μάζες. Τα τριχοειδή αρχικά κύματα (capillary waves) εξελίσσονται σε διαταραχές της επιφάνειας μήκους πολλών μέτρων, που δέχονται τις διακυμαινόμενες λόγω τύρβης διατμητικές και εγκάρσιες (πιέσεις) δυνάμεις του αέρα. Η τροφοδοσία σε μηχανική ενέργεια από την ατμόσφαιρα αρχικά αυξάνει εκθετικά και στη συνέχεια

βαίνει φθίνουσα καθώς οι κυματισμοί αυξάνονται σε περίοδο και μήκος, ώστε η φασική τους ταχύτητα να προσεγγίζει την ταχύτητα του ανέμου.

Ο συντονισμός των τυρβωδών διαταραχών πίεσης και τριβής στην επιφάνεια λόγω της γραμμικής αύξησης του κύματος ευθύνεται για την γένεση κυματισμών. Καθώς για μια συγκεκριμένη κατεύθυνση ανέμου δημιουργείτε κυματισμός σε έναν τομέα $\pm 45^\circ$ εκατέρωθεν της διεύθυνσης του, έχοντας αποτέλεσμα την διαμόρφωση ενός τρισδιάστατου πεδίου κυματισμών. Τα στοιχεία του κυματισμού H, T, είναι συναρτήσεις των :

t_D = διάρκεια πνοής του ανέμου.

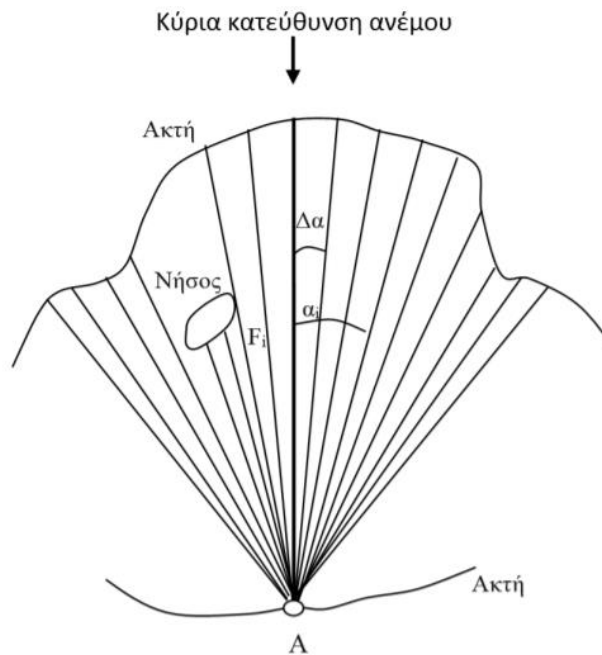
U_{10} = χαρακτηριστική ταχύτητα ανέμου σε ύψος 10m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

F_{eff} = αποτελεσματικό μήκος ανάπτυξης των κυματισμών (από το σημείο υπολογισμού ως την απέναντι ακτή κατά μήκος της κατεύθυνσης πνοής του ανέμου και 45 εκατέρωθεν αυτής).

$$F_{eff} = \frac{\sum_{i=-N}^N F_i (\cos a_i)^2}{\sum_{i=-N}^N \cos a_i}$$

Εξίσωση 17: Ισοδύναμο μήκος ανάπτυξης

Όπου, i ο ακέραιος που περιγράφει την κατεύθυνση ακτινών ανά $\Delta\alpha=5$ μοίρες, εκατέρωθεν της κυρίας κατεύθυνσης του ανέμου, $\alpha_i =$ η γωνιά που σχηματίζεται από την κυρία κατεύθυνση πνοής και την εκάστοτε ακτίνα ($\alpha_i=i \Delta\alpha$).



Διάγραμμα 10: Υπολογισμός του ενεργού μήκους F_{eff} στο A

Ο άνεμος που δημιουργείτε από την δύναμη της πίεσης και την γεωτροπική δύναμη (δύναμη Coriolis) που οφείλεται στην περιστροφή της γης δίνεται ως εξής :

$$U_g = \frac{1}{\rho f} \frac{dp}{d\eta} = - \frac{1}{\rho(2\Omega \sin\varphi)} \frac{dp}{d\eta}$$

Εξίσωση 18: Γεωτροπική ταχύτητα ανέμου

Όπου, ρ η πυκνότητα του αέρα (1.3kg/m^3)

$f=2\Omega \sin\varphi$ ο συντελεστής Coriolis

φ το γεωγραφικό πλάτος

Ω η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της γης

$\frac{dp}{d\eta}$ η βαροβαθμίδα ($1\text{mb} = 100 \text{ Pa/m}^2$).

Ο επιφανειακός άνεμος έχει κατεύθυνση στραμμένη προς το βαρομετρικό χαμηλότερο κατά 20-40 εκφράζεται ως :

$$U_{10} = 60\%U_g$$

Εξίσωση 19: Επιφανειακή ταχύτητα ανέμου

Η γένεση κυματισμών εξαρτάται και από τις 3 παραμέτρους U_{10} , F , t_D και διακρίνονται, ανάλογα με τις τιμές τους, τρεις καταστάσεις ανάπτυξης :

- 1) με περιορισμό χρόνου (τα H , T εξαρτώνται από τα t_D , U_{10} και F_{eff})
- 2) με περιορισμό μήκους (τα H , T εξαρτώνται από τα U_{10} και F_{eff})
- 3) πλήρη ανάπτυξη, χωρίς περιορισμό μήκους και διάρκειας (τα H , T εξαρτώνται μόνο από το U_{10})

3.3 Φασματική ανάλυση κυματισμών

Με την παραδοχή γραμμικής επαλληλίας, η μορφή της ελεύθερης επιφάνειας της θάλασσας με την παρουσία ανεμογενών κυματισμών, μπορεί να προσεγγιστεί με σειρά ημιτονοειδών συνιστωσών διαφόρων περιόδων T_i , διαφόρων πλατών a_i ($a_i=H_i/2$) και διαφόρων φάσεων φ_i :

$$\eta = \sum \alpha_i \cos (k_i x - \omega_i t + \varphi_i)$$

Εξίσωση 20: Στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας

όπου, $\omega_i=T_i/2\pi$ η κυκλική συχνότητα, η σχέση μεταξύ k_i και ω_i στα βαθιά νερά είναι η γνωστή σχέση διασποράς $\omega_i=g k_i$. Η πυκνότητα ενέργειας της κάθε αρμονικής συνιστώσας δίνεται :

$$E_i = \frac{1}{2} \rho g a_i^2$$

Όπου, $E(\omega)$ η συνάρτηση ενεργειακής πυκνότητας των αρμονικών συχνοτήτων μεταξύ ω και $\omega+d\omega$:

$$E(\omega)d\omega = \frac{\rho g}{2} \sum_{\omega}^{\omega+d\omega} \alpha_i^2$$

Η κατανομή της $E(\omega)$ για όλες τις τιμές του ω ορίζεται ως η κατανομή της φασματικής πυκνότητας :

$$Ei = E(\omega)d\omega = \frac{\rho g}{2} \sum_{\omega}^{\omega+d\omega} \alpha_i^2$$

Εξίσωση 21: Πυκνότητα ενέργειας

Η κατανομή της φασματικής πυκνότητας ορίζονται ως οι αναλυτικές σχέσεις που περιγράφουν την κατανομή της $E(\omega)$, δηλαδή πως είναι κατανεμημένη η περιεχόμενη μηχανική ενέργεια στις διάφορες συχνότητες που περιέχονται σε ένα σύνθετο κυματισμό. Το ενεργειακό φάσμα Jonswar που χρησιμοποιείτε μετά από πολλές μετρήσεις και αναλύσεις, το οποίο είναι συνηθέστερο για παράκτιες λεκάνες, αφορά ανάπτυξη κυματισμών με περιορισμό μήκους και δίνεται σε μια ενιαία μορφή :

$$E(f) = a g^2 (2\pi)^{-4} f^{-5} \exp \left[-1.25 \left(\frac{f}{f_p} \right)^{-4} \right] \gamma^{\exp \left(-\frac{(f-f_p)^3}{2\omega^2 f_p^2} \right)}$$

Εξίσωση 22: Φάσμα Jonswar

Για πλήρως αναπτυγμένους κυματισμούς, όπου ουσιαστικά η διάρκεια πνοής του ανέμου και το μήκος αναπτύγματος είναι απεριόριστα, χρησιμοποιείτε το φάσμα Pierson-Moskowitz :

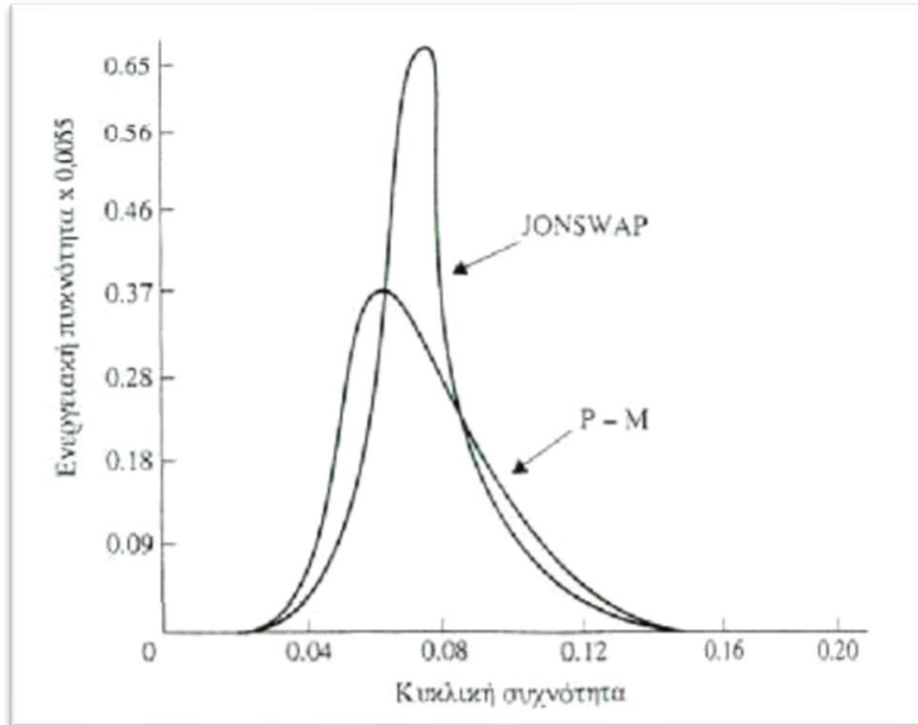
$$E(f) = \frac{a g^2}{(2\pi)^4 f^5} e^{-\frac{5}{4} \left(\frac{f}{f_p} \right)^4}$$

Εξίσωση 23: Φάσμα Pierson-Moskowitz

όπου,

$$f_p = \frac{0.7916g}{2\pi U_{10}}$$

Εξίσωση 24: Μέγιστη κυκλική συχνότητα



Διάγραμμα 11: Μορφολογία ενεργειακών φασμάτων Pierson-Moskowitz και Jonswap

3.3.1 Βραχυπρόθεσμη φασματική πρόβλεψη κυματισμών

Όπως αναφέρει ο Κουτιτά (2015) «Η πρόγνωση των κυματισμών (wave forecasting) αποτελεί σημαντικό επιχειρησιακό πρόβλημα της σύγχρονης ναυτιλίας, που προσπαθεί να εξασφαλίσει τις καλύτερες συνθήκες ασφάλειας, εργασίας ή αναψυχής στους ναυτιλλομένους, αλλά επίσης σημαντικό πρόβλημα της θαλάσσιας τεχνικής». Η απουσία μακροχρονίων καταγράφων στις θέσεις ανοιχτής θάλασσας και θέσεις των ακτών όπου πρόκειται να κατασκευαστούν τεχνικά έργα, οδηγεί στην διάγνωση του κύματος από

δεδομένα ανέμου του παρελθόντος και καθιστά το μόνο τρόπο ποσοτικοποίησης των υδροδυναμικών φορτίσεων που ασκούνται στην κατασκευή.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι συσχέτισης των φυσικών συνθηκών (ταχύτητα ανέμου, μήκος ανάπτυξης, διάρκεια πνοής) με τα στοιχεία κύματος. Κάποιες από τις μεθόδους είναι η χρήση των εμπειρικών μοντέλων, με τα συχνότερα εφαρμοσμένα μοντέλα να είναι τα εξής:

- SMB (Svedrup-Munk-Bretschneider)
- JONSWAP-PM (Pierson-Moskowitz)

3.3.1.1 Μέθοδος JONSWAP

Από εκτεταμένες μετρήσεις και αναλύσεις στη Β. Θάλασσα, αφορά ανάπτυξη κυματισμών με περιορισμό μήκους και οδηγεί στον υπολογισμό του ύψους του ανεμογενή κυματισμού H_s σε βαθιά νερά. Έχοντας ως δεδομένο το μήκος αναπτύγματος F_{eff} και την ρυθμισμένη ταχύτητα του ανέμου U_A .

Όπου, $U_A = 0.71U_{10}^{-1.23}$

Ελέγχοντας κατά ποσόν ισχύει η ανισότητα:

$$\frac{g * F}{U_A^2} \geq 22.8 \cdot 10^3$$

Εξίσωση 25: Έλεγχος ανισότητας

Εάν ισχύει η ανισότητα(εξ.25) τότε οι κυματισμοί έχουν πλήρη ανάπτυξη και αρά ισχύει το ενεργειακό φάσμα PM και εφαρμόζονται οι σχέσεις:

$$g \frac{H_s}{U_A^2} = 0.243 \quad \& \quad g \frac{T_p}{U_A} = 8.13$$

Εξίσωση 26 & 27: Σχέσεις ενεργειακού φάσματος PM

Όπου, H_s το σημαντικό ύψος κύματος και T_p η περίοδος κορυφής του φάσματος

Εάν δεν ισχύει η ανισότητα(εξ.25) τότε γίνεται η εφαρμογή του ενεργειακού φάσματος JONSWAP και ελέγχεται αν ισχύει η παρακάτω ανισότητα:

$$\frac{gt_D}{U_A} > 68.8 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{0.66}$$

Εξίσωση 28: Ανισότητα ενεργειακού φάσματος JONSWAP

Εφόσον ισχύει η παραπάνω ανισότητα(εξ.28) έχουμε περιορισμό μήκους και ισχύει η σχέση $F=x$. Στην συνέχεια εφαρμόζονται οι παρακάτω σχέσεις για τον υπολογισμό των H_s και T_p :

$$g \frac{H_s}{U_A^2} = 0.0016 \left(\frac{gx}{U_A^2} \right)^{0.5} \quad \& \quad g \frac{T_p}{U_A} = 0.286 \left(\frac{gx}{U_A^2} \right)^{0.33}$$

Εξίσωση 29 & 30: Σχέσεις ενεργειακού φάσματος JONSWAP

Αν δεν ισχύει η ισότητα(εξ.28), υπάρχει ανάπτυξη κυματισμών σε συνθήκες περιορισμένης διάρκειας, τότε επιλύεται η (εξ.28) σαν ισότητα για τον υπολογισμό νέου F :

$$F = \frac{U_A^2}{g} \left(\frac{gt_D}{68.8U_A} \right)^{1.5}$$

Εξίσωση 31: Υπολογισμός νέου F

ακολούθως ορίζεται $x=F$ (αυτό που έχει υπολογιστεί εξ.31) και εφαρμόζονται πάλι τις σχέσεις (εξ.29&εξ.30).

3.3.1.2 Μέθοδος SMB

Αρχικά υπολογίζεται η τιμή : $\Phi = \frac{gF_{eff}}{U^2}$

Από το παρακάτω διάγραμμα (διαγ.7), βρίσκεται αν το σημείο $M = (\Phi, \frac{gt_D}{U})$ είναι κάτω ή πάνω από την καμπύλη. Αναλόγως της κάθε περίπτωσης ακολουθείτε διαφορετική μεθοδολογία:

- 1^η περίπτωση: το σημείο M βρίσκεται στην περιοχή πάνω από τη καμπύλη, τότε οι εξίσωσης (εξ.32&εξ.33) επιλύονται ως $x=\Phi$.

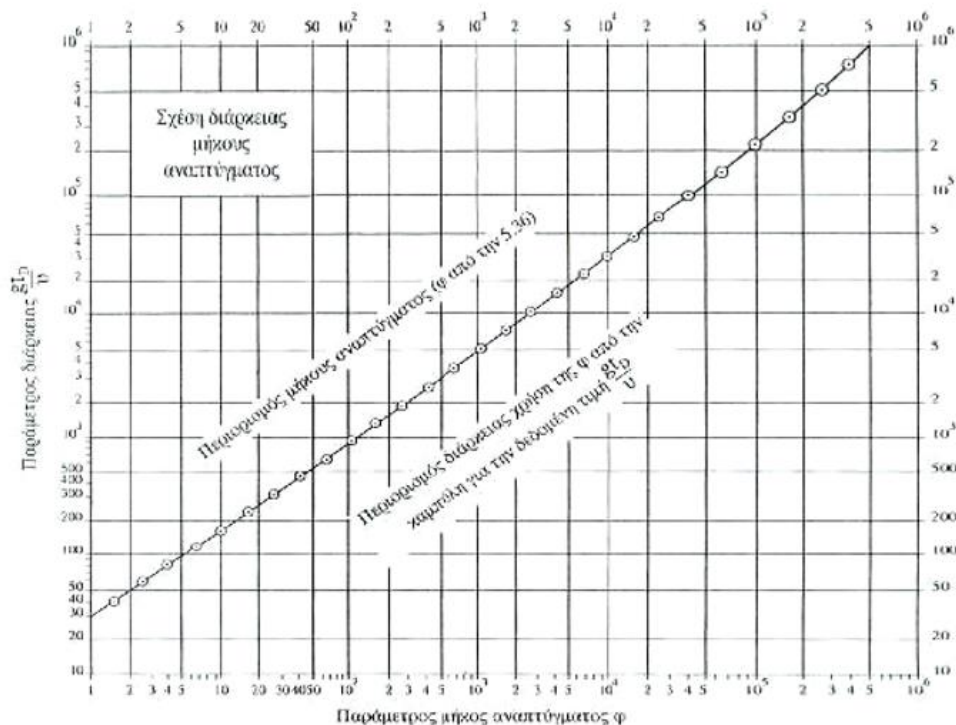
$$g * \frac{H_S}{U^2_A} = 0.283 \tanh(0.0125x^{0.42})$$

Εξίσωση 32: Υπολογισμός του ύψους κύματος με την μέθοδο SM

$$g * \frac{T_S}{U_A} = 7.540 \tanh(0.077x^{0.25})$$

Εξίσωση 33: Υπολογισμός της περιόδου κύματος με την μέθοδο SMB

- 2^η περίπτωση: το σημείο M βρίσκεται στην περιοχή κάτω από την καμπύλη, τότε η εξισώσεις (εξ.32&εξ.33) λύνονται χρησιμοποιώντας την τιμή του Φ που προσδιορίζονται γραφικά (από την τομή της κάθετης στη θέση $\frac{gt_D}{U}$ με την καμπύλη του διαγράμματος) και οι παραπάνω εξισώσεις επιλύονται για $x=\Phi'$.



Διάγραμμα 12: Διάγραμμα εκτίμησης της παραμέτρου Φ

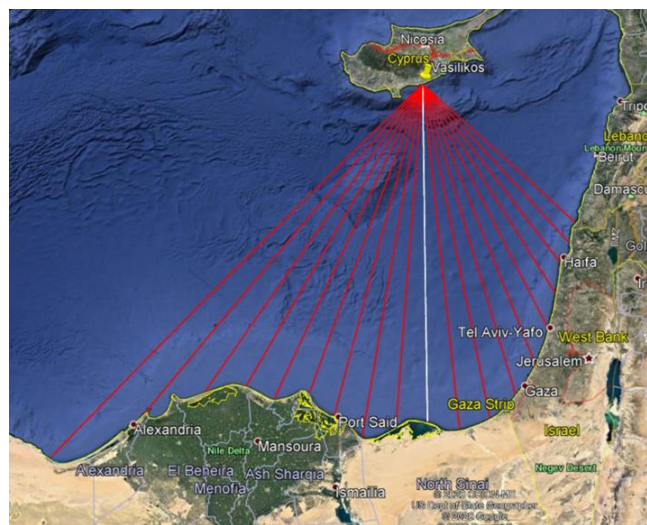
3.4 Υπολογισμός ανεμογενών κυματισμών στην περιοχή μελέτης

Βάση των ακόλουθων δεδομένων (χρόνος πνοής, επιφανειακή ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου) που περιέχει ο παρακάτω πίνακας θα γίνει η πρόβλεψη των χαρακτηριστικών του κύματος (H, T), χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία που περιγράφηκε στο (κεφάλαιο 4.2 & 4.3.1.1).

Πίνακας 2: Πίνακας δοθέντων δεδομένων για τον υπολογισμό χαρακτηριστικών δεδομένων.

Td (Ωρες)	U10 (m/s)	Διεύθυνση
8	8,9	NA
6	10	NA
10	10	N
6	7	N
5	8	NΔ
4	10	NΔ

Η διαδικασία που ακολουθεί χρησιμοποιεί ως δεδομένα (Td =10 h,U10 =10 και Νότια διεύθυνση ανέμου. Αρχικά, υπολογίστηκε το αποτελεσματικό μήκος ανάπτυξης των κυματισμών Feff. Για τον υπολογισμό του μήκους χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Google Maps Pro, το οποίο μας δίνει τη δυνατότητα μέτρησης της απόστασης από την περιοχή μελέτη έως στις απέναντι ακτογραμμές.



Διάγραμμα 13: Χάραξη γραμμών με νότια διεύθυνση ανέμου.

Ακολούθως, αφού μετρήθηκαν οι αποστάσεις μεταξύ του σημείου μελέτης και των απέναντι ακτογραμμών, καταγράφηκαν στον παρακάτω πίνακα και υπολογίστηκαν οι παράμετροι της (εξ.17), στο λογισμικό Excel.

Πίνακας 3: Βοηθητικός πίνακας για τον υπολογισμό του Feffective με Νότια διεύθυνση ανέμου.

Γωνιά (ai)	Fi(km)	cos(ai)	cos (ai) ²	Ficos (ai) ²
-45	589.625	0.707107	0.5	294.8125
-40	487.624	0.766044	0.586824	286.1495
-35	427.002	0.819152	0.67101	286.5226
-30	397.354	0.866025	0.75	298.0155
-25	395.761	0.906308	0.821394	325.0756
-20	375.437	0.939693	0.883022	331.5192
-15	390.944	0.965926	0.933013	364.7557
-10	407.056	0.984808	0.969846	394.7818
-5	391.984	0.996195	0.992404	389.0064
0	386.778	1	1	386.778
5	397.294	0.996195	0.992404	394.2761
10	390.503	0.984808	0.969846	378.7279
15	373.418	0.965926	0.933013	348.4037
20	349.287	0.939693	0.883022	308.4282
25	320.19	0.906308	0.821394	263.0021
30	288.673	0.866025	0.75	216.5048
35	262.74	0.819152	0.67101	176.3012
40	252.051	0.766044	0.586824	147.9096
45	241.135	0.707107	0.5	120.5675
Σύνολο		16.90251		5711.538

Στην συνέχεια, χρησιμοποιώντας την (εξ.17) υπολογίστηκε το ενεργό μήκος ανάπτυξης.

$$F_{eff} = \frac{\sum_{i=-N}^N F_i (\cos a_i)^2}{\sum_{i=-N}^N \cos a_i} = \frac{5711.538}{16.90251} = 337911m$$

Με τη βραχυπρόθεσμη ανάλυση κυματισμών JONSWAP όπως περιγράφηκε προηγουμένως στο (κεφ.3.3.1.1), ακολουθεί ο υπολογισμός της ταχύτητας UA:

$$UA = 0.71 * U_{10}^{1.23} = 12.05753 \text{ m/s}$$

Έπειτα, ελέγχθηκε κατά ποσό ισχύει η ανισότητα της (εξ.28) :

$$\frac{g * F}{U_A^2} \geq 22.8 \cdot 10^3$$

Εφόσον ισχύει η ανισότητα, όπως φανερώνεται παρακάτω οι κυματισμοί έχουν πλήρη ανάπτυξη:

$$\frac{9.81 * 337911}{12.05753^2} = 22801,01 > 22.8 \cdot 10^3$$

Επομένως ισχύει το ενεργειακό φάσμα PM και χρησιμοποιώντας τις (εξ.29 & εξ.30) :

$$g \frac{H_S}{U_A^2} = 0.243 \quad \& \quad g \frac{T_P}{U_A} = 8.13$$

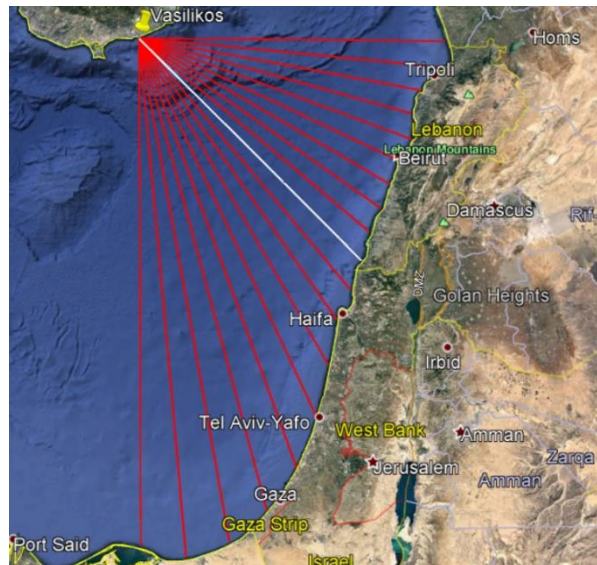
υπολογίζονται το ύψος και η περίοδος του κύματος:

$$H_S = \frac{U_A^2 * 0.243}{g} = 3.60126 \text{ m}$$

$$T_p = \frac{U_A * 8.13}{g} = 9.99263 \text{ sec}$$

$$T_s = 0.95T_p = 0.95 * 9.99263 = 9.493$$

Η ίδια διαδικασία ακολουθείται για τον υπολογισμό των ανεμογενών κυματισμών για Νοτιοανατολική και Νοτιοδυτική διεύθυνση ανέμων.

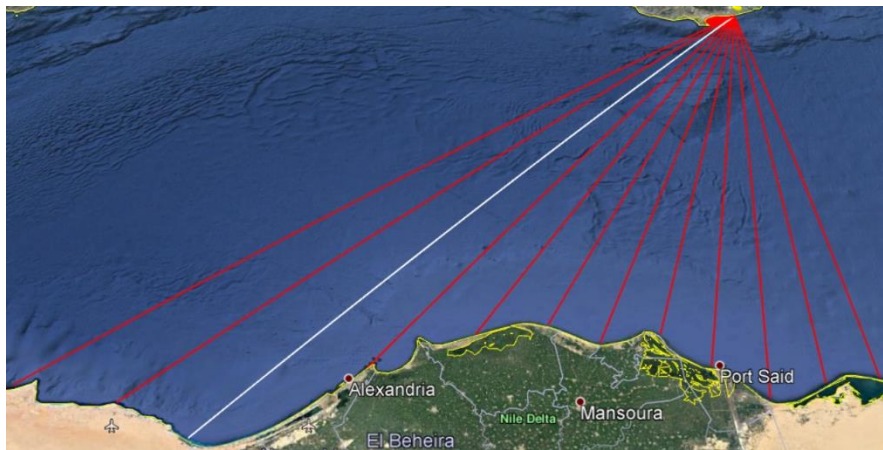


Διάγραμμα 14: Χάραξη γραμμών με νοτιοανατολική διεύθυνση ανέμου

Πίνακας 4: Υπολογισμός του Feffective με Νοτιοανατολική διεύθυνση ανέμου.

Γωνιά (ai)	Fi(km)	cos(ai)	cos(ai) ²	Ficos(ai) ²
-45	386.778	0.707107	0.5	193.389
-40	397.294	0.766044	0.586824	233.1417
-35	390.503	0.819152	0.67101	262.0314
-30	373.418	0.866025	0.75	280.0635
-25	349.287	0.906308	0.821394	286.9022
-20	320.19	0.939693	0.883022	282.7349
-15	288.673	0.965926	0.933013	269.3356
-10	262.74	0.984808	0.969846	254.8174
-5	252.051	0.996195	0.992404	250.1364
0	241.135	1	1	241.135
5	231.458	0.996195	0.992404	229.6998
10	227.692	0.984808	0.969846	220.8262
15	223.733	0.965926	0.933013	208.7457
20	219.196	0.939693	0.883022	193.5549
25	224.882	0.906308	0.821394	184.7167
30	219.744	0.866025	0.75	164.808
35	223.427	0.819152	0.67101	149.9218
40	239.183	0.766044	0.586824	140.3583
45	239.803	0.707107	0.5	119.9015
Σύνολο		16.90251		4166.22

$$F_{eff} = \frac{\sum_{i=-N}^N F_i (\cos a_i)^2}{\sum_{i=-N}^N \cos a_i} = \frac{4166.22}{16.90251} = 246485m$$



Διάγραμμα 15: Χάραξη γραμμών με νοτιοδυτική διεύθυνση ανέμου.

Πίνακας 5: Υπολογισμός του Feffective με Νοτιοδυτική διεύθυνση ανέμου.

Γωνιά (ai)	Fi(km)	cos(ai)	cos (ai) ²	Ficos (ai) ²
-45	5.612	0.707107	0.5	2.806
-40	23.449	0.766044	0.586824	13.76044
-35	27.455	0.819152	0.67101	18.42258
-30	30.007	0.866025	0.75	22.50525
-25	30.871	0.906308	0.821394	25.35725
-20	30.965	0.939693	0.883022	27.34278
-15	30.439	0.965926	0.933013	28.39997
-10	651.782	0.984808	0.969846	632.1284
-5	607.066	0.996195	0.992404	602.4547
0	589.625	1	1	589.625
5	487.624	0.996195	0.992404	483.9199
10	427.002	0.984808	0.969846	414.1263
15	397.354	0.965926	0.933013	370.7363
20	395.761	0.939693	0.883022	349.4658
25	375.437	0.906308	0.821394	308.3816
30	390.944	0.866025	0.75	293.208
35	407.056	0.819152	0.67101	273.1387
40	391.984	0.766044	0.586824	230.0257
45	386.778	0.707107	0.5	193.389
Σύνολο		16.90251		4879.194

$$F_{eff} = \frac{\sum_{i=-N}^N F_i (\cos a_i)^2}{\sum_{i=-N}^N \cos a_i} = \frac{4979.194}{16.90251} = 288667m$$

Χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία που περιγράφηκε στο (κεφ.3) υπολογίστηκαν τα Hs και Ts για τα δεδομένα του (πίν. 2) και των αντίστοιχων Feff.

Πίνακας 6: Υπολογισμός των χαρακτηριστικών κύματος.

Διεύθυνση	Td (Ωρες)	U10 (m/s)	Feff (m)	Ts (sec)	Hs (m)
NA	8	8,9	246485	5,568	1,572
NA	6	10	246485	5,191	1,515
N	10	10	337911	9,493	3,601
N	6	7	337911	6,122	1,498
NΔ	5	8	288667	7,215	2,080
NΔ	4	10	288667	4,248	1,118

4 ΕΚΜΑΘΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ SAP2000

4.1 Γενικά

Το λογισμικό πρόγραμμα SAP2000 χρησιμοποιεί σύγχρονες αναλυτικές μεθόδους από την εισαγωγή του πριν από 30 χρόνια, ακολουθώντας την ίδια παράδοση διαθέτοντας ένα πολύ εξελιγμένο, διαισθητικό και ευέλικτο περιβάλλον εργασίας που βασίζεται σε μηχανισμό ανάλυσης και εργαλεία σχεδιασμού για μηχανικούς που ασχολούνται με τη μεταφορά, τη βιομηχανία, τα δημόσια έργα, τον αθλητισμό και άλλες εγκαταστάσεις.

Η μεγάλη ποικιλία επιλογών ανάλυσης και σχεδίασης σε ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον χρήσης, έχει αποδειχθεί ένα από τα πιο παραγωγικά και πρακτικά διαρθρωτικά προγράμματα γενικής χρήσης στην αγορά σήμερα. Τα ενσωματωμένα χαρακτηριστικά του κώδικα σχεδιασμού μπορούν να παράγουν αυτομάτως αέριο, κύμα και σεισμικά φορτία με ολοκληρωμένους ελέγχους κώδικα, σύμφωνα με τα πρότυπα σχεδιασμού των ΗΠΑ, του Καναδά και του διεθνούς σχεδιασμού.

4.2 Περιγραφή προβλήματος

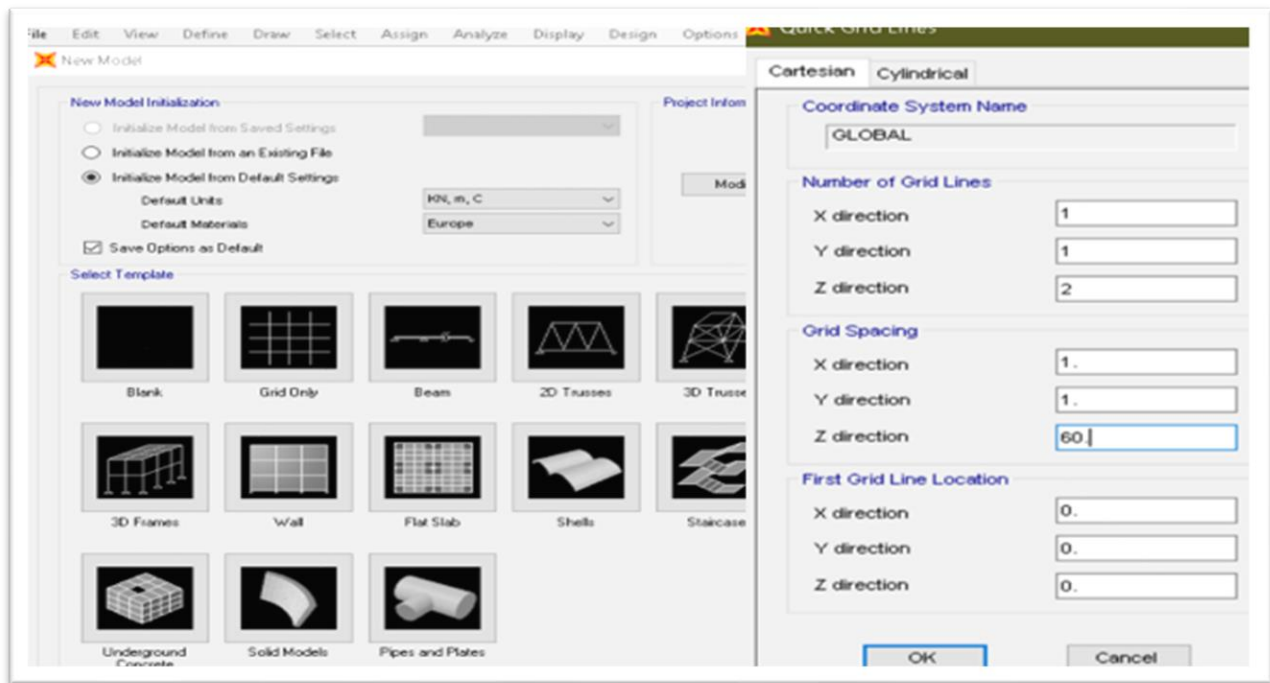
Μέσα στα πλαίσια της εκμάθησης του προγράμματος SAP2000 δόθηκε το παρακάτω παράδειγμα. Αφορά λεπτόγραμμα μέλος κατασκευασμένο από χάλυβα ποιότητας S450 κυκλικής συνεκτικής διαμέτρου $D=0.5\text{m}$, το οποίο θα κατασκευαστεί σε θαλασσια περιοχή σε βάθος $d=60\text{m}$. Με χαρακτηριστικά του κύματος H και T , όπου το ύψος $H=6\text{ m}$ και η περίοδος του κύματος $T=10\text{s}$. Οι συντελεστές οπισθέλκουσας και μάζας είναι $C_D = 1.2$ και $C_M = 1.6$, αντίστοιχα.

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση Morison και την γραμμική θεωρία κυματισμών (Airy και Stokes 1^{ης} τάξης), με την παραδοχή ότι τα μέλη είναι λεπτόγραμμα και κατά συνέπεια τα αποτελέσματα διάθλασης είναι αμελητέα και το πρόβλημα μπορεί να απλοποιηθεί πολύ, στήθηκε μοντέλο στην Excel για σύγκριση των αποτελεσμάτων με το λογισμικό πρόγραμμα. Υπολογίζοντας τις ταχύτητες και επιτάχυνσης των μορίων του νερού στο

σημείο που κτυπά το κύμα την κατασκευή και ακολούθως τις δυνάμεις διάτμησης που ασκούνται στο μέλος.

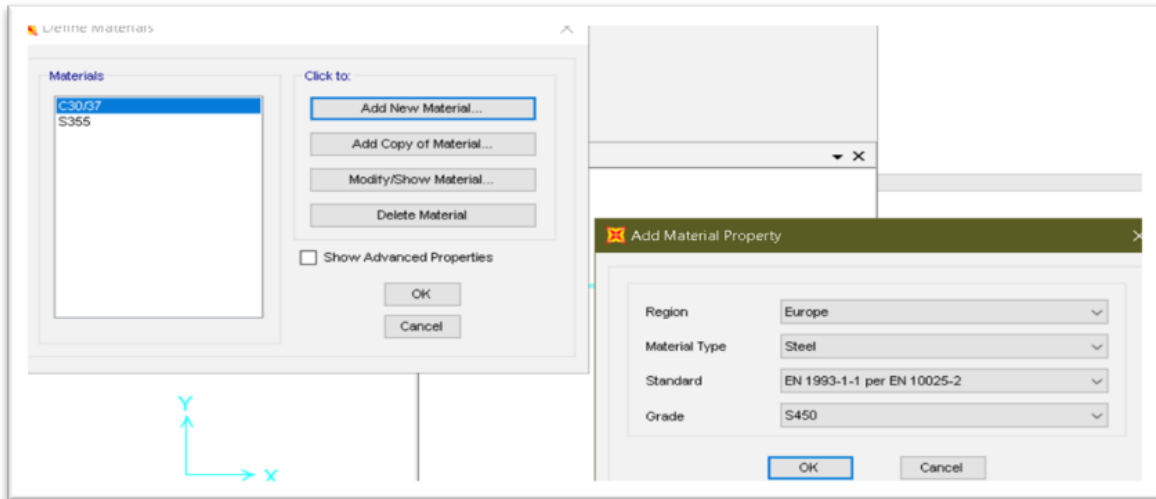
4.3 Μοντελοποίηση

Αρχικά, δημιουργήθηκε ένα νέο μοντέλο με την εντολή (File→ New Model) προσδιορίζοντας τις μονάδες μέτρησης (KN,m,C) και τις προδιαγραφές των υλικών μας (Europe). Επιλέχθηκε η εντολή Grid Only, για τη δημιουργία κάναβου σχεδίασης που αναφέρεται σε καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων (Global). Προσδιορίστηκε αριθμός των βοηθητικών γραμμών σχεδίασης στις 3 διευθύνσεις, η απόσταση μεταξύ τους και η αρχική θέση του κανάβου.



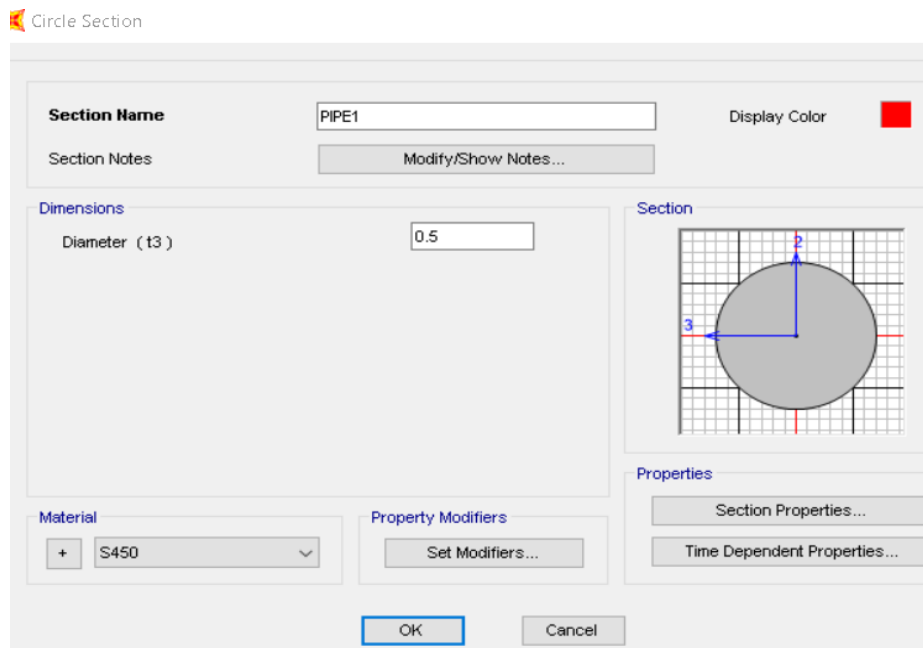
Διάγραμμα 16: Δημιουργία νέου μοντέλου με την χρήση κανάβου

Ακολούθως, με την εντολή (Define→ Materials →Add New Material) προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά του υλικού που θα χρησιμοποιήσουμε, με τα ευρωπαϊκά πρότυπα επιλέχθηκε χάλυβας με ποιότητα S450.



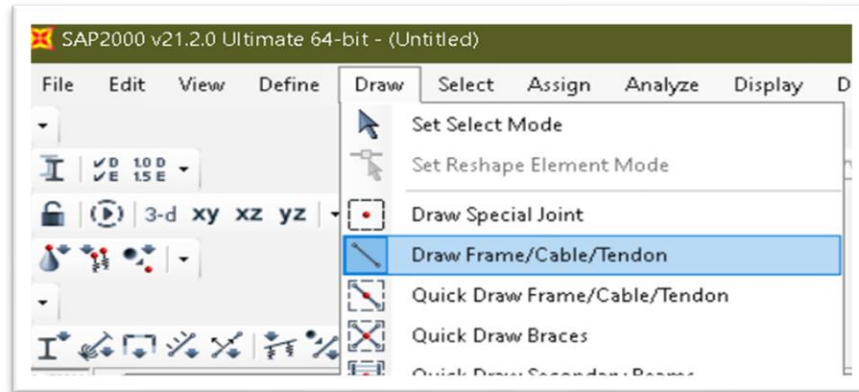
Διάγραμμα 17: Καθορισμός υλικού

Επίσης, με την εντολή (Define → Section Properties → Frame Sections → Add New Property → Circle Section) επιλέχθηκε κυκλικής διατομής υλικό με διάμετρο 0.5 μετρά και ποιότητα χάλυβα S450 η οποία δημιουργήθηκε προηγουμένως.

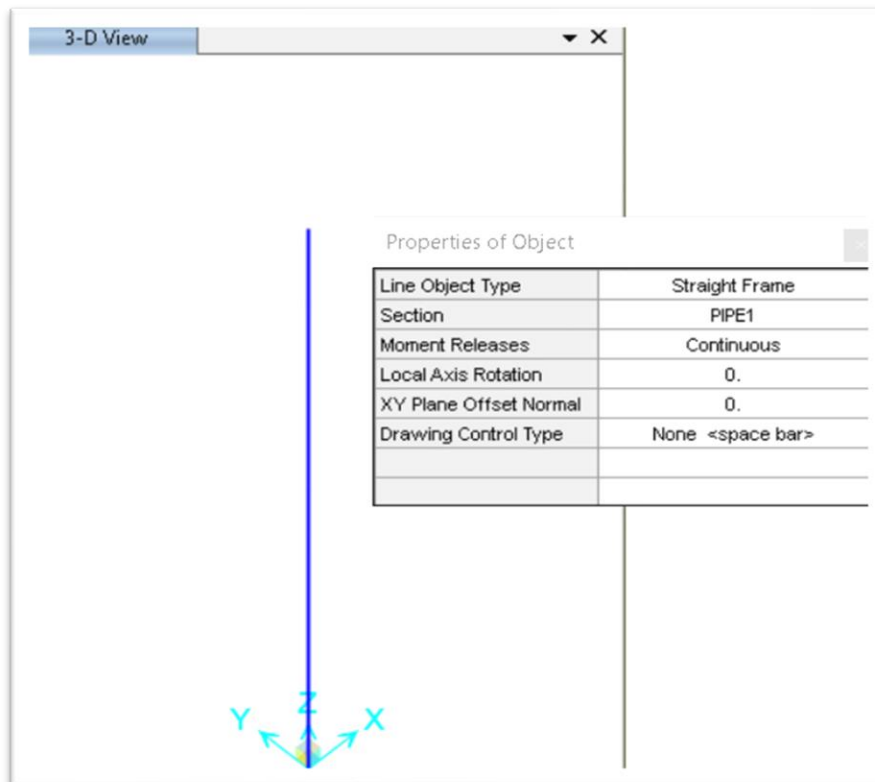


Διάγραμμα 18: Καθορισμός διατομών

Έπειτα, αφού έχει προσδιοριστεί η ποιότητα και το είδος της διατομής, με την εντολή (Draw→Frame/Cable/Tendon) σχεδιάζουμε χειρωνακτικά το μέλος μας πάνω στην οθόνη με οδηγό τα σημεία του κανάβου που έχει δημιουργηθεί.

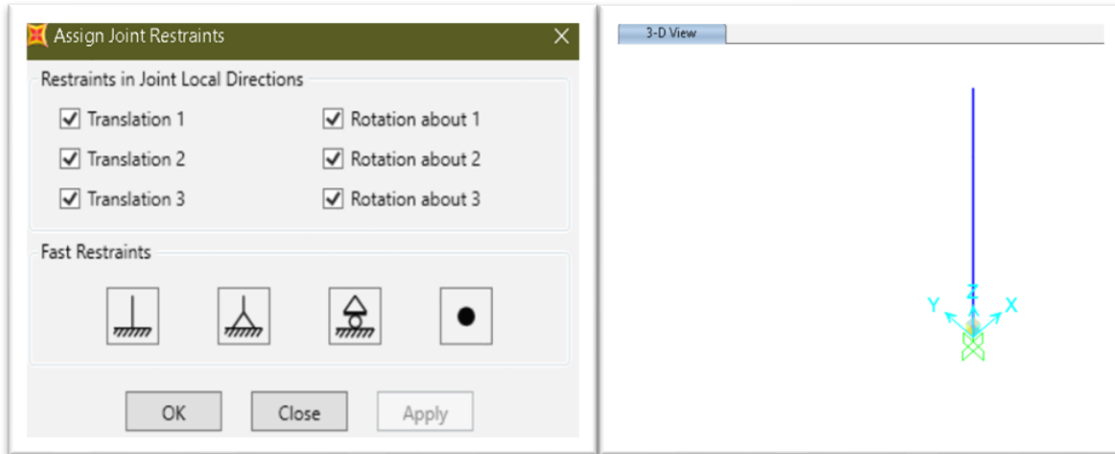


Διάγραμμα 19: Σχεδίαση στοιχείων



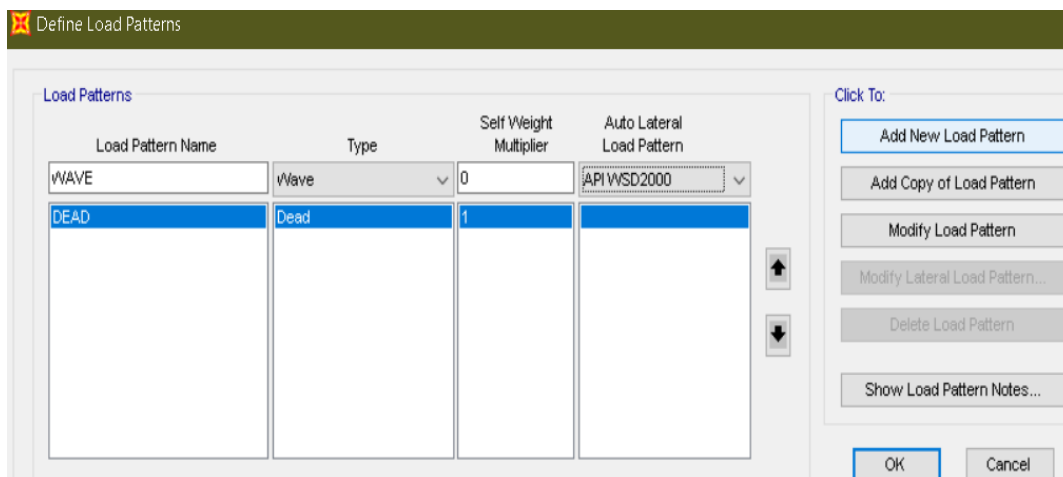
Διάγραμμα 20: Ανάθεση διατομής στα στοιχεία

Με την εντολή (Assign→Joint→Restrains) καθορίζεται το είδος στηρίξεως, αναθέτοντας τις δεσμεύσεις των αντίστοιχων βαθμών ελευθερίας. Επιλέγοντας πάκτωση (Fixed) στο κάτω κόμβο του στοιχείου μας και ελεύθερο άκρο (No Restraint) στο πάνω κόμβο.



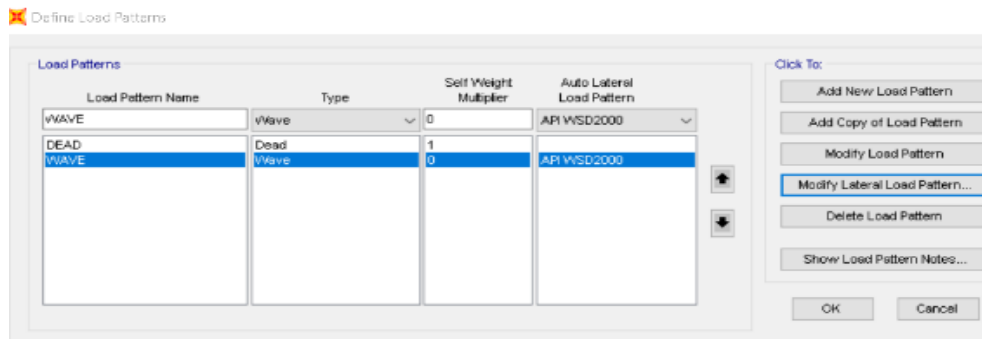
Διάγραμμα 21: Καθορισμός στηρίξεων

Στη συνέχεια, με την εντολή (Define→Load Patterns→Add New Load Pattern) δημιουργήθηκε με όνομα Wave ένα νέο είδος κυματικής φόρτισης χωρίς να υπολογίζεται το ίδιο βάρος της κατασκευής (Self Weight=0).



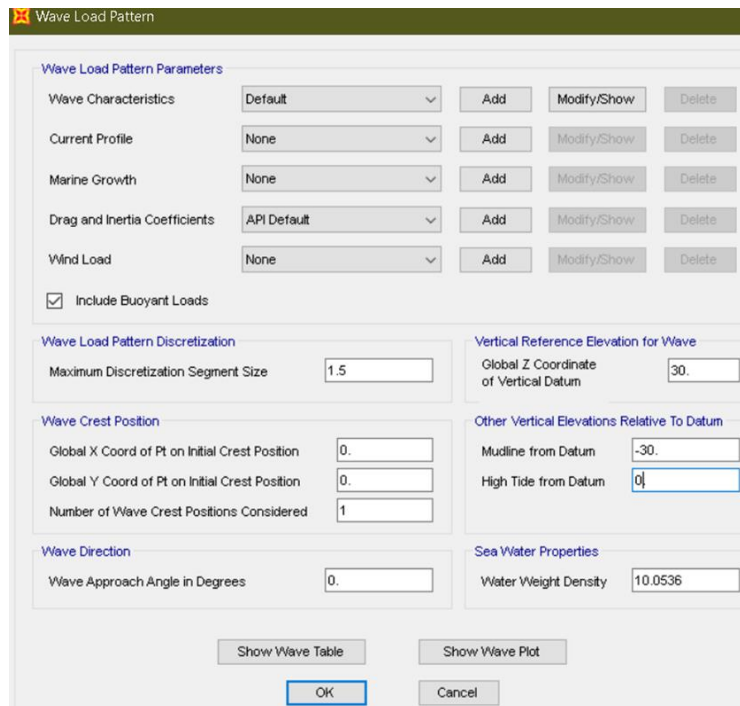
Διάγραμμα 22: Δημιουργία νέας κυματικής φόρτισης

Ακολούθως, αφού δημιουργήθηκε η νέα κυματική φόρτιση επιλέγεται η εντολή (Modify Lateral Load Pattern) για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του κύματος.



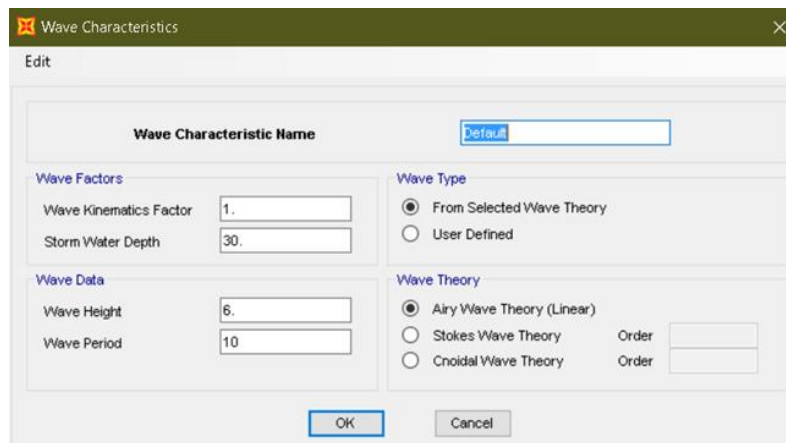
Διάγραμμα 23: Τροποποίηση της κυματικής φόρτισης

Στο Wave Crest Position, προσδιορίζονται οι αρχικές συντεταγμένες από τις οποίες ξεκινά ο κυματισμός, ενώ στο Wave Direction δηλώνεται η γωνιά πρόσκρουσης του κυματισμού. Στο Vertical Reference Elevation τοποθετείται το κάθετο σημείο αναφοράς του κυματισμού σε γενικές z συντεταγμένες (βάθος) και στην συνέχεια προσδιορίζεται το σημείο αναφοράς από την επιφάνεια του κυματισμού μέχρι και τον πυθμένα της θάλασσας (Mudline from Datum).



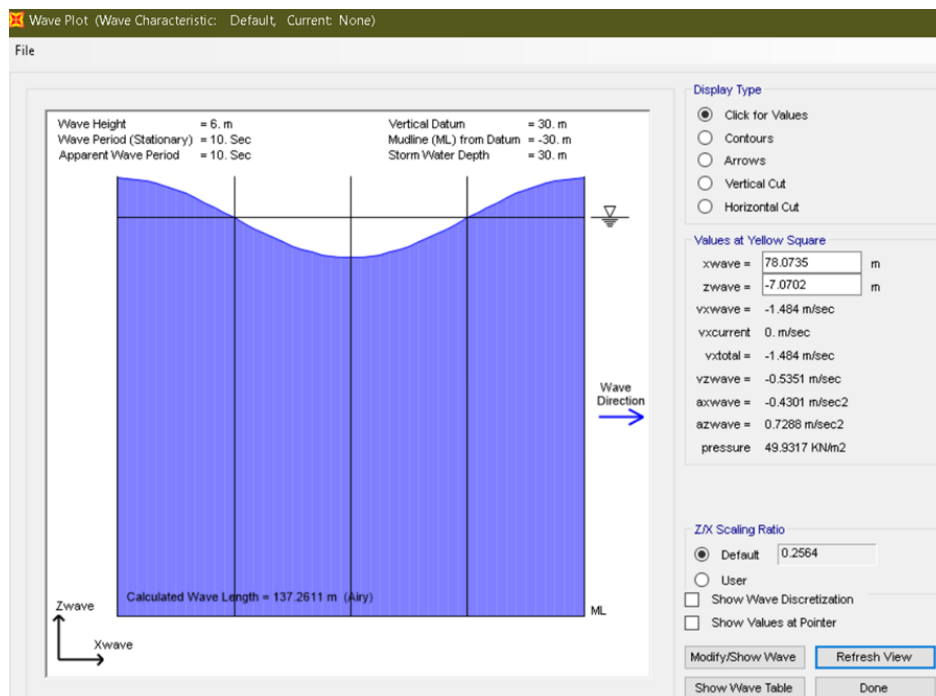
Διάγραμμα 24: Προσδιορισμός βάθους και σημείου έναρξης κυματισμών

Από το ίδιο παράθυρο με την εντολή (Wave Characteristics → Modify/Show) καθορίζονται τα χαρακτηριστικά του κύματος, δηλαδή το βάθος, η περίοδος και το ύψος του κύματος.



Διάγραμμα 25: Καθορισμός χαρακτηριστικών κύματος

Ταυτόχρονα, από την εντολή Show Wave Plot εμφανίζονται διαγράμματα που αφορούν τα χαρακτηριστικά του κύματος.



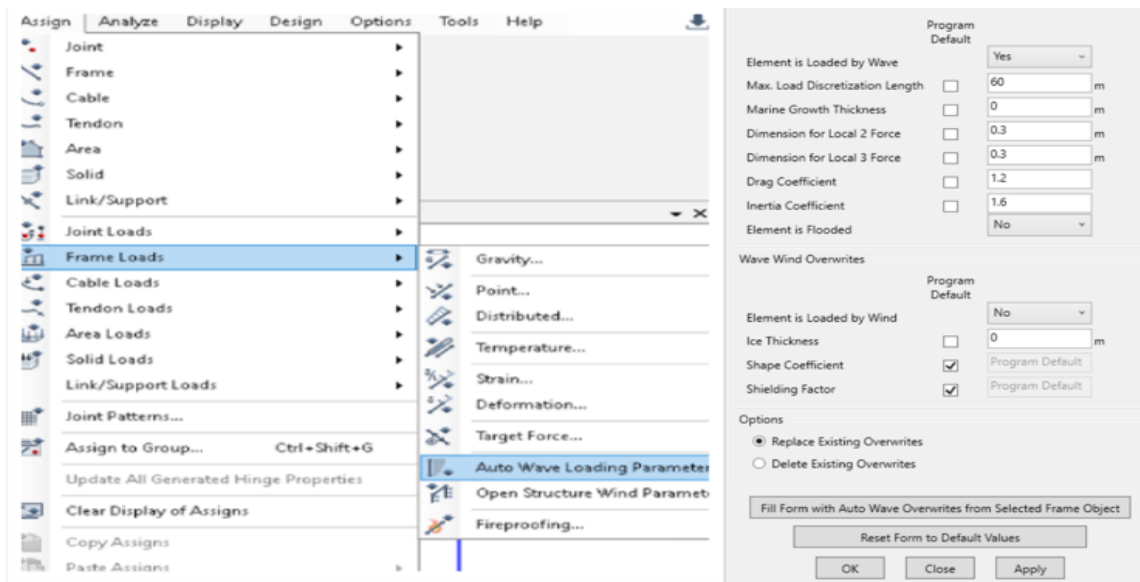
Διάγραμμα 26: Διαγράμματα χαρακτηριστικών κύματος

Επίσης, χρησιμοποιώντας την εντολή Show Wave Table εμφανίζονται οι υπολογισμοί ταχύτητας, επιτάχυνσης των μορίων του νερού και η πίεση για κάθε σημείο.

	Horiz Loc	Vrt from	Horiz Wave	Horiz	Horiz Total	Horiz Wave	Vert Wave	Vert Wave	Pressure
7	0.	0.	2.1434	0.	2.1434	0.	0.	-1.1844	30.
8	0.	-0.5	2.1008	0.	2.1008	0.	0.	-1.1538	34.404
9	0.	-1.	2.0593	0.	2.0593	0.	0.	-1.1239	38.8233
10	0.	-1.5	2.0189	0.	2.0189	0.	0.	-1.0946	43.2578
11	0.	-2.	1.9796	0.	1.9796	0.	0.	-1.0659	47.707
12	0.	-2.5	1.9412	0.	1.9412	0.	0.	-1.0377	52.1708
13	0.	-3.	1.9039	0.	1.9039	0.	0.	-1.01	56.6488
14	0.	-3.5	1.7482	0.	1.7482	0.	0.	-0.8919	76.9689
15	0.	-4.	1.611	0.	1.611	0.	0.	-0.7834	97.5487
16	0.	-4.5	1.4909	0.	1.4909	0.	0.	-0.6831	118.368
17	0.	-5.	1.3867	0.	1.3867	0.	0.	-0.59	139.4088
18	0.	-5.5	1.2971	0.	1.2971	0.	0.	-0.5033	160.6557
19	0.	-6.	1.2214	0.	1.2214	0.	0.	-0.4219	182.0953
20	0.	-6.5	1.1586	0.	1.1586	0.	0.	-0.3449	203.7165
21	0.	-7.	1.1081	0.	1.1081	0.	0.	-0.2716	225.5098
22	0.	-7.5	1.0694	0.	1.0694	0.	0.	-0.2012	247.4678
23	0.	-8.	1.042	0.	1.042	0.	0.	-0.133	269.5847
24	0.	-8.5	1.0257	0.	1.0257	0.	0.	-0.0661	291.8565
25	0.	-9.	1.0203	0.	1.0203	0.	0.	0.	314.2806

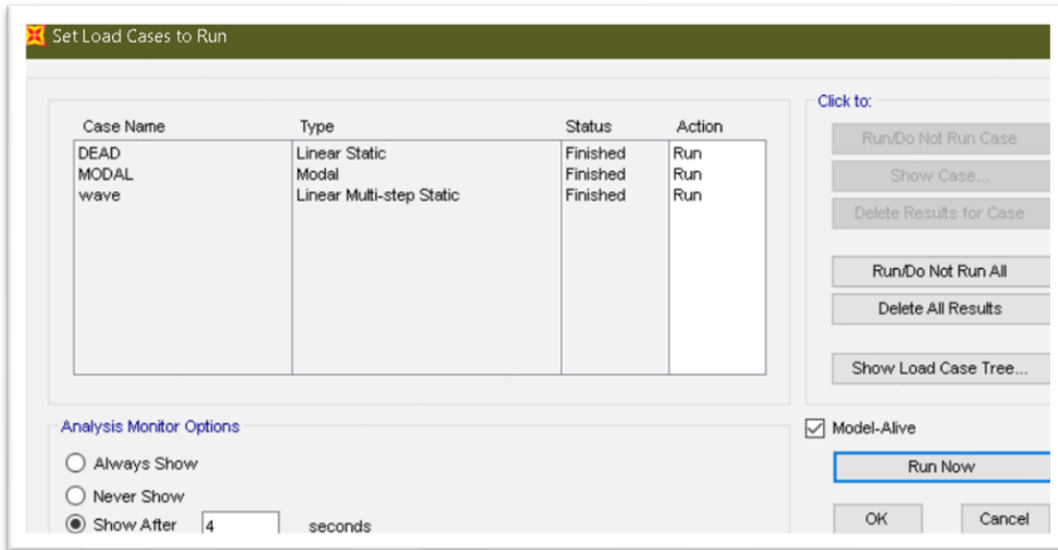
Διάγραμμα 27: Υπολογισμοί ταχύτητας, επιτάχυνσης και πίεσης

Ακολούθως, με την εντολή (Assign→Frame Loads→Auto Wave Loading Parameters) προσδιορίστηκαν οι παραμέτροι κυματικής φόρτισης , όπως φανερώνεται το μέγιστο μήκος φόρτισης ισούται με το μήκος του στοιχείου (60m), οι συντελεστές αδράνειας και σύρσης είναι 1.6 και 1.2, αντίστοιχα και οι αποστάσεις για τις δυνάμεις διάτμησης είναι στα 0.3m.



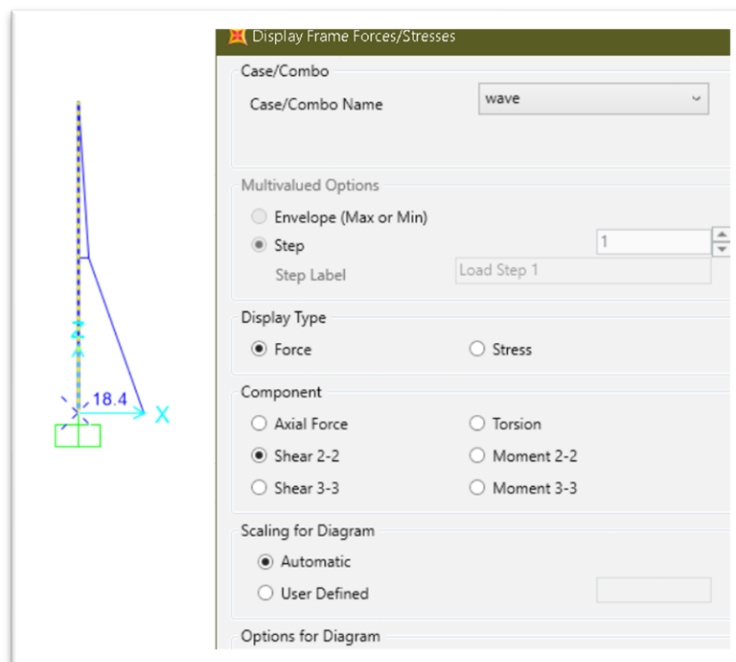
Διάγραμμα 28: Προσδιορισμός παραμέτρων κυματικής φόρτισης

Ακολουθώντας την παραπάνω διαδικασία, μπορούν να ληφθούν αποτελέσματα με την εντολή (Analyze→ Run analysis →Run Now).



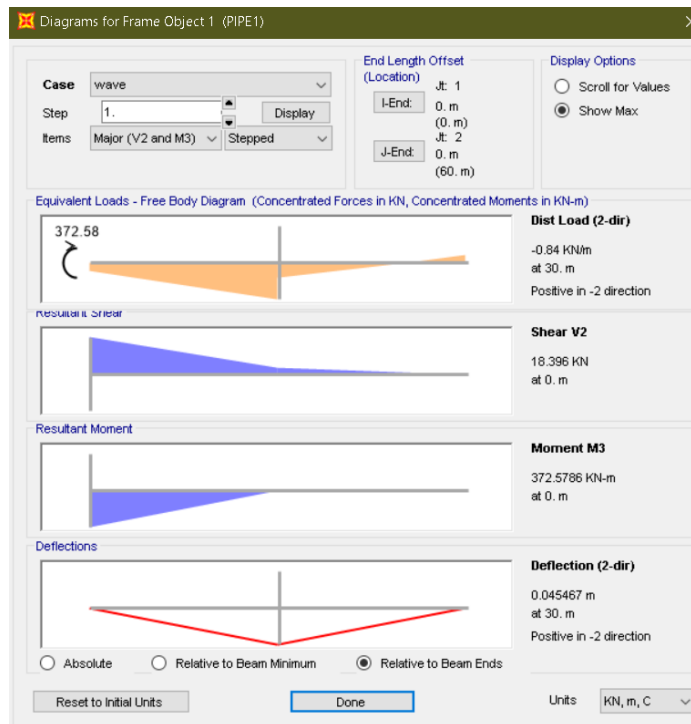
Διάγραμμα 29: Ανάλυση μοντέλου

Στην συνέχεια, με την εντολή (Display Frame Forces/Stresses) εμφανίζονται οι δυνάμεις, ροπές και οι εντάσεις σε όλες τις διευθύνσεις του μοντέλου.



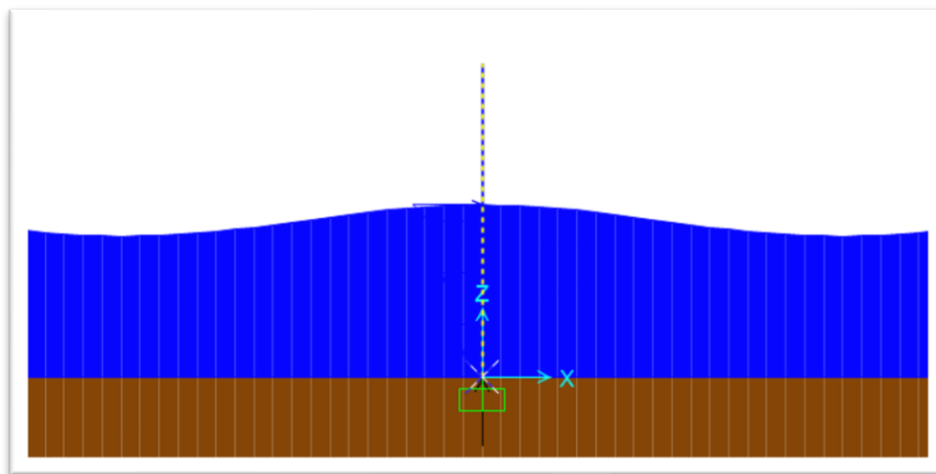
Διάγραμμα 30: Εμφάνιση εντατικών μεγεθών στο μέλος

Επίσης, τα εντατικά μεγέθη εμφανίζονται επιλέγοντας το μέλος και ακολούθως δεξί κλικ.



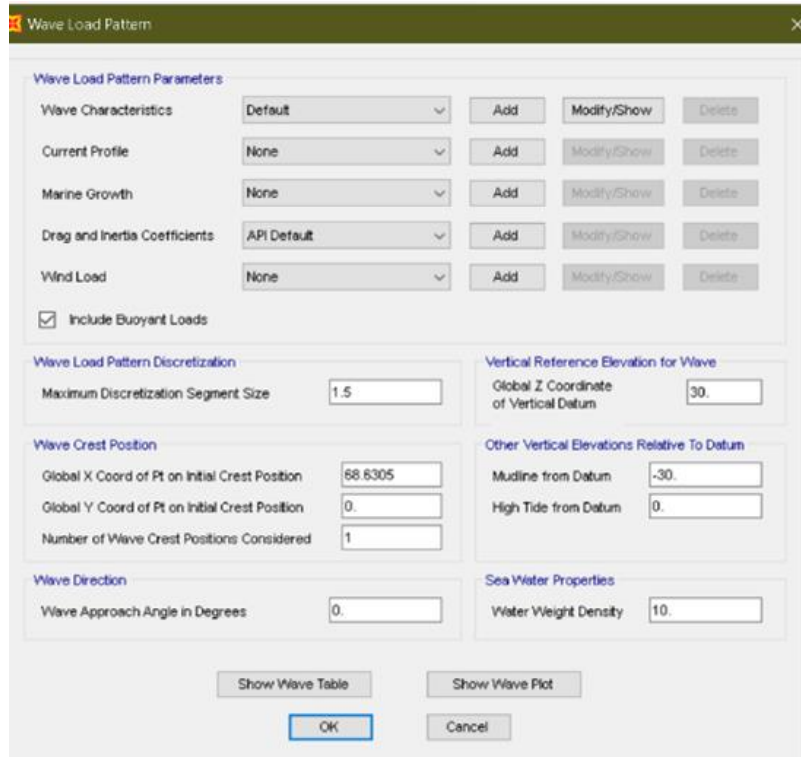
Διάγραμμα 31: Διαγράμματα φορτίσεων στο μέλος

Μια δυσδιάστατη απεικόνιση του μοντέλου, των δυνάμεων, του κύματος το οποίο κτυπά την κατασκευή σε φάση κορυφής καθώς και του πυθμένα, φανερώνεται με την εντολή (Display→Show Frame load) αφού πρώτα επιλεγθεί η εντολή (Display Options →Extrude).

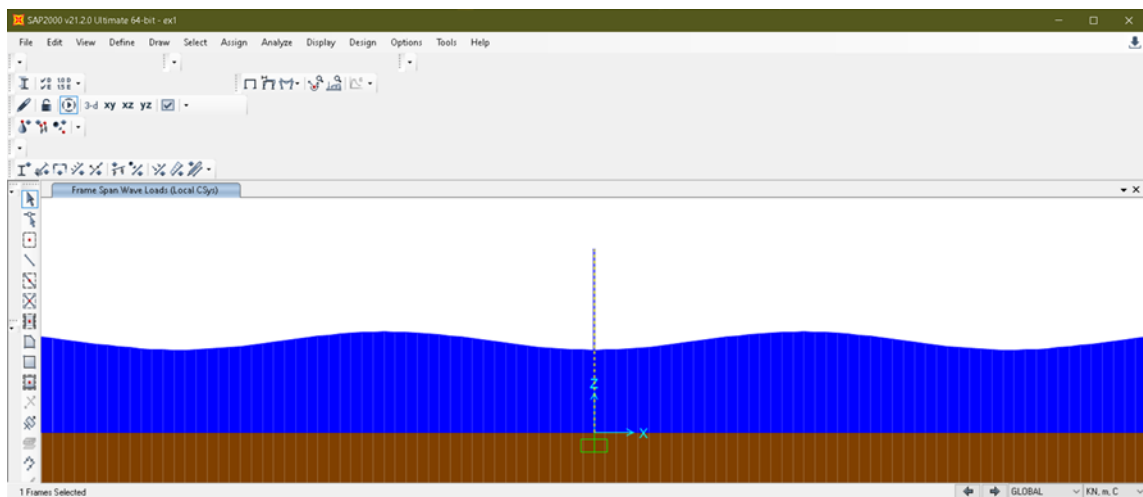


Διάγραμμα 32: Προσομοίωση μοντέλου σε φάση κορυφής ($\theta=0$)

Επιπρόσθετα, προσδιορίζοντας στην οριζόντια διεύθυνση ($x=L/2$) το σημείο πρόσκρουσης του κυματισμού, μέσα από την τροποποίηση των κυματικών φορτίσεων καθορίζεται η θέση του κύματος που κτυπά την κατασκευή σε φάση κοιλίας ($\theta=\pi$).



Διάγραμμα 33: Προσδιορισμός θέσης πρόσκρουσης κυματισμού



Διάγραμμα 34: Προσομοίωση μοντέλου σε φάση κοιλίας ($\theta=\pi$)

4.3.1 Αποτελέσματα

Μέσα στα πλαίσια της εκμάθησης του προγράμματος SAP2000 δόθηκε το παρακάτω παράδειγμα. Αφορά λεπτόγραμμα, ευθύγραμμο μέλος μήκους $L=60\text{m}$ και διάμετρου $D=0.5\text{m}$, το οποίο θα κατασκευαστεί σε θαλάσσια περιοχή σε βάθος νερού $d=30\text{m}$ (όπως φανερώνεται στο διαγ.29). Με χαρακτηριστικά του κύματος H και T , όπου το ύψος $H=6\text{m}$ και η περίοδος του κύματος $T=10\text{s}$. Οι συντελεστές οπισθέλκουσας και μάζας είναι $C_D = 1.2$ και $C_M = 1.6$, αντίστοιχα.

Μέσω της ανάλυσης όπως περιγράφηκε προηγουμένως, εξάγονται διάφορα αποτελέσματα σε μορφή πινάκων. Κάποια από αυτά θα χρησιμοποιηθούν για τη σύγκριση τους με αποτελέσματα από το λογισμικό Excel, καθώς θα εξαχθούν συμπεράσματα. Χρησιμοποιώντας την εξίσωση Morison και τη γραμμική θεωρία κυματισμών (Airy και Stokes 1^{ης} τάξης), με την παραδοχή ότι τα μέλη είναι λεπτόγραμμα και κατά συνέπεια τα αποτελέσματα διάθλασης είναι αμελητέα και το πρόβλημα μπορεί να απλοποιηθεί πολύ.

Από τη γραμμική ανάλυση που έχει γίνει, προκύπτει ο πιο κάτω πίνακας από τον οποίο φανερώνεται η συνολική δύναμη και η ροπή στη βάση της κατασκευής, λόγω της επιβολής της κυματικής φορτίσης.

Πίνακας 7: Αποτελέσματα γραμμικής ανάλυσης.

Station	OutputCase	CaseType	StepType	V2	M3
m				KN	KNm
0	wave	LinMSStat	Max	18.396	372.5786
30	wave	LinMSStat	Max	2.882	4.4984
60	wave	LinMSStat	Max	6.66E-15	-2.56E-13

Από τον παραπάνω πίνακα φανερώνεται η μέγιστη δύναμη διάτμησης η οποία ισούται με 18.396 KN και κατόπιν θα συγκριθεί με τα αποτελέσματα του λογισμικού Excel.

Ο παρακάτω πίνακας φανερώνει τις οριζόντιες ταχύτητες και τις επιταχύνσεις των μορίων του νερού, στα σημεία πρόσκρουσης του κύματος με την κατασκευή (x=0, z=0-30). Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, ο κυματισμός κτυπά την κατασκευή με φάση κορυφής (θ=0) και έτσι, έχουμε μέγιστες ταχύτητες αλλά μηδενικές επιταχύνσεις, καθώς μεταξύ τους απέχουν με διαφορά φάσης 90°.

Πίνακας 8: Αποτελέσματα οριζόντιας ταχύτητας και επιτάχυνσης από το λογισμικό.

LoadPat	HLoc	VFromDatum	HWaveVel	HWaveAcc
	m	m	m/sec	m/sec ²
wave	0	0	2.1434	0
wave	0	-0.5	2.1008	0
wave	0	-1	2.0593	0
wave	0	-1.5	2.0189	0
wave	0	-2	1.9796	0
wave	0	-2.5	1.9412	0
wave	0	-3	1.9039	0
wave	0	-5.25	1.7482	0
wave	0	-7.5	1.611	0
wave	0	-9.75	1.4909	0
wave	0	-12	1.3867	0
wave	0	-14.25	1.2971	0
wave	0	-16.5	1.2214	0
wave	0	-18.75	1.1586	0
wave	0	-21	1.1081	0
wave	0	-23.25	1.0694	0
wave	0	-25.5	1.042	0
wave	0	-27.75	1.0257	0
wave	0	-30	1.0203	0

4.3.2 Λύση προβλήματος στο λογισμικό Excel

Αρχικά, υπολογίστηκε το μήκος κύματος L χρησιμοποιώντας την εξίσωση :

$$L = \frac{g \cdot T^2}{2\pi} = \frac{9.81 \cdot 10^2}{2\pi} = 156.130 \text{ m}$$

Στην συνέχεια, υπολογιστικέ το μήκος κύματος με την εξίσωση διασποράς κάνοντας τις απαραίτητες επαναλήψεις :

$$L = \frac{g \cdot T^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi}{L} * d\right) = \frac{9.81 \cdot 10^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi}{L} * 30\right) = 137.294\text{m}$$

Και ακολούθως υπολογίστηκε η σταθερά κύματος K :

$$K = \frac{2\pi}{L} = \frac{2\pi}{137.294} = 0.04576 \frac{\text{rad}}{\text{m}}$$

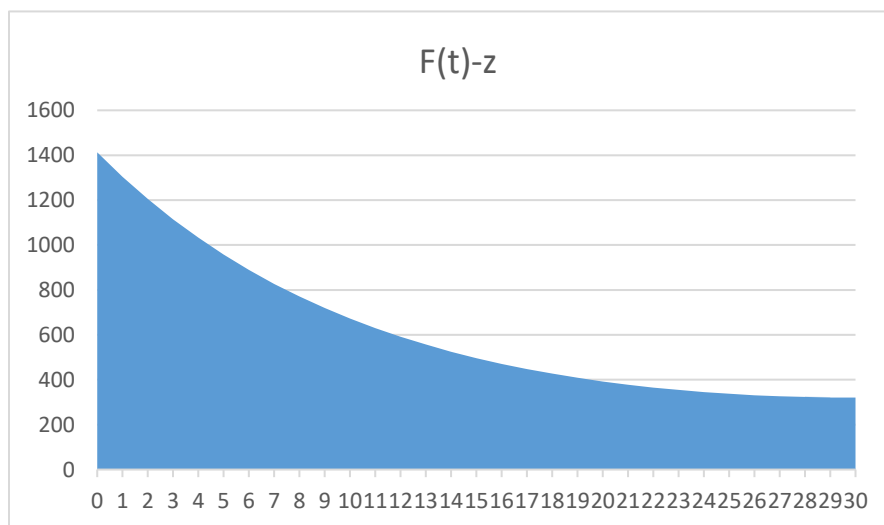
Χρησιμοποιώντας την (εξ.5) ταχύτητες το μορίων του νερού και (εξ.6) επιτάχυνση των μορίων του νερού καταλήγουμε στην (εξ.1) η οποία υπολογίζει την συνολική δύναμη όπως έχει αναφερθεί πιο πάνω για την εξίσωση Morison. Η κατανομή της μέγιστης δύναμης αδράνειας και της μέγιστης δύναμης σύρσης στον πάσσαλο (με βήμα 1 m και με μέγιστο βάθος υπολογισμού τα 30 m) φανερώνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 9: Αποτελέσματα οριζόντιας ταχύτητας και συνολικής δύναμης.

z	u	u'	FD	Fi	F(t)	Εμβαδόν καμπύλης
0	2.144	0	1412.918	0	1412.918	1358.603546
1	2.060	0	1304.29	0	1304.29	1254.771248
2	1.980	0	1205.253	0	1205.253	1160.115253
3	1.904	0	1114.978	0	1114.978	1073.842034
4	1.833	0	1032.707	0	1032.707	995.2283372
5	1.765	0	957.7502	0	957.7502	923.6151219
6	1.701	0	889.4801	0	889.4801	858.4020338
7	1.640	0	827.324	0	827.324	799.042373
8	1.583	0	770.7608	0	770.7608	745.0385104
9	1.529	0	719.3163	0	719.3163	695.9377163
10	1.479	0	672.5592	0	672.5592	651.3283645
11	1.431	0	630.0976	0	630.0976	610.8364821
12	1.387	0	591.5754	0	591.5754	574.1226141
13	1.345	0	556.6698	0	556.6698	540.8789776
14	1.307	0	525.0881	0	525.0881	510.8268817
15	1.271	0	496.5656	0	496.5656	483.7143911

z	u	u'	FD	Fi	F(t)	Εμβαδόν καμπύλης
16	1.237	0	470.8632	0	470.8632	459.3142139
17	1.207	0	447.7653	0	447.7653	437.4217966
18	1.179	0	427.0783	0	427.0783	417.8536088
19	1.153	0	408.6289	0	408.6289	400.4456046
20	1.129	0	392.2623	0	392.2623	385.0518478
21	1.108	0	377.8414	0	377.8414	371.5432883
22	1.090	0	365.2452	0	365.2452	359.8066797
23	1.074	0	354.3682	0	354.3682	349.7436308
24	1.059	0	345.1191	0	345.1191	341.2697802
25	1.048	0	337.4205	0	337.4205	334.3140892
26	1.038	0	331.2077	0	331.2077	328.8182461
27	1.030	0	326.4288	0	326.4288	324.7361778
28	1.025	0	323.0436	0	323.0436	322.0336632
29	1.022	0	321.0237	0	321.0237	320.6880462
30	1.021	0	320.3523	0	320.3523	
Σύνολο						18.4KN

Ακολούθως, χρησιμοποιώντας το παρακάτω διάγραμμα και έχοντας υπολογίσει το εμβαδό της καμπύλης όπως φανερώνεται στον πιο πάνω πίνακα, αφού η εξίσωση Morison υπολογίζει τη δύναμη που ασκείται στο μέλος ανάλογα με το βάθος και όχι τη συνολική δύναμη, έτσι η συνολική δύναμη στην κατασκευή υπολογίζεται αθροίζοντας το εμβαδόν που προκύπτει από τον μέσο όρο των δύο δυνάμεων σε συγκεκριμένα βάθη διαστήματος 1m.



Διάγραμμα 35: Κατανομή συνολικών δυνάμεων ανάλογα με το βάθος

Από τις δύο λύσεις φανερώνεται πως οι ταχύτητες, οι επιταχύνσεις των μορίων του νερού καθ' ύψος αλλά και η συνολική δύναμη στη βάση της κατασκευής που ισούται 18.4KN είναι ίδια και στο πρόγραμμα ανάλυσης καθώς και στις λύσεις που προέκυψαν μέσω του λογισμικού προγράμματος Excel με ελάχιστη διαφορά που οφείλεται στην ακρίβεια του προγράμματος.

5 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΠΡΟΒΛΗΤΑΣ

5.1 Γενικά

Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι η μοντελοποίηση και η ανάλυση μιας διπλής και τετραπλής συστοιχίας πασσάλων, που ενώνονται στην στέψη τους με κεφαλόδεσμους. Χρησιμοποιώντας τις μεθοδολογίες Airy και Stokes 1^{ου} βαθμού για απλούς κυματισμούς και της εξίσωσης Morison όπως έχουν περιγραφεί στα πιο πάνω κεφάλαια. Για την εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ανάλυσης SAP2000 το οποίο έχει υψηλές δυνατότητες ανάλυσης και διαστασιολόγησης.

Το Λιμάνι Βασιλικού βρίσκεται στη νοτιά ακτή του νησιού ,πλησίον του χωριού Μαρί. Διοικητικά οριοθετείτε εντός των συνόρων της επαρχίας Λάρνακας. Συγκεκριμένα, σε απόσταση 1,5 km από τον ηλεκτροπαραγωγικό σταθμό του Βασιλικού.

Η κατασκευή λιμανιού στο Βασιλικό γίνεται για την εγκατάσταση δικτύου φυσικού αερίου, που αυτό θα συμβάλλει στο να εξασφαλιστούν με περιβαλλοντικά αποδεκτό τρόπο τα κοινωνικά δίκτυα και οι ενεργειακές υποδομές αφού το φυσικό αέριο αποτελεί καύσιμο με πολύ μικρότερες εκπομπές των ρύπων στην ατμόσφαιρα. Απώτερος στόχος είναι να περιοριστεί σε μεγάλο βαθμό η ανάγκη για την χρήση πετρελαίου, χρησιμοποιώντας άμεσα αξιόπιστες λύσεις μορφών ενέργειας περαιτέρω φιλικές προς το περιβάλλον καθώς επίσης και για εξυπηρέτηση των αναγκών εμπορίου.

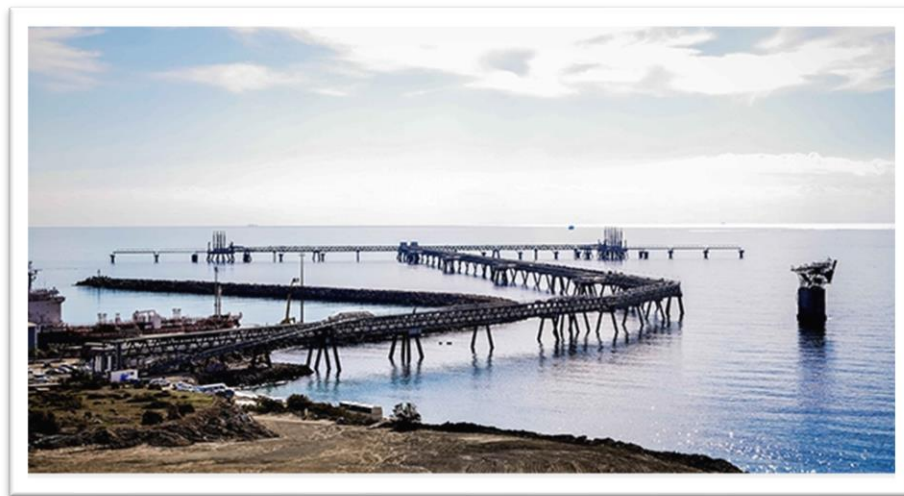
Ο τερματικός σταθμός του Βασιλικού VTTV, σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε από τη εταιρεία VTTI το Νοέμβριο του 2014, για επαγγελματικούς σκοπούς. Η θέση του, καθιστά το πρώτο τερματικό του είδους του στην Ανατολική Μεσόγειο, συνδέοντας την Ευρώπη με τη Μαύρη Θάλασσα με αγορές στη Μέση Ανατολή και την Ασία.

Η κατασκευή αυτή περιλαμβάνει 34 δεξαμενές αποθήκευσης πετρελαίου και ελαιόλαδου και χωρητικότητα 630 000 m² και προσφέρει πρόσβαση σε θαλάσσια προβλήτα βαθιών υδάτων που εκτείνεται σε απόσταση 1,5 χιλιομέτρων από τη θάλασσα καθώς και σε εγκαταστάσεις φόρτωσης οδικών δεξαμενόπλοιων. Επιπλέον, περιλαμβάνει ένα

διαχωρισμένο σύστημα Jet A-1 αποκλειστικής αποθήκευσης αιθανόλης και δυνατότητες ανάμειξης. Η υφιστάμενη κατασκευή αποτελείται από τυποποιημένη σχεδίαση συγκεκριμένων στοιχείων στηριζόμενη σε κάποιες δέσμες από πασσάλους, διπλούς, τετραπλούς και περισσότερους με κεφαλόδεσμους στο επάνω μέρος τους. Συνολικά στηρίζεται σε 32 διπλούς πασσαλόδεσμους, 8 τετραπλούς και 8 μεγαλύτερες πλατφόρμες με περισσότερους πασσάλους. Στην προβλήτα, γύρω από τους διαδρόμους υπάρχουν προστατευτικά μεταλλικά δικτυώματα, για να μπορούν να είναι βατοί από οχήματα και πεζούς.



Διάγραμμα 36: Πραγματική κατάσταση μοντέλου με δυο πασσάλους και κεφαλόδεσμο



Διάγραμμα 37: Θαλασσιά προβλήτα στην περιοχή Βασιλικού, Λεμεσός

5.2 Δεδομένα σχεδιασμού

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα σχεδιασμού από την υφιστάμενη κατασκευή του Βασιλικού. Τα δεδομένα αυτά αφορούν, τις διατομές των πασσάλων και των κεφαλόδεσμων, καθώς και γεωμετρικά χαρακτηριστικά για την προσομοίωση της κατασκευής στον χώρο, έτσι ώστε να γίνει η μοντελοποίηση με λογική πραγματικότητα και να εξαχθούν σωστά συμπεράσματα.

Σκοπός της προσομοίωσης αυτής είναι η μελέτη και η κατανόηση της γενικότερης συμπεριφοράς της μεταλλικής προβλήτας, έτσι ώστε όπως έχει αναφερθεί θα μοντελοποιηθούν δυο αντιπροσωπευτικά τμήματα της κατασκευής.

Πιο αναλυτικά, ο διπλός πασσαλόδεσμος αποτελείται από δυο κεκλιμένους πασσάλους χαλύβδινης κυκλικής διατομής μήκους περίπου στα 30m με εξωτερική διάμετρο $D=1,067\text{m}$ και εσωτερικό πάχος $d=27\text{mm}$ με όριο διαρροής 450MPa. Ο κεφαλόδεσμος αποτελείται από σκυρόδεμα αντοχής C12/15 με διατομή μήκους 6.4m, πλάτους 2.5m και ύψους 1.6m, στηριζόμενος πάνω στους μεταλλικούς πασσάλους. Η κατασκευή έχει συνολικό ύψος 29m, από τα οποία 20m είναι τοποθετημένα κάτω από τη μέση στάθμη της θάλασσας.

Με παρόμοιο τρόπο, έγινε και η μοντελοποίηση των τετραπλών πασσάλων με κεφαλόδεσμο. Ο τετραπλός πασσαλόδεσμος αποτελείται από τέσσερις κεκλιμένους πασσάλους, κλίσης και στις δυο διευθύνσεις. Οι διατομές των πασσάλων σε αυτή τη περίπτωση είναι διαμέτρου 1,219m με εσωτερικό πάχος $d=27\text{mm}$ με όριο διαρροής 450MPa. Ο κεφαλόδεσμος αποτελείται από σκυρόδεμα αντοχής C30/35 με διατομή μήκους 6.4m, πλάτους 6.4 m και ύψους 1.6m, στηριζόμενος πάνω στους μεταλλικούς πασσάλους. Η κατασκευή έχει συνολικό ύψος 27m, από τα οποία 18m είναι τοποθετημένα κάτω από τη μέση στάθμη της θάλασσας.

5.3 Μεθοδολογία μοντελοποίησης

5.3.1 Δυο πάσσαλοι με κεφαλόδεσμο.

Ως μεθοδολογία για τη μοντελοποίηση του διπλού πασσαλόδεσμου, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα σχεδιασμού όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, με τυχαία χαρακτηριστικά ύψους κύματος $H=6\text{m}$ και περιόδου $T=9\text{s}$. Για έλεγχο και σύγκριση αποτελεσμάτων καθορίστηκαν δυο διαφορετικά σημεία πρόσκρουσης του κύματος στην κατασκευή. Το πρώτο σημείο πρόσκρουσης τέθηκε στον πάσσαλο 1 στον οποίο το κύμα κτύπα με φάση κορυφής έτσι ώστε να έχουμε τις μέγιστες δυνάμεις. Ακολούθως, το δεύτερο σημείο πρόσκρουσης καθορίστηκε και πάλι στον πάσσαλο 1 αλλά αυτή την φορά με φάση κοιλάδας για την ελαχιστοποίηση των δυνάμεων που ασκούνται.

Αρχικά, δημιουργήθηκε κανάβος με τις συντεταγμένες του κάθε σημείου της κατασκευής, έτσι ώστε να γίνει εφικτή η δημιουργία των στοιχείων. Τα ακραία σημεία του κανάβου στην x διεύθυνση είναι από -9.2039 μέχρι 9.2039 τα οποία είναι η θέση στους δυο κάτω κόμβους στήριξης με $z=0$, φθάνοντας μέχρι -2 και 2 στο $z=29$, αντίστοιχα.

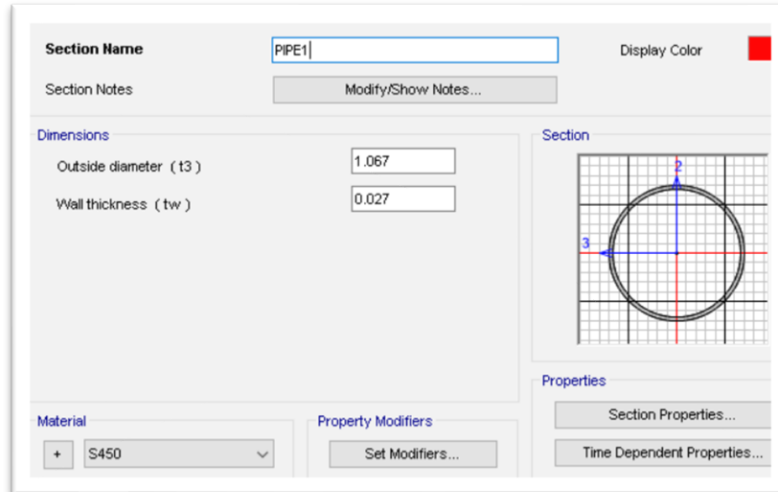
X Grid Data					
Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
B	-9.2039	Primary	Yes	End	
C	-6.75	Primary	Yes	End	
D	-4.13	Primary	Yes	End	
E	-3.4	Primary	Yes	End	
F	-2	Primary	Yes	End	
G	0	Primary	Yes	End	

Y Grid Data					
Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
1	0	Primary	Yes	Start	

Z Grid Data					
Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
Z1	0	Primary	Yes	End	
Z3	10	Primary	Yes	End	
Z4	20.5	Primary	Yes	End	
Z5	29	Primary	Yes	End	

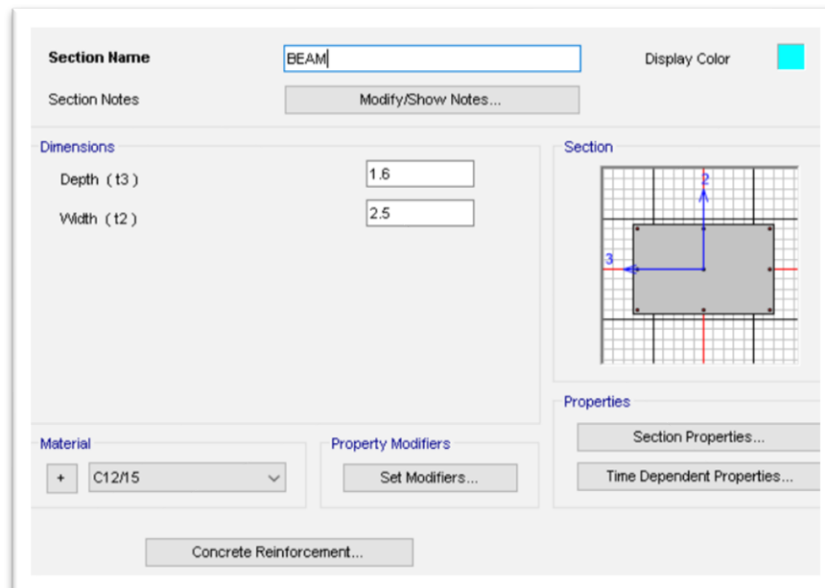
Διάγραμμα 38: Δημιουργία κανάβου συντεταγμένων

Στη συνέχεια, καθορίστηκαν τα χαρακτηριστικά της διατομής των πασσάλων, επιλέγοντας μη συμπαγή κυκλική διατομή με όριο διαρροής 450Μρα, εξωτερική διάμετρο 1,067m και πάχος 27mm.



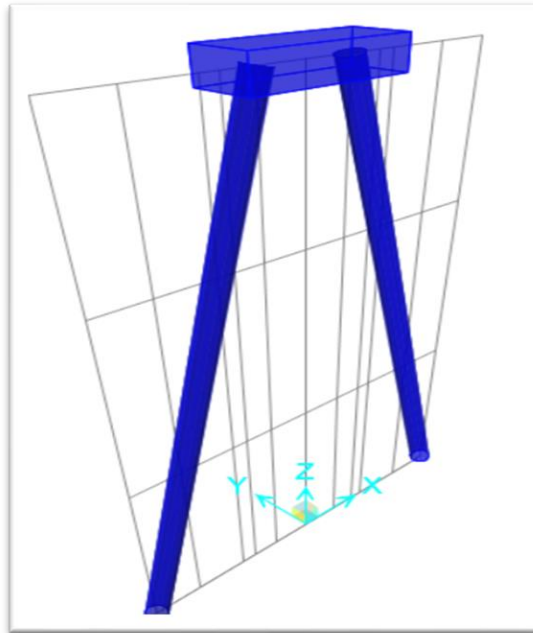
Διάγραμμα 39: Καθορισμός διατομής πασσάλων

επίσης, καθορίστηκε η διατομή του κεφαλόδεσμου επιλέγοντας σκυρόδεμα ορθογώνιας συμπαγής διατομής αντοχής C12/15 πλάτους 2.5m και ύψους 1.6m.



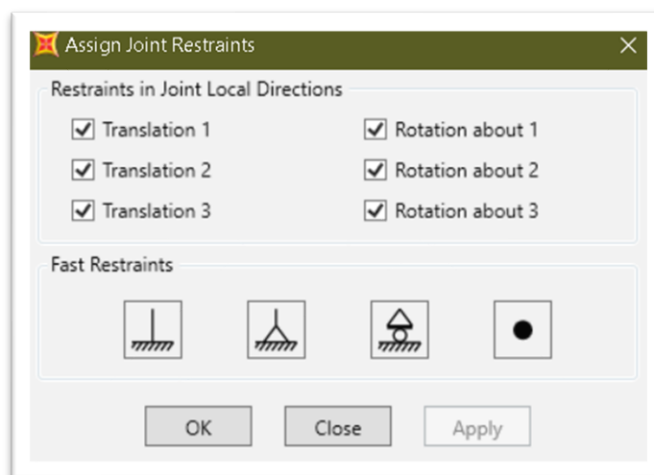
Διάγραμμα 40: Καθορισμός διατομής κεφαλόδεσμου

Καθορίζοντας και σχεδιάζοντας τα στοιχεία προκύπτει η παρακάτω εικόνα τρισδιάστατης όψης των δύο πασσάλων και του κεφαλόδεσμου στο χώρο.



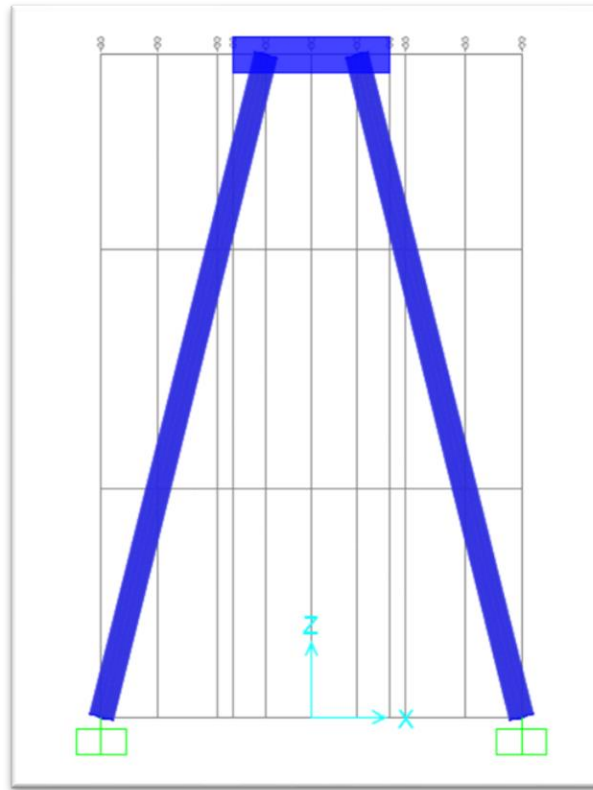
Διάγραμμα 41: Τρισδιάστατο μοντέλο

Ακολούθως, καθοριστήκαν οι περιορισμοί στις κινήσεις στους κόμβους στηρίξεως, ως περιορισμός σε όλες τις διευθύνσεις (πάκτωσης) των δυο κάτω κόμβων των πασσάλων και ως ελευθέρια άκρα οι δυο πάνω κομβί ένωσης των πασσάλων με τον κεφαλόδεσμο.



Διάγραμμα 42: Προσδιορισμός στηρίξεων

Η σχηματική απεικόνιση των στηρίξεων φανερώνεται στην πιο κάτω εικόνα.



Διάγραμμα 43: Σχηματική απεικόνιση στηρίξεων στο επίπεδο

Έπειτα, καθορίστηκε η θέση πρόσκρουσης του κυματισμού ως $(-3.491,0)$ έτσι ώστε να έχουμε τη μέγιστη δύναμη αφού το κύμα θα κτυπά την κατασκευή του σε φάση κορυφής ($\theta=0$), με γωνιά μετάδοσης κυματισμού 0° . Ακολούθως, καθορίστηκε η θέση της μέσης στάθμης της θάλασσας στα 20m και η θέση του πυθμένα στα -20m βάθους. Οι συντελεστές αδράνειας και σύρσης καθορίστηκαν στο 1.6 και 1.2, αντίστοιχα. Αγνοώντας το πάχος οργανικών ουσιών που δημιουργείται γύρω από τις κατασκευές που εδρεύουν μέσα στο βυθό.

Wave Characteristics

Edit

Wave Characteristic Name 1

Wave Factors

Wave Kinematics Factor 1.

Storm Water Depth 20.

Wave Data

Wave Height 6.

Wave Period 9

Wave Type

From Selected Wave Theory

User Defined

Wave Theory

Airy Wave Theory (Linear)

Stokes Wave Theory Order

Cnoidal Wave Theory Order

OK Cancel

Διάγραμμα 44: Καθορισμός χαρακτηριστικών κύματος

Wave Load Pattern

Wave Load Pattern Parameters

Wave Characteristics 1 Add Modify/Show Delete

Current Profile None Add Modify/Show Delete

Marine Growth None Add Modify/Show Delete

Drag and Inertia Coefficients API Default Add Modify/Show Delete

Wind Load None Add Modify/Show Delete

Include Buoyant Loads

Wave Load Pattern Discretization

Maximum Discretization Segment Size 2.

Vertical Reference Elevation for Wave

Global Z Coordinate of Vertical Datum 20.

Wave Crest Position

Global X Coord of Pt on Initial Crest Position -3.491

Global Y Coord of Pt on Initial Crest Position 0.

Number of Wave Crest Positions Considered 1

Other Vertical Elevations Relative To Datum

Mudline from Datum -20.

High Tide from Datum 0.

Wave Direction

Wave Approach Angle in Degrees 0.

Sea Water Properties

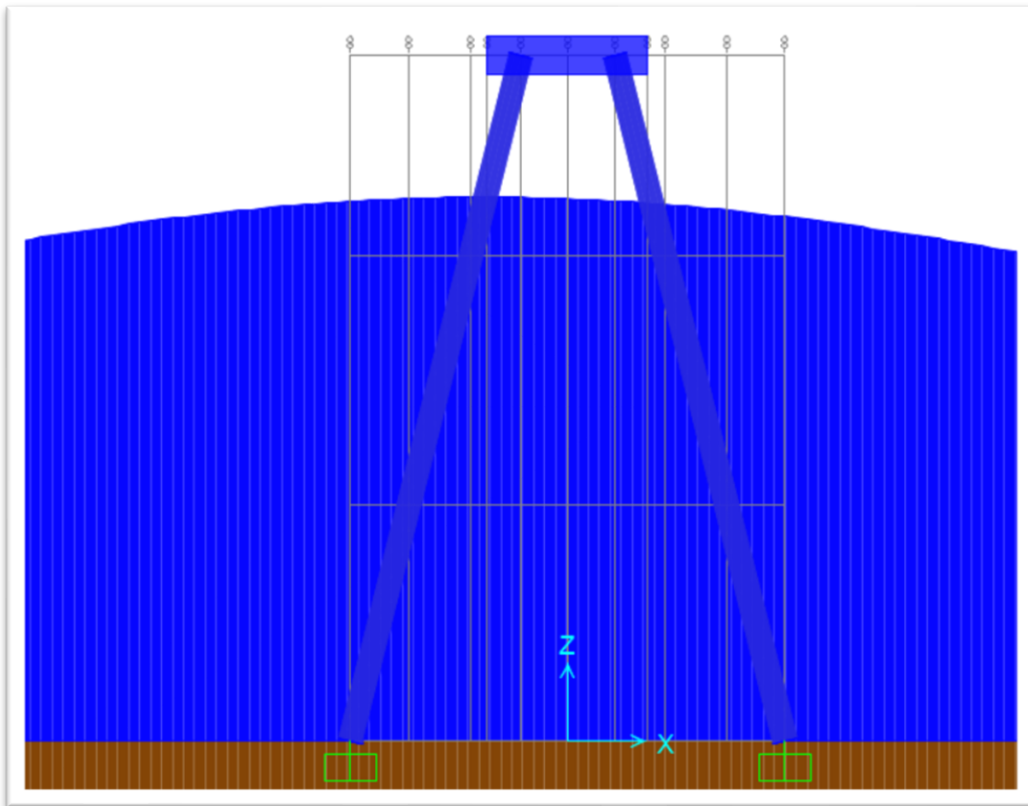
Water Weight Density 10.0536

Show Wave Table Show Wave Plot

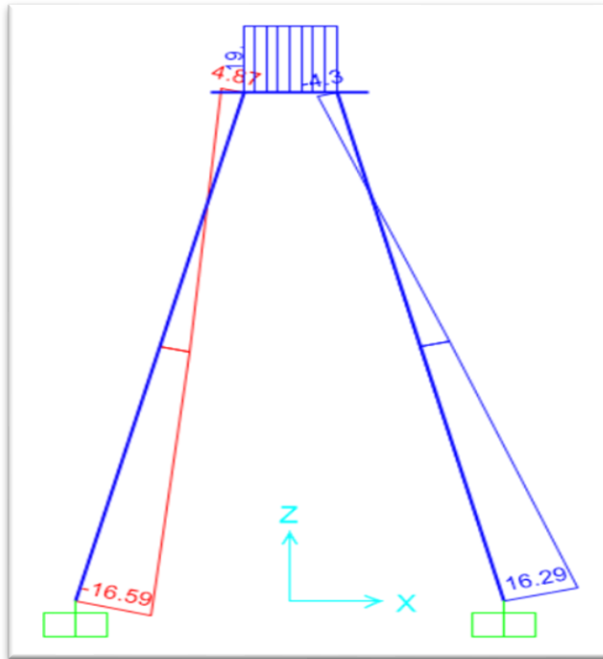
OK Cancel

Διάγραμμα 45: Καθορισμός στάθμης θάλασσας και θέσης πρόσκρουσης κυματισμού, φάση κορυφής στον πάσσαλο 1

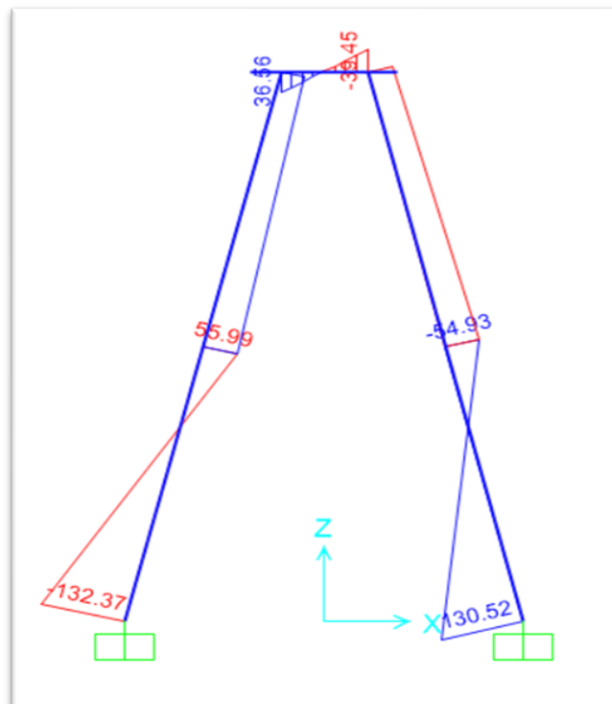
Στην συνέχεια, έγινε η ανάλυση του μοντέλου και έλεγχος του σημείου πρόσκρουσης του κυματισμού. Ο κυματισμός κτυπά την κατασκευή με φάση κορυφής, αφού το σημείο πρόσκρουσης στο πάσσαλο 1 όπως φανερώνεται και από το παρακάτω διάγραμμα βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο ανύψωσης της μέσης στάθμης της θάλασσας του κυματισμού με βάθος ($z=d+H/2$) δηλαδή $z=20+6/2=23\text{m}$. Ακολούθως, επιλέγηκε η σχηματική απεικόνιση των εντατικών μεγεθών που ασκούνται στην κατασκευή. Αυτά τα διαγράμματα ροπών και διάτμησης δημιουργούνται στην κατασκευή λόγω επιβολής της κυματικής φόρτισης.



Διάγραμμα 46: Απεικόνιση θέσης πρόσκρουσης κυματισμού στην κατασκευή και ανύψωση της μέσης στάθμης θάλασσας, κορυφή στον πάσσαλο 1



Διάγραμμα 47: Συνολικές δυνάμεις διάτμησης λόγω της επιβολής κυματικής φόρτισης, σε φάση κορυφής



Διάγραμμα 48: Συνολικές ροπές κάμψης λόγω της επιβολής κυματικής φόρτισης, σε φάση κορυφής

Από τα πιο πάνω διαγράμματα φανερώνεται πως στον πάσσαλο 1 παραλαμβάνεται πιο μεγάλη δύναμη διάτμησης και ροπή κάμψης λόγω του ότι το κύμα κτυπά με μέγιστη φάση τον πάσσαλο έχοντας μικρή διαφορά σε σχέση με τα εντατικά μεγέθη που ασκούνται στον πάσσαλο 2 σε απολυτές τιμές, διότι η απόσταση είναι σχετικά μικρή σε σχέση με το μήκος κύματος. Οι αρνητικές τιμές στον πάσσαλο 1 προκύπτουν για τον λόγο ότι το κύμα είναι στην μέγιστη φάση και στο αντίστοιχο σημείο της περιόδου στρέφει τα κοίλα προς τα πάνω ενώ στο πάσσαλο 2 στο συγκεκριμένο σημείο στρέφει τα κοίλα της καμπύλης προς τα κάτω.

Στην δεύτερη περίπτωση καθορίστηκε το σημείο πρόσκρουσης του κυματισμού στην κατασκευή σε θέση (47.7713,0) έτσι ώστε το κύμα να κτυπά την κατασκευή σε φάση κοιλιάς ($\theta=\pi$) και να έχουμε την ελάχιστη δύναμη στην κατασκευή. Οι υπόλοιποι παράμετροι καθορίστηκαν όπως προηγουμένως.

WAVE LOAD PATTERN PARAMETERS

Wave Load Pattern Parameters

Wave Characteristics: 1 [Add] [Modify/Show] [Delete]

Current Profile: None [Add] [Modify/Show] [Delete]

Marine Growth: None [Add] [Modify/Show] [Delete]

Drag and Inertia Coefficients: API Default [Add] [Modify/Show] [Delete]

Wind Load: None [Add] [Modify/Show] [Delete]

Include Buoyant Loads

Wave Load Pattern Discretization

Maximum Discretization Segment Size: 2

Vertical Reference Elevation for Wave

Global Z Coordinate of Vertical Datum: 20

Wave Crest Position

Global X Coord of Pt on Initial Crest Position: 47.7713

Global Y Coord of Pt on Initial Crest Position: 0

Number of Wave Crest Positions Considered: 1

Other Vertical Elevations Relative To Datum

Mudline from Datum: -20

High Tide from Datum: 0

Wave Direction

Wave Approach Angle in Degrees: 0

Sea Water Properties

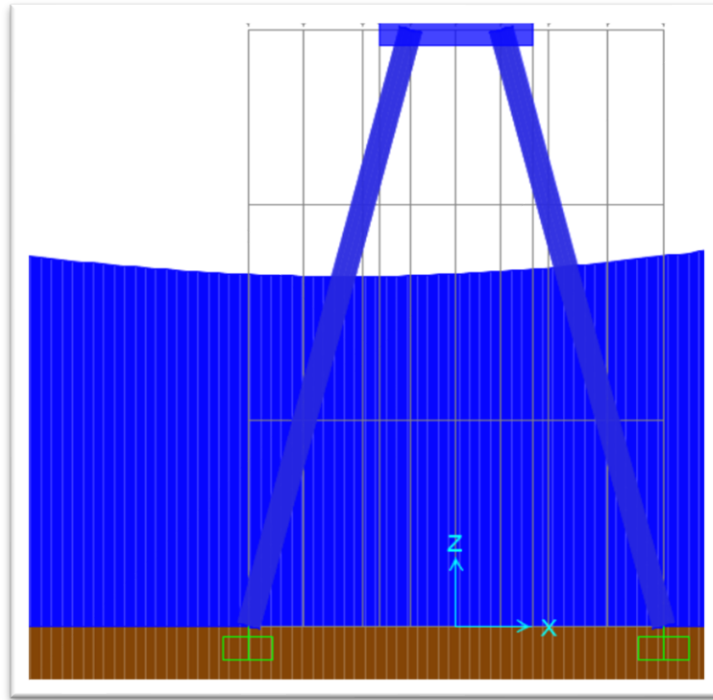
Water Weight Density: 10.0536

[Show Wave Table] [Show Wave Plot]

[OK] [Cancel]

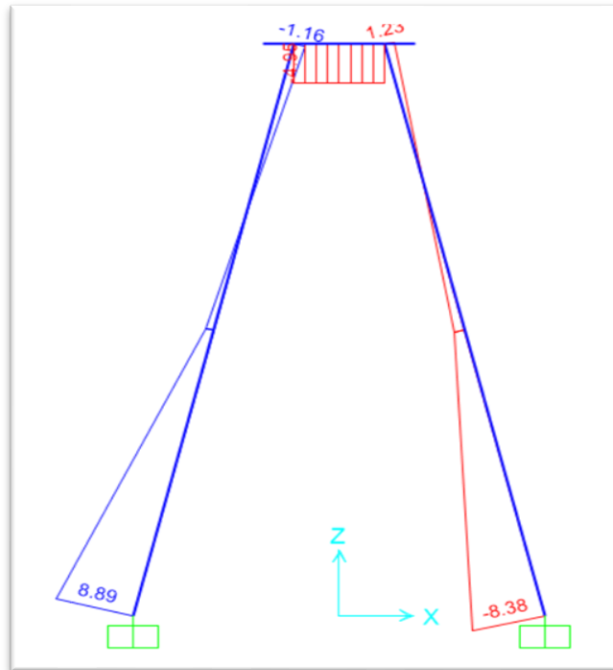
Διάγραμμα 49: Καθορισμός στάθμης θάλασσας και θέσης πρόσκρουσης κυματισμού, φάση κοιλιάς στον πάσσαλο 1

Ο κυματισμός κτυπά την κατασκευή με φάση κοιλίας, αφού το σημείο πρόσκρουσης στον πάσσαλο 1 όπως φανερώνεται και από το παρακάτω διάγραμμα βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο ανύψωσης της μέσης στάθμης της θάλασσας του κυματισμού με βάθος ($z=d-H/2$) δηλαδή $z=20-6/2=17\text{m}$. Ακολούθως, επιλέγηκε η σχηματική απεικόνιση των εντατικών μεγεθών που ασκούνται στην κατασκευή. Αυτά τα διαγράμματα ροπών και διάτμησης δημιουργούνται στην κατασκευή λόγω επιβολής της κυματικής φόρτισης.

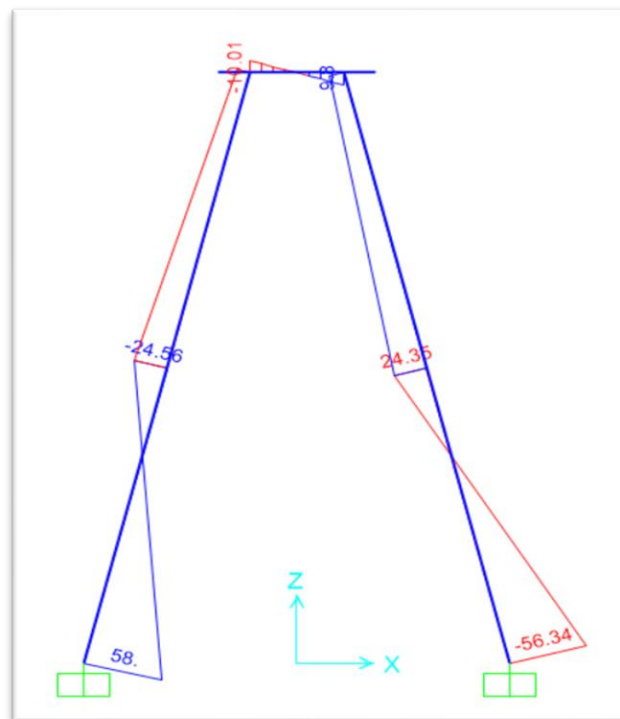


Διάγραμμα 50: Απεικόνιση θέσης πρόσκρουσης κυματισμού στην κατασκευή και ανύψωση της μέσης στάθμης θάλασσας, κοιλία στον πάσσαλο 1

Από τα πιο κάτω διαγράμματα φανερώνεται πως στον πάσσαλο 1 παραλαμβάνεται πιο μεγάλη δύναμη διάτμησης και ροπή κάμψης λόγω του ότι το κύμα κτυπά με μέγιστη φάση τον πάσσαλο έχοντας μικρή διαφορά σε σχέση με τα εντατικά μεγέθη που ασκούνται στον πάσσαλο 2 σε απολυτές τιμές, διότι η απόσταση είναι σχετικά μικρή σε σχέση με το μήκος κύματος.



Διάγραμμα 51: Συνολικές δυνάμεις διάτμησης λόγω της επιβολής κυματικής φόρτισης, σε φάση κοιλίας



Διάγραμμα 52: Συνολικές ροπές κάμψης λόγω της επιβολής κυματικής φόρτισης, σε φάση κοιλίας

5.3.2 Τέσσερις πάσσαλοι με κεφαλόδεσμο.

Για την μοντελοποίηση του τετραπλού πασσαλόδεσμου, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα σχεδιασμού όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, με τυχαία χαρακτηριστικά ύψους κύματος $H=6m$ και περιόδου $T=9s$. Για έλεγχο και σύγκριση αποτελεσμάτων καθορίστηκαν δυο διαφορετικά σημεία πρόσκρουσης του κύματος στην κατασκευή. Το πρώτο σημείο πρόσκρουσης τέθηκε στο κέντρο της κατασκευής (0,0,0) στον οποίο το κύμα κτύπα με φάση κορυφής έτσι ώστε να έχουμε της μέγιστες δύναμης. Ακολούθως το δεύτερο σημείο πρόσκρουσης καθορίστηκε και πάλι στο κέντρο της κατασκευής (0,0,0) αλλά αυτή την φορά με φάση κοιλίας για την ελαχιστοποίηση των δυνάμεων που ασκούνται.

Αρχικά δημιουργήθηκε κανάβος με τις συντεταγμένες του κάθε σημείου της κατασκευής, έτσι ώστε να γίνει εφικτή η δημιουργία των στοιχείων. Τα ακραία σημεία του κανάβου στην x και y διεύθυνση είναι από -6.77 μέχρι 6.77, αφού το μοντέλο είναι συμμετρικό και στις δυο διεύθυνσης, τα οποία είναι η θέσης στους κάτω κόμβους στήριξης, ενώ τα εσωτερικά σημεία του κανάβου που αποτελούν την σύνδεση πασσάλων και κεφαλόδεσμου φθάνουν μέχρι -2 και 2, αντίστοιχα. Ο z άξονας ξεκινάει από το 0 και καταλήγει στα 27m, από τα οποία τα 18 βρίσκονται κάτω από την μέση στάθμη της θάλασσας.

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
A	-6.77	Primary	Yes	End	
B	-3.4	Primary	Yes	End	
C	-2	Primary	Yes	End	
G	0	Primary	Yes	End	
D	2	Primary	Yes	End	
E	3.4	Primary	Yes	End	
F	6.77	Primary	Yes	End	

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc	Grid Color
2	-3.4	Primary	Yes	Start	
3	-2	Primary	Yes	Start	
7	0	Primary	Yes	Start	
4	2	Primary	Yes	Start	
5	3.4	Primary	Yes	Start	
6	6.77	Primary	Yes	Start	

Grid ID	Ordinate (m)	Line Type	Visible	Bubble Loc
1	0	Primary	Yes	End
2	27	Primary	Yes	End

Διάγραμμα 53: Δημιουργία κανάβου συντεταγμένων

Ακολούθως, καθορίστηκαν τα χαρακτηριστικά της διατομής των πασσάλων, επιλέγοντας μη συμπαγή κυκλική διατομή με όριο διαρροής 450Μpa, εξωτερική διάμετρο 1,219 m και πάχος 27mm.

The screenshot shows a software interface for defining a pipe section. The 'Section Name' is 'PIPE1'. The 'Display Color' is a green square. The 'Section Notes' field is empty, with a 'Modify/Show Notes...' button. The 'Dimensions' section includes 'Outside diameter (t3)' set to 1.219 and 'Wall thickness (tw)' set to 0.027. A 'Section' diagram shows a circle on a grid with axes labeled 2 and 3. The 'Material' is set to 'S450'. The 'Property Modifiers' section has a 'Set Modifiers...' button. The 'Properties' section has 'Section Properties...' and 'Time Dependent Properties...' buttons.

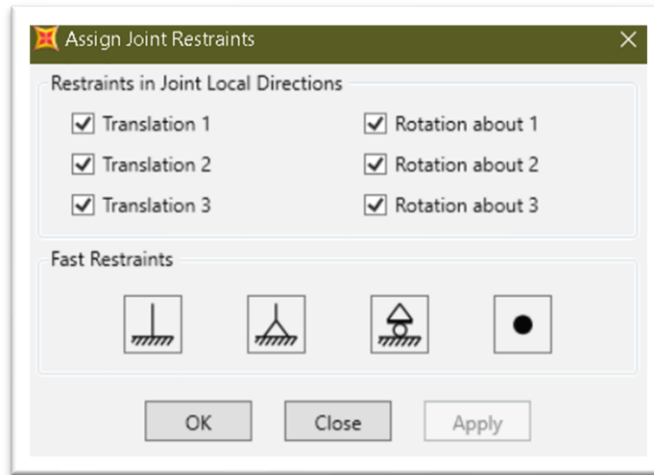
Διάγραμμα 54: Καθορισμός διατομής πασσάλων

Ο κεφαλόδεσμος δημιουργήθηκε ως ένα ενιαίο κέλυφος από σκυρόδεμα βάθους 2.5m αντοχής C35/45.

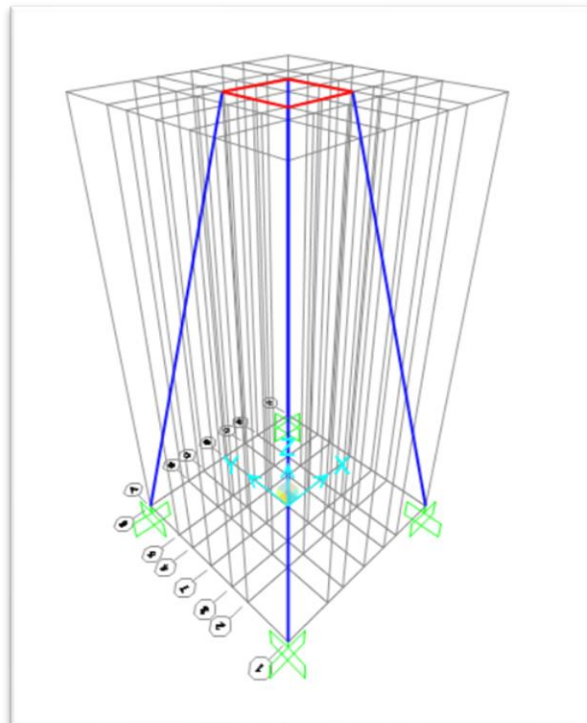
The screenshot shows a software interface for defining a concrete shell section. The 'Section Name' is 'Concrete Shell'. The 'Display Color' is a green square. The 'Section Notes' field is empty, with a 'Modify/Show...' button. The 'Type' section has radio buttons for 'Shell - Thin' (selected), 'Shell - Thick', 'Plate - Thin', 'Plate Thick', 'Membrane', and 'Shell - Layered/Nonlinear'. A 'Modify/Show Layer Definition...' button is below. The 'Thickness' section has 'Membrane' set to 2.5 and 'Bending' set to 1. The 'Material' section has 'Material Name' set to 'C35/45' and 'Material Angle' set to 0. The 'Time Dependent Properties' section has a 'Set Time Dependent Properties...' button. The 'Concrete Shell Section Design Parameters' section has a 'Modify/Show Shell Design Parameters...' button. The 'Stiffness Modifiers' section has a 'Set Modifiers...' button. The 'Temp Dependent Properties' section has a 'Thermal Properties...' button.

Διάγραμμα 55: Καθορισμός διατομής κεφαλόδεσμου

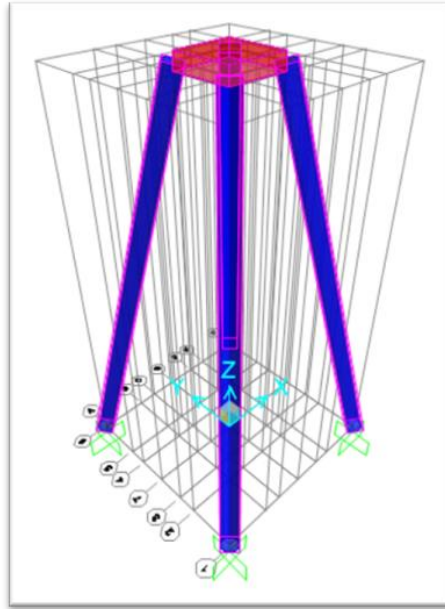
Καθορίζοντας και σχεδιάζοντας τα στοιχεία και τους περιορισμούς κίνησης στους κόμβους στηρίξεως, ως περιορισμός σε όλες τις διευθύνσεις (πάκτωσης) οι τέσσερις κάτω κομβοί των πασσάλων και ως ελευθέρια άκρα οι δυο πάνω κομβοί ενώσεις των πασσάλων με τον κεφαλόδεσμο.



Διάγραμμα 56: Προσδιορισμός στηρίξεων



Διάγραμμα 57: Σχεδιασμός μέλλων και στηρίξεων

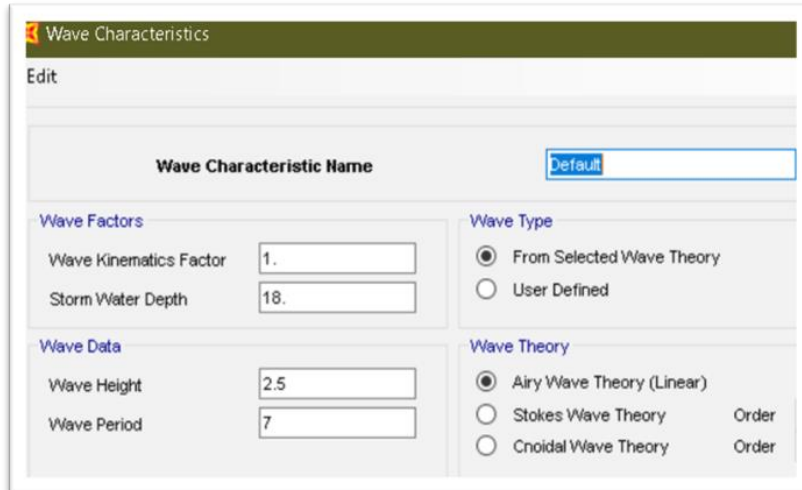


Διάγραμμα 58: Τρισδιάστατη απεικόνιση μοντέλου

Στην συνέχεια, καθορίστηκε η θέση πρόσκρουσης του κυματισμού ως (0,0) έτσι ώστε να έχουμε τη μέγιστη δύναμη αφού το κύμα θα κτυπά την κατασκευή του σε φάση κορυφής ($\theta=0$), με γωνιά μετάδοσης κυματισμού 0° . Ακολούθως καθορίστηκε η θέση της μέσης στάθμης της θάλασσας στα 18m και η θέση του πυθμένα στα -18m βάθους. Οι συντελεστές αδράνειας και σύρσης καθορίστηκαν στο 1.6 και 1.2, αντίστοιχα. Αγνοώντας το πάχος οργανικών ουσιών που δημιουργείται γύρω από τις κατασκευές που εδρεύουν μέσα στο βυθό. Τα χαρακτηριστικά του κυματισμού H, T καθορίστηκαν ως 2.5m και 7s, αντίστοιχα.

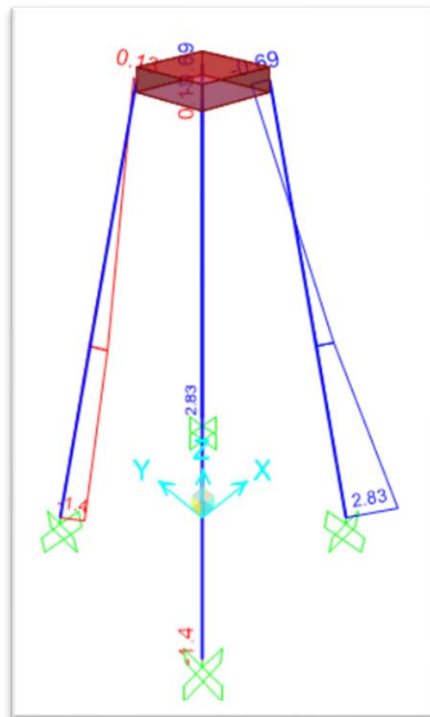
Wave Load Pattern Discretization		Vertical Reference Elevation for Wave	
Maximum Discretization Segment Size	<input type="text" value="2."/>	Global Z Coordinate of Vertical Datum	<input type="text" value="18."/>
Wave Crest Position		Other Vertical Elevations Relative To Datum	
Global X Coord of Pt on Initial Crest Position	<input type="text" value="0."/>	Mudline from Datum	<input type="text" value="-18."/>
Global Y Coord of Pt on Initial Crest Position	<input type="text" value="0."/>	High Tide from Datum	<input type="text" value="0."/>
Number of Wave Crest Positions Considered	<input type="text" value="1."/>	Sea Water Properties	
Wave Direction		Water Weight Density	
Wave Approach Angle in Degrees	<input type="text" value="0."/>	<input type="text" value="10.0536"/>	

Διάγραμμα 59: Καθορισμός στάθμης θάλασσας και θέσης πρόσκρουσης κυματισμού, φάση κορυφής στο κέντρο της κατασκευής

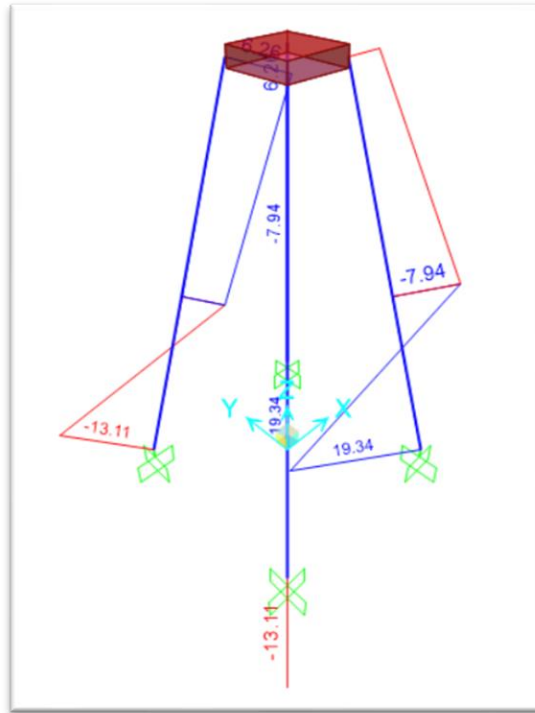


Διάγραμμα 60: Καθορισμός χαρακτηριστικών κύματος

Έπειτα έγινε η ανάλυση του μοντέλου και έλεγχος του σημείου πρόσκρουσης του κυματισμού και επιλέγηκε η σχηματική απεικόνιση των εντατικών μεγεθών που ασκούνται στην κατασκευή. Αυτά τα διαγράμματα ροπών και διάτμησης δημιουργούνται στην κατασκευή λόγω επιβολής της κυματικής φόρτισης.



Διάγραμμα 61: Συνολικές δυνάμεις διάτμησης λόγω της επιβολής κυματικής φόρτισης, σε φάση κορυφής



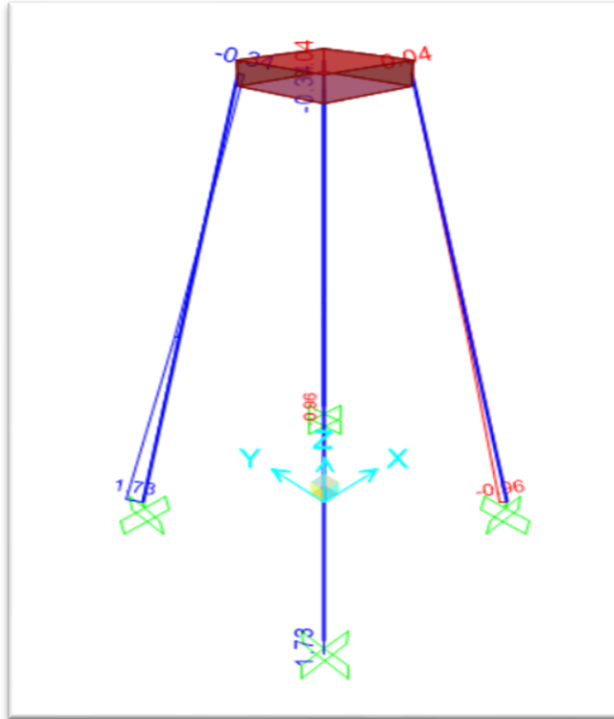
Διάγραμμα 62: Συνολικές ροπές κάμψης λόγω της επιβολής κυματικής φόρτισης, σε φάση κορυφής

Από τα πιο πάνω διαγράμματα φανερώνεται πως τα εντατικά μεγέθη στους 2 μπροστινούς πασσάλους και τους πίσω 2 αντίστοιχα, έχουν τις ίδιες τιμές αφού το κύμα κτυπά την κατασκευή από την διεύθυνση x, αρά και την ίδια ακριβώς χρονική περίοδο και φάση.

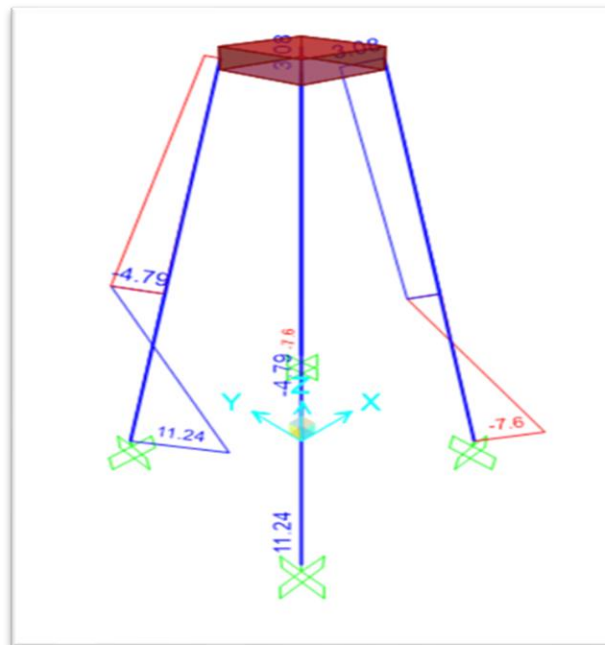
Στην συνέχεια ορίστηκε το σημείο πρόσκρουσης του κυματισμού σε απόσταση $L/2$ έτσι ώστε το κύμα να κτυπά την κατασκευή με φάση κοιλίας σε αυτή την περίπτωση.

Wave Load Pattern Discretization		Vertical Reference Elevation for Wave	
Maximum Discretization Segment Size	<input type="text" value="1.524"/>	Global Z Coordinate of Vertical Datum	<input type="text" value="18."/>
Wave Crest Position		Other Vertical Elevations Relative To Datum	
Global X Coord of Pt on Initial Crest Position	<input type="text" value="35.2651"/>	Mudline from Datum	<input type="text" value="-18."/>
Global Y Coord of Pt on Initial Crest Position	<input type="text" value="0."/>	High Tide from Datum	<input type="text" value="0."/>
Number of Wave Crest Positions Considered	<input type="text" value="1"/>	Sea Water Properties	
Wave Direction		Water Weight Density	
Wave Approach Angle in Degrees	<input type="text" value="0."/>	<input type="text" value="10.0536"/>	

Διάγραμμα 63: Καθορισμός στάθμης θάλασσας και θέσης πρόσκρουσης κυματισμού, φάση κοιλίας στο κέντρο της κατασκευής



Διάγραμμα 64: Συνολικές δυνάμεις διάτμησης λόγω της επιβολής κυματικής φόρτισης, σε φάση κοιλίας

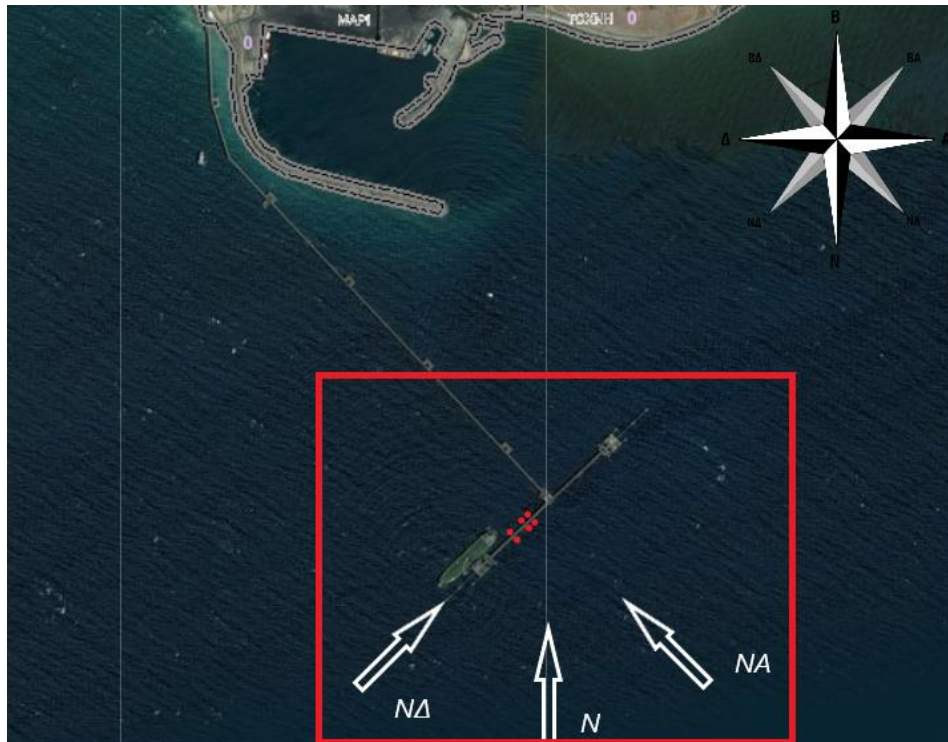


Διάγραμμα 65: Συνολικές ροπές κάμψης λόγω της επιβολής κυματικής φόρτισης, σε φάση κοιλίας

6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΓΙΑ ΑΠΛΟΥΣ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΥΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ AIRY

6.1 Γενικά

Όπως έχει αναφερθεί και στο προηγούμενο κεφάλαιο χρησιμοποιήθηκαν εμπειρικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά από την υφιστάμενη κατασκευή, καθώς και η διαδικασία μοντελοποίησης των δυο μοντέλων. Για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του κύματος και συνάμα των υδροδυναμικών φορτίσεων πάρθηκαν τα αποτελέσματα του (κεφ. 4.4) γένεση ανεμογενών κυματισμών (πιν.5) προσδιορίζοντας έτσι 6 διαφορετικές περιπτώσεις χαρακτηριστικών κύματος, διαφορετικής περιόδου, ύψους και διεύθυνση κύματος. Αναλόγως με την διεύθυνση μετάδοσης των κυματισμών καθορίστηκαν οι γωνίες όπως λέει το εγχειρίδιο του προγράμματος, έτσι ώστε να γίνει μια πιο ρεαλιστική ανάλυση των ανεμογενών κυματικών φορτίων που ασκούνται στην κατασκευή.



Διάγραμμα 66: Δορυφορική εικόνα της περιοχής μελέτης

Από την πιο πάνω εικόνα φανερώνεται ο προσανατολισμός της κατασκευής στο χώρο, καθώς επίσης μέσα από το κόκκινο τετράγωνο φαίνεται η περιοχή μελέτης. Με κόκκινες κουκίδες απεικονίζονται τα δύο μοντέλα των δύο και των τεσσάρων πασσάλων με προσέγγιση στο χώρο, τα άσπρα τόξα δείχνουν τη διεύθυνση των ανεμογενών κυματισμών στο χώρο με τους 3 διαφορετικούς προσανατολισμούς που μελετήθηκαν. Οι γωνίες μετάδοσης των κυματισμών στο λογισμικό έχουν σημείο αναφοράς την x διεύθυνση, η οποία είναι καθορισμένη με γωνιά 0°. Το λογισμικό μετράει την γωνιά με αντί-ορολογική φορά, δηλαδή αριστερόστροφα και έτσι υπολογίστηκαν οι ακόλουθες γωνίες μετάδοσης στο λογισμικό για Νότια, Νοτιοανατολική και Νοτιοδυτική διεύθυνση όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά ανεμογενών κυματισμών από τους υπολογισμούς του (κεφ.4) και γωνία μετάδοσης στο λογισμικό.

Διεύθυνση ανέμου	Ts (sec)	Hs (m)	Γωνιά μετάδοσης στο λογισμικό
Νοτιοανατολικά	5,568	1,572	180°
Νοτιοανατολικά	5,191	1,515	180°
Νοτιά	9,493	3,601	135°
Νοτιά	6,122	1,498	135°
Νοτιοδυτικά	7,215	2,080	90°
Νοτιοδυτικά	4,248	1,118	90°

Βάση των χαρακτηριστικών κύματος που απεικονίζονται στον παραπάνω πίνακα και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών, καθώς και της μεθοδολογίας μοντελοποίησης που περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο γίνεται η δημιουργία της κυματικής φόρτισης για τα δυο μοντέλα μελέτης, με φάσης κύματος στην κορυφή ($\theta=0$).

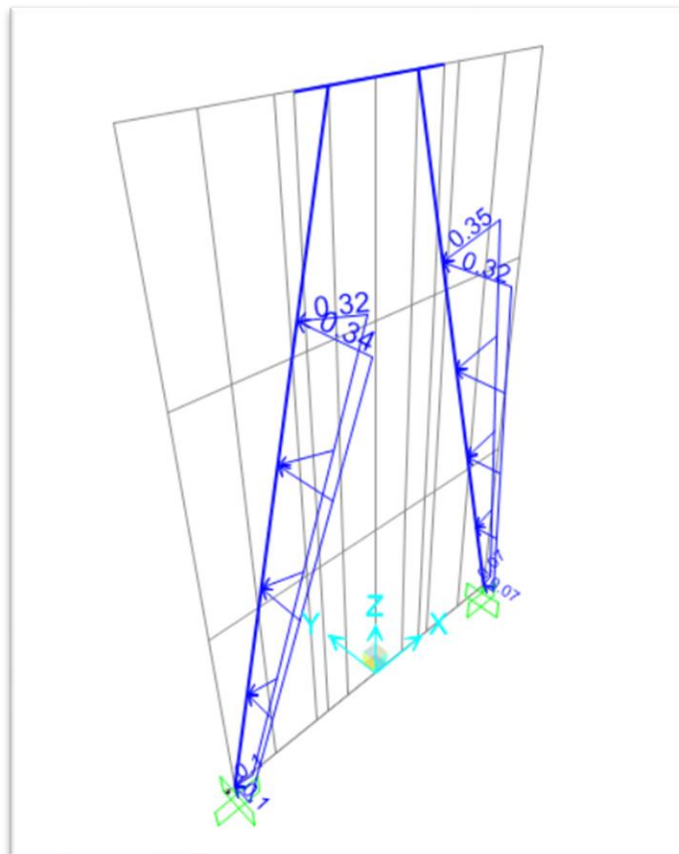
6.2 Δυο πάσσαλοι με κεφαλόδεσμο

Συγκεκριμένα θα δειχθούν οι ακόλουθες τρεις διαφορετικές κυματικές φόρτισης:

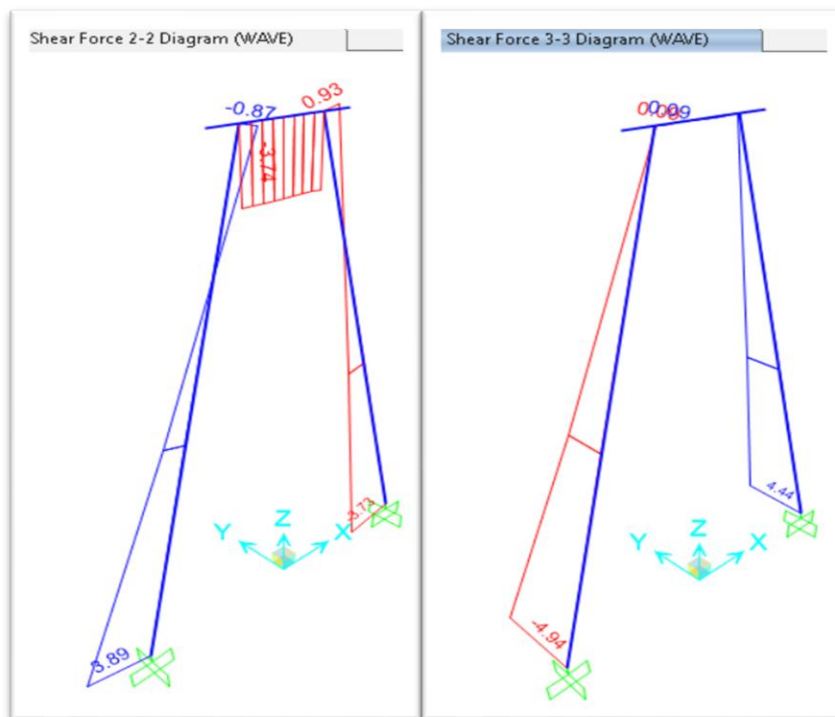
1. Νότια διεύθυνση (135°) με ύψος κύματος $H_s=3.601\text{m}$ και περίοδο $T_s=9.493\text{s}$
2. Νοτιοανατολική διεύθυνση (180°) με ύψος κύματος $H_s=1.572\text{ m}$ και περίοδο $T_s=5.568\text{s}$
3. Νοτιοδυτική διεύθυνση (90°) με ύψος κύματος $H_s=2.080\text{m}$ και περίοδο $T_s=7.215\text{s}$.

Όλες οι κυματικές φορτίσεις θα εξαχθούν σε μορφή πινάκων μαζί με τα εντατικά μεγέθη που ασκούνται στην κατασκευή.

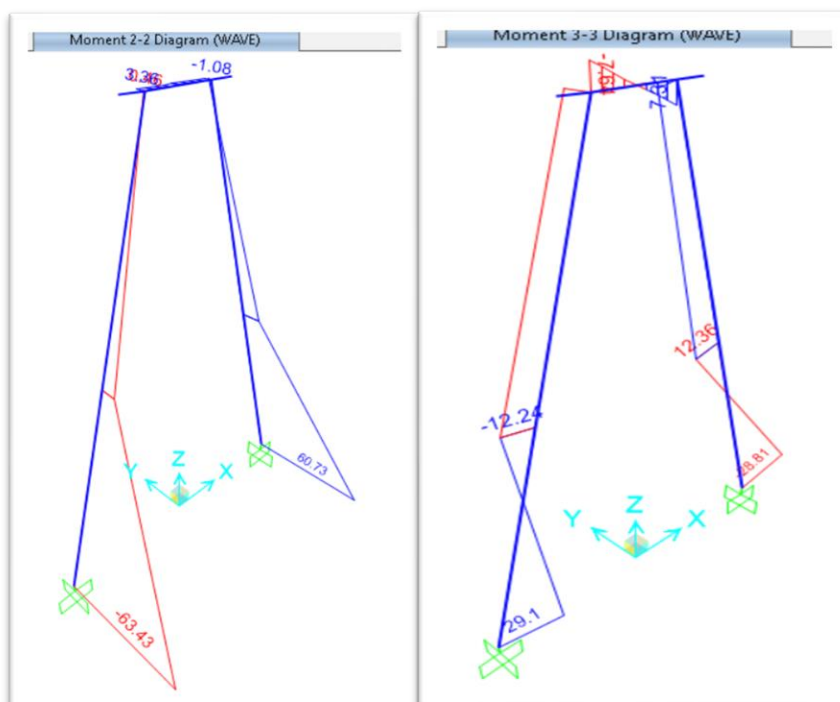
6.2.1 Νότια διεύθυνση (135°) με ύψος κύματος $H_s=3.601\text{m}$ και περίοδο $T_s=9.493\text{s}$



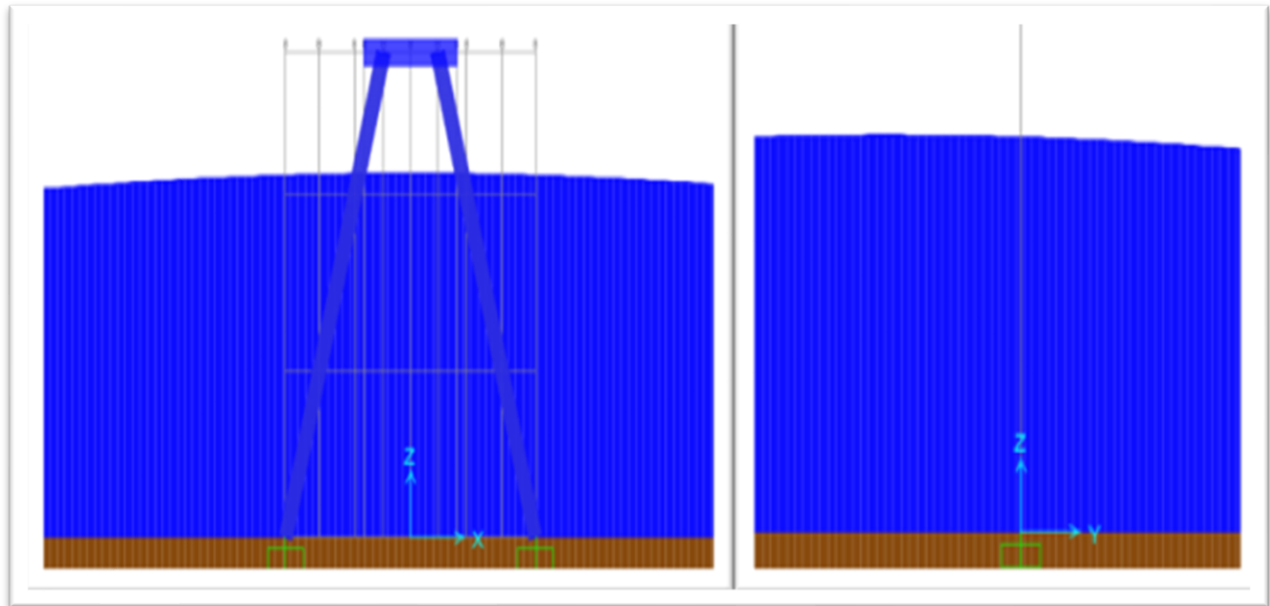
Διάγραμμα 67: Απεικόνιση κυματικών φορτίων που ασκούνται στην κατασκευή κατά x και ψ διεύθυνση



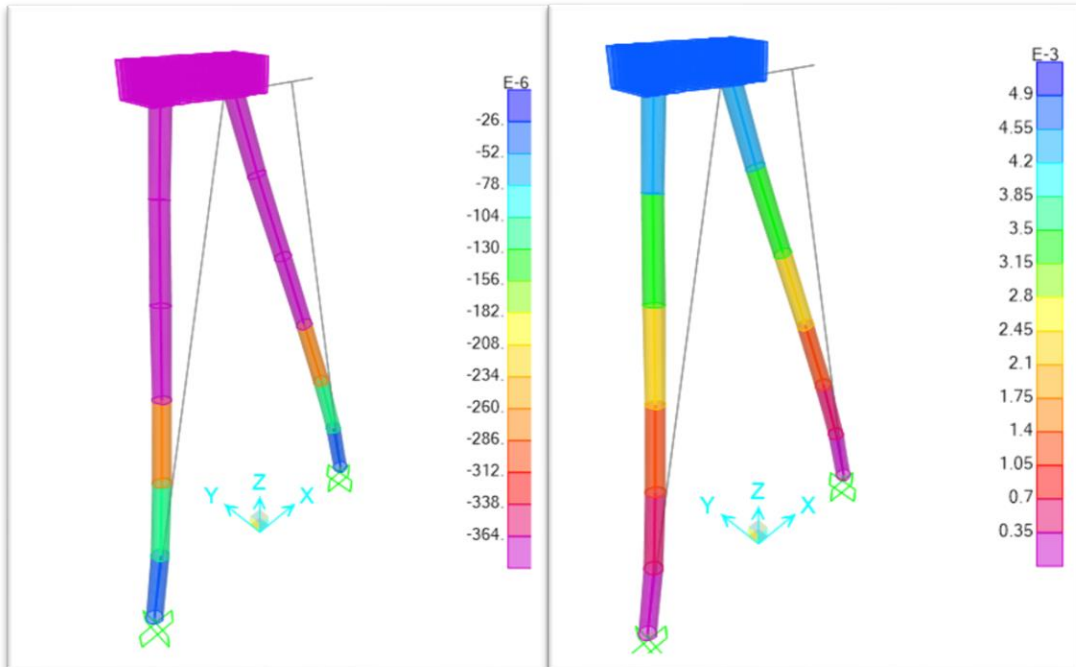
Διάγραμμα 68: Διαγράμματα τέμνουσων δυνάμεων κατά την επιβολή της κυματικής φόρτισης.



Διάγραμμα 69: Διαγράμματα ροπών κάμψης κατά την επιβολή της κυματικής φόρτισης



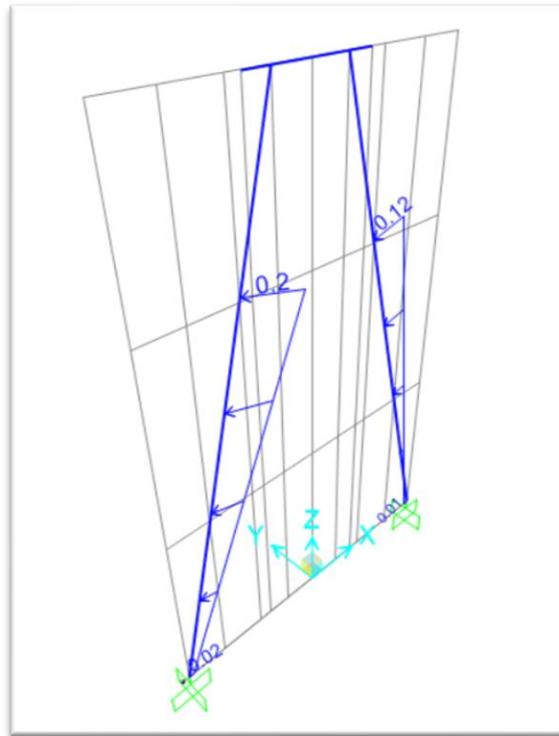
Διάγραμμα 70: Σχηματική απεικόνιση κυματικών φορτίων σε z-x και z-y, αντίστοιχα



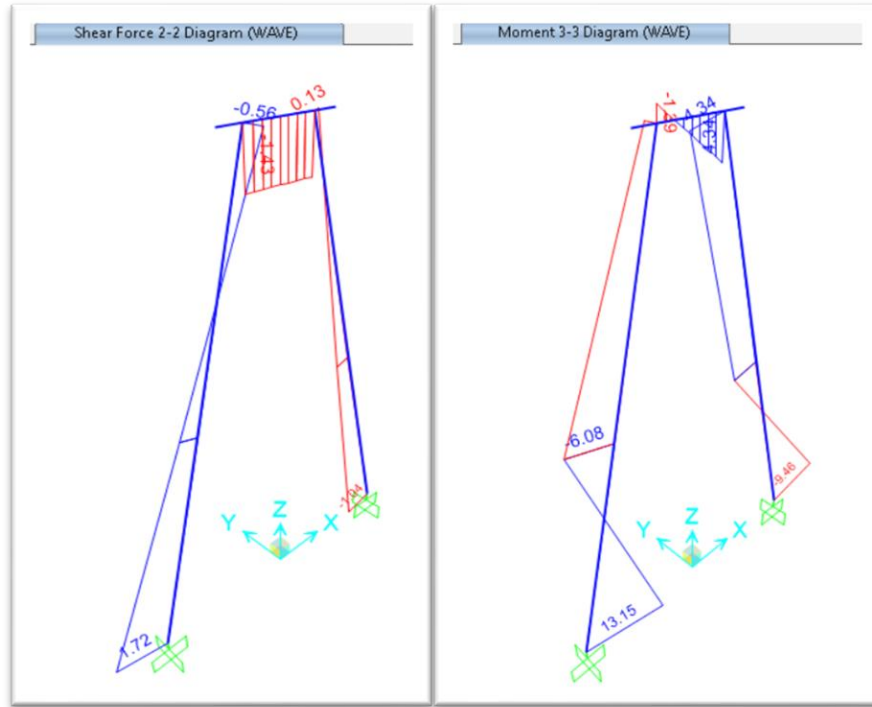
Διάγραμμα 71: Διαγράμματα μετατοπίσεων κατά χ και ψ διεύθυνση

Από τα πιο πάνω διαγράμματα φανερώνεται πως με αυτά τα κυματικά χαρακτηριστικά και τη συγκεκριμένη γωνιά μετάδοσης του κυματισμού, οι δυνάμεις που ασκούνται στην κατασκευή είναι μεγαλύτερες κατά την χ διεύθυνση στον πάσσαλο 2 και κατά ψ στον πάσσαλο 1, αυτό οφείλεται στη γωνιά μετάδοσης του κυματισμού και στη φάση του κυματισμού, αφού το κύμα κτυπά την κατασκευή στο κέντρο των αξόνων με φάση κορυφής βρίσκοντας πρώτα τον πάσσαλο 2 και μετέπειτα τον πάσσαλο 1. Από τα διαγράμματα μετατοπίσεων προκύπτει πως οι μετακινήσεις κατά την ψ διεύθυνση εμφανίζονται διαφορετικές σε όλο το μήκος του πασσάλου με εμφανής αύξηση από την βάση προς τον κεφαλόδεσμο. Ενώ στην χ διεύθυνση είναι πολύ μικρότερες με μείωση από την βάση προς τον κεφαλόδεσμο, έχοντας σταθερή μετατόπιση από τη μέση της κατασκευής μέχρι πάνω.

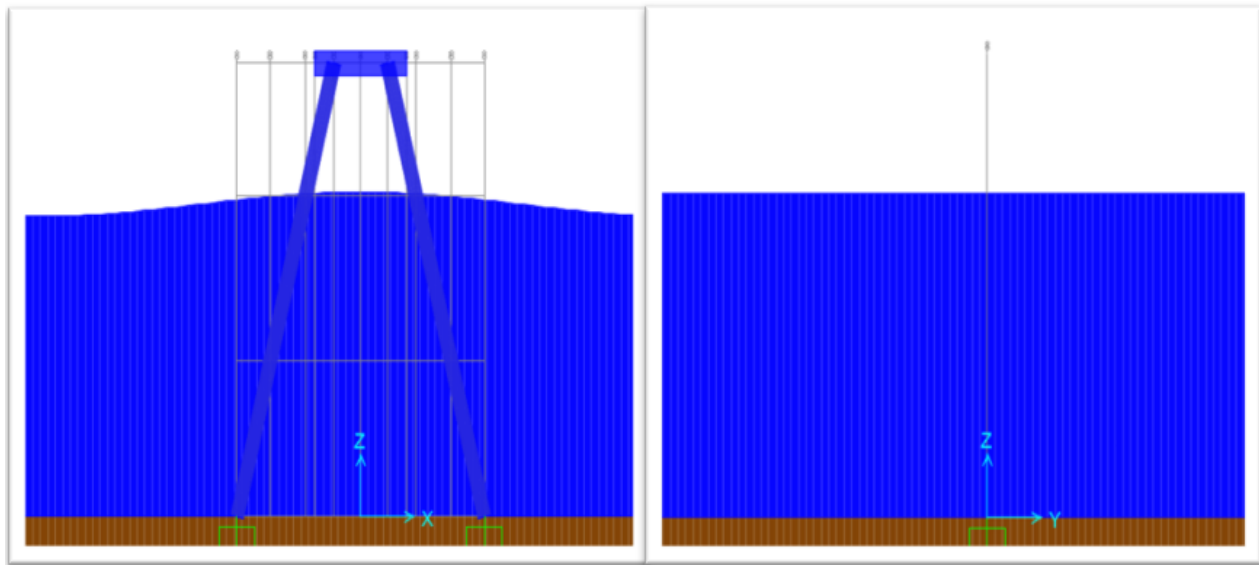
6.2.2 Νοτιοανατολική διεύθυνση (180°) με ύψος κύματος $H_s=1.572$ m και περίοδο $T_s=5.568$ s



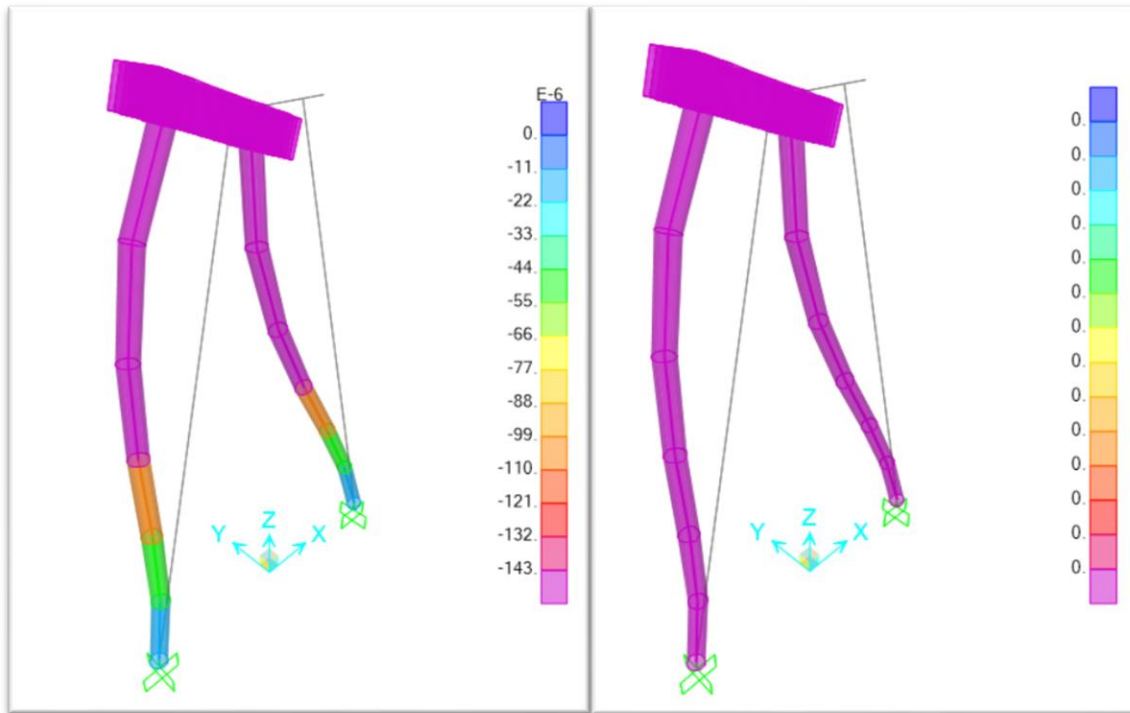
Διάγραμμα 72: Απεικόνιση κυματικών φορτίων που ασκούνται στην κατασκευή κατά x διεύθυνση



Διάγραμμα 73: Διαγράμματα τέμνουσων δυνάμεων και ροπών κάμψης



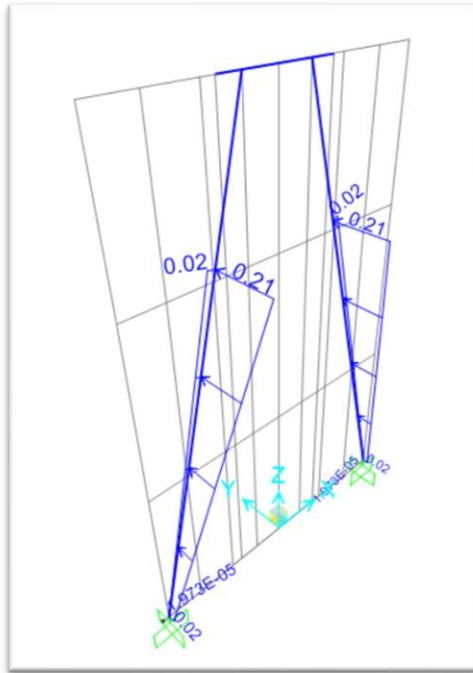
Διάγραμμα 74: Σχηματική απεικόνιση κυματικών φορτίων σε z-x και z-y, αντίστοιχα



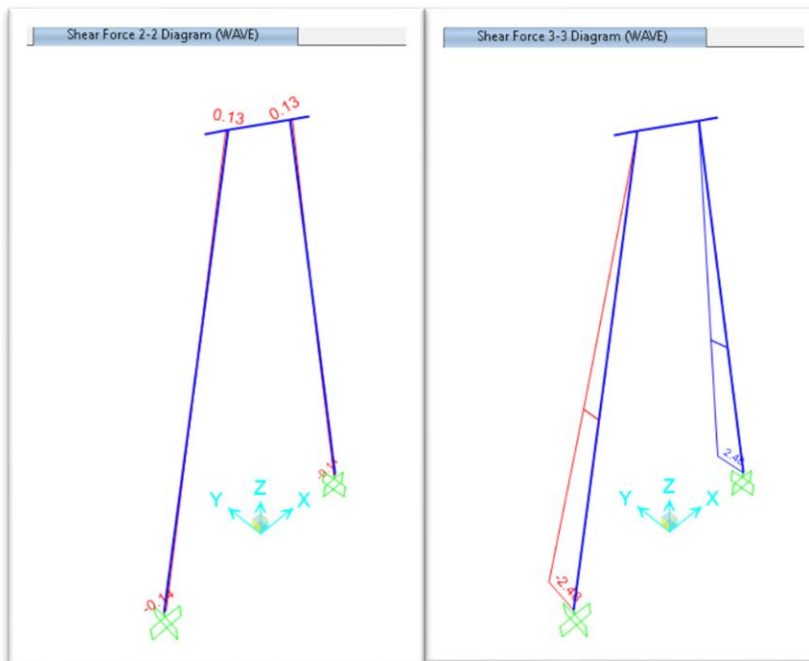
Διάγραμμα 75: Διαγράμματα μετατοπίσεων κατά χ και ψ διεύθυνση

Από τα πιο πάνω διαγράμματα φανερώνεται πως με αυτά τα κυματικά χαρακτηριστικά και τη συγκεκριμένη γωνιά μετάδοσης του κυματισμού, οι δυνάμεις που ασκούνται στην κατασκευή μόνο κατά την χ διεύθυνση, αυτό οφείλεται στη γωνιά μετάδοσης του κυματισμού (180°) και στη φάση του κυματισμού, αφού το κύμα κτυπά την κατασκευή στο κέντρο των αξόνων με φάση κορυφής βρίσκοντας πρώτα τον πάσσαλο 2 και μετέπειτα τον πάσσαλο 1. Από τα διαγράμματα μετατοπίσεων προκύπτει μόνο μετακίνηση κατά την χ διεύθυνση με μείωση από την βάση προς τον κεφαλόδεσμο, έχοντας σταθερή μετατόπιση από τη μέση της κατασκευής μέχρι πάνω. Ενώ στην ψ διεύθυνση δεν προκύπτει καμία μετακίνηση αφού δεν ασκούνται δυνάμεις σε αυτήν.

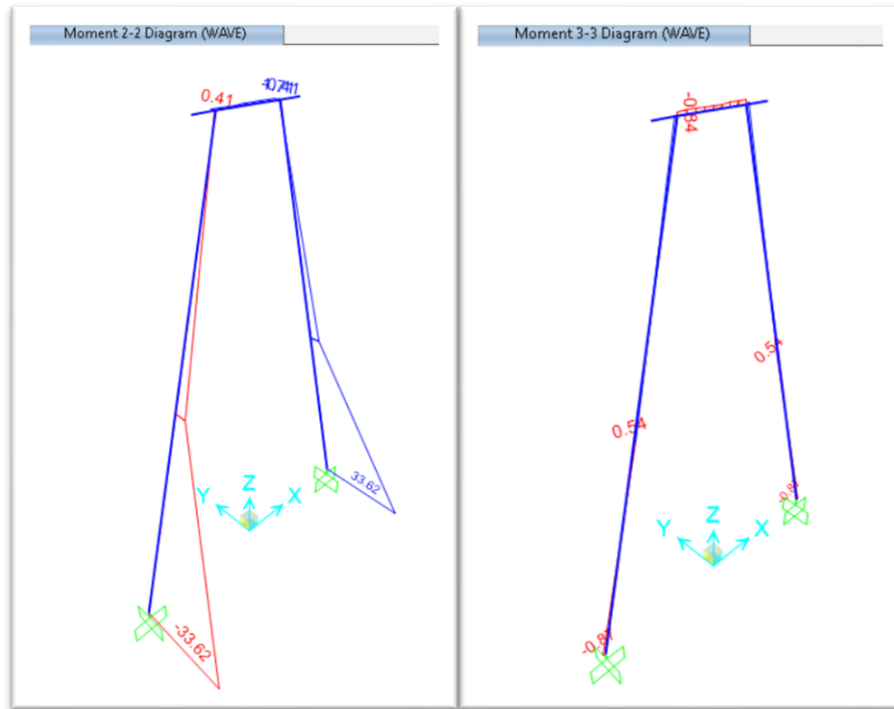
6.2.3 Νοτιοδυτική διεύθυνση (90°) με ύψος κύματος $H_s=2.080\text{m}$ και περίοδο $T_s=7.215\text{s}$.



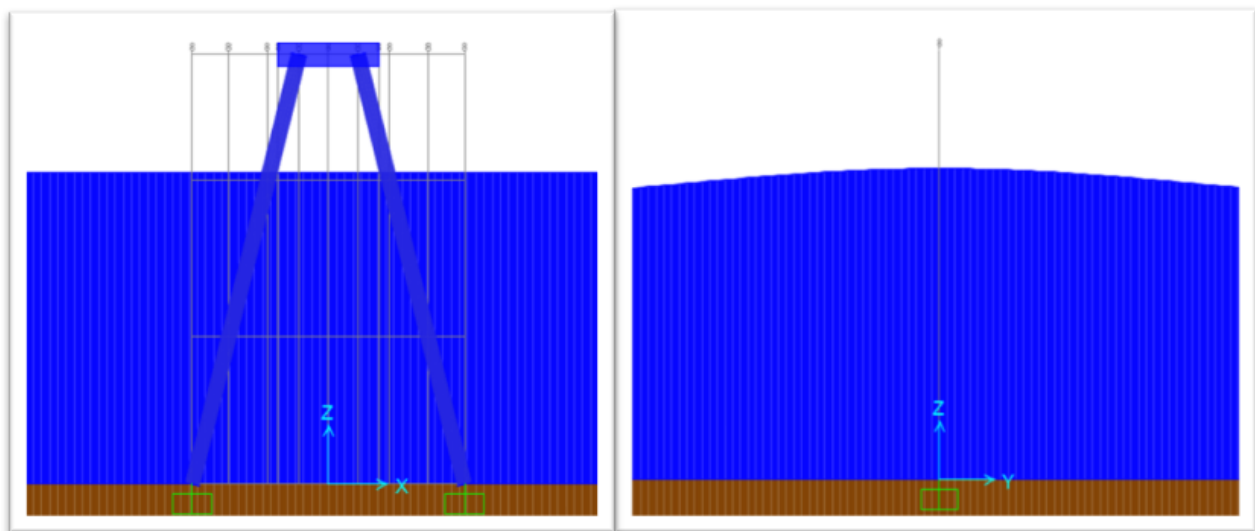
Διάγραμμα 76: Απεικόνιση κυματικών φορτίων που ασκούνται στην κατασκευή κατά x και y διεύθυνση



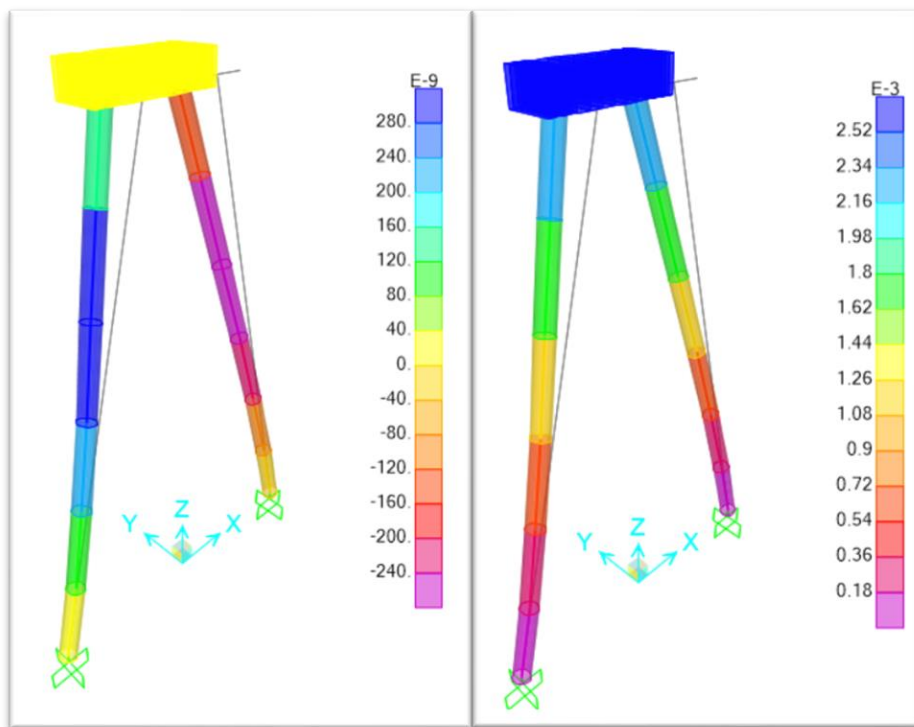
Διάγραμμα 77: Διαγράμματα τέμνουσων δυνάμεων κατά την επιβολή της κυματικής φόρτισης



Διάγραμμα 78: Διαγράμματα ροπών κάμψης κατά την επιβολή της κυματικής φόρτισης



Διάγραμμα 79: Σχηματική απεικόνιση κυματικών φορτίων σε z-x και z-y, αντίστοιχα



Διάγραμμα 80: Διαγράμματα μετατοπίσεων κατά χ και ψ διεύθυνση

Από τα πιο πάνω διαγράμματα φανερώνεται πως με αυτά τα κυματικά χαρακτηριστικά και τη συγκεκριμένη γωνιά μετάδοσης του κυματισμού, οι δυνάμεις που ασκούνται στην κατασκευή είναι κυρίως στην ψ διεύθυνση με μηδαμινές δυνάμεις κατά τη χ διεύθυνση, αυτό οφείλεται στη γωνιά μετάδοσης του κυματισμού (90°) και στη φάση του κυματισμού, αφού το κύμα κτυπά την κατασκευή ταυτόχρονα και στους 2 πασσάλους στο κέντρο των αξόνων με φάση κορυφής. Οι μικρές ενδείξεις κατά χ οφείλονται στο ότι τα στοιχεία είναι κεκλιμένα. Από τα διαγράμματα μετατοπίσεων προκύπτουν πολύ μεγαλύτερες μετακινήσεις κατά την ψ διεύθυνση με ομοιόμορφη αύξηση από την βάση προς τον κεφαλόδεσμο. Ενώ στη χ διεύθυνση προκύπτουν πολύ μικρές μετατοπίσεις αφού ασκούνται μικρές δυνάμεις .

6.2.4 Αποτελέσματα ανάλυσης μοντέλου με δύο πασσάλους

Πίνακας 11: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται στους κόμβους

Frame	Joint	H	T	F1	F2	F3	M1	M2	M3
		<i>m</i>	<i>s</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>
1	1	3.601	9.493	4.651	-4.938	2.592	62.3707	29.1012	-12.042
1	3	3.601	9.493	-0.033	-0.085	-3.739	-0.3628	7.6426	-3.3613
2	2	3.601	9.493	4.49	-4.44	-2.616	59.6247	28.8146	11.8808
2	4	3.601	9.493	0.033	0.085	3.739	0.3628	7.3147	3.0207
1	1	1.498	6.122	1.081	-1.203	0.583	14.6632	7.0359	-2.6568
1	3	1.498	6.122	0.012	-0.1	-0.855	-0.4282	1.6086	-0.8794
2	2	1.498	6.122	0.938	-0.728	-0.625	11.6843	6.5003	2.5302
2	4	1.498	6.122	-0.012	0.1	0.855	0.4282	1.811	0.4786
1	1	1.572	5.568	1.995	-2.62E-16	0.883	3.10E-15	13.1485	-5.31E-16
1	3	1.572	5.568	0.22	-3.37E-17	-1.433	-1.42E-16	1.3902	-2.03E-16
2	2	1.572	5.568	1.356	-1.18E-16	-1.151	2.14E-15	9.4622	5.00E-16
2	4	1.572	5.568	-0.22	3.37E-17	1.433	1.42E-16	4.3416	6.79E-17
1	1	1.515	5.191	2.051	-2.68E-16	0.853	3.12E-15	13.6115	-5.20E-16
1	3	1.515	5.191	0.285	-4.06E-17	-1.433	-1.70E-16	0.9624	-2.13E-16
2	2	1.515	5.191	1.314	-1.05E-16	-1.178	2.00E-15	9.1013	4.88E-16
2	4	1.515	5.191	-0.285	4.06E-17	1.433	1.70E-16	4.7702	5.08E-17
1	1	2.08	7.215	-0.125	-2.482	0.063	33.0318	-0.8736	-6.5001
1	3	2.08	7.215	-0.129	4.47E-07	-3.71E-07	4.53E-06	0.84	-1.7053
2	2	2.08	7.215	0.125	-2.482	0.063	33.0318	0.8736	6.5001
2	4	2.08	7.215	0.129	-4.47E-07	3.71E-07	-4.53E-06	-0.84	1.7053
1	1	1.118	4.248	-0.202	-1.716	0.099	23.5191	-1.3971	-4.6343
1	3	1.118	4.248	-0.196	3.18E-07	-5.56E-07	3.23E-06	1.295	-1.2081
2	2	1.118	4.248	0.202	-1.716	0.099	23.5191	1.3971	4.6343
2	4	1.118	4.248	0.196	-3.18E-07	5.56E-07	-3.23E-06	-1.295	1.2081

Πίνακας 12: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται κατά μήκος των πασσάλων

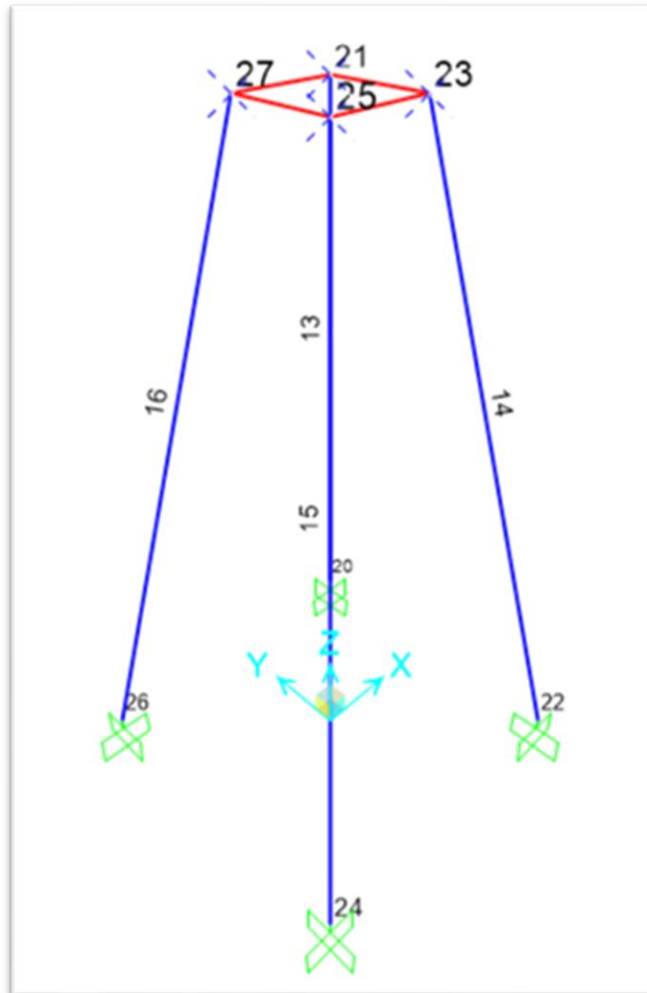
Frame	Station	H	T	P	V2	V3	T	M2	M3
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>
1	0	3.601	9.493	-3.637	3.888	-4.938	-3.3496	-63.4341	29.1012
1	14.94068	3.601	9.493	-3.637	1.276	-2.193	-3.3496	-7.1893	-12.2395
1	29.88136	3.601	9.493	-3.637	-0.87	0.085	-3.3496	0.4582	-7.6426
2	0	3.601	9.493	3.621	-3.727	4.44	2.8441	60.7303	-28.8146
2	14.94068	3.601	9.493	3.621	-1.322	2.16	2.8441	8.3598	12.3642

2	29.88136	3.601	9.493	3.621	0.933	0.085	2.8441	-1.0804	7.3147
1	0	1.498	6.122	-0.827	0.908	-1.203	-0.9566	-14.8712	7.0359
1	14.94068	1.498	6.122	-0.827	0.305	-0.512	-0.9566	-0.7673	-3.1088
1	29.88136	1.498	6.122	-0.827	-0.218	0.1	-0.9566	-0.2036	-1.6086
2	0	1.498	6.122	0.833	-0.76	0.728	0.3613	11.9497	-6.5003
2	14.94068	1.498	6.122	0.833	-0.324	0.453	0.3613	2.1702	2.9455
2	29.88136	1.498	6.122	0.833	0.194	0.1	0.3613	-0.5309	1.811
1	0	1.572	5.568	-1.338	1.724	-2.62E-16	-2.31E-16	-3.13E-15	13.1485
1	14.94068	1.572	5.568	-1.338	0.531	-1.08E-16	-2.31E-16	-5.98E-17	-6.0832
1	29.88136	1.572	5.568	-1.338	-0.559	3.37E-17	-2.31E-16	-8.91E-17	-1.3902
2	0	1.572	5.568	1.444	-1.038	1.18E-16	3.16E-17	2.20E-15	-9.4622
2	14.94068	1.572	5.568	1.444	-0.529	8.52E-17	3.16E-17	5.25E-16	4.0726
2	29.88136	1.572	5.568	1.444	0.132	3.37E-17	3.16E-17	-1.54E-16	4.3416
1	0	1.515	5.191	-1.322	1.785	-2.68E-16	-2.48E-16	-3.16E-15	13.6115
1	14.94068	1.515	5.191	-1.322	0.54	-1.09E-16	-2.48E-16	-3.32E-18	-6.3971
1	29.88136	1.515	5.191	-1.322	-0.622	4.06E-17	-2.48E-16	-1.14E-16	-0.9624
2	0	1.515	5.191	1.46	-0.991	1.05E-16	8.19E-18	2.06E-15	-9.1013
2	14.94068	1.515	5.191	1.46	-0.521	7.98E-17	8.19E-18	5.61E-16	3.8173
2	29.88136	1.515	5.191	1.46	0.069	4.06E-17	8.19E-18	-1.78E-16	4.7702
1	0	2.08	7.215	-0.031	-0.136	-2.482	-1.655	-33.6246	-0.8736
1	14.94068	2.08	7.215	-0.031	-0.012	-1.194	-1.655	-3.827	0.5444
1	29.88136	2.08	7.215	-0.031	0.126	-4.47E-07	-1.655	0.4111	-0.84
2	0	2.08	7.215	-0.031	-0.136	2.482	1.655	33.6246	-0.8736
2	14.94068	2.08	7.215	-0.031	-0.012	1.194	1.655	3.827	0.5444
2	29.88136	2.08	7.215	-0.031	0.126	-4.47E-07	1.655	-0.4111	-0.84
1	0	1.118	4.248	-0.047	-0.219	-1.716	-1.1725	-23.9426	-1.3971
1	14.94068	1.118	4.248	-0.047	-0.016	-0.862	-1.1725	-2.5554	0.8685
1	29.88136	1.118	4.248	-0.047	0.19	-3.18E-07	-1.1725	0.2913	-1.295
2	0	1.118	4.248	-0.047	-0.219	1.716	1.1725	23.9426	-1.3971
2	14.94068	1.118	4.248	-0.047	-0.016	0.862	1.1725	2.5554	0.8685
2	29.88136	1.118	4.248	-0.047	0.19	-3.18E-07	1.1725	-0.2913	-1.295

6.3 Τέσσερις πάσσαλοι με κεφαλόδεσμο

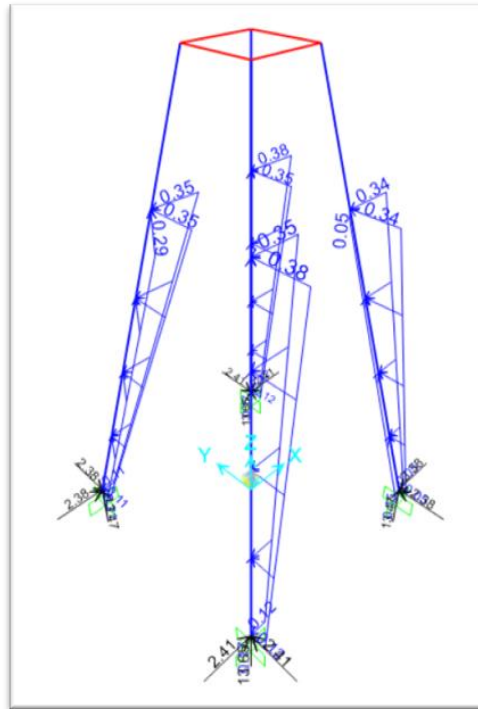
Με παρόμοιο τρόπο έχει γίνει η εξαγωγή αποτελεσμάτων για το μοντέλο με τέσσερις πασσάλους. Θα δειχθούν αναλυτικά αποτελέσματα για μια κυματική φόρτιση με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά κύματος:

- Νότια διεύθυνση (135°) με ύψος $H_s=3.601\text{m}$ και περίοδο $T_s=9.493\text{s}$ (Απλός κυματισμός).
- Όλες οι κυματικές φορτίσεις θα εξαχθούν σε μορφή πινάκων μαζί με τα εντατικά μεγέθη που ασκούνται στην κατασκευή. Επίσης, θα δειχθούν αποτελέσματα για ακραία κυματική φόρτιση με Νότια διεύθυνση (135°) με ύψος $H_s=5.8\text{m}$ και περίοδο $T_s=13.1\text{s}$.

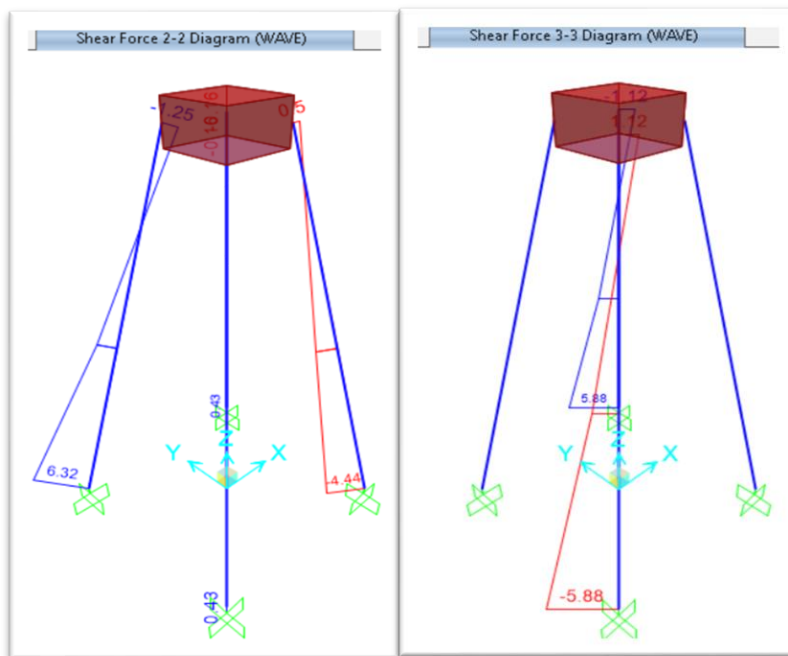


Διάγραμμα 81: Αρίθμηση κόμβων και μελών

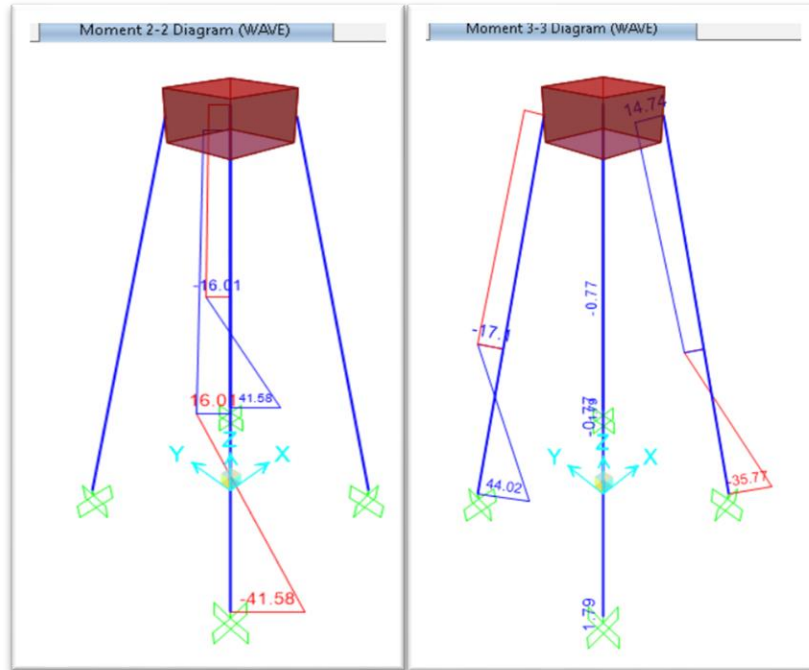
6.3.1 Νότια διεύθυνση (135°) με ύψος $H_s=3.601\text{m}$ και περίοδο $T_s=9.493\text{s}$.



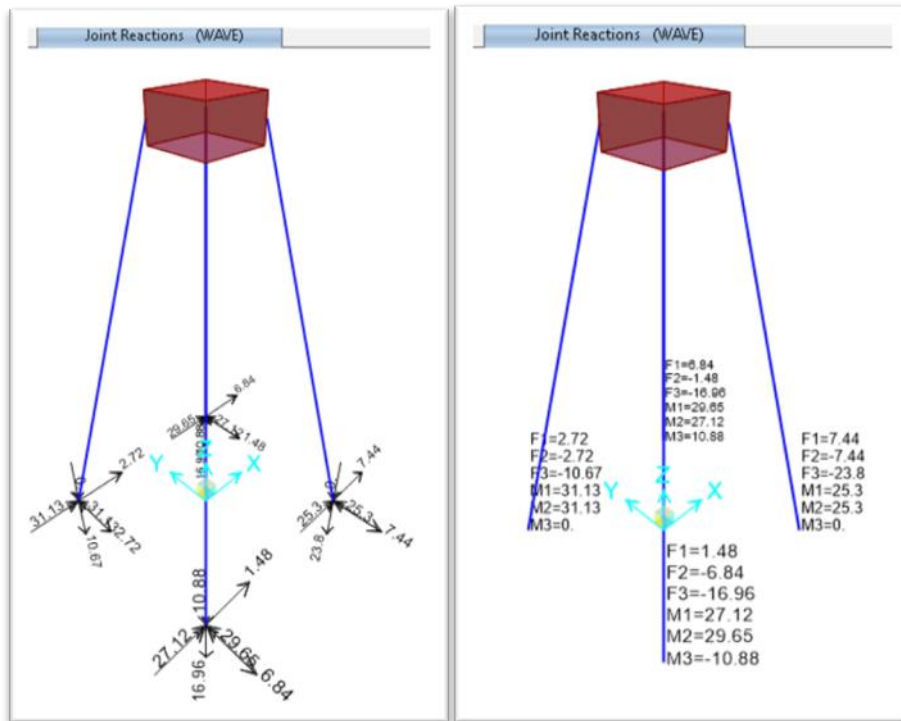
Διάγραμμα 82: Απεικόνιση κυματικών φορτίων που ασκούνται στην κατασκευή κατά x και y διεύθυνση



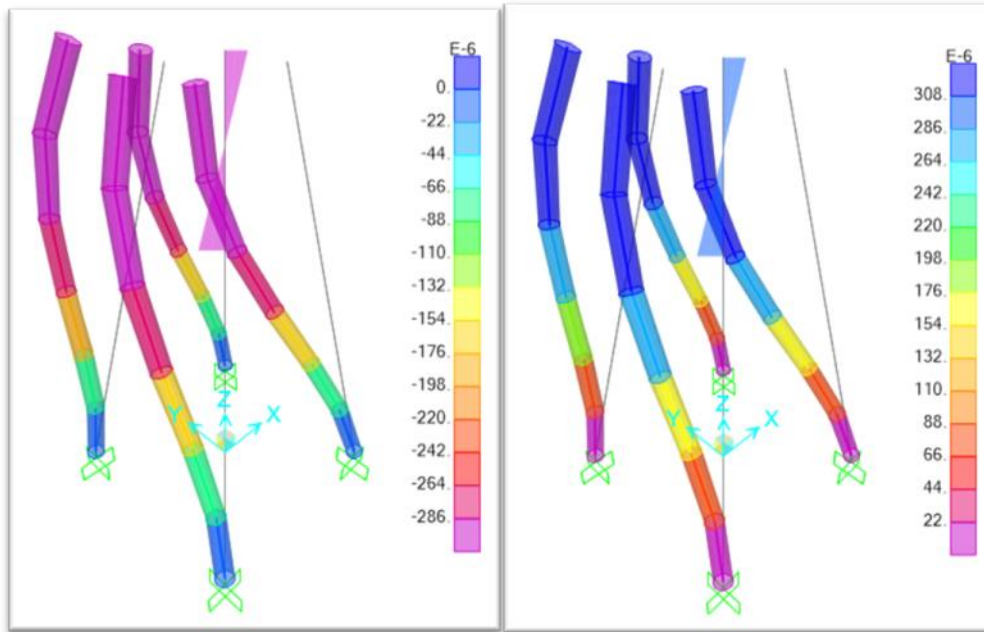
Διάγραμμα 83: Διαγράμματα τεμνουσών δυνάμεων κατά την επιβολή της κυματικής φόρτισης



Διάγραμμα 84: Διαγράμματα ροπών κάμψης κατά την επιβολή της κυματικής φόρτισης



Διάγραμμα 85: Εντατικά μεγέθη που ασκούνται στην βάση της κατασκευής



Διάγραμμα 86: Διαγράμματα μετατοπίσεων κατά χ και ψ διεύθυνση

Από τα πιο πάνω διαγράμματα φανερώνεται πως με αυτά τα κυματικά χαρακτηριστικά και τη συγκεκριμένη γωνιά μετάδοσης του κυματισμού, οι δυνάμεις ασκούνται στην κατασκευή και στις δυο διευθύνσεις, αφού το κύμα κτυπά την κατασκευή στο κέντρο των αξόνων με φάση κορυφής βρίσκοντας πρώτα τον πάσσαλο 14 και ταυτόχρονα τους πασσάλους 13,15 και ακολούθως τον πάσσαλο 16. Αυτό, οφείλεται στη γωνιά μετάδοσης του κυματισμού (135°) και στη φάση του κυματισμού και στη συμμετρικότητα του φορέα. Από τα διαγράμματα μετατοπίσεων φαίνεται πως προκύπτουν παρόμοιες μετακινήσεις κατά χ και ψ διεύθυνση αλλά με διαφορετική διεύθυνση.

6.3.2 Αποτελέσματα ανάλυσης μοντέλου με τέσσερις πασσάλους.

6.3.2.1 Απλές κυματικές φορτίσεις.

Παρακάτω θα δειχθούν αποτελέσματα ανάλυσης για τα χαρακτηριστικά κύματος που περιγράφηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια σε μορφή πινάκων, ξεχωριστά για τις 3 διευθύνσεις μετάδοσης κυματισμού για τα εντατικά μεγέθη που ασκούνται στα μέλη και στους κόμβους.

Πίνακας 13: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται κατά μήκος των πασσάλων με γωνιά μετάδοσης (135°)

Frame	Station	H	T	P	V2	V3	T	M2	M3
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>
13	0	3.601	9.493	3.297	0.435	5.879	-0.8267	41.5824	1.7906
13	13.91497	3.601	9.493	0.972	-0.026	1.861	-0.8267	-16.0084	-0.7742
13	27.82994	3.601	9.493	-0.113	-0.16	-1.119	-0.8267	-10.4969	1.0426
14	0	3.601	9.493	11.76	-4.44	3.64E-13	1.42E-12	4.29E-12	-35.7743
14	13.91497	3.601	9.493	9.434	-1.963	3.64E-13	1.42E-12	-7.74E-13	13.2834
14	27.82994	3.601	9.493	8.36	0.495	3.64E-13	1.42E-12	-5.83E-12	14.7367
15	0	3.601	9.493	3.297	0.435	-5.879	0.8267	-41.5824	1.7906
15	13.91497	3.601	9.493	0.972	-0.026	-1.861	0.8267	16.0084	-0.7742
15	27.82994	3.601	9.493	-0.113	-0.16	1.119	0.8267	10.4969	1.0426
16	0	3.601	9.493	-4.465	6.32	-3.75E-14	1.58E-12	-4.57E-13	44.0211
16	13.91497	3.601	9.493	-6.79	1.91	-3.71E-14	1.58E-12	6.32E-14	-17.0987
16	27.82994	3.601	9.493	-7.865	-1.252	-3.68E-14	1.58E-12	5.76E-13	-10.215
13	0	1.498	6.122	3.088	0.429	1.162	-0.1732	8.7566	1.7399
13	13.91497	1.498	6.122	0.763	-0.031	0.399	-0.1732	-3.6133	-0.7425
13	27.82994	1.498	6.122	-0.141	-0.145	-0.248	-0.1732	-1.9985	0.9838
14	0	1.498	6.122	5.128	-0.119	7.51E-14	2.94E-13	8.85E-13	-3.8838
14	13.91497	1.498	6.122	2.802	-0.417	7.51E-14	2.94E-13	-1.60E-13	1.131
14	27.82994	1.498	6.122	1.917	-0.24	7.51E-14	2.94E-13	-1.20E-12	5.0137
15	0	1.498	6.122	3.088	0.429	-1.162	0.1732	-8.7566	1.7399
15	13.91497	1.498	6.122	0.763	-0.031	-0.399	0.1732	3.6133	-0.7425
15	27.82994	1.498	6.122	-0.141	-0.145	0.248	0.1732	1.9985	0.9838
16	0	1.498	6.122	1.846	1.937	-7.74E-15	3.27E-13	-9.40E-14	12.3435
16	13.91497	1.498	6.122	-0.48	0.384	-7.63E-15	3.27E-13	1.32E-14	-5.3194
16	27.82994	1.498	6.122	-1.365	-0.548	-7.54E-15	3.27E-13	1.18E-13	-0.242

Πίνακας 14: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται στους κόμβους με γωνιά μετάδοσης (135°)

Frame	Joint	H	T	F1	F2	F3	M1	M2	M3
		<i>m</i>	<i>s</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>
13	20	3.601	9.493	6.836	-1.479	-16.956	29.6507	27.1185	10.8813
13	21	3.601	9.493	0.701	-0.881	-0.149	6.6055	8.08	1.7424
14	22	3.601	9.493	7.441	-7.441	-23.799	25.2962	25.2962	-3.39E-13
14	23	3.601	9.493	-1.093	1.093	8.231	10.4204	10.4204	2.79E-12
15	24	3.601	9.493	1.479	-6.836	-16.956	27.1185	29.6507	-10.8813

15	25	3.601	9.493	0.881	-0.701	-0.149	8.08	6.6055	-1.7424
16	26	3.601	9.493	2.722	-2.722	-10.666	31.1276	31.1276	-1.65E-12
16	27	3.601	9.493	-0.489	0.489	-7.934	7.2231	7.2231	1.40E-12
13	20	1.498	6.122	3.341	1.697	-16.027	7.2078	4.7472	2.2905
13	21	1.498	6.122	0.1	-0.251	-0.172	0.705	2.0963	0.3164
14	22	1.498	6.122	3.197	-3.197	-17.606	2.7463	2.7463	-7.06E-14
14	23	1.498	6.122	-0.493	0.493	1.802	3.5452	3.5452	5.77E-13
15	24	1.498	6.122	-1.697	-3.341	-16.027	4.7472	7.2078	-2.2905
15	25	1.498	6.122	0.251	-0.1	-0.172	2.0963	0.705	-0.3164
16	26	1.498	6.122	-1.224	1.224	-14.92	8.7281	8.7281	-3.40E-13
16	27	1.498	6.122	0.142	-0.142	-1.457	0.1711	0.1711	2.89E-13

Πίνακας 15: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται κατά μήκος των πασσάλων με γωνιά μετάδοσης (180°)

Frame	Station	H	T	P	V2	V3	T	M2	M3
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>
13	0	1.572	5.568	4.754	-0.287	0.586	-0.2538	5.4241	-4.5333
13	13.91497	1.572	5.568	2.428	-0.393	0.333	-0.2538	-1.9018	1.6314
13	27.82994	1.572	5.568	1.532	-0.103	0.022	-0.2538	-3.0963	3.9198
14	0	1.572	5.568	4.754	-0.287	-0.586	0.2538	-5.4241	-4.5333
14	13.91497	1.572	5.568	2.428	-0.393	-0.333	0.2538	1.9018	1.6314
14	27.82994	1.572	5.568	1.532	-0.103	-0.022	0.2538	3.0963	3.9198
15	0	1.572	5.568	1.843	1.73	-1.24	0.044	-8.9289	11.0925
15	13.91497	1.572	5.568	-0.483	0.351	-0.369	0.044	3.8502	-4.8159
15	27.82994	1.572	5.568	-1.379	-0.51	0.333	0.044	1.1925	-0.1138
16	0	1.572	5.568	1.843	1.73	1.24	-0.044	8.9289	11.0925
16	13.91497	1.572	5.568	-0.483	0.351	0.369	-0.044	-3.8502	-4.8159
16	27.82994	1.572	5.568	-1.379	-0.51	-0.333	-0.044	-1.1925	-0.1138
13	0	1.515	5.191	4.774	-0.283	0.546	-0.2773	5.1893	-4.5244
13	13.91497	1.515	5.191	2.449	-0.396	0.331	-0.2773	-1.7272	1.5922
13	27.82994	1.515	5.191	1.561	-0.121	0.063	-0.2773	-3.3584	4.0869
14	0	1.515	5.191	4.774	-0.283	-0.546	0.2773	-5.1893	-4.5244
14	13.91497	1.515	5.191	2.449	-0.396	-0.331	0.2773	1.7272	1.5922
14	27.82994	1.515	5.191	1.561	-0.121	-0.063	0.2773	3.3584	4.0869
15	0	1.515	5.191	1.82	1.784	-1.29	0.0245	-9.3067	11.4925
15	13.91497	1.515	5.191	-0.505	0.362	-0.381	0.0245	4.073	-5.052
15	27.82994	1.515	5.191	-1.394	-0.547	0.366	0.0245	1.0654	0.054
16	0	1.515	5.191	1.82	1.784	1.29	-0.0245	9.3067	11.4925
16	13.91497	1.515	5.191	-0.505	0.362	0.381	-0.0245	-4.073	-5.052

16	27.82994	1.515	5.191	-1.394	-0.547	-0.366	-0.0245	-1.0654	0.054
----	----------	-------	-------	--------	--------	--------	---------	---------	-------

Πίνακας 16: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται στους κόμβους με γωνιά μετάδοσης (180°)

Frame	Joint	H	T	F1	F2	F3	M1	M2	M3
		<i>m</i>	<i>s</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>
13	20	1.572	5.568	3.679	2.85	-17.291	0.472	6.8831	1.561
13	21	1.572	5.568	-0.349	-0.317	1.461	-0.6041	4.9394	0.5043
14	22	1.572	5.568	3.679	-2.85	-17.291	-0.472	6.8831	-1.561
14	23	1.572	5.568	-0.349	0.317	1.461	0.6041	4.9394	-0.5043
15	24	1.572	5.568	-0.505	-2.258	-14.956	-1.7257	13.9615	-2.207
15	25	1.572	5.568	0.349	-0.122	-1.461	0.7451	0.9061	-0.2464
16	26	1.572	5.568	-0.505	2.258	-14.956	1.7257	13.9615	2.207
16	27	1.572	5.568	0.349	0.122	-1.461	-0.7451	0.9061	0.2464
13	20	1.515	5.191	3.639	2.867	-17.246	0.3132	6.7117	1.5269
13	21	1.515	5.191	-0.395	-0.306	1.485	-0.5385	5.2413	0.545
14	22	1.515	5.191	3.639	-2.867	-17.246	-0.3132	6.7117	-1.5269
14	23	1.515	5.191	-0.395	0.306	1.485	0.5385	5.2413	-0.545
15	24	1.515	5.191	-0.417	-2.24	-14.881	-1.746	14.5068	-2.2797
15	25	1.515	5.191	0.395	-0.122	-1.485	0.7732	0.6969	-0.2345
16	26	1.515	5.191	-0.417	2.24	-14.881	1.746	14.5068	2.2797
16	27	1.515	5.191	0.395	0.122	-1.485	-0.7732	0.6969	0.2345

Πίνακας 17: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται κατά μήκος των πασσάλων με γωνιά μετάδοσης (90°)

Frame	Station	H	T	P	V2	V3	T	M2	M3
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>
13	0	2.08	7.215	1.359	2.06	1.57	-0.1343	11.1842	13.3921
13	13.91497	2.08	7.215	-0.967	0.466	0.475	-0.1343	-4.5726	-5.5546
13	27.82994	2.08	7.215	-1.913	-0.521	-0.347	-0.1343	-2.1724	-1.1883
14	0	2.08	7.215	5.318	-0.693	1.058	-0.2714	8.6961	-7.4227
14	13.91497	2.08	7.215	2.993	-0.52	0.467	-0.2714	-3.3031	2.7899
14	27.82994	2.08	7.215	2.046	-0.011	-0.118	-0.2714	-3.4161	4.5066
15	0	2.08	7.215	5.318	-0.693	-1.058	0.2714	-8.6961	-7.4227
15	13.91497	2.08	7.215	2.993	-0.52	-0.467	0.2714	3.3031	2.7899
15	27.82994	2.08	7.215	2.046	-0.011	0.118	0.2714	3.4161	4.5066
16	0	2.08	7.215	1.359	2.06	-1.57	0.1343	-11.1842	13.3921

16	13.91497	2.08	7.215	-0.967	0.466	-0.475	0.1343	4.5726	-5.5546
16	27.82994	2.08	7.215	-1.913	-0.521	0.347	0.1343	2.1724	-1.1883
13	0	1.118	4.248	2.431	1.491	0.988	0.0906	6.888	9.0777
13	13.91497	1.118	4.248	0.105	0.214	0.243	0.0906	-3.2837	-4.2837
13	27.82994	1.118	4.248	-0.738	-0.569	-0.37	0.0906	0.2441	1.5824
14	0	1.118	4.248	4.122	0.221	0.048	-0.2628	1.3333	-0.6275
14	13.91497	1.118	4.248	1.796	-0.223	0.159	-0.2628	0.0336	-0.1801
14	27.82994	1.118	4.248	0.953	-0.292	0.228	-0.2628	-2.9621	3.7331
15	0	1.118	4.248	4.122	0.221	-0.048	0.2628	-1.3333	-0.6275
15	13.91497	1.118	4.248	1.796	-0.223	-0.159	0.2628	-0.0336	-0.1801
15	27.82994	1.118	4.248	0.953	-0.292	-0.228	0.2628	2.9621	3.7331
16	0	1.118	4.248	2.431	1.491	-0.988	-0.0906	-6.888	9.0777
16	13.91497	1.118	4.248	0.105	0.214	-0.243	-0.0906	3.2837	-4.2837
16	27.82994	1.118	4.248	-0.738	-0.569	0.37	-0.0906	-0.2441	1.5824

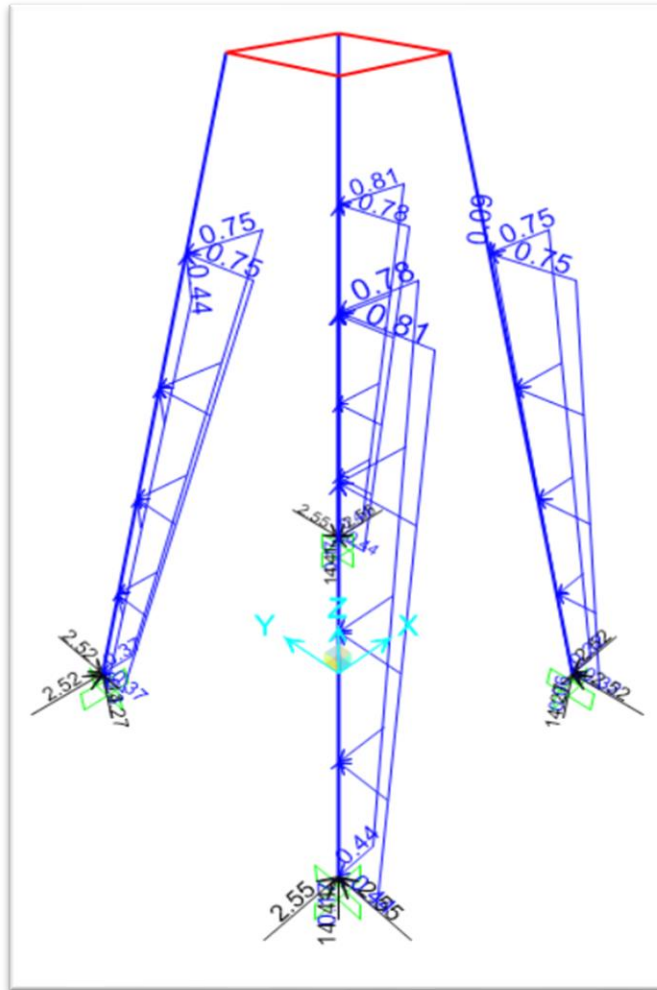
Πίνακας 18: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται στους κόμβους με γωνιά μετάδοσης (90°)

Frame	Joint	H	T	F1	F2	F3	M1	M2	M3
		<i>m</i>	<i>s</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>
13	20	2.08	7.215	2.228	8.30E-03	-14.828	17.1192	-1.82	2.8413
13	21	2.08	7.215	0.216	-0.275	-1.983	2.3536	0.6731	0.3963
14	22	2.08	7.215	2.938	-4.434	-18.002	11.1678	-0.6705	2.3712
14	23	2.08	7.215	-0.442	0.275	1.983	5.5767	0.7966	0.5648
15	24	2.08	7.215	-2.938	-4.434	-18.002	11.1678	0.6705	-2.3712
15	25	2.08	7.215	0.442	0.275	1.983	5.5767	-0.7966	-0.5648
16	26	2.08	7.215	-2.228	8.30E-03	-14.828	17.1192	1.82	-2.8413
16	27	2.08	7.215	-0.216	-0.275	-1.983	2.3536	-0.6731	-0.3963
13	20	1.118	4.248	2.289	0.892	-15.153	11.1597	-1.6781	1.5817
13	21	1.118	4.248	-1.83E-03	-0.525	-0.854	-1.3019	0.936	0.0288
14	22	1.118	4.248	2.717	-2.786	-16.485	1.3133	-0.4259	0.5782
14	23	1.118	4.248	-0.202	0.525	0.854	4.7168	0.5626	0.463
15	24	1.118	4.248	-2.717	-2.786	-16.485	1.3133	0.4259	-0.5782
15	25	1.118	4.248	0.202	0.525	0.854	4.7168	-0.5626	-0.463
16	26	1.118	4.248	-2.289	0.892	-15.153	11.1597	1.6781	-1.5817
16	27	1.118	4.248	1.83E-03	-0.525	-0.854	-1.3019	-0.936	-0.0288

Από τους πιο πάνω πίνακες συμπεραίνεται πως τα μεγαλύτερα εντατικά μεγέθη προκύπτουν από την επιβολή της κυματικής φόρτισης με χαρακτηριστικά κύματος, ύψος

$H_s=3.601\text{m}$ και περίοδο $T_s=9.493\text{s}$. Τα αποτελέσματα ήταν αναμενόμενα διότι η συγκεκριμένη φόρτιση έχει μεγαλύτερο ύψος κύματος από τις υπόλοιπες και συνάμα η κατασκευή καταπονείται περισσότερο. Οι διάφορες φορτίσεις που περιγράφηκαν δεν δημιουργούν κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα στην κατασκευή, διότι αναπτύσσονται πολύ μικρές δυνάμεις και σε σχέση με τις μεγάλες διατομές που επιλέχθηκαν για τη μοντελοποίηση, δεν επηρεάζεται η στατικότητα του φορέα.

6.3.2.2 Ακραίος κυματισμός



Διάγραμμα 87: Απεικόνιση κυματικών φορτίων που ασκούνται στην κατασκευή κατά x και y διεύθυνση (ακραίος κυματισμός)

Πίνακας 19: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται στους κόμβους με γωνιά μετάδοσης (135°)

Frame	Joint	H	T	F1	F2	F3	M1	M2	M3
		<i>m</i>	<i>s</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>
13	20	5.8	13.1	14.02	-8.355	-17.936	75.8223	73.0415	28.5619
13	21	5.8	13.1	2.038	-2.281	-0.126	19.3647	21.0855	4.8836
14	22	5.8	13.1	16.47	-16.47	-36.204	71.6866	71.6866	-9.12E-13
14	23	5.8	13.1	-2.464	2.464	22.289	25.694	25.694	7.47E-12
15	24	5.8	13.1	8.355	-14.02	-17.936	73.0415	75.8223	-28.5619
15	25	5.8	13.1	2.281	-2.038	-0.126	21.0855	19.3647	-4.8836
16	26	5.8	13.1	11.355	-11.355	-0.184	77.2666	77.2666	-4.39E-12
16	27	5.8	13.1	-1.854	1.854	-22.037	22.507	22.507	3.72E-12

Πίνακας 20: Αποτελέσματα ανάλυσης, δύναμης που ασκούνται κατά μήκος των πασσάλων με γωνιά μετάδοσης (135°)

Frame	Station	H	T	P	V2	V3	T	M2	M3
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>	<i>KN-m</i>
13	0	5.8	13.1	3.52	0.462	15.821	-2.1952	109.0467	1.9663
13	13.91497	5.8	13.1	1.194	-0.019	4.882	-2.1952	-40.2912	-0.8817
13	27.82994	5.8	13.1	-0.081	-0.197	-3.054	-2.1952	-28.9333	1.2168
14	0	5.8	13.1	26.061	-13.822	9.73E-13	3.80E-12	1.15E-11	-101.3801
14	13.91497	5.8	13.1	23.735	-5.076	9.72E-13	3.80E-12	-2.07E-12	36.5287
14	27.82994	5.8	13.1	22.469	2.021	9.71E-13	3.80E-12	-1.56E-11	36.3368
15	0	5.8	13.1	3.52	0.462	-15.821	2.1952	-109.0467	1.9663
15	13.91497	5.8	13.1	1.194	-0.019	-4.882	2.1952	40.2912	-0.8817
15	27.82994	5.8	13.1	-0.081	-0.197	3.054	2.1952	28.9333	1.2168
16	0	5.8	13.1	-18.423	15.624	-1.00E-13	4.22E-12	-1.22E-12	109.2714
16	13.91497	5.8	13.1	-20.749	5.035	-9.92E-14	4.22E-12	1.68E-13	-40.1536
16	27.82994	5.8	13.1	-22.015	-2.797	-9.84E-14	4.22E-12	1.54E-12	-31.8297

Από την ανάλυση του μοντέλου με ακραία κυματική φόρτιση προκύπτουν πολύ μεγαλύτερες δυνάμεις στην κατασκευή σε σχέση με τους απλούς κυματισμούς, αυτό φανερώνεται από τα αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα σε αυτήν την περίπτωση είναι πολλαπλάσια σε αρκετά σημεία σε σύγκριση με αυτά που περιγράφηκαν πιο πάνω με απλούς κυματισμούς. Αυτό οφείλεται στον καθορισμό μεγαλύτερου ύψους κύματος που

κτυπά την κατασκευή, αλλά και πάλι δεν φαίνεται να επηρεάζεται η στατικότητα του φορέα, αφού το μέγεθος των δυνάμεων που αναπτύσσονται είναι σχετικά μικρό και σε αυτήν την περίπτωση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία, παρουσιάστηκε μια ιστορική αναδρομή των υπεράκτιων μεταλλικών κατασκευών, που σχετίζονται με τις εξορύξεις και το εμπόριο πετρελαιοχημικών προϊόντων. Το ενδιαφέρον και η περαιτέρω μελέτη, όπως γίνεται αντιληπτό και από τον τίτλο επικεντρώθηκαν σε μια ειδική κατηγορία θαλάσσιων κατασκευών, τις θαλάσσιες μεταλλικές προβλήτες φορτοεκφόρτωσης εμπορευμάτων.

Σε πρώτη φάση, σκοπός της εργασίας ήταν η κατανόηση της ευρύτερης συμπεριφοράς των προβλήτων αυτών. Μελετώντας τον σχεδιασμό και τη συμπεριφορά τέτοιων κατασκευών και των φορτίων που ασκούνται σε αυτήν. Καθώς και το θεωρητικό υπόβαθρο όσο αφορά το φυσικομαθηματικό κομμάτι για την ανάλυση και μοντελοποίηση της κατασκευής.

Κατά τη μοντελοποίηση στους φορείς της πιο πάνω εργασίας ακολουθήθηκε μια τυποποιημένη διαδικασία. Δηλαδή, σχεδιάστηκε ένας διπλός και τετραπλός πασσαλόδεσμος, οι οποίοι μοντελοποιήθηκαν και αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας χαρακτηριστικά κύματος, H και T με την θεωρία απλών κυματισμών Airy και Stokes 1^{ης} τάξης. Επιπλέον κατά την μοντελοποίηση του τετραπλού πασσαλόδεμου χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός ακραίας κυματικής φόρτισης για σύγκριση αποτελεσμάτων.

Στην εργασία αυτή, η κατασκευή δεν ήταν τόσο ακριβής, όσον αφορά το έδαφος, για τον λόγο αυτό τα μοντέλα πακτώθηκαν στο κάτω μέρος. Σκοπός ήταν να δοθεί έμφαση στα κυματικά φορτία. Ανάλογα από τη διεύθυνση που ασκούνται τα φορτία, επηρεάζονται και τα σχετικά μέρη στη βάση των πασσάλων. Αξίζει να σημειωθεί ότι αριθμητικά η Νότια διεύθυνση ανέμου, δημιουργεί μεγαλύτερες κυματικές φορτίσεις και συνάμα μεγαλύτερα υδροδυναμικά φορτία στην κατασκευή. Επίσης, οι μετατοπίσεις που αφορούν τα απλά αλλά και τα ακραία κυματικά φαινόμενα, έχουν διαφορές της τάξης των 20-30%. Ενώ τα κρίσιμα σημεία αφορούν τα σημεία στο κεφαλόδεσμο.

Το πιο πάνω συμπέρασμα δεν συμβαίνει και με τις ροπές. Αφού και στους διπλούς και τετραπλούς πασσάλους οι ροπές παραμένουν κρίσιμες στη βάση των πασσάλων. Ανάλογα από τη διεύθυνση που ασκούνται τα φορτία, επηρεάζονται και τα σχετικά μέρη στη βάση

των πασσάλων. Εντούτοις, σε τέτοιες περιπτώσεις όπου στα κρίσιμα σημεία δημιουργούνται μεγάλα εντατικά μεγέθη, θα πρέπει να γίνεται καλός σχεδιασμός λεπτομερειών σύνδεσης, που να μπορούν να τα παραλαμβάνουν χωρίς αστοχία. Ακολούθως, μπορεί κάποιος να συμπεράνει πως αριθμητικά οι τιμές είναι ελάχιστες, αυτό οφείλεται στις μεγάλες διατομές που επιλέχθηκαν, οι οποίες αντικατοπτρίζουν πραγματικές κατασκευές.

Η κατασκευή του τερματικού σταθμού στο Βασιλικό, δημιουργήθηκε κυρίως για να μπορεί να γίνει η διαφύλαξη και η χρήση των φυσικών πόρων (κυρίως πετρελαίου), ενώ παράλληλα γίνεται σημαντική ανάπτυξη στην οικονομία της Κύπρου μας. Καταλήγοντας, η κατασκευή αυτή εξυπηρετεί στο μέγιστο το νησί μας, προσδίδοντας του κοινωνική και οικονομική ανάκαμψη.

Προτάσεις για περαιτέρω μελέτη κι ερευνά

- Αναλυτική επίλυση μοντέλων για γραμμικό και μη γραμμικό έδαφος.
- Χρήση επιφανειακών πεπερασμένων στοιχείων για την προσομοίωση των πασσάλων με σκοπό την ανάδειξη επίδρασης του τοπικού λογισμού στη συμπεριφορά για διαφορετικές περιπτώσεις στήριξης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Chakrabarti, S. (1987). *Hydrodynamics of Offshore Structures*. Retrieved 23 January 2020, from
https://books.google.com.cy/books?hl=el&lr=&id=RNGW9CucxQsC&oi=fnd&pg=PP1&dq=offshore+structures&ots=soFYBrn7_W&sig=OB865ZbEacmG63sWfe_uEA-XM_Q&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Dubey, R. (2016). *Dynamics of offshore structures* (pp. 93-94). Valley Cottage, NY: Scitus Academics.
- Gerwick, B. (2007). *Construction of marine and offshore structures* (3rd ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Κουτιτά, Χ. (2015). Διανεμημένες δυνάμεις – Υδροδυναμικές φορτίσεις. Κουτιτά, Χ, Ι. Κρεστενίτης & Θ. Καραμπάς, *Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών* (1st ed., pp. <https://repository.kallipos.gr/bitstream>). Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11419/2093>
- Κουτιτά, Χ. (2015). Ανεμογενείς κυματισμοί. Κουτιτά, Χ, Ι. Κρεστενίτης & Θ. Καραμπάς, *Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών* (1st ed., pp. <https://repository.kallipos.gr/bitstream>). Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11419/2093>
- Kappos, A. (2019). *Dynamic Loading And Design Of Structures* (pp. 186-200). [S.l.]: Crs Press.
- Karimirad, M., Michailides, C., & Nematbakhsh, A. (2018). *Offshore mechanics* (1st ed., pp. 87-91). Croydon: Wiley.
- Keulegan, G.H. και Carpenter, L.H. (1958). *Forces on cylinders and plates in an oscillating fluid* (pp. 423-440). Journal of Research of the National Bureau of Standards.

Morison, J. R., O'Brien, M. P., Johnson, J.W. και Schaaf, S.A. (1950). *The force exerted by surface waves on piles, Petroleum Transactions* (pp.149-154). (American Institute of Mining Engineers).

Offshore Petroleum History - American Oil & Gas Historical Society. (2020). Retrieved 24 March 2020, from <https://aoghs.org/offshore-history/offshore-oil-history/>

Σαμπατακάκη, Κ.(2015). *Ειδικά θέματα σχεδιασμού θαλάσσιων μεταλλικών προβλητών*. (Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2015). Ανακτήθηκε από <http://dspace.lib.ntua.gr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42550/SPECIAL%20DESIGN%20TOPICS%20OF%20MARINE%20STEEL%20JETTIES%20KLEIO%20SAMPATAKAKI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Χατζηγεωργίου, Ι. (2015). Διανεμημένες Δυνάμεις - Υδροδυναμικές Φορτίσεις. In Ι. Χατζηγεωργίου, *Δυναμική των αγωγών μεταφοράς ρευστών* (1st ed., p. 69). Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11419/506>

Χριστόφορου Γ. Κουτίτα (1998). *Εισαγωγή στην παράκτια τεχνική και τα λιμενικά έργα*, Ζήτη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Κώδικας S2K Μοντέλο εκμάθησης του λογισμικού SAP2000

TABLE: "ACTIVE DEGREES OF FREEDOM"

UX=Yes UY=Yes UZ=Yes RX=Yes RY=Yes RZ=Yes

TABLE: "ANALYSIS OPTIONS"

Solver=Advanced SolverProc=Auto Force32Bit=No StiffCase=None GeomMod=None
HingeOpt="In Elements"

TABLE: "AUTO WAVE 1 - GENERAL"

LoadPat=wave WaveChar=Default Current=None MarineGrow=None DICoeff="API Default"
WaveWind=None BuoyLoad=Yes LoadDisc=1.5 InitCrestX=0 InitCrestY=0 NumPos=1 DirAngle=0
VertDatum=30 MLFromDatum=-30 HTFromDatum=0 WWtDensity=10

TABLE: "AUTO WAVE 3 - WAVE CHARACTERISTICS - GENERAL"

WaveChar=Default WaveType="From Theory" KinFactor=1 SWaterDepth=30 WaveHeight=6
WavePeriod=10 WaveTheory=Linear

TABLE: "CASE - MODAL 1 - GENERAL"

Case=MODAL ModeType=Eigen MaxNumModes=12 MinNumModes=1 EigenShift=0
EigenCutoff=0 EigenTol=1E-09 AutoShift=Yes

TABLE: "CASE - MULTISTEP STATIC 1 - LOAD ASSIGNMENTS"

Case=wave LoadType="Load pattern" LoadName=wave LoadSF=1

TABLE: "CASE - STATIC 1 - LOAD ASSIGNMENTS"

Case=DEAD LoadType="Load pattern" LoadName=DEAD LoadSF=1

TABLE: "CONNECTIVITY - FRAME"

Frame=1 JointI=1 JointJ=2 IsCurved=No GUID=76333c21-3da8-4881-965f-f2233a039afd

TABLE: "COORDINATE SYSTEMS"

Name=GLOBAL Type=Cartesian X=0 Y=0 Z=0 AboutZ=0 AboutY=0 AboutX=0

TABLE: "DATABASE DOCUMENTATION"

TABLE: "DATABASE FORMAT TYPES"

UnitsCurr=Yes OverrideE=No

TABLE: "FRAME AUTO MESH ASSIGNMENTS"

Frame=1 AutoMesh=Yes AtJoints=Yes AtFrames=No NumSegments=0 MaxLength=0
MaxDegrees=0

TABLE: "FRAME DESIGN PROCEDURES"

Frame=1 DesignProc="From Material"

TABLE: "FRAME LOAD TRANSFER OPTIONS"

Frame=1 Transfer=Yes

TABLE: "FRAME OUTPUT STATION ASSIGNMENTS"

Frame=1 StationType=MinNumSta MinNumSta=3 AddAtElmInt=Yes AddAtPtLoad=Yes

TABLE: "FRAME SECTION ASSIGNMENTS"

Frame=1 AutoSelect=N.A. AnalSect=PIPE1 MatProp=Default

TABLE: "FRAME SECTION PROPERTIES 01 - GENERAL"

SectionName=PIPE1 Material=S450 Shape=Circle t3=0.5 Area=0.196349540849362
TorsConst=0.00613592315154256 I33=0.00306796157577128 I22=0.00306796157577128 I23=0
AS2=0.176714586764426 AS3=0.176714586764426 _

S33=0.0122718463030851 S22=0.0122718463030851 Z33=0.020833333333333333
Z22=0.020833333333333333 R33=0.125 R22=0.125 Color=Gray8Dark FromFile=No AMod=1
A2Mod=1 A3Mod=1 JMod=1 I2Mod=1 I3Mod=1 MMod=1 WMod=1 Notes="Added 11 Apr 2020
22:44:07"

TABLE: "FRAME SECTION PROPERTIES 13 - TIME DEPENDENT"

SectionName=PIPE1 TypeSize=Auto AutoSFSize=1

TABLE: "FUNCTION - PLOT FUNCTIONS"

PlotFunc="Input Energy" Type=Energy Component=Input Mode=All

TABLE: "FUNCTION - POWER SPECTRAL DENSITY - USER"

Name=UNIFPSD Frequency=0 Value=1

Name=UNIFPSD Frequency=1 Value=1

TABLE: "FUNCTION - RESPONSE SPECTRUM - USER"

Name=UNIFRS Period=0 Accel=1 FuncDamp=0.05

Name=UNIFRS Period=1 Accel=1

TABLE: "FUNCTION - STEADY STATE - USER"

Name=UNIFSS Frequency=0 Value=1

Name=UNIFSS Frequency=1 Value=1

TABLE: "FUNCTION - TIME HISTORY - USER"

Name=RAMPTH Time=0 Value=0

Name=RAMPTH Time=1 Value=1

Name=RAMPTH Time=4 Value=1

Name=UNIFTH Time=0 Value=1

Name=UNIFTH Time=1 Value=1

TABLE: "GRID LINES"

CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=A XRYZCoord=0 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End AllVisible=Yes BubbleSize=5.125

CoordSys=GLOBAL AxisDir=Y GridID=1 XRYZCoord=0 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=Start

CoordSys=GLOBAL AxisDir=Z GridID=Z1 XRYZCoord=0 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End

CoordSys=GLOBAL AxisDir=Z GridID=Z2 XRYZCoord=60 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End

TABLE: "GROUPS 1 - DEFINITIONS"

GroupName=ALL Selection=Yes SectionCut=Yes Steel=Yes Concrete=Yes Aluminum=Yes
ColdFormed=Yes Stage=Yes Bridge=Yes AutoSeismic=No AutoWind=No SelDesSteel=No
SelDesAlum=No SelDesCold=No MassWeight=Yes Color=Red

TABLE: "JOINT COORDINATES"

Joint=1 CoordSys=GLOBAL CoordType=Cartesian XorR=0 Y=0 Z=0 SpecialJt=No
GUID=6c5700d3-a21c-4069-8b3a-5507aaf9f885

Joint=2 CoordSys=GLOBAL CoordType=Cartesian XorR=0 Y=0 Z=60 SpecialJt=No
GUID=fdab2f11-9d34-4c1a-824d-b85c8a880932

TABLE: "JOINT PATTERN DEFINITIONS"

Pattern=Default

TABLE: "JOINT RESTRAINT ASSIGNMENTS"

Joint=1 U1=Yes U2=Yes U3=Yes R1=Yes R2=Yes R3=Yes

TABLE: "LOAD CASE DEFINITIONS"

Case=DEAD Type=LinStatic InitialCond=Zero DesTypeOpt="Prog Det" DesignType=Dead
DesActOpt="Prog Det" DesignAct=Non-Composite AutoType=None RunCase=Yes GUID=a7b7cad2-
8dc5-41cf-9c1e-3f34b4418044

Case=MODAL Type=LinModal InitialCond=Zero DesTypeOpt="Prog Det" DesignType=Other
DesActOpt="Prog Det" DesignAct=Other AutoType=None RunCase=Yes GUID=d42b65bb-7d26-
425f-83fb-315a66aeed8

Case=wave Type=LinMSSStat InitialCond=Zero DesTypeOpt="Prog Det" DesignType=Wave
DesActOpt="Prog Det" DesignAct="Short-Term Composite" AutoType=None RunCase=Yes
GUID=397000b9-58dd-4813-ad8e-444e70bfadfb

TABLE: "LOAD PATTERN DEFINITIONS"

LoadPat=DEAD DesignType=Dead SelfWtMult=1 GUID=063b0430-14cf-451b-8c20-71de32b18d10

LoadPat=wave DesignType=Wave SelfWtMult=0 AutoLoad="API RP2A-WSD2000"
GUID=89d6edee-cfe8-40ad-ad32-5c25cc5c6fbe Notes="Added 11 Apr 2020 22:56:02"

TABLE: "MASS SOURCE"

MassSource=MSSSRC1 Elements=Yes Masses=Yes Loads=No IsDefault=Yes

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 01 - GENERAL"

Material=4000Psi Type=Concrete Grade="f'c 4000 psi" SymType=Isotropic TempDepend=No
Color=Magenta GUID=b14afb8c-db21-4f8f-92de-c206470c016f Notes="Customary f'c 4000 psi 11 Apr
2020 22:43:22"

Material=A416Gr270 Type=Tendon Grade="Grade 270" SymType=Uniaxial TempDepend=No
Color=Red GUID=2fdc76b0-b01f-4672-812f-e0ef95f80c22 Notes="ASTM A416 Grade 270 13 Apr 2020
01:33:46"

Material=A615Gr60 Type=Rebar Grade="Grade 60" SymType=Uniaxial TempDepend=No
Color=Yellow GUID=7be4fbd7-7db9-4505-b496-765f759b80dc Notes="ASTM A615 Grade 60 13 Apr
2020 01:33:46"

Material=A992Fy50 Type=Steel Grade="Grade 50" SymType=Isotropic TempDepend=No
Color=Red Notes="ASTM A992 Grade 50 11 Apr 2020 22:43:22"

Material=S450 Type=Steel Grade=S450 SymType=Isotropic TempDepend=No Color=Blue
GUID=a7f2b753-06e4-4055-ac9d-cf841813da26 Notes="Europe EN 1993-1-1 per EN 10025-2 S450 added
11 Apr 2020 22:43:57"

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 02 - BASIC MECHANICAL PROPERTIES"

Material=4000Psi UnitWeight=23.5631216161854 UnitMass=2.40276960558926
E1=24855578.0600518 G12=10356490.8583549 U12=0.2 A1=9.89999952793124E-06

Material=A416Gr270 UnitWeight=76.9728639422648 UnitMass=7.84904737995992
E1=196500599.8512 A1=1.16999994421006E-05

Material=A615Gr60 UnitWeight=76.9728639422648 UnitMass=7.84904737995992
E1=199947978.795958 A1=1.16999994421006E-05

Material=A992Fy50 UnitWeight=76.9728639422648 UnitMass=7.84904737995992
E1=199947978.795958 G12=76903068.767676 U12=0.3 A1=1.16999994421006E-05

Material=S450 UnitWeight=76.9728639422648 UnitMass=7.84904737995992 E1=210000000
G12=80769230.7692308 U12=0.3 A1=1.17E-05

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 03A - STEEL DATA"

Material=A992Fy50 Fy=344737.894475789 Fu=448159.262818526 EffFy=379211.683923368
EffFu=492975.189100378 SSCurveOpt=Simple SSHysType=Kinematic SHard=0.015 SMax=0.11
SRup=0.17 FinalSlope=-0.1

Material=S450 Fy=440000 Fu=550000 EffFy=484000 EffFu=605000 SSCurveOpt=Simple
SSHysType=Kinematic SHard=0.015 SMax=0.11 SRup=0.17 FinalSlope=-0.1

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 03B - CONCRETE DATA"

Material=4000Psi Fc=27579.0315580631 eFc=27579.0315580631 LtWtConc=No
SSCurveOpt=Mander SSHysType=Takeda SFC=0.00221914 SCap=0.005 FinalSlope=-0.1 FAngle=0
DAngle=0

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 03E - REBAR DATA"

Material=A615Gr60 Fy=413685.473370947 Fu=620528.21005642 EffFy=455054.020708041
EffFu=682581.031062062 SSCurveOpt=Simple SSHysType=Kinematic SHard=0.01 SCap=0.09
FinalSlope=-0.1 UseCTDef=No

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 03F - TENDON DATA"

Material=A416Gr270 Fy=1689905.15872032 Fu=1861584.63016926 SSCurveOpt="270 ksi"
SSHysType=Kinematic FinalSlope=-0.1

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 06 - DAMPING PARAMETERS"

Material=4000Psi ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0
Material=A416Gr270 ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0
Material=A615Gr60 ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0
Material=A992Fy50 ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0
Material=S450 ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0

TABLE: "OPTIONS - COLORS - DISPLAY"

DeviceType=Screen Points=Blue LinesFrame=Blue LinesFrmDL=Blue LinesCable=Green
LinesTendon=Green SpringLinks=Green Restraints=Green Releases=Green Axes=Cyan Text=Black
ShadowLines=Gray8Dark GuideLines=Gray8Dark _

Highlight=Red Selection=10504778 AreaFillBot=Red AreaFillTop=16744703 AreaFillSd=Red
AreaEdge=DarkRed SolidF1=Red SolidF2=Blue SolidF3=Green SolidF4=Yellow SolidF5=White
SolidF6=Cyan SolidEdge=DarkRed _

Floor=Gray4 Background=White BGLowLeft=White BGLowRight=White BGUpRight=White
Darkness=0.5

DeviceType=Printer Points=Gray8Dark LinesFrame=Black LinesFrmDL=Gray4 LinesCable=Black
LinesTendon=Black SpringLinks=Gray8Dark Restraints=Gray8Dark Releases=Gray4 Axes=Black
Text=Black ShadowLines=Gray4 _

GuideLines=Gray4 Highlight=Black Selection=Black AreaFillBot=Gray4 AreaFillTop=Gray8Dark
AreaFillSd=Gray4 AreaEdge=Black SolidF1=Gray1Light SolidF2=Gray2 SolidF3=Gray3
SolidF4=Gray4 SolidF5=Gray5 _

SolidF6=Gray6 SolidEdge=Black Floor=Gray4 Background=White BGLowLeft=White
BGLowRight=White BGUpRight=White Darkness=0.5

DeviceType="Color Printer" Points=Blue LinesFrame=Blue LinesFrmDL=Blue LinesCable=Green
LinesTendon=Green SpringLinks=Green Restraints=Green Releases=Green Axes=Cyan Text=Black
ShadowLines=Gray8Dark _

GuideLines=Gray8Dark Highlight=Red Selection=10504778 AreaFillBot=Red
AreaFillTop=16744703 AreaFillSd=Red AreaEdge=DarkRed SolidF1=Red SolidF2=Blue
SolidF3=Green SolidF4=Yellow SolidF5=White SolidF6=Cyan _

SolidEdge=DarkRed Floor=Gray4 Background=White BGLowLeft=White BGLowRight=White
BGUpRight=White Darkness=0.5

TABLE: "OPTIONS - COLORS - OUTPUT"

DeviceType=Screen Contour1=13107400 Contour2=6553828 Contour3=Red Contour4=16639
Contour5=Orange Contour6=43775 Contour7=54527 Contour8=Yellow Contour9=65408
Contour10=Green Contour11=8453888 Contour12=Cyan _

Contour13=16755200 Contour14=16733440 Contour15=Blue Transpare=0.5 Ratio1=Cyan
Ratio2=Green Ratio3=Yellow Ratio4=Orange Ratio5=Red RatioNotD=Gray4 RatioNotC=Red
RatioVal1=0.5 RatioVal2=0.7 RatioVal3=0.9 _

RatioVal4=1 DFillPos=Blue DFillNeg=Red DFillRPos=Green DFillRNeg=Green

DeviceType=Printer Contour1=Black Contour2=3158064 Contour3=4210752 Contour4=5263440
Contour5=6316128 Contour6=7368816 Contour7=Gray8Dark Contour8=Gray7 Contour9=Gray6
Contour10=Gray5 Contour11=Gray4 _

Contour12=Gray3 Contour13=Gray2 Contour14=Gray1Light Contour15=White Transpare=0
Ratio1=Gray2 Ratio2=Gray4 Ratio3=Gray8Dark Ratio4=4210752 Ratio5=Black RatioNotD=Gray4
RatioNotC=Black RatioVal1=0.5 _

RatioVal2=0.7 RatioVal3=0.9 RatioVal4=1 DFillPos=Gray8Dark DFillNeg=Gray8Dark
DFillRPos=4210752 DFillRNeg=4210752

DeviceType="Color Printer" Contour1=13107400 Contour2=6553828 Contour3=Red
Contour4=16639 Contour5=Orange Contour6=43775 Contour7=54527 Contour8=Yellow
Contour9=65408 Contour10=Green Contour11=8453888 _

Contour12=Cyan Contour13=16755200 Contour14=16733440 Contour15=Blue Transpare=0
Ratio1=Cyan Ratio2=Green Ratio3=Yellow Ratio4=Orange Ratio5=Red RatioNotD=Gray4
RatioNotC=Red RatioVal1=0.5 RatioVal2=0.7 _

RatioVal3=0.9 RatioVal4=1 DFillPos=Blue DFillNeg=Red DFillRPos=Green DFillRNeg=Green

TABLE: "OVERWRITES - AUTO WAVE LOADS - FRAME"

Frame=1 LoadByWave=Yes LoadDisc=60 MarineGrow=0 DimForce2=0.3 DimForce3=0.3
DragCoeff=1.2 InerCoeff=1.6 Flooded=No LoadByWind=No ShapeCoeff=-1 IceThick=0
ShieldFact=-1

TABLE: "OVERWRITES - STEEL DESIGN - AISC 360-10"

Frame=1 DesignSect="Program Determined" FrameType="Program Determined" Fy=0 RLLF=0
AreaRatio=0 XLMajor=0 XLMinor=0 XLLTB=0 K1Major=0 K1Minor=0 K2Major=0 K2Minor=0
KLTB=0 CmMajor=0 CmMinor=0 Cb=0 _

B1Major=0 B1Minor=0 B2Major=0 B2Minor=0 HSSReduceT="Program Determined"
HSSWelding="Program Determined" Omega0=0 Ry=0 Pnc=0 Pnt=0 Mn3=0 Mn2=0 Vn2=0 Vn3=0
CheckDefl="Program Determined" _

DeflType="Program Determined" DLRat=0 SDLAndLLRat=0 LLRat=0 TotalRat=0 NetRat=0
DLAbs=0 SDLAndLLAbs=0 LLAbs=0 TotalAbs=0 NetAbs=0 SpecCamber=0 DCLimit=0

TABLE: "PREFERENCES - ALUMINUM DESIGN - AA-ASD 2000"

THDesign=Envelopes FrameType="Moment Frame" SRatioLimit=1 MaxIter=1
LatFact=1.33333333333333 UseLatFact=No Bridge=No

TABLE: "PREFERENCES - COLD FORMED DESIGN - AISI-ASD96"

THDesign=Envelopes FrameType="Braced Frame" SRatioLimit=1 MaxIter=1 OmegaBS=1.67
OmegaBUS=1.67 OmegaBLTB=1.67 OmegaVS=1.67 OmegaVNS=1.5 OmegaT=1.67 OmegaC=1.8

TABLE: "PREFERENCES - CONCRETE DESIGN - ACI 318-14"

THDesign=Envelopes NumCurves=24 NumPoints=11 MinEccen=Yes PatLLF=0.75 UFLimit=0.95
SeisCat=D Rho=1 Sds=0.5 PhiT=0.9 PhiCTied=0.65 PhiCSpiral=0.75 PhiV=0.75 PhiVSeismic=0.6
PhiVJoint=0.85

TABLE: "PREFERENCES - DIMENSIONAL"

MergeTol=0.001 FineGrid=0.25 Nudge=0.25 SelectTol=3 SnapTol=12 SLineThick=2
PLineThick=4 MaxFont=8 MinFont=3 AutoZoom=10 ShrinkFact=70 TextFileLen=240

TABLE: "PREFERENCES - STEEL DESIGN - AISC 360-10"

THDesign=Envelopes FrameType=SMF PatLLF=0.75 SRatioLimit=0.95 MaxIter=1 SDC=D
SeisCode=Yes SeisLoad=Yes ImpFactor=1 SystemRho=1 SystemSds=0.5 SystemR=8 SystemCd=5.5
Omega0=3 Provision=LRFD _

AMethod="Direct Analysis" SOMethod="General 2nd Order" SRMethod="Tau-b Fixed"
NLCoeff=0.002 PhiB=0.9 PhiC=0.9 PhiTY=0.9 PhiTF=0.75 PhiV=0.9 PhiVRolledI=1 PhiVT=0.9
PlugWeld=Yes HSSWelding=ERW HSSReduceT=No _

CheckDefl=No DLRat=120 SDLAndLLRat=120 LLRat=360 TotalRat=240 NetRat=240

TABLE: "PROGRAM CONTROL"

ProgramName=SAP2000 Version=21.2.0 CurrUnits="KN, m, C" SteelCode="AISC 360-10"
ConcCode="ACI 318-14" AlumCode="AA-ASD 2000" ColdCode=AISI-ASD96 RegenHinge=Yes

TABLE: "PROJECT INFORMATION"

Item="Company Name"

Item="Client Name"

Item="Project Name"

Item="Project Number"

Item="Model Name"

Item="Model Description"

Item="Revision Number"

Item="Frame Type"

Item=Engineer

Item=Checker

Item=Supervisor

Item="Issue Code"

Item="Design Code"

TABLE: "REBAR SIZES"

RebarID=#2 Area=3.2258E-05 Diameter=0.00635

RebarID=#3 Area=7.09675996154547E-05 Diameter=0.009525

RebarID=#4 Area=0.000129032001922727 Diameter=0.0127

RebarID=#5 Area=0.000199999601538181 Diameter=0.015875

RebarID=#6 Area=0.000283870398461819 Diameter=0.01905

RebarID=#7 Area=0.000387096015381813 Diameter=0.022225

RebarID=#8 Area=0.000509676413843632 Diameter=0.0254

RebarID=#9 Area=0.00064516 Diameter=0.0286512005329132

RebarID=#10 Area=0.00081935318769455 Diameter=0.0322579995155334

RebarID=#11 Area=0.00100644956308365 Diameter=0.0358139991521835

RebarID=#14 Area=0.00145161 Diameter=0.0430021989583969
RebarID=#18 Area=0.00258064 Diameter=0.0573277992248535
RebarID=10M Area=0.00010000002655387 Diameter=0.011300000667572
RebarID=15M Area=0.000200000005310774 Diameter=0.0159999999403954
RebarID=20M Area=0.000300000017579794 Diameter=0.0194999997854233
RebarID=25M Area=0.000500000022890568 Diameter=0.0252000016093254
RebarID=30M Area=0.000700000008974075 Diameter=0.0299000008821487
RebarID=35M Area=0.00100000004578114 Diameter=0.0357000011444092
RebarID=45M Area=0.00150000010712624 Diameter=0.0437000003576279
RebarID=55M Area=0.00250000007599831 Diameter=0.0564000033855438
RebarID=6d Area=2.83000004149973E-05 Diameter=0.006000000166893
RebarID=8d Area=5.02999995571375E-05 Diameter=0.0079999997019768
RebarID=10d Area=7.85000013634562E-05 Diameter=0.00999999977350235
RebarID=12d Area=0.000113000009249449 Diameter=0.012000000333786
RebarID=14d Area=0.000154000010818839 Diameter=0.0140000008940697
RebarID=16d Area=0.000201000015431643 Diameter=0.0159999999403954
RebarID=20d Area=0.000314000005453825 Diameter=0.0199999995470047
RebarID=25d Area=0.000491000008711815 Diameter=0.0250000001907349
RebarID=26d Area=0.000531000029001236 Diameter=0.0259999997138977
RebarID=28d Area=0.000616000043275356 Diameter=0.0280000017881393
RebarID=N12 Area=0.000113000009249449 Diameter=0.012000000333786
RebarID=N16 Area=0.000201000015431643 Diameter=0.0159999999403954
RebarID=N20 Area=0.000314000005453825 Diameter=0.0199999995470047
RebarID=N24 Area=0.000452000036997795 Diameter=0.024000000667572
RebarID=N28 Area=0.000616000043275356 Diameter=0.0280000017881393
RebarID=N32 Area=0.00080400006172657 Diameter=0.0319999998807907
RebarID=N36 Area=0.00102000001747131 Diameter=0.036000001001358

TABLE: "SOLID PROPERTY DEFINITIONS"

SolidProp=Solid1 Material=4000Psi MatAngleA=0 MatAngleB=0 MatAngleC=0 InComp=Yes
Color=Magenta

END TABLE DATA

Κώδικας S2K Μοντέλο με 2 πασσάλους στο λογισμικό SAP2000

TABLE: "ACTIVE DEGREES OF FREEDOM"

UX=Yes UY=Yes UZ=Yes RX=Yes RY=Yes RZ=Yes

TABLE: "ANALYSIS OPTIONS"

Solver=Advanced SolverProc=Auto Force32Bit=No StiffCase=None GeomMod=None
HingeOpt="In Elements"

TABLE: "AUTO WAVE 1 - GENERAL"

LoadPat=WAVE WaveChar=5 Current=None MarineGrow=None DICoeff="API Default"
WaveWind=None BuoyLoad=No LoadDisc=2 InitCrestX=0 InitCrestY=0 NumPos=1 DirAngle=90
VertDatum=20 MLFromDatum=-20 HTFromDatum=0 WWtDensity=10.0536

TABLE: "AUTO WAVE 3 - WAVE CHARACTERISTICS - GENERAL"

WaveChar=1 WaveType="From Theory" KinFactor=1 SWaterDepth=20 WaveHeight=3.601
WavePeriod=9.493 WaveTheory=Linear
WaveChar=2 WaveType="From Theory" KinFactor=1 SWaterDepth=20 WaveHeight=1.498
WavePeriod=6.122 WaveTheory=Linear
WaveChar=3 WaveType="From Theory" KinFactor=1 SWaterDepth=20 WaveHeight=1.572
WavePeriod=5.568 WaveTheory=Linear
WaveChar=4 WaveType="From Theory" KinFactor=1 SWaterDepth=20 WaveHeight=1.515
WavePeriod=5.191 WaveTheory=Linear
WaveChar=5 WaveType="From Theory" KinFactor=1 SWaterDepth=20 WaveHeight=2.08
WavePeriod=7.215 WaveTheory=Linear
WaveChar=6 WaveType="From Theory" KinFactor=1 SWaterDepth=20 WaveHeight=1.118
WavePeriod=4.248 WaveTheory=Linear

TABLE: "CASE - MODAL 1 - GENERAL"

Case=MODAL ModeType=Eigen MaxNumModes=12 MinNumModes=1 EigenShift=0
EigenCutoff=0 EigenTol=1E-09 AutoShift=Yes

TABLE: "CASE - MULTISTEP STATIC 1 - LOAD ASSIGNMENTS"

Case=WAVE LoadType="Load pattern" LoadName=WAVE LoadSF=1

TABLE: "CASE - STATIC 1 - LOAD ASSIGNMENTS"

Case=DEAD LoadType="Load pattern" LoadName=DEAD LoadSF=1

TABLE: "CONNECTIVITY - FRAME"

Frame=14 JointI=26 JointJ=27 IsCurved=No GUID=785c5a8e-078d-4bbc-8a25-22b2220430bc
Frame=15 JointI=28 JointJ=29 IsCurved=No GUID=a42e7aea-1fa-41a7-9f9e-a88a53453a35
Frame=17 JointI=32 JointJ=33 IsCurved=No GUID=75a40191-123b-4ee6-80a2-6e0f2f67ea13

TABLE: "COORDINATE SYSTEMS"

Name=GLOBAL Type=Cartesian X=0 Y=0 Z=0 AboutZ=0 AboutY=0 AboutX=0

TABLE: "DATABASE DOCUMENTATION"

TABLE: "DATABASE FORMAT TYPES"

UnitsCurr=Yes OverrideE=No

TABLE: "FRAME AUTO MESH ASSIGNMENTS"

Frame=14 AutoMesh=Yes AtJoints=Yes AtFrames=No NumSegments=0 MaxLength=0
MaxDegrees=0

Frame=15 AutoMesh=Yes AtJoints=Yes AtFrames=No NumSegments=0 MaxLength=0
MaxDegrees=0

Frame=17 AutoMesh=Yes AtJoints=Yes AtFrames=No NumSegments=0 MaxLength=0
MaxDegrees=0

TABLE: "FRAME DESIGN PROCEDURES"

Frame=14 DesignProc="From Material"

Frame=15 DesignProc="From Material"

Frame=17 DesignProc="From Material"

TABLE: "FRAME LOAD TRANSFER OPTIONS"

Frame=14 Transfer=Yes

Frame=15 Transfer=Yes

Frame=17 Transfer=Yes

TABLE: "FRAME OUTPUT STATION ASSIGNMENTS"

Frame=14 StationType=MinNumSta MinNumSta=3 AddAtElmInt=Yes AddAtPtLoad=Yes

Frame=15 StationType=MinNumSta MinNumSta=3 AddAtElmInt=Yes AddAtPtLoad=Yes

Frame=17 StationType=MaxStaSpchg MaxStaSpchg=0.5 AddAtElmInt=Yes AddAtPtLoad=Yes

TABLE: "FRAME SECTION ASSIGNMENTS"

Frame=14 AutoSelect=N.A. AnalSect=pipe1 MatProp=Default

Frame=15 AutoSelect=N.A. AnalSect=pipe1 MatProp=Default

Frame=17 AutoSelect=N.A. AnalSect=BEAM MatProp=Default

TABLE: "FRAME SECTION PROPERTIES 01 - GENERAL"

SectionName=BEAM Material=C12/15 Shape=Rectangular t3=1.6 t2=2.5 Area=4

TorsConst=2.05631878681941 I33=0.8533333333333333 I22=2.0833333333333333 I23=0

AS2=3.3333333333333333 AS3=3.3333333333333333 S33=1.0666666666666667 _

S22=1.6666666666666667 Z33=1.6 Z22=2.5 R33=0.461880215351701 R22=0.721687836487032

Color=Cyan FromFile=No AMod=1 A2Mod=1 A3Mod=1 JMod=1 I2Mod=1 I3Mod=1

MMod=1 WMod=1 Notes="Added 16 Apr 2020 22:39:11"

SectionName="CONCRETE BEAM" Material=C12/15 Shape=Box/Tube t3=1.6 t2=2.5 tf=0.00635

tw=0.00635 Area=0.05190871 TorsConst=0.0490709080447681 I33=0.0243916616651196

I22=0.0478747038975698 I23=0 AS2=0.02032 _

AS3=0.03175 S33=0.0304895770813995 S22=0.0382997631180558 Z33=0.0332986738457499

Z22=0.04497813359575 R33=0.68548913490791 R22=0.960357499887346 Color=Blue

FromFile=No AMod=1 A2Mod=1 A3Mod=1 JMod=1 I2Mod=1 _

I3Mod=1 MMod=1 WMod=1 Notes="Added 16 Apr 2020 17:35:51"

SectionName=pipe1 Material=S450 Shape=Pipe t3=1.067 tw=0.027 Area=0.0882159217128014

TorsConst=0.0238696625828737 I33=0.0119348312914368 I22=0.0119348312914368 I23=0

AS2=0.04412777562525 AS3=0.04412777562525 _

S33=0.0223708177908844 S22=0.0223708177908844 Z33=0.029209761 Z22=0.029209761
R33=0.367819419008839 R22=0.367819419008839 Color=Red FromFile=No AMod=1 A2Mod=1
A3Mod=1 JMod=1 I2Mod=1 I3Mod=1 MMod=1 _
WMod=1 Notes="Added 15 Apr 2020 22:45:01"

TABLE: "FRAME SECTION PROPERTIES 02 - CONCRETE COLUMN"

SectionName=BEAM RebarMatL=A615Gr60 RebarMatC=A615Gr60 ReinfConfig=Rectangular
LatReinf=Ties Cover=0.04 NumBars3Dir=3 NumBars2Dir=3 BarSizeL=#9 BarSizeC=#4
SpacingC=0.15 NumCBars2=3 NumCBars3=3 ReinfType=Design

TABLE: "FRAME SECTION PROPERTIES 13 - TIME DEPENDENT"

SectionName=BEAM TypeSize=Auto AutoSFSsize=1
SectionName="CONCRETE BEAM" TypeSize=Auto AutoSFSsize=1
SectionName=pipe1 TypeSize=Auto AutoSFSsize=1

TABLE: "FUNCTION - PLOT FUNCTIONS"

PlotFunc="Input Energy" Type=Energy Component=Input Mode=All

TABLE: "FUNCTION - POWER SPECTRAL DENSITY - USER"

Name=UNIFPSD Frequency=0 Value=1
Name=UNIFPSD Frequency=1 Value=1

TABLE: "FUNCTION - RESPONSE SPECTRUM - USER"

Name=UNIFRS Period=0 Accel=1 FuncDamp=0.05
Name=UNIFRS Period=1 Accel=1

TABLE: "FUNCTION - STEADY STATE - USER"

Name=UNIFSS Frequency=0 Value=1
Name=UNIFSS Frequency=1 Value=1

TABLE: "FUNCTION - TIME HISTORY - USER"

Name=RAMPTH Time=0 Value=0
Name=RAMPTH Time=1 Value=1
Name=RAMPTH Time=4 Value=1
Name=UNIFTH Time=0 Value=1
Name=UNIFTH Time=1 Value=1

TABLE: "GRID LINES"

CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=B XRYZCoord=-9.203877551 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End AllVisible=Yes BubbleSize=0.25
CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=C XRYZCoord=-6.75 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=D XRYZCoord=-4.13 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=E XRYZCoord=-3.4 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=F XRYZCoord=-2 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=G XRYZCoord=0 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=H XRYZCoord=2 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=I XRYZCoord=3.4 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End

CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=J XRYZCoord=4.13 LineType=Primary
 LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
 CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=K XRYZCoord=6.75 LineType=Primary
 LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
 CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=L XRYZCoord=9.2039 LineType=Primary
 LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
 CoordSys=GLOBAL AxisDir=Y GridID=1 XRYZCoord=0 LineType=Primary
 LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=Start
 CoordSys=GLOBAL AxisDir=Z GridID=Z1 XRYZCoord=0 LineType=Primary
 LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
 CoordSys=GLOBAL AxisDir=Z GridID=Z3 XRYZCoord=10 LineType=Primary
 LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
 CoordSys=GLOBAL AxisDir=Z GridID=Z4 XRYZCoord=20.5 LineType=Primary
 LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
 CoordSys=GLOBAL AxisDir=Z GridID=Z5 XRYZCoord=29 LineType=Primary
 LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End

TABLE: "GROUPS 1 - DEFINITIONS"

GroupName=ALL Selection=Yes SectionCut=Yes Steel=Yes Concrete=Yes Aluminum=Yes
 ColdFormed=Yes Stage=Yes Bridge=Yes AutoSeismic=No AutoWind=No SelDesSteel=No
 SelDesAlum=No SelDesCold=No MassWeight=Yes Color=Red

TABLE: "JOINT COORDINATES"

Joint=26 CoordSys=GLOBAL CoordType=Cartesian XorR=-9.203877551 Y=0 Z=0
 SpecialJt=No GUID=b15c78c4-7f12-4385-8f89-f8cee49834bd
 Joint=27 CoordSys=GLOBAL CoordType=Cartesian XorR=-2 Y=0 Z=29 SpecialJt=No
 GUID=d5c15d13-4b67-40f6-8510-4faf7e1d32cf
 Joint=28 CoordSys=GLOBAL CoordType=Cartesian XorR=9.2039 Y=0 Z=0 SpecialJt=No
 GUID=5c9910f6-f335-4168-9308-42e77ee6ffd3
 Joint=29 CoordSys=GLOBAL CoordType=Cartesian XorR=2 Y=0 Z=29 SpecialJt=No
 GUID=9f11aa27-1f63-41f5-b805-7ff1db8bd0c9
 Joint=32 CoordSys=GLOBAL CoordType=Cartesian XorR=-3.4 Y=0 Z=29 SpecialJt=No
 GUID=571bb8d5-f8ca-4c18-b1ec-f5158abe04d4
 Joint=33 CoordSys=GLOBAL CoordType=Cartesian XorR=3.4 Y=0 Z=29 SpecialJt=No
 GUID=dd032c34-de89-43bc-ba58-88ab6f68122f

TABLE: "JOINT PATTERN DEFINITIONS"

Pattern=Default

TABLE: "JOINT RESTRAINT ASSIGNMENTS"

Joint=26 U1=Yes U2=Yes U3=Yes R1=Yes R2=Yes R3=Yes
 Joint=28 U1=Yes U2=Yes U3=Yes R1=Yes R2=Yes R3=Yes

TABLE: "LOAD CASE DEFINITIONS"

Case=DEAD Type=LinStatic InitialCond=Zero DesTypeOpt="Prog Det" DesignType=Dead
 DesActOpt="Prog Det" DesignAct=Non-Composite AutoType=None RunCase=Yes
 GUID=672d0b0e-b1d6-41c2-8601-df64331a5daf
 Case=MODAL Type=LinModal InitialCond=Zero DesTypeOpt="Prog Det" DesignType=Other
 DesActOpt="Prog Det" DesignAct=Other AutoType=None RunCase=Yes GUID=1e6fbf94-b610-
 4947-b587-9b907d97a119
 Case=WAVE Type=LinMSStat InitialCond=Zero DesTypeOpt="Prog Det" DesignType=Wave
 DesActOpt="Prog Det" DesignAct="Short-Term Composite" AutoType=None RunCase=Yes
 GUID=3225354e-061b-47aa-ace7-2b0ea2a9fcdd

TABLE: "LOAD PATTERN DEFINITIONS"

LoadPat=DEAD DesignType=Dead SelfWtMult=1 GUID=e304c677-7774-490d-9a33-72308485fc78
LoadPat=WAVE DesignType=Wave SelfWtMult=0 AutoLoad="API RP2A-WSD2000"
GUID=5903c379-6e59-456a-b9fa-05b529b76637 Notes="Added 16 Apr 2020 17:43:08"

TABLE: "MASS SOURCE"

MassSource=MSSSRC1 Elements=Yes Masses=Yes Loads=No IsDefault=Yes

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 01 - GENERAL"

Material=4000Psi Type=Concrete Grade="f'c 4000 psi" SymType=Isotropic TempDepend=No
Color=Magenta GUID=1e0f8148-7b97-499e-a7d5-bd7f71929dda Notes="Customary f'c 4000 psi 15
Apr 2020 22:23:32"

Material=A416Gr270 Type=Tendon Grade="Grade 270" SymType=Uniaxial TempDepend=No
Color=Magenta GUID=4bfe5542-f63f-4fed-8b64-77b6e3eac925 Notes="ASTM A416 Grade 270 16
Apr 2020 15:59:21"

Material=A615Gr60 Type=Rebar Grade="Grade 60" SymType=Uniaxial TempDepend=No
Color=Green GUID=1770b266-4718-4a42-9ee0-4b5c32b0b983 Notes="ASTM A615 Grade 60 15 Apr
2020 22:52:03"

Material=A992Fy50 Type=Steel Grade="Grade 50" SymType=Isotropic TempDepend=No
Color=Red Notes="ASTM A992 Grade 50 15 Apr 2020 22:23:32"

Material=C12/15 Type=Concrete Grade=C12/15 SymType=Isotropic TempDepend=No
Color=Red GUID=a91bfa73-2ce6-4ade-a991-4de4fcd9f87a Notes="Europe EN 1992-1-1 per EN 206-1
C12/15 added 16 Apr 2020 17:40:44"

Material=S450 Type=Steel Grade=S450 SymType=Isotropic TempDepend=No Color=Blue
GUID=431e87de-c939-4854-8b42-d8ead5fd57cb Notes="Europe EN 1993-1-1 per EN 10025-2 S450
added 15 Apr 2020 22:44:51"

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 02 - BASIC MECHANICAL PROPERTIES"

Material=4000Psi UnitWeight=23.5631216161854 UnitMass=2.40276960558926
E1=24855578.0600518 G12=10356490.8583549 U12=0.2 A1=9.89999952793124E-06

Material=A416Gr270 UnitWeight=76.9728639422648 UnitMass=7.84904737995992
E1=196500599.8512 A1=1.16999994421006E-05

Material=A615Gr60 UnitWeight=76.9728639422648 UnitMass=7.84904737995992
E1=199947978.795958 A1=1.16999994421006E-05

Material=A992Fy50 UnitWeight=76.9728639422648 UnitMass=7.84904737995992
E1=199947978.795958 G12=76903068.767676 U12=0.3 A1=1.16999994421006E-05

Material=C12/15 UnitWeight=24.99261766 UnitMass=2.5485377 E1=27000000 G12=11250000
U12=0.2 A1=1E-05

Material=S450 UnitWeight=76.9728639422648 UnitMass=7.84904737995992 E1=210000000
G12=80769230.7692308 U12=0.3 A1=1.17E-05

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 03A - STEEL DATA"

Material=A992Fy50 Fy=344737.894475789 Fu=448159.262818526 EffFy=379211.683923368
EffFu=492975.189100378 SScurveOpt=Simple SSHysType=Kinematic SHard=0.015 SMax=0.11
SRup=0.17 FinalSlope=-0.1

Material=S450 Fy=440000 Fu=550000 EffFy=484000 EffFu=605000 SScurveOpt=Simple
SSHysType=Kinematic SHard=0.015 SMax=0.11 SRup=0.17 FinalSlope=-0.1

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 03B - CONCRETE DATA"

Material=4000Psi Fc=27579.0315580631 eFc=27579.0315580631 LtWtConc=No
SSCurveOpt=Mander SSHysType=Takeda SFC=0.00221914 SCap=0.005 FinalSlope=-0.1 FAngle=0
DAngle=0

Material=C12/15 Fc=12000 eFc=12000 LtWtConc=No SScurveOpt=Mander SSHysType=Takeda
SFC=0.00088889 SCap=0.005 FinalSlope=-0.1 FAngle=0 DAngle=0

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 03E - REBAR DATA"

Material=A615Gr60 Fy=413685.473370947 Fu=620528.21005642 EffFy=455054.020708041
EffFu=682581.031062062 SScurveOpt=Simple SSHysType=Kinematic SHard=0.01 SCap=0.09
FinalSlope=-0.1 UseCTDef=No

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 03F - TENDON DATA"

Material=A416Gr270 Fy=1689905.15872032 Fu=1861584.63016926 SScurveOpt="270 ksi"
SSHysType=Kinematic FinalSlope=-0.1

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 06 - DAMPING PARAMETERS"

Material=4000Psi ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0
Material=A416Gr270 ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0
Material=A615Gr60 ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0
Material=A992Fy50 ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0
Material=C12/15 ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0
Material=S450 ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0

TABLE: "OPTIONS - COLORS - DISPLAY"

DeviceType=Screen Points=Blue LinesFrame=Blue LinesFrmDL=Blue LinesCable=Green
LinesTendon=Green SpringLinks=Green Restraints=Green Releases=Green Axes=Cyan Text=Black
ShadowLines=Gray8Dark GuideLines=Gray8Dark _

Highlight=Red Selection=10504778 AreaFillBot=Red AreaFillTop=16744703 AreaFillSd=Red
AreaEdge=DarkRed SolidF1=Red SolidF2=Blue SolidF3=Green SolidF4=Yellow SolidF5=White
SolidF6=Cyan SolidEdge=DarkRed _

Floor=Gray4 Background=White BGLowLeft=White BGLowRight=White BGUpRight=White
Darkness=0.5

DeviceType=Printer Points=Gray8Dark LinesFrame=Black LinesFrmDL=Gray4 LinesCable=Black
LinesTendon=Black SpringLinks=Gray8Dark Restraints=Gray8Dark Releases=Gray4 Axes=Black
Text=Black ShadowLines=Gray4 _

GuideLines=Gray4 Highlight=Black Selection=Black AreaFillBot=Gray4
AreaFillTop=Gray8Dark AreaFillSd=Gray4 AreaEdge=Black SolidF1=Gray1Light SolidF2=Gray2
SolidF3=Gray3 SolidF4=Gray4 SolidF5=Gray5 _

SolidF6=Gray6 SolidEdge=Black Floor=Gray4 Background=White BGLowLeft=White
BGLowRight=White BGUpRight=White Darkness=0.5

DeviceType="Color Printer" Points=Blue LinesFrame=Blue LinesFrmDL=Blue LinesCable=Green
LinesTendon=Green SpringLinks=Green Restraints=Green Releases=Green Axes=Cyan Text=Black
ShadowLines=Gray8Dark _

GuideLines=Gray8Dark Highlight=Red Selection=10504778 AreaFillBot=Red
AreaFillTop=16744703 AreaFillSd=Red AreaEdge=DarkRed SolidF1=Red SolidF2=Blue
SolidF3=Green SolidF4=Yellow SolidF5=White SolidF6=Cyan _

SolidEdge=DarkRed Floor=Gray4 Background=White BGLowLeft=White BGLowRight=White
BGUpRight=White Darkness=0.5

TABLE: "OPTIONS - COLORS - OUTPUT"

DeviceType=Screen Contour1=13107400 Contour2=6553828 Contour3=Red Contour4=16639
Contour5=Orange Contour6=43775 Contour7=54527 Contour8=Yellow Contour9=65408
Contour10=Green Contour11=8453888 Contour12=Cyan _

Contour13=16755200 Contour14=16733440 Contour15=Blue Transpare=0.5 Ratio1=Cyan
Ratio2=Green Ratio3=Yellow Ratio4=Orange Ratio5=Red RatioNotD=Gray4 RatioNotC=Red
RatioVal1=0.5 RatioVal2=0.7 RatioVal3=0.9 _

RatioVal4=1 DFillPos=Blue DFillNeg=Red DFillRPos=Green DFillRNeg=Green

DeviceType=Printer Contour1=Black Contour2=3158064 Contour3=4210752 Contour4=5263440
 Contour5=6316128 Contour6=7368816 Contour7=Gray8Dark Contour8=Gray7 Contour9=Gray6
 Contour10=Gray5 Contour11=Gray4 _
 Contour12=Gray3 Contour13=Gray2 Contour14=Gray1Light Contour15=White Transpare=0
 Ratio1=Gray2 Ratio2=Gray4 Ratio3=Gray8Dark Ratio4=4210752 Ratio5=Black RatioNotD=Gray4
 RatioNotC=Black RatioVal1=0.5 _
 RatioVal2=0.7 RatioVal3=0.9 RatioVal4=1 DFillPos=Gray8Dark DFillNeg=Gray8Dark
 DFillRPos=4210752 DFillRNeg=4210752
 DeviceType="Color Printer" Contour1=13107400 Contour2=6553828 Contour3=Red
 Contour4=16639 Contour5=Orange Contour6=43775 Contour7=54527 Contour8=Yellow
 Contour9=65408 Contour10=Green Contour11=8453888 _
 Contour12=Cyan Contour13=16755200 Contour14=16733440 Contour15=Blue Transpare=0
 Ratio1=Cyan Ratio2=Green Ratio3=Yellow Ratio4=Orange Ratio5=Red RatioNotD=Gray4
 RatioNotC=Red RatioVal1=0.5 RatioVal2=0.7 _
 RatioVal3=0.9 RatioVal4=1 DFillPos=Blue DFillNeg=Red DFillRPos=Green
 DFillRNeg=Green

TABLE: "OVERWRITES - AUTO WAVE LOADS - FRAME"

Frame=14 LoadByWave=Yes LoadDisc=30 MarineGrow=0 DimForce2=0.3 DimForce3=0.3
 DragCoeff=1.2 InerCoeff=1.6 Flooded=No LoadByWind=No ShapeCoeff=1.5 IceThick=0
 ShieldFact=1
 Frame=15 LoadByWave=Yes LoadDisc=30 MarineGrow=0 DimForce2=0.3 DimForce3=0.3
 DragCoeff=1.2 InerCoeff=1.6 Flooded=No LoadByWind=No ShapeCoeff=1.5 IceThick=0
 ShieldFact=1
 Frame=17 LoadByWave=Yes LoadDisc=30 MarineGrow=0 DimForce2=0.3 DimForce3=0.3
 DragCoeff=1.2 InerCoeff=1.6 Flooded=No LoadByWind=No ShapeCoeff=1.5 IceThick=0
 ShieldFact=1

TABLE: "OVERWRITES - CONCRETE DESIGN - ACI 318-14"

Frame=17 DesignSect="Program Determined" FrameType="Program Determined" RLLF=0
 XLMajor=0 XLMinor=0 XKMajor=0 XKMinor=0 CmMajor=0 CmMinor=0 DnsMajor=0
 DnsMinor=0 DsMajor=0 DsMinor=0

TABLE: "OVERWRITES - STEEL DESIGN - AISC 360-10"

Frame=14 DesignSect="Program Determined" FrameType="Program Determined" Fy=0 RLLF=0
 AreaRatio=0 XLMajor=0 XLMinor=0 XLLTB=0 K1Major=0 K1Minor=0 K2Major=0
 K2Minor=0 KLTB=0 CmMajor=0 CmMinor=0 Cb=0 _
 B1Major=0 B1Minor=0 B2Major=0 B2Minor=0 HSSReduceT="Program Determined"
 HSSWelding="Program Determined" Omega0=0 Ry=0 Pnc=0 Pnt=0 Mn3=0 Mn2=0 Vn2=0
 Vn3=0 CheckDefl="Program Determined" _
 DeflType="Program Determined" DLRat=0 SDLAndLLRat=0 LLRat=0 TotalRat=0 NetRat=0
 DLAbs=0 SDLAndLLAbs=0 LLAbs=0 TotalAbs=0 NetAbs=0 SpecCamber=0 DCLimit=0
 Frame=15 DesignSect="Program Determined" FrameType="Program Determined" Fy=0 RLLF=0
 AreaRatio=0 XLMajor=0 XLMinor=0 XLLTB=0 K1Major=0 K1Minor=0 K2Major=0
 K2Minor=0 KLTB=0 CmMajor=0 CmMinor=0 Cb=0 _
 B1Major=0 B1Minor=0 B2Major=0 B2Minor=0 HSSReduceT="Program Determined"
 HSSWelding="Program Determined" Omega0=0 Ry=0 Pnc=0 Pnt=0 Mn3=0 Mn2=0 Vn2=0
 Vn3=0 CheckDefl="Program Determined" _
 DeflType="Program Determined" DLRat=0 SDLAndLLRat=0 LLRat=0 TotalRat=0 NetRat=0
 DLAbs=0 SDLAndLLAbs=0 LLAbs=0 TotalAbs=0 NetAbs=0 SpecCamber=0 DCLimit=0

TABLE: "PREFERENCES - ALUMINUM DESIGN - AA-ASD 2000"

THDesign=Envelopes FrameType="Moment Frame" SRatioLimit=1 MaxIter=1
 LatFact=1.3333333333333333 UseLatFact=No Bridge=No

TABLE: "PREFERENCES - COLD FORMED DESIGN - AISI-ASD96"

THDesign=Envelopes FrameType="Braced Frame" SRatioLimit=1 MaxIter=1 OmegaBS=1.67
OmegaBUS=1.67 OmegaBLTB=1.67 OmegaVS=1.67 OmegaVNS=1.5 OmegaT=1.67 OmegaC=1.8

TABLE: "PREFERENCES - CONCRETE DESIGN - ACI 318-14"

THDesign=Envelopes NumCurves=24 NumPoints=11 MinEccen=Yes PatLLF=0.75
UFLimit=0.95 SeisCat=D Rho=1 Sds=0.5 PhiT=0.9 PhiCTied=0.65 PhiCSpiral=0.75 PhiV=0.75
PhiVSeismic=0.6 PhiVJoint=0.85

TABLE: "PREFERENCES - DIMENSIONAL"

MergeTol=0.001 FineGrid=0.25 Nudge=0.25 SelectTol=3 SnapTol=12 SLineThick=2
PLineThick=4 MaxFont=8 MinFont=3 AutoZoom=10 ShrinkFact=70 TextFileLen=240

TABLE: "PREFERENCES - STEEL DESIGN - AISC 360-10"

THDesign=Envelopes FrameType=SMF PatLLF=0.75 SRatioLimit=0.95 MaxIter=1 SDC=D
SeisCode=Yes SeisLoad=Yes ImpFactor=1 SystemRho=1 SystemSds=0.5 SystemR=8
SystemCd=5.5 Omega0=3 Provision=LRFD _
AMethod="Direct Analysis" SOMethod="General 2nd Order" SRMethod="Tau-b Fixed"
NLCoeff=0.002 PhiB=0.9 PhiC=0.9 PhiTY=0.9 PhiTF=0.75 PhiV=0.9 PhiVRolledI=1 PhiVT=0.9
PlugWeld=Yes HSSWelding=ERW HSSReduceT=No _
CheckDefl=No DLRat=120 SDLAndLLRat=120 LLRat=360 TotalRat=240 NetRat=240

TABLE: "PROGRAM CONTROL"

ProgramName=SAP2000 Version=21.2.0 CurrUnits="KN, m, C" SteelCode="AISC 360-10"
ConcCode="ACI 318-14" AlumCode="AA-ASD 2000" ColdCode=AISI-ASD96 RegenHinge=Yes

TABLE: "PROJECT INFORMATION"

Item="Company Name"
Item="Client Name"
Item="Project Name"
Item="Project Number"
Item="Model Name"
Item="Model Description"
Item="Revision Number"
Item="Frame Type"
Item=Engineer
Item=Checker
Item=Supervisor
Item="Issue Code"
Item="Design Code"

TABLE: "REBAR SIZES"

RebarID=#2 Area=3.2258E-05 Diameter=0.00635
RebarID=#3 Area=7.09675996154547E-05 Diameter=0.009525
RebarID=#4 Area=0.000129032001922727 Diameter=0.0127
RebarID=#5 Area=0.000199999601538181 Diameter=0.015875
RebarID=#6 Area=0.000283870398461819 Diameter=0.01905
RebarID=#7 Area=0.000387096015381813 Diameter=0.022225
RebarID=#8 Area=0.000509676413843632 Diameter=0.0254
RebarID=#9 Area=0.00064516 Diameter=0.0286512005329132
RebarID=#10 Area=0.00081935318769455 Diameter=0.0322579995155334
RebarID=#11 Area=0.00100644956308365 Diameter=0.0358139991521835
RebarID=#14 Area=0.00145161 Diameter=0.0430021989583969

RebarID=#18 Area=0.00258064 Diameter=0.0573277992248535
 RebarID=10M Area=0.000100000002655387 Diameter=0.011300000667572
 RebarID=15M Area=0.000200000005310774 Diameter=0.0159999999403954
 RebarID=20M Area=0.000300000017579794 Diameter=0.0194999997854233
 RebarID=25M Area=0.000500000022890568 Diameter=0.0252000016093254
 RebarID=30M Area=0.000700000008974075 Diameter=0.0299000008821487
 RebarID=35M Area=0.00100000004578114 Diameter=0.0357000011444092
 RebarID=45M Area=0.00150000010712624 Diameter=0.0437000003576279
 RebarID=55M Area=0.00250000007599831 Diameter=0.0564000033855438
 RebarID=6d Area=2.83000004149973E-05 Diameter=0.006000000166893
 RebarID=8d Area=5.02999995571375E-05 Diameter=0.0079999997019768
 RebarID=10d Area=7.85000013634562E-05 Diameter=0.0099999977350235
 RebarID=12d Area=0.000113000009249449 Diameter=0.012000000333786
 RebarID=14d Area=0.000154000010818839 Diameter=0.0140000008940697
 RebarID=16d Area=0.000201000015431643 Diameter=0.0159999999403954
 RebarID=20d Area=0.000314000005453825 Diameter=0.0199999995470047
 RebarID=25d Area=0.000491000008711815 Diameter=0.0250000001907349
 RebarID=26d Area=0.000531000029001236 Diameter=0.0259999997138977
 RebarID=28d Area=0.000616000043275356 Diameter=0.0280000017881393
 RebarID=N12 Area=0.000113000009249449 Diameter=0.012000000333786
 RebarID=N16 Area=0.000201000015431643 Diameter=0.0159999999403954
 RebarID=N20 Area=0.000314000005453825 Diameter=0.0199999995470047
 RebarID=N24 Area=0.000452000036997795 Diameter=0.024000000667572
 RebarID=N28 Area=0.000616000043275356 Diameter=0.0280000017881393
 RebarID=N32 Area=0.00080400006172657 Diameter=0.0319999998807907
 RebarID=N36 Area=0.00102000001747131 Diameter=0.036000001001358

TABLE: "SOLID PROPERTY DEFINITIONS"

SolidProp=Solid1 Material=4000Psi MatAngleA=0 MatAngleB=0 MatAngleC=0 InComp=Yes
 Color=Yellow

END TABLE DATA

Κώδικας S2K Μοντέλο με 4 πασσάλους στο λογισμικό SAP2000

TABLE: "ACTIVE DEGREES OF FREEDOM"

UX=Yes UY=Yes UZ=Yes RX=Yes RY=Yes RZ=Yes

TABLE: "ANALYSIS OPTIONS"

Solver=Advanced SolverProc=Auto Force32Bit=No StiffCase=None GeomMod=None
 HingeOpt="In Elements"

TABLE: "AREA SECTION ASSIGNMENTS"

Area=9 Section="Concrete Shell" MatProp=Default

TABLE: "AREA SECTION PROPERTIES"

Section="Concrete Shell" Material=C35/45 MatAngle=0 AreaType=Shell Type=Shell-Thin
 DrillDOF=No Thickness=2.5 BendThick=1 Color=Green F11Mod=1 F22Mod=1 F12Mod=1
 M11Mod=1 M22Mod=1 M12Mod=1 V13Mod=1 V23Mod=1 _
 MMod=1 WMod=1 Notes="Added 22 Apr 2020 14:16:38"

TABLE: "AREA SECTION PROPERTY DESIGN PARAMETERS"

Section="Concrete Shell" RebarMat=A615Gr60 RebarOpt="One Layer" CoverTop1=1.4
 CoverTop2=1.4

TABLE: "AREA SECTION PROPERTY - TIME DEPENDENT"

Section="Concrete Shell" TypeSize=Auto AutoSFSize=1

TABLE: "AUTO WAVE 1 - GENERAL"

LoadPat=WAVE WaveChar=3.2 Current=None MarineGrow=None DICoeff="API Default"
WaveWind=None BuoyLoad=Yes LoadDisc=1.524 InitCrestX=0 InitCrestY=0 NumPos=1
DirAngle=90 VertDatum=18 MLFromDatum=-18 HTFromDatum=0 WWtDensity=10.0536

TABLE: "AUTO WAVE 3 - WAVE CHARACTERISTICS - GENERAL"

WaveChar=Default WaveType="From Theory" KinFactor=1 SWaterDepth=18 WaveHeight=2.5
WavePeriod=7 WaveTheory=Linear
WaveChar=1.1 WaveType="From Theory" KinFactor=1 SWaterDepth=18 WaveHeight=3.601
WavePeriod=9.493 WaveTheory=Linear
WaveChar=1.2 WaveType="From Theory" KinFactor=1 SWaterDepth=18 WaveHeight=1.498
WavePeriod=6.122 WaveTheory=Linear
WaveChar=2.1 WaveType="From Theory" KinFactor=1 SWaterDepth=18 WaveHeight=1.572
WavePeriod=5.568 WaveTheory=Linear
WaveChar=2.2 WaveType="From Theory" KinFactor=1 SWaterDepth=18 WaveHeight=1.515
WavePeriod=5.191 WaveTheory=Linear
WaveChar=3.1 WaveType="From Theory" KinFactor=1 SWaterDepth=18 WaveHeight=2.08
WavePeriod=7.215 WaveTheory=Linear
WaveChar=3.2 WaveType="From Theory" KinFactor=1 SWaterDepth=18 WaveHeight=1.118
WavePeriod=4.248 WaveTheory=Linear

TABLE: "CASE - MODAL 1 - GENERAL"

Case=MODAL ModeType=Eigen MaxNumModes=12 MinNumModes=1 EigenShift=0
EigenCutoff=0 EigenTol=1E-09 AutoShift=Yes

TABLE: "CASE - MULTISTEP STATIC 1 - LOAD ASSIGNMENTS"

Case=WAVE LoadType="Load pattern" LoadName=WAVE LoadSF=1

TABLE: "CASE - STATIC 1 - LOAD ASSIGNMENTS"

Case=DEAD LoadType="Load pattern" LoadName=DEAD LoadSF=1

TABLE: "CONNECTIVITY - AREA"

Area=9 Joint1=25 Joint2=23 Joint3=21 Joint4=27 GUID=81ee7c0b-8cfc-4a69-8a84-
b9b42d9ebec0

TABLE: "CONNECTIVITY - FRAME"

Frame=13 JointI=20 JointJ=21 IsCurved=No GUID=e0bf78cc-c6b9-492b-8154-ebaa2fc99b7c
Frame=14 JointI=22 JointJ=23 IsCurved=No GUID=f234e760-c107-4ccb-bceb-ab7ef62bf6e3
Frame=15 JointI=24 JointJ=25 IsCurved=No GUID=d391b79f-ef8b-40b6-a773-e272abe9fb69
Frame=16 JointI=26 JointJ=27 IsCurved=No GUID=73fa502c-bc3d-4342-9309-262bb4733a2d

TABLE: "COORDINATE SYSTEMS"

Name=GLOBAL Type=Cartesian X=0 Y=0 Z=0 AboutZ=0 AboutY=0 AboutX=0

TABLE: "DATABASE DOCUMENTATION"

TABLE: "DATABASE FORMAT TYPES"

UnitsCurr=Yes OverrideE=No

TABLE: "FRAME AUTO MESH ASSIGNMENTS"

Frame=13 AutoMesh=Yes AtJoints=Yes AtFrames=No NumSegments=0 MaxLength=0
MaxDegrees=0
Frame=14 AutoMesh=Yes AtJoints=Yes AtFrames=No NumSegments=0 MaxLength=0
MaxDegrees=0
Frame=15 AutoMesh=Yes AtJoints=Yes AtFrames=No NumSegments=0 MaxLength=0
MaxDegrees=0
Frame=16 AutoMesh=Yes AtJoints=Yes AtFrames=No NumSegments=0 MaxLength=0
MaxDegrees=0

TABLE: "FRAME DESIGN PROCEDURES"

Frame=13 DesignProc="From Material"
Frame=14 DesignProc="From Material"
Frame=15 DesignProc="From Material"
Frame=16 DesignProc="From Material"

TABLE: "FRAME LOAD TRANSFER OPTIONS"

Frame=13 Transfer=Yes
Frame=14 Transfer=Yes
Frame=15 Transfer=Yes
Frame=16 Transfer=Yes

TABLE: "FRAME OUTPUT STATION ASSIGNMENTS"

Frame=13 StationType=MinNumSta MinNumSta=3 AddAtElmInt=Yes AddAtPtLoad=Yes
Frame=14 StationType=MinNumSta MinNumSta=3 AddAtElmInt=Yes AddAtPtLoad=Yes
Frame=15 StationType=MinNumSta MinNumSta=3 AddAtElmInt=Yes AddAtPtLoad=Yes
Frame=16 StationType=MinNumSta MinNumSta=3 AddAtElmInt=Yes AddAtPtLoad=Yes

TABLE: "FRAME SECTION ASSIGNMENTS"

Frame=13 AutoSelect=N.A. AnalSect=PIPE1 MatProp=Default
Frame=14 AutoSelect=N.A. AnalSect=PIPE1 MatProp=Default
Frame=15 AutoSelect=N.A. AnalSect=PIPE1 MatProp=Default
Frame=16 AutoSelect=N.A. AnalSect=PIPE1 MatProp=Default

TABLE: "FRAME SECTION PROPERTIES 01 - GENERAL"

SectionName=PIPE1 Material=S450 Shape=Pipe t3=1.219 tw=0.027 Area=0.101109017963134
TorsConst=0.0359339680433164 I33=0.0179669840216582 I22=0.0179669840216582 I23=0
AS2=0.0505717979621751 AS3=0.0505717979621751 _
S33=0.0294782346540742 S22=0.0294782346540742 Z33=0.038369889 Z22=0.038369889
R33=0.421543740316471 R22=0.421543740316471 Color=Green FromFile=No AMod=1
A2Mod=1 A3Mod=1 JMod=1 I2Mod=1 I3Mod=1 MMod=1 _
WMod=1 Notes="Added 22 Apr 2020 13:13:59"

TABLE: "FRAME SECTION PROPERTIES 13 - TIME DEPENDENT"

SectionName=PIPE1 TypeSize=Auto AutoSFSsize=1

TABLE: "FUNCTION - PLOT FUNCTIONS"

PlotFunc="Input Energy" Type=Energy Component=Input Mode=All

TABLE: "FUNCTION - POWER SPECTRAL DENSITY - USER"

Name=UNIFPSD Frequency=0 Value=1
Name=UNIFPSD Frequency=1 Value=1

TABLE: "FUNCTION - RESPONSE SPECTRUM - USER"

Name=UNIFRS Period=0 Accel=1 FuncDamp=0.05

Name=UNIFRS Period=1 Accel=1

TABLE: "FUNCTION - STEADY STATE - USER"

Name=UNIFSS Frequency=0 Value=1
Name=UNIFSS Frequency=1 Value=1

TABLE: "FUNCTION - TIME HISTORY - USER"

Name=RAMPTH Time=0 Value=0
Name=RAMPTH Time=1 Value=1
Name=RAMPTH Time=4 Value=1
Name=UNIFTH Time=0 Value=1
Name=UNIFTH Time=1 Value=1

TABLE: "GRID LINES"

CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=A XRYZCoord=-6.77 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End AllVisible=Yes BubbleSize=1.25
CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=B XRYZCoord=-3.4 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=C XRYZCoord=-2 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=G XRYZCoord=0 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=D XRYZCoord=2 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=E XRYZCoord=3.4 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
CoordSys=GLOBAL AxisDir=X GridID=F XRYZCoord=6.77 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
CoordSys=GLOBAL AxisDir=Y GridID=1 XRYZCoord=-6.77 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=Start
CoordSys=GLOBAL AxisDir=Y GridID=2 XRYZCoord=-3.4 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=Start
CoordSys=GLOBAL AxisDir=Y GridID=3 XRYZCoord=-2 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=Start
CoordSys=GLOBAL AxisDir=Y GridID=7 XRYZCoord=0 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=Start
CoordSys=GLOBAL AxisDir=Y GridID=4 XRYZCoord=2 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=Start
CoordSys=GLOBAL AxisDir=Y GridID=5 XRYZCoord=3.4 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=Start
CoordSys=GLOBAL AxisDir=Y GridID=6 XRYZCoord=6.77 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=Start
CoordSys=GLOBAL AxisDir=Z GridID=1 XRYZCoord=0 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End
CoordSys=GLOBAL AxisDir=Z GridID=2 XRYZCoord=27 LineType=Primary
LineColor=Gray8Dark Visible=Yes BubbleLoc=End

TABLE: "GROUPS 1 - DEFINITIONS"

GroupName=ALL Selection=Yes SectionCut=Yes Steel=Yes Concrete=Yes Aluminum=Yes
ColdFormed=Yes Stage=Yes Bridge=Yes AutoSeismic=No AutoWind=No SelDesSteel=No
SelDesAlum=No SelDesCold=No MassWeight=Yes Color=Red

TABLE: "JOINT COORDINATES"

Joint=20 CoordSys=GLOBAL CoordType=Cartesian XorR=6.77 Y=6.77 Z=0 SpecialJt=No
 GUID=c4134fed-43cb-4912-a657-cc2874b466d2
 Joint=21 CoordSys=GLOBAL CoordType=Cartesian XorR=2 Y=2 Z=27 SpecialJt=No
 GUID=c98e831b-7c9f-4010-85f3-499ed6a1dd43
 Joint=22 CoordSys=GLOBAL CoordType=Cartesian XorR=6.77 Y=-6.77 Z=0 SpecialJt=No
 GUID=ea48544e-af2e-407b-a3fe-a7fc31556da1
 Joint=23 CoordSys=GLOBAL CoordType=Cartesian XorR=2 Y=-2 Z=27 SpecialJt=No
 GUID=0e3f9bc8-475a-4c30-974e-60bffc5bfff5
 Joint=24 CoordSys=GLOBAL CoordType=Cartesian XorR=-6.77 Y=-6.77 Z=0 SpecialJt=No
 GUID=13df7bac-d390-4c0b-8a2b-a41c8da7f703
 Joint=25 CoordSys=GLOBAL CoordType=Cartesian XorR=-2 Y=-2 Z=27 SpecialJt=No
 GUID=48adcd2b-dbbd-45c2-8915-69121e39f154
 Joint=26 CoordSys=GLOBAL CoordType=Cartesian XorR=-6.77 Y=6.77 Z=0 SpecialJt=No
 GUID=6d614b50-9b85-46ef-93c2-8ffaf0ba641b
 Joint=27 CoordSys=GLOBAL CoordType=Cartesian XorR=-2 Y=2 Z=27 SpecialJt=No
 GUID=5b386683-c263-44f6-90db-461a0bd76c90

TABLE: "JOINT PATTERN DEFINITIONS"

Pattern=Default

TABLE: "JOINT RESTRAINT ASSIGNMENTS"

Joint=20 U1=Yes U2=Yes U3=Yes R1=Yes R2=Yes R3=Yes
 Joint=22 U1=Yes U2=Yes U3=Yes R1=Yes R2=Yes R3=Yes
 Joint=24 U1=Yes U2=Yes U3=Yes R1=Yes R2=Yes R3=Yes
 Joint=26 U1=Yes U2=Yes U3=Yes R1=Yes R2=Yes R3=Yes

TABLE: "LOAD CASE DEFINITIONS"

Case=DEAD Type=LinStatic InitialCond=Zero DesTypeOpt="Prog Det" DesignType=Dead
 DesActOpt="Prog Det" DesignAct=Non-Composite AutoType=None RunCase=Yes
 GUID=9e02583c-7c15-4587-8f01-f247ed4417e7
 Case=MODAL Type=LinModal InitialCond=Zero DesTypeOpt="Prog Det" DesignType=Other
 DesActOpt="Prog Det" DesignAct=Other AutoType=None RunCase=Yes GUID=bd9ecd16-b35d-
 4be2-9584-4d1b347a18b0
 Case=WAVE Type=LinMSStat InitialCond=Zero DesTypeOpt="Prog Det" DesignType=Wave
 DesActOpt="Prog Det" DesignAct="Short-Term Composite" AutoType=None RunCase=Yes
 GUID=92908143-f971-41ff-a2eb-ac4b3aae5a95

TABLE: "LOAD PATTERN DEFINITIONS"

LoadPat=DEAD DesignType=Dead SelfWtMult=1 GUID=e0302682-399b-40cc-b12e-84df99188bab
 LoadPat=WAVE DesignType=Wave SelfWtMult=0 AutoLoad="API RP2A-WSD2000"
 GUID=8bf12463-ca71-41f7-afa1-f4a7331bfc2b Notes="Added 22 Apr 2020 13:40:16"

TABLE: "MASS SOURCE"

MassSource=MSSSRC1 Elements=Yes Masses=Yes Loads=No IsDefault=Yes

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 01 - GENERAL"

Material=4000Psi Type=Concrete Grade="f'c 4000 psi" SymType=Isotropic TempDepend=No
 Color=Gray8Dark GUID=4227f15c-d44a-4a5d-8365-c4e02c8fa048 Notes="Customary f'c 4000 psi 18
 Apr 2020 17:18:04"
 Material=A416Gr270 Type=Tendon Grade="Grade 270" SymType=Uniaxial TempDepend=No
 Color=Red GUID=1a5d020d-5bcf-497e-829e-ee363b78dfe6 Notes="ASTM A416 Grade 270 22 Apr
 2020 12:52:40"

Material=A615Gr60 Type=Rebar Grade="Grade 60" SymType=Uniaxial TempDepend=No Color=Red GUID=f9604783-73fc-4616-b8d1-4b6b02a47afa Notes="ASTM A615 Grade 60 22 Apr 2020 13:18:08"

Material=A992Fy50 Type=Steel Grade="Grade 50" SymType=Isotropic TempDepend=No Color=Yellow Notes="ASTM A992 Grade 50 18 Apr 2020 17:18:04"

Material=C35/45 Type=Concrete Grade=C35/45 SymType=Isotropic TempDepend=No Color=Gray8Dark GUID=bd160e93-c3b1-4f62-a01c-297c17eb2d2b Notes="Europe EN 1992-1-1 per EN 206-1 C35/45 added 22 Apr 2020 13:17:35"

Material=C35/45-1 Type=Concrete Grade=C35/45 SymType=Isotropic TempDepend=No Color=Magenta GUID=da3eb665-05ad-4280-8c70-366fb5e39118 Notes="Europe EN 1992-1-1 per EN 206-1 C35/45 added 22 Apr 2020 14:11:50"

Material=S355 Type=Steel Grade=S355 SymType=Isotropic TempDepend=No Color=Cyan GUID=6d8d0ce3-c2e4-4ddb-b4de-7d7bd0ca8598 Notes="Europe EN 1993-1-1 per EN 10025-2 S355 added 22 Apr 2020 13:14:38"

Material=S450 Type=Steel Grade=S450 SymType=Isotropic TempDepend=No Color=Magenta GUID=8c0e9f01-4135-4770-8e17-a203bf79df0b Notes="Europe EN 1993-1-1 per EN 10025-2 S450 added 22 Apr 2020 13:15:23"

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 02 - BASIC MECHANICAL PROPERTIES"

Material=4000Psi UnitWeight=23.5631216161854 UnitMass=2.40276960558926 E1=24855578.0600518 G12=10356490.8583549 U12=0.2 A1=9.89999952793124E-06

Material=A416Gr270 UnitWeight=76.9728639422648 UnitMass=7.84904737995992 E1=196500599.8512 A1=1.16999994421006E-05

Material=A615Gr60 UnitWeight=76.9728639422648 UnitMass=7.84904737995992 E1=199947978.795958 A1=1.16999994421006E-05

Material=A992Fy50 UnitWeight=76.9728639422648 UnitMass=7.84904737995992 E1=199947978.795958 G12=76903068.767676 U12=0.3 A1=1.16999994421006E-05

Material=C35/45 UnitWeight=24.99261766 UnitMass=2.5485377 E1=34000000 G12=14166666.6666667 U12=0.2 A1=1E-05

Material=C35/45-1 UnitWeight=24.99261766 UnitMass=2.5485377 E1=34000000 G12=14166666.6666667 U12=0.2 A1=1E-05

Material=S355 UnitWeight=76.9728639422648 UnitMass=7.84904737995992 E1=210000000 G12=80769230.7692308 U12=0.3 A1=1.17E-05

Material=S450 UnitWeight=76.9728639422648 UnitMass=7.84904737995992 E1=210000000 G12=80769230.7692308 U12=0.3 A1=1.17E-05

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 03A - STEEL DATA"

Material=A992Fy50 Fy=344737.894475789 Fu=448159.262818526 EffFy=379211.683923368 EffFu=492975.189100378 SSCurveOpt=Simple SSHysType=Kinematic SHard=0.015 SMax=0.11 SRup=0.17 FinalSlope=-0.1

Material=S355 Fy=355000 Fu=510000 EffFy=390500 EffFu=561000 SSCurveOpt=Simple SSHysType=Kinematic SHard=0.015 SMax=0.11 SRup=0.17 FinalSlope=-0.1

Material=S450 Fy=440000 Fu=550000 EffFy=484000 EffFu=605000 SSCurveOpt=Simple SSHysType=Kinematic SHard=0.015 SMax=0.11 SRup=0.17 FinalSlope=-0.1

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 03B - CONCRETE DATA"

Material=4000Psi Fc=27579.0315580631 eFc=27579.0315580631 LtWtConc=No SSCurveOpt=Mander SSHysType=Takeda SFc=0.00221914 SCap=0.005 FinalSlope=-0.1 FAngle=0 DAngle=0

Material=C35/45 Fc=35000 eFc=35000 LtWtConc=No SSCurveOpt=Mander SSHysType=Takeda SFc=0.00205882 SCap=0.005 FinalSlope=-0.1 FAngle=0 DAngle=0

Material=C35/45-1 Fc=35000 eFc=35000 LtWtConc=No SSCurveOpt=Mander SSHysType=Takeda SFc=0.00205882 SCap=0.005 FinalSlope=-0.1 FAngle=0 DAngle=0

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 03E - REBAR DATA"

Material=A615Gr60 Fy=413685.473370947 Fu=620528.21005642 EffFy=455054.020708041
EffFu=682581.031062062 SScurveOpt=Simple SSHysType=Kinematic SHard=0.01 SCap=0.09
FinalSlope=-0.1 UseCTDef=No

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 03F - TENDON DATA"

Material=A416Gr270 Fy=1689905.15872032 Fu=1861584.63016926 SScurveOpt="270 ksi"
SSHysType=Kinematic FinalSlope=-0.1

TABLE: "MATERIAL PROPERTIES 06 - DAMPING PARAMETERS"

Material=4000Psi ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0
Material=A416Gr270 ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0
Material=A615Gr60 ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0
Material=A992Fy50 ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0
Material=C35/45 ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0
Material=C35/45-1 ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0
Material=S355 ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0
Material=S450 ModalRatio=0 VisMass=0 VisStiff=0 HysMass=0 HysStiff=0

TABLE: "OPTIONS - COLORS - DISPLAY"

DeviceType=Screen Points=Blue LinesFrame=Blue LinesFrmDL=Blue LinesCable=Green
LinesTendon=Green SpringLinks=Green Restraints=Green Releases=Green Axes=Cyan Text=Black
ShadowLines=Gray8Dark GuideLines=Gray8Dark _

Highlight=Red Selection=10504778 AreaFillBot=Red AreaFillTop=16744703 AreaFillSd=Red
AreaEdge=DarkRed SolidF1=Red SolidF2=Blue SolidF3=Green SolidF4=Yellow SolidF5=White
SolidF6=Cyan SolidEdge=DarkRed _

Floor=Gray4 Background=White BGLowLeft=White BGLowRight=White BGUpRight=White
Darkness=0.5

DeviceType=Printer Points=Gray8Dark LinesFrame=Black LinesFrmDL=Gray4 LinesCable=Black
LinesTendon=Black SpringLinks=Gray8Dark Restraints=Gray8Dark Releases=Gray4 Axes=Black
Text=Black ShadowLines=Gray4 _

GuideLines=Gray4 Highlight=Black Selection=Black AreaFillBot=Gray4
AreaFillTop=Gray8Dark AreaFillSd=Gray4 AreaEdge=Black SolidF1=Gray1Light SolidF2=Gray2
SolidF3=Gray3 SolidF4=Gray4 SolidF5=Gray5 _

SolidF6=Gray6 SolidEdge=Black Floor=Gray4 Background=White BGLowLeft=White
BGLowRight=White BGUpRight=White Darkness=0.5

DeviceType="Color Printer" Points=Blue LinesFrame=Blue LinesFrmDL=Blue LinesCable=Green
LinesTendon=Green SpringLinks=Green Restraints=Green Releases=Green Axes=Cyan Text=Black
ShadowLines=Gray8Dark _

GuideLines=Gray8Dark Highlight=Red Selection=10504778 AreaFillBot=Red
AreaFillTop=16744703 AreaFillSd=Red AreaEdge=DarkRed SolidF1=Red SolidF2=Blue
SolidF3=Green SolidF4=Yellow SolidF5=White SolidF6=Cyan _

SolidEdge=DarkRed Floor=Gray4 Background=White BGLowLeft=White BGLowRight=White
BGUpRight=White Darkness=0.5

TABLE: "OPTIONS - COLORS - OUTPUT"

DeviceType=Screen Contour1=13107400 Contour2=6553828 Contour3=Red Contour4=16639
Contour5=Orange Contour6=43775 Contour7=54527 Contour8=Yellow Contour9=65408
Contour10=Green Contour11=8453888 Contour12=Cyan _

Contour13=16755200 Contour14=16733440 Contour15=Blue Transpare=0.5 Ratio1=Cyan
Ratio2=Green Ratio3=Yellow Ratio4=Orange Ratio5=Red RatioNotD=Gray4 RatioNotC=Red
RatioVal1=0.5 RatioVal2=0.7 RatioVal3=0.9 _

RatioVal4=1 DFillPos=Blue DFillNeg=Red DFillRPos=Green DFillRNeg=Green

DeviceType=Printer Contour1=Black Contour2=3158064 Contour3=4210752 Contour4=5263440
 Contour5=6316128 Contour6=7368816 Contour7=Gray8Dark Contour8=Gray7 Contour9=Gray6
 Contour10=Gray5 Contour11=Gray4 _
 Contour12=Gray3 Contour13=Gray2 Contour14=Gray1Light Contour15=White Transpare=0
 Ratio1=Gray2 Ratio2=Gray4 Ratio3=Gray8Dark Ratio4=4210752 Ratio5=Black RatioNotD=Gray4
 RatioNotC=Black RatioVal1=0.5 _
 RatioVal2=0.7 RatioVal3=0.9 RatioVal4=1 DFillPos=Gray8Dark DFillNeg=Gray8Dark
 DFillRPos=4210752 DFillRNeg=4210752
 DeviceType="Color Printer" Contour1=13107400 Contour2=6553828 Contour3=Red
 Contour4=16639 Contour5=Orange Contour6=43775 Contour7=54527 Contour8=Yellow
 Contour9=65408 Contour10=Green Contour11=8453888 _
 Contour12=Cyan Contour13=16755200 Contour14=16733440 Contour15=Blue Transpare=0
 Ratio1=Cyan Ratio2=Green Ratio3=Yellow Ratio4=Orange Ratio5=Red RatioNotD=Gray4
 RatioNotC=Red RatioVal1=0.5 RatioVal2=0.7 _
 RatioVal3=0.9 RatioVal4=1 DFillPos=Blue DFillNeg=Red DFillRPos=Green
 DFillRNeg=Green

TABLE: "OVERWRITES - AUTO WAVE LOADS - FRAME"

Frame=13 LoadByWave=Yes LoadDisc=30 MarineGrow=0 DimForce2=0.3 DimForce3=0.3
 DragCoeff=1.2 InerCoeff=1.6 Flooded=No LoadByWind=No ShapeCoeff=1.5 IceThick=0
 ShieldFact=1
 Frame=14 LoadByWave=Yes LoadDisc=30 MarineGrow=0 DimForce2=0.3 DimForce3=0.3
 DragCoeff=1.2 InerCoeff=1.6 Flooded=No LoadByWind=No ShapeCoeff=1.5 IceThick=0
 ShieldFact=1
 Frame=15 LoadByWave=Yes LoadDisc=30 MarineGrow=0 DimForce2=0.3 DimForce3=0.3
 DragCoeff=1.2 InerCoeff=1.6 Flooded=No LoadByWind=No ShapeCoeff=1.5 IceThick=0
 ShieldFact=1
 Frame=16 LoadByWave=Yes LoadDisc=30 MarineGrow=0 DimForce2=0.3 DimForce3=0.3
 DragCoeff=1.2 InerCoeff=1.6 Flooded=No LoadByWind=No ShapeCoeff=1.5 IceThick=0
 ShieldFact=1

TABLE: "OVERWRITES - STEEL DESIGN - AISC 360-10"

Frame=13 DesignSect="Program Determined" FrameType="Program Determined" Fy=0 RLLF=0
 AreaRatio=0 XLMajor=0 XLMinor=0 XLLTB=0 K1Major=0 K1Minor=0 K2Major=0
 K2Minor=0 KLTB=0 CmMajor=0 CmMinor=0 Cb=0 _
 B1Major=0 B1Minor=0 B2Major=0 B2Minor=0 HSSReduceT="Program Determined"
 HSSWelding="Program Determined" Omega0=0 Ry=0 Pnc=0 Pnt=0 Mn3=0 Mn2=0 Vn2=0
 Vn3=0 CheckDefl="Program Determined" _
 DeflType="Program Determined" DLRat=0 SDLAndLLRat=0 LLRat=0 TotalRat=0 NetRat=0
 DLAbs=0 SDLAndLLAbs=0 LLAbs=0 TotalAbs=0 NetAbs=0 SpecCamber=0 DCLimit=0
 Frame=14 DesignSect="Program Determined" FrameType="Program Determined" Fy=0 RLLF=0
 AreaRatio=0 XLMajor=0 XLMinor=0 XLLTB=0 K1Major=0 K1Minor=0 K2Major=0
 K2Minor=0 KLTB=0 CmMajor=0 CmMinor=0 Cb=0 _
 B1Major=0 B1Minor=0 B2Major=0 B2Minor=0 HSSReduceT="Program Determined"
 HSSWelding="Program Determined" Omega0=0 Ry=0 Pnc=0 Pnt=0 Mn3=0 Mn2=0 Vn2=0
 Vn3=0 CheckDefl="Program Determined" _
 DeflType="Program Determined" DLRat=0 SDLAndLLRat=0 LLRat=0 TotalRat=0 NetRat=0
 DLAbs=0 SDLAndLLAbs=0 LLAbs=0 TotalAbs=0 NetAbs=0 SpecCamber=0 DCLimit=0
 Frame=15 DesignSect="Program Determined" FrameType="Program Determined" Fy=0 RLLF=0
 AreaRatio=0 XLMajor=0 XLMinor=0 XLLTB=0 K1Major=0 K1Minor=0 K2Major=0
 K2Minor=0 KLTB=0 CmMajor=0 CmMinor=0 Cb=0 _
 B1Major=0 B1Minor=0 B2Major=0 B2Minor=0 HSSReduceT="Program Determined"
 HSSWelding="Program Determined" Omega0=0 Ry=0 Pnc=0 Pnt=0 Mn3=0 Mn2=0 Vn2=0
 Vn3=0 CheckDefl="Program Determined" _

DeflType="Program Determined" DLRat=0 SDLAndLLRat=0 LLRat=0 TotalRat=0 NetRat=0
DLAbs=0 SDLAndLLAbs=0 LLAbs=0 TotalAbs=0 NetAbs=0 SpecCamber=0 DCLimit=0
Frame=16 DesignSect="Program Determined" FrameType="Program Determined" Fy=0 RLLF=0
AreaRatio=0 XLMajor=0 XLMinor=0 XLLTB=0 K1Major=0 K1Minor=0 K2Major=0
K2Minor=0 KLTB=0 CmMajor=0 CmMinor=0 Cb=0 _
B1Major=0 B1Minor=0 B2Major=0 B2Minor=0 HSSReduceT="Program Determined"
HSSWelding="Program Determined" Omega0=0 Ry=0 Pnc=0 Pnt=0 Mn3=0 Mn2=0 Vn2=0
Vn3=0 CheckDefl="Program Determined" _
DeflType="Program Determined" DLRat=0 SDLAndLLRat=0 LLRat=0 TotalRat=0 NetRat=0
DLAbs=0 SDLAndLLAbs=0 LLAbs=0 TotalAbs=0 NetAbs=0 SpecCamber=0 DCLimit=0

TABLE: "PREFERENCES - ALUMINUM DESIGN - AA-ASD 2000"

THDesign=Envelopes FrameType="Moment Frame" SRatioLimit=1 MaxIter=1
LatFact=1.3333333333333333 UseLatFact=No Bridge=No

TABLE: "PREFERENCES - COLD FORMED DESIGN - AISI-ASD96"

THDesign=Envelopes FrameType="Braced Frame" SRatioLimit=1 MaxIter=1 OmegaBS=1.67
OmegaBUS=1.67 OmegaBLTB=1.67 OmegaVS=1.67 OmegaVNS=1.5 OmegaT=1.67 OmegaC=1.8

TABLE: "PREFERENCES - CONCRETE DESIGN - ACI 318-14"

THDesign=Envelopes NumCurves=24 NumPoints=11 MinEccen=Yes PatLLF=0.75
UFLimit=0.95 SeisCat=D Rho=1 Sds=0.5 PhiT=0.9 PhiCTied=0.65 PhiCSpiral=0.75 PhiV=0.75
PhiVSeismic=0.6 PhiVJoint=0.85

TABLE: "PREFERENCES - DIMENSIONAL"

MergeTol=0.001 FineGrid=0.25 Nudge=0.25 SelectTol=3 SnapTol=12 SLineThick=2
PLineThick=4 MaxFont=8 MinFont=3 AutoZoom=10 ShrinkFact=70 TextFileLen=240

TABLE: "PREFERENCES - STEEL DESIGN - AISC 360-10"

THDesign=Envelopes FrameType=SMF PatLLF=0.75 SRatioLimit=0.95 MaxIter=1 SDC=D
SeisCode=Yes SeisLoad=Yes ImpFactor=1 SystemRho=1 SystemSds=0.5 SystemR=8
SystemCd=5.5 Omega0=3 Provision=LRFD _
AMethod="Direct Analysis" SOMethod="General 2nd Order" SRMethod="Tau-b Fixed"
NLCoeff=0.002 PhiB=0.9 PhiC=0.9 PhiTY=0.9 PhiTF=0.75 PhiV=0.9 PhiVRolledI=1 PhiVT=0.9
PlugWeld=Yes HSSWelding=ERW HSSReduceT=No _
CheckDefl=No DLRat=120 SDLAndLLRat=120 LLRat=360 TotalRat=240 NetRat=240

TABLE: "PROGRAM CONTROL"

ProgramName=SAP2000 Version=21.2.0 CurrUnits="KN, m, C" SteelCode="AISC 360-10"
ConcCode="ACI 318-14" AlumCode="AA-ASD 2000" ColdCode="AISI-ASD96" RegenHinge=Yes

TABLE: "PROJECT INFORMATION"

Item="Company Name"
Item="Client Name"
Item="Project Name"
Item="Project Number"
Item="Model Name"
Item="Model Description"
Item="Revision Number"
Item="Frame Type"
Item=Engineer
Item=Checker
Item=Supervisor
Item="Issue Code"

Item="Design Code"

TABLE: "REBAR SIZES"

RebarID=#2	Area=3.2258E-05	Diameter=0.00635
RebarID=#3	Area=7.09675996154547E-05	Diameter=0.009525
RebarID=#4	Area=0.000129032001922727	Diameter=0.0127
RebarID=#5	Area=0.000199999601538181	Diameter=0.015875
RebarID=#6	Area=0.000283870398461819	Diameter=0.01905
RebarID=#7	Area=0.000387096015381813	Diameter=0.022225
RebarID=#8	Area=0.000509676413843632	Diameter=0.0254
RebarID=#9	Area=0.00064516	Diameter=0.0286512005329132
RebarID=#10	Area=0.00081935318769455	Diameter=0.0322579995155334
RebarID=#11	Area=0.00100644956308365	Diameter=0.0358139991521835
RebarID=#14	Area=0.00145161	Diameter=0.0430021989583969
RebarID=#18	Area=0.00258064	Diameter=0.0573277992248535
RebarID=10M	Area=0.000100000002655387	Diameter=0.011300000667572
RebarID=15M	Area=0.000200000005310774	Diameter=0.0159999999403954
RebarID=20M	Area=0.000300000017579794	Diameter=0.0194999997854233
RebarID=25M	Area=0.000500000022890568	Diameter=0.0252000016093254
RebarID=30M	Area=0.000700000008974075	Diameter=0.0299000008821487
RebarID=35M	Area=0.00100000004578114	Diameter=0.0357000011444092
RebarID=45M	Area=0.00150000010712624	Diameter=0.0437000003576279
RebarID=55M	Area=0.00250000007599831	Diameter=0.0564000033855438
RebarID=6d	Area=2.83000004149973E-05	Diameter=0.006000000166893
RebarID=8d	Area=5.02999995571375E-05	Diameter=0.0079999997019768
RebarID=10d	Area=7.85000013634562E-05	Diameter=0.00999999977350235
RebarID=12d	Area=0.000113000009249449	Diameter=0.012000000333786
RebarID=14d	Area=0.000154000010818839	Diameter=0.0140000008940697
RebarID=16d	Area=0.000201000015431643	Diameter=0.0159999999403954
RebarID=20d	Area=0.000314000005453825	Diameter=0.0199999995470047
RebarID=25d	Area=0.000491000008711815	Diameter=0.0250000001907349
RebarID=26d	Area=0.000531000029001236	Diameter=0.0259999997138977
RebarID=28d	Area=0.000616000043275356	Diameter=0.0280000017881393
RebarID=N12	Area=0.000113000009249449	Diameter=0.012000000333786
RebarID=N16	Area=0.000201000015431643	Diameter=0.0159999999403954
RebarID=N20	Area=0.000314000005453825	Diameter=0.0199999995470047
RebarID=N24	Area=0.000452000036997795	Diameter=0.024000000667572
RebarID=N28	Area=0.000616000043275356	Diameter=0.0280000017881393
RebarID=N32	Area=0.00080400006172657	Diameter=0.0319999998807907
RebarID=N36	Area=0.00102000001747131	Diameter=0.036000001001358

TABLE: "SOLID PROPERTY DEFINITIONS"

SolidProp=Solid1 Material=4000Psi MatAngleA=0 MatAngleB=0 MatAngleC=0 InComp=Yes
Color=Magenta

END TABLE DATA