ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΠΟΔΟΜΩΝ
Δ/ΝΣΗ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ
ΜΕ ΣΥΜΒΑΣΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗΣ (Δ16)

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ
Μελέτη - Κατασκευή - Χρηματοδότηση - Λειτουργία - Συντήρηση και Εκμετάλλευση του Έργου Μόνιμης Υποθαλάσσιας Οδικής Ζεύξης Νήσου Σαλαμίνας

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ – ΜΕΛΕΤΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ

ADVANCED ENVIRONMENTAL STUDIES A.E.
(δ.τ. ADENS A.E.)
Βασ. Σοφίας 98Α, Τ.Κ. 115 28, Αθήνα,
Τηλ. 210-7788665,
Fax: 210-7788668 E-mail: info@adens.gr

Μάρτιος, 2021

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

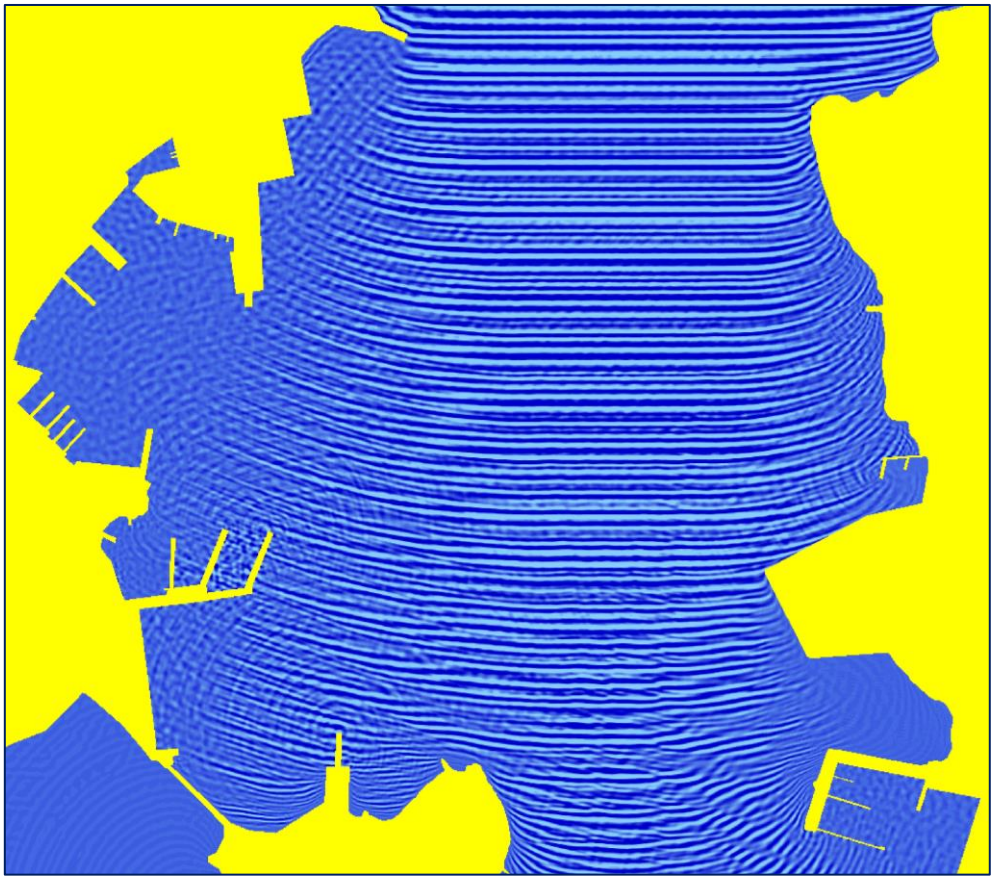
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΠΟΔΟΜΩΝ

ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΜΕ ΣΥΜΒΑΣΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗΣ (Δ16)

ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΟΔΙΚΗ ΣΗΡΑΓΓΑ Ν. ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ - ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ

ΜΕΛΕΤΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ



ΜΕΛΕΤΗ

MARNET
ΑΝΩΝΥΜΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ

ΒΕΝΤΗΡΗ 7, 115 28 ΑΘΗΝΑ – ΤΗΛ.: 2107222160, 2107292349 – FAX: 2107250320 – e-mail: info@marnet.gr

ΑΘΗΝΑ
ΜΑΡΤΙΟΣ 2021

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ 1

1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ 1

1.3 ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 2

1.4 ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ 2

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ 3

2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ & ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 3

2.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 6

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 10

4. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ 13

4.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ – MIKE21 FM-SW 13

4.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ – MARIS HMS... 13

5. ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 17

6. ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΙΤΑ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 19

6.1 ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 19

6.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ 22

7. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΚΟΛΠΟ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ 23

7.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ: ΚΟΛΠΟΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ 23

7.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΚΟΛΠΟ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ 24

7.3 ΚΥΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΣ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ 25

7.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 26

8. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ 27

8.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 27

8.1.1 Δημιουργία Βυθομετρικού Υπόβαθρου 27

8.1.2 Προσδιορισμός Συντελεστών Ανάκλασης 27

8.1.3 Κυματικά Δεδομένα Εισόδου 28

8.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 28

9. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ 29

10. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΕΠΙΧΩΣΗΣ 31

10.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1 31

10.1.1 Δημιουργία Βυθομετρικού Υπόβαθρου 31

10.1.2 Προσδιορισμός Συντελεστών Ανάκλασης 31

10.1.3 Κυματικά Δεδομένα Εισόδου 32

10.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1 32

10.3 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ 33

11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 35

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ 37

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ 39

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE21 FM-SW DHI 39

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MARIS HMS SCIENTIA MARIS40

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 2-1. Ευρύτερη περιοχή μελέτης και θέση προτεινόμενου επιχώματος στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Ν. Σαλαμίνας και Περάματος (πηγή: Google Earth). 3

Εικόνα 2-2. Περιοχή μελέτης και θέση προτεινόμενου επιχώματος (πηγή: Google Earth). 4

Εικόνα 2-3 Γεωλογικός χάρτης Σαλαμίνας-Περάματος (απόσπασμα από χάρτη ΙΓΜΕ) όπου: al: αλλουβιακές αποθέσεις, p: πλειοκαινικές αποθέσεις, c2: ασβεστόλιθοι Ανώτερου Κρητιδικού, jc: ασβεστόλιθοι Ανώτερου Ιουρασικού, tj: ασβεστόλιθοι Τριαδικού-Ιουρασικού, Pz3: παλαιοζωϊκοί σχηματισμο (Γαϊτανάκης 1982). .. 5

Εικόνα 2-4 Οι νεοτεκτονικές δομές της νήσου Σαλαμίνας με τα κύρια περιθωριακά ρήγματα – ρηξιγενείς ζώνες καθώς και ορισμένα από τα κυριότερα ρήγματα μικρότερης τάξης. Στο χάρτη είναι σημειωμένη η κινηματική των μακροδομών, καθώς και τα σημαντικότερα μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά (Μαριολάκος κ.α., 2009)..... 6

Εικόνα 2-5 Υφιστάμενη λιμενική υποδομή βόρεια του προτεινόμενου επιχώματος (πηγή: https://tripinview.com)..... 7

Εικόνα 2-6 Θαλάσσια περιοχή προτεινόμενου επιχώματος (πηγή: Google Earth)..... 8

Εικόνα 2-7 Ναύσταθμος και Επιβατικός λιμένας Σαλαμίνας (πηγή: https://tripinview.com) 8

Εικόνα 2-8 Σημαντικές λιμενικές υποδομές της ευρύτερης περιοχής μελέτης..... 9

Εικόνα 3-1. Αριθμητικά πεδία προσομοίωσης και θέση έργου..... 11

Εικόνα 3-2. Περιοχές ελέγχου κυματικής διαταραχής στη θαλάσσια περιοχή Σαλαμίνας – Περάματος..... 12

Εικόνα 4-1 Τυπικά εύρη συντελεστών ανάκλασης (Thompson et al. 1996)..... 15

Εικόνα 5-1 Βυθομετρική αποτύπωση θαλάσσιας περιοχής κατασκευής προτεινόμενων επιχώσεων μεταξύ Ν. Σαλαμίνας και Περάματος Λαυρίου («Θαλάσσιες Έρευνες στην Περιοχή της Υποθαλάσσιας Ζεύξης Περάματος - Σαλαμίνας», Τίτλος Σχεδίου: «Βυθομετρικό Διάγραμμα», Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών)..... 17

Εικόνα 5-2 Ναυτικός Χάρτης του κόλπου της Ελευσίνας από τη βάση Navionics (πηγή: webapp.navionics.com)..... 18

Εικόνα 6-1. Ροδόγραμμα ανεμολογικών δεδομένων σταθμού Ελευσίνας (ΕΜΥ) χρονικής περιόδου 1958-1997. 20

Εικόνα 6-2. Ροδόγραμμα ανεμολογικών δεδομένων σταθμού Ελευσίνας (ΕΜΥ) χρονικής περιόδου 1958-2020. 21

Εικόνα 7-1. Αριθμητικό πλέγμα βαθυμετρίας Κόλπου της Ελευσίνας και περιοχής ενδιαφέροντος και σημείο εξαγωγής κυματικών χαρακτηριστικών (σήμανση με κόκκινο κύκλο) για περαιτέρω προσομοιώσεις. 23

Εικόνα 7-2. Χρονική εξέλιξη κυματικών χαρακτηριστικών στο σημείο ενδιαφέροντος (4204045N, 460100E) για πνοή ανέμου Βόρειας διεύθυνσης. 25

Εικόνα 8-1 Χωρικός προσδιορισμός συντελεστών ανάκλασης των κυματισμών ανάλογα με τον τύπο του στερεού ορίου. Κατακόρυφο μέτωπο συμβατικού κρηπιδότοιχου (κόκκινη γραμμή), απορροφητική ακτή (κίτρινη γραμμή), βραχώδης ακτή (πράσινη γραμμή), πρανή από Φ.Ο. (πορτοκαλί γραμμή)..... 28

Εικόνα 9-1 Διάταξη Προτεινόμενου επιχώματος..... 29

Εικόνα 10-1 Χωρικός προσδιορισμός συντελεστών ανάκλασης των κυματισμών ανάλογα με τον τύπο του στερεού ορίου. Κατακόρυφο μέτωπο συμβατικού κρηπιδότοιχου (κόκκινη γραμμή), απορροφητική ακτή (κίτρινη γραμμή), βραχώδης ακτή (πράσινη γραμμή), πρανή από Φ.Ο. (πορτοκαλί γραμμή)..... 32

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 6-1 Μέσες ετήσιες συχνότητες εμφάνισης ανέμων Σταθμού Ελευσίνας (ΕΜΥ) χρονικής περιόδου 1958-1997..... 19

Πίνακας 6-2 Μέσες ετήσιες συχνότητες εμφάνισης ανέμων Σταθμού Ελευσίνας (ΕΜΥ) χρονικής περιόδου 1958-2020..... 21

Πίνακας 7-1. Κυματικά χαρακτηριστικά στο σημείο ενδιαφέροντος στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος..... 24

Πίνακας 7-2. Κυματικά χαρακτηριστικά ως δεδομένα εισόδου για την προσομοίωση της κυματικής διαταραχής στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος..... 26

Πίνακας 10-1. Μέγιστο σημαντικό ύψος κύματος Hs (m) στις Π.Ε. για το σενάριο SM1 με εισερχόμενο ύψος κυματισμού Hs = 1.67 m και μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0.011%..... 33

Πίνακας 10-2. Μέγιστο σημαντικό ύψος κύματος Hs (m) στις Π.Ε. για το σενάριο SM2 με εισερχόμενο ύψος κυματισμού Hs = 1.42 m και μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0.011%..... 33

Πίνακας 10-3. Μέγιστο σημαντικό ύψος κύματος Hs (m) στις Π.Ε. για το σενάριο SM3 με εισερχόμενο ύψος κυματισμού Hs = 1.10 m και μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0.022%..... 33

Πίνακας 10-4. Μέγιστο σημαντικό ύψος κύματος Hs (m) στις Π.Ε. για το σενάριο SM4 με εισερχόμενο ύψος κυματισμού Hs = 0.80 m και μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0.088%..... 33

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Η Διεύθυνση Συγκοινωνιακών Υποδομών με Σύμβαση Παραχώρησης του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών ανέθεσε στην MARNET Α.Τ.Ε. την παροχή υπηρεσιών Συμβούλου για την υποβοήθηση της ανωτέρω Διεύθυνσης στην εκπόνηση προμελέτης λιμενικών έργων, καθώς και στην εκπόνηση ακτομηχανικής μελέτης και μελέτης κυματικών συνθηκών στα πλαίσια των διαδικασιών για την ανάθεση της Σύμβασης Παραχώρησης «ΜΕΛΕΤΗ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ, ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ & ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΤΗΣ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΟΔΙΚΗΣ ΖΕΥΞΗΣ ΝΗΣΟΥ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ».

1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Προκειμένου να κατασκευαστεί η υποθαλάσσια οδική σήραγγα που συνδέει το Πέραμα Αττικής με τη Νήσο Σαλαμίνα προβλέπεται η κατασκευή επιχώματος στη δυτική ακτή του Περάματος. Για την κατασκευή του εν λόγω έργου είναι απαραίτητη η εκπόνηση δυο υποστηρικτικών μελετών, μιας Ακτομηχανικής Μελέτης και μιας Μελέτης Κυματικής Διαταραχής. Η τελευταία παρουσιάζεται στο παρόν τεύχος και έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση της επίδρασης του προτεινόμενου επιχώματος στο κυματικό πεδίο της ευρύτερης περιοχής.

Η Μελέτη περιλαμβάνει προσομοιώσεις γένεσης και διάδοσης κυματισμών λόγω πνοής βόρειων ανέμων σε όλο τον κόλπο της Ελευσίνας καθώς και προσομοιώσεις κυματικής διαταραχής εντός της θαλάσσιας περιοχής ενδιαφέροντος, μεταξύ Σαλαμίνας – Περάματος, τόσο για την υφιστάμενη διάταξη (**DN** – **Διάταξη Do Nothing**), όσο και για τη διάταξη με παρουσία του επιχώματος (**Διάταξη W1**), ούτως ώστε να προσδιοριστούν επακριβώς οι συνθήκες πιθανής πρόσθετης διαταραχής που δύνανται να δημιουργηθούν. Η εκπόνηση της βασίζεται στα ακόλουθα διακριτά βήματα:

- Αξιολόγηση υφιστάμενων στοιχείων και δεδομένων. Συλλογή ανεμολογικών δεδομένων και προσομοίωση της κυματικής γένεσης και διάδοσης λόγω πνοής Βόρειων ανέμων σε όλο τον κόλπο της Ελευσίνας. Κατάστρωση σεναρίων κυματικών χαρακτηριστικών προς περαιτέρω αριθμητική προσομοίωση εντός της θαλάσσιας περιοχής ενδιαφέροντος, μεταξύ Περάματος και Σαλαμίνας.
- Εκπόνηση αριθμητικών προσομοιώσεων κυματικής διάδοσης με απουσία του προτεινόμενου έργου επίχωσης (υφιστάμενη διάταξη, Do Nothing), αλλά και με παρουσία αυτού (Διάταξη W1) .
- Διερεύνηση των μέγιστων υψών των κυματισμών που προκύπτουν σε συγκεκριμένες Περιοχές Ελέγχου και σύγκριση των αποτελεσμάτων, μεταξύ Διατάξεων DN και W1, για να υπολογιστεί η (ενδεχόμενη) πρόσθετη διαταραχή που προκαλείται λόγω της παρουσίας του επιχώματος.

Επιπλέον προσδιορίζεται το κύμα σχεδιασμού μέσω προσομοίωσης της δράσης ανέμου Βόρειας διεύθυνσης, μεγάλης έντασης (11 Bf) και ικανής διάρκειας για να επιτευχθούν fetch-limited συνθήκες, ώστε να υπολογιστεί ο μέγιστος προσπίπτων κυματικός στο σημείο ενδιαφέροντος (περιοχή επιχώματος).

Για τη βέλτιστη προσέγγιση του προβλήματος εφαρμόζονται δυο αριθμητικά μοντέλα με διαφορετικές δυνατότητες. Αρχικά, το πρώτο μοντέλο που εφαρμόζεται είναι το MIKE21 FM-SW, που αναπτύχθηκε από το Ερευνητικό Κέντρο Danish Hydraulic Institute και είναι ικανό να προσομοιώσει τη γένεση των κυματισμών λόγω δράσης του ανέμου στην ευρύτερη περιοχή του Κόλπου της Ελευσίνας. Τα κυματικά χαρακτηριστικά που υπολογίζει το πρώτο μοντέλο δίνονται ως οριακή συνθήκη στο δεύτερο, το MARIS HMS που αναπτύχθηκε από τη Scientia Maris, με στόχο την αριθμητική προσομοίωση του κυματικού πεδίου στη θαλάσσια περιοχή ενδιαφέροντος μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος.

1.3 ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα διαθέσιμα στοιχεία και οι Μελέτες που έλαβε υπόψη της η παρούσα Μελέτη είναι τα εξής:

- Ψηφιακά δεδομένα βαθυμετρίας από το Έργο: «Θαλάσσιες Έρευνες στην Περιοχή της Υποθαλάσσιας Ζεύξης Περάματος - Σαλαμίνας», Τίτλος Σχεδίου: «Βυθομετρικό Διάγραμμα», Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Γεωφυσικά δεδομένα από το Έργο: «Θαλάσσιες Έρευνες στην Περιοχή της Υποθαλάσσιας Ζεύξης Περάματος - Σαλαμίνας», Τίτλος Σχεδίου: «Βυθομετρικό Διάγραμμα», Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Φυσικά και Βιοχημικά Δεδομένα από το Έργο: «Θαλάσσιες Έρευνες στην Περιοχή της Υποθαλάσσιας Ζεύξης Περάματος - Σαλαμίνας», Τίτλος Σχεδίου: «Βυθομετρικό Διάγραμμα», Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Διάταξη Προτεινόμενων Έργων Επίχωσης «Γενική Οριζοντιογραφία», ΝΑΜΑ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Α.Ε.
- Δορυφορικές φωτογραφίες και αεροφωτογραφίες.
- Ανεμολογικά δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού της Ελευσίνας (WMO 718) της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (**hnms.gr**).
- Βυθομετρικά δεδομένα από στοιχεία της βάσης Navionics (**webapp.navionics.com**).

1.4 ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στην εκπόνηση της μελέτης συμμετείχαν τα παρακάτω στελέχη της MARNET Α.Τ.Ε.:

- Νικόλαος Σ. Φλώριος, Ναυπηγός Μηχανικός – MSc
- Χαρίλαος Γ. Αντωνόπουλος, Δρ Πολιτικός Μηχανικός
- Αθανάσιος Γ. Παπαθανασίου, Δρ Μηχανολόγος Μηχανικός
- Εμμανουήλ Χ. Σούνδιας, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Επίσης κατά την εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου MARIS HMS της SCIENTIA MARIS συμμετείχε ο Μιχαήλ Χονδρός, Δρ Πολιτικός Μηχανικός.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ & ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης βρίσκεται νότια του κόλπου της Ελευσίνας στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 2-1 και στην Εικόνα 2-2.

Εικόνα 2-1. Ευρύτερη περιοχή μελέτης και θέση προτεινόμενου επιχώματος στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Ν. Σαλαμίνας και Περάματος (πηγή: Google Earth).

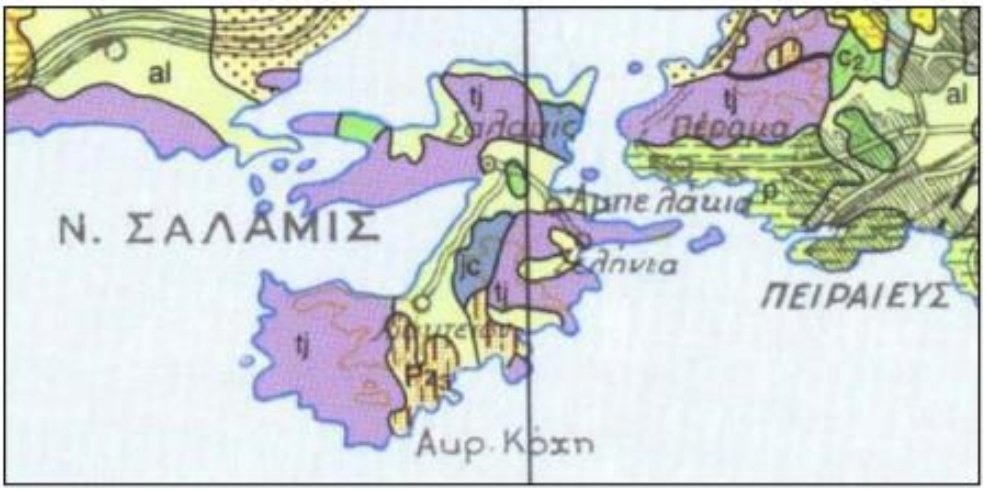
Εικόνα 2-2. Περιοχή μελέτης και θέση προτεινόμενου επιχώματος (πηγή: Google Earth).

Ο κόλπος της Ελευσίνας είναι μία αβαθής λεκάνη (με μέγιστο βάθος περί τα 35 m) που επικοινωνεί με τον Σαρωνικό κόλπο μέσω δύο στενών διαύλων: τον δίαυλο του Κερατσινίου (βάθος 12m, πλάτος επιφάνειας 1200 m, πλάτος βυθού 250 m) και τον δίαυλο των Μεγάρων (βάθος 8 m, πλάτος επιφάνειας 600 m, πλάτος βυθού 170 m). Η συνολική έκταση του Κόλπου υπολογίζεται περί τα 67 km^2 με το διαθέσιμο όγκο νερού στα 1.2 km^3. Στο βόρειο παραλιακό μέτωπο εντοπίζεται η μεγαλύτερη βιομηχανική ζώνη της Ελλάδας που περιλαμβάνει ναυπηγεία, διυλιστήρια, τσιμεντοβιομηχανίες, σιδηροβιομηχανίες κ.ά. Σημαντικότερες πόλεις της περιοχής είναι η Ελευσίνα, από την οποία προέρχεται και η ονομασία του λιμένα. Σημαντικότερος όρμος του Κόλπου είναι ο όρμος Σκαραμαγκάς ενώ εντός του Κόλπου βρίσκεται και το μεγαλύτερο σε έκταση νησί του Σαρωνικού, η Σαλαμίνα.

Στο δυτικό τμήμα του Κόλπου παρατηρούνται απότομες κλίσεις πυθμένα, μέση κλίση περίπου 20% και μέγιστο βάθος περίπου 35 m ενώ στο κεντρικό και στο ανατολικό τμήμα παρατηρούνται ηπιότερες κλίσεις πυθμένα και μικρότερα βάθη (μέση κλίση περίπου 2 % και μέγιστο βάθος περί τα 25 m).

Στον κόλπο της Ελευσίνας συναντώνται Τριαδικοί – Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες, αλλά και Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι. Στην ευρύτερη περιοχή Σαλαμίνας-Περάματος, που θα πραγματοποιηθεί η υποθαλάσσια οδική ζεύξη, κυριαρχούν γεωλογικοί σχηματισμοί που ανήκουν από γεωτεκτονική άποψη στην Υποπελαγονική ζώνη. Σύμφωνα με το τμήμα του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ (Εικόνα 2-3) τα παλαιότερα πετρώματα που συναντώνται είναι περμικής ηλικίας και εντοπίζονται κυρίως στο Σκαραμαγκά και νότια του όρμου Κακής Βίγλας στη Σαλαμίνα. Αυτοί οι σχηματισμοί διαμορφώνονται κυρίως από πρασινότεφρους ή ερυθρωπούς αργιλικούς σχιστόλιθοι και ψαμμίτες, εναλλασσόμενους με χαλαζιακά κροκαλοπαγή. Στα ανώτερα μέλη του συστήματος αυτού, στην περιοχή Σκαραμαγκά, απαντώνται ασβεστόλιθοι και δολομίτες ενώ περικλείονται επίσης και βασικά εκρηξιγενή πετρώματα. Στη Σαλαμίνα επικρατούν οι φυλλίτες, χαλαζίτες και σερικιτικοί σχιστόλιθοι. Σημαντική έκταση της περιοχής κατέχουν οι

ασβεστόλιθοι τριαδικής ηλικίας, που αποτελούνται από λευκότεφρους ή τεφρούς ασβεστόλιθους, δολομιτικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες που είναι πλακώδεις ή παχυπλακώδεις στη βάση τους, ενώ στα ανώτερα μέλη τους είναι παχυστρωματώδεις ή έχουν αμελητέου πάχους στρώμα. Στην περιοχή μελέτης πλειοκαινικές αποθέσεις, αποτελούμενες κυρίως από μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, μάργες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή θαλάσσιας ή παράκτιας φάσης καταλαμβάνουν πολύ μικρή έκταση, και εμφανίζονται κοντά στην είσοδο του Ναυστάθμου Περάματος, στο Καματερό και στην Κυνοσούρα Σαλαμίνας καθώς και στο νότιο τμήμα της νησίδας Αγ. Γεώργιος.

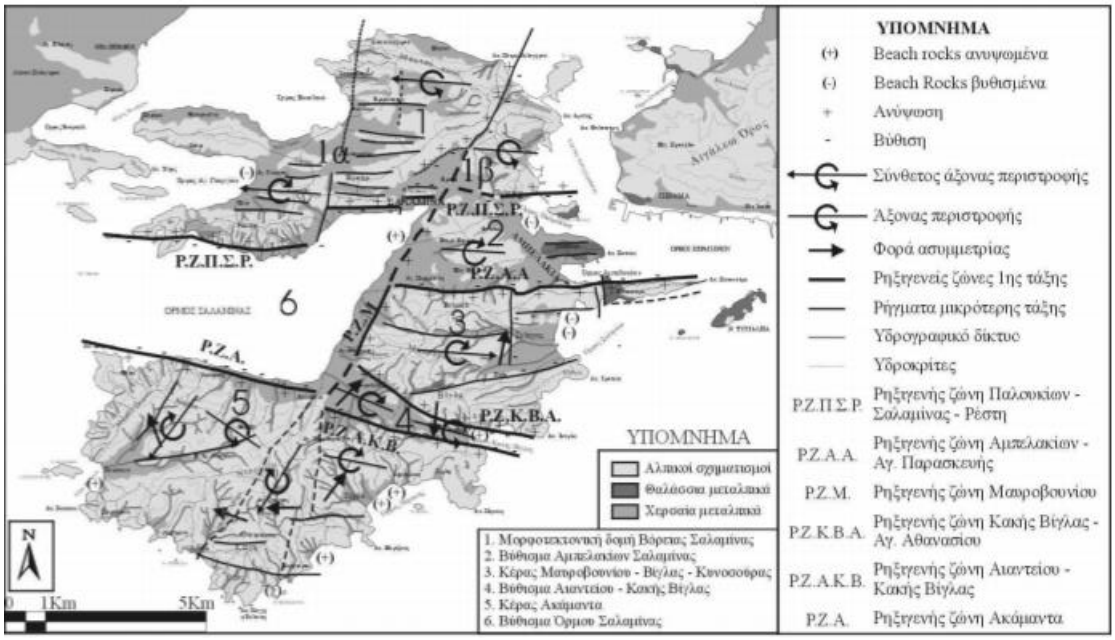


Εικόνα 2-3 Γεωλογικός χάρτης Σαλαμίνας-Περάματος (απόσπασμα από χάρτη ΙΓΜΕ) όπου: al: αλλουβιακές αποθέσεις, p: πλειοκαινικές αποθέσεις, c2: ασβεστόλιθοι Ανώτερου Κρητιδικού, jc: ασβεστόλιθοι Ανώτερου Ιουρασικού, tj: ασβεστόλιθοι Τριαδικού-Ιουρασικού, Pz3: παλαιοζωϊκοί σχηματισμο (Γαϊτανάκης 1982).

Τα επιφανειακά ιζήματα του κόλπου της Ελευσίνας από ανατολικά προς δυτικά χαρακτηρίζονται ως ιλυοαμμώδη και ιλυοαμμώδη με χονδρόκοκκη άμμο αντίστοιχα. Το κύριο ωστόσο χαρακτηριστικό της περιοχής είναι η εξάπλωση ενός μαύρου στρώματος ιλύος, πλούσιου σε οργανικό υλικό με πάχος έως και 12 cm, το οποίο είναι άμεσα σχετιζόμενο με την διαρκή εναλλαγή οξειδωτικών και ανοξικών συνθηκών στην επιφάνεια του πυθμένα, προσδίδοντας σε μεγάλη έκταση της επιφάνειας του βυθού μαύρο χρώμα. Στις παράκτιες ζώνες του Περάματος και της Σαλαμίνας παρατηρούνται βραχώδεις εξάρσεις περιορίζοντας το διαθέσιμο πάχος των ιζηματογενών στρώσεων. Τα ιζήματα στην προαναφερθείσα περιοχή, στο σημείο της εκβάθυνσης για τη διαμόρφωση της οδικής σήραγγας, είναι κατά κύριο λόγο χαλαρά ιλυοαμμώδη με εναλλαγές χονδρόκοκκων υλικών.

Σε ότι αφορά τη σεισμική δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής μελέτης, αυτή χαρακτηρίζεται μέτρια αφού σύμφωνα με το Χάρτη Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας του Ελληνικού Χώρου που αναφέρεται στο Νέο Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ 2000), ο Δήμος Περάματος ανήκει στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας Ι ενώ η Δυτική Αττική και ο Δ. Σαλαμίνας ανήκουν στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας ΙΙ..

Όσον αφορά στο τεκτονικό καθεστώς, η περιοχή μελέτης ελέγχεται από το σύστημα ρηγμάτων που διαμορφώνει την μορφολογία της Σαλαμίνας (Εικόνα 2-4). Η Σαλαμίνα ελέγχεται από ένα σύστημα μορφοτεκτονικών δομών που έχουν διεύθυνση Α-Δ και ΒΑ- ΝΔ, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την δημιουργία νεοτεκτονικών βυθισμάτων και κεράτων αντίστοιχων διευθύνσεων (Μαριολάκος κ.α., 2009).



Εικόνα 2-4 Οι νεοτεκτονικές δομές της νήσου Σαλαμίνας με τα κύρια περιθωριακά ρήγματα – ρηξιγενείς ζώνες καθώς και ορισμένα από τα κυριότερα ρήγματα μικρότερης τάξης. Στο χάρτη είναι σημειωμένη η κινηματική των μακροδομών, καθώς και τα σημαντικότερα μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά (Μαριολάκος κ.α., 2009)

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες και η ποιότητα των υδάτων είναι υποβαθμισμένη, και λόγω των στενών διαύλων επικοινωνίας με το Σαρωνικό αλλά και λόγω σημαντικού βαθμού ρύπανσης λόγω απόρριψης αστικών και βιομηχανικών λυμάτων της πόλης των Αθηνών.

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στην περιοχή είναι 407 mm, με το μέγιστο και το ελάχιστο μηνιαίο ύψος να είναι αντίστοιχα 244.6mm και 0mm. (Ε.Μ.Υ. Μετεωρολογικός Σταθμός Ελευσίνας). Η επικρατέστερη διεύθυνση ανέμου είναι η βόρεια, ακολουθούμενη από νότια και βορειοδυτική με μικρή ή μέση ένταση (Ε.Μ.Υ.).

2.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Η χερσαία έκταση βόρεια του επιχώματος ανήκει στη δικαιοδοσία του ελληνικού Πολεμικού Ναυτικού (Ναυτικό Οχυρό Σκαραμαγκά), στο παράκτιο μέτωπο της οποίας συναντάται πληθώρα λιμενικών υποδομών. Η δικαιοδοσία του Πολεμικού Ναυτικού εκτείνεται πέραν της στεριάς και στον παρακείμενο θαλάσσιο χώρο φτάνοντας μέχρι και τη νήσο Σαλαμίνα στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης όπου αναπτύσσεται ο Ναύσταθμος Σαλαμίνας, ο οποίος συνορεύει με τον εκεί λιμένα των επιβατηγών-οχηματαγωγών πλοίων ανοικτού τύπου, που συνδέουν τη Σαλαμίνα με το Πέραμα.

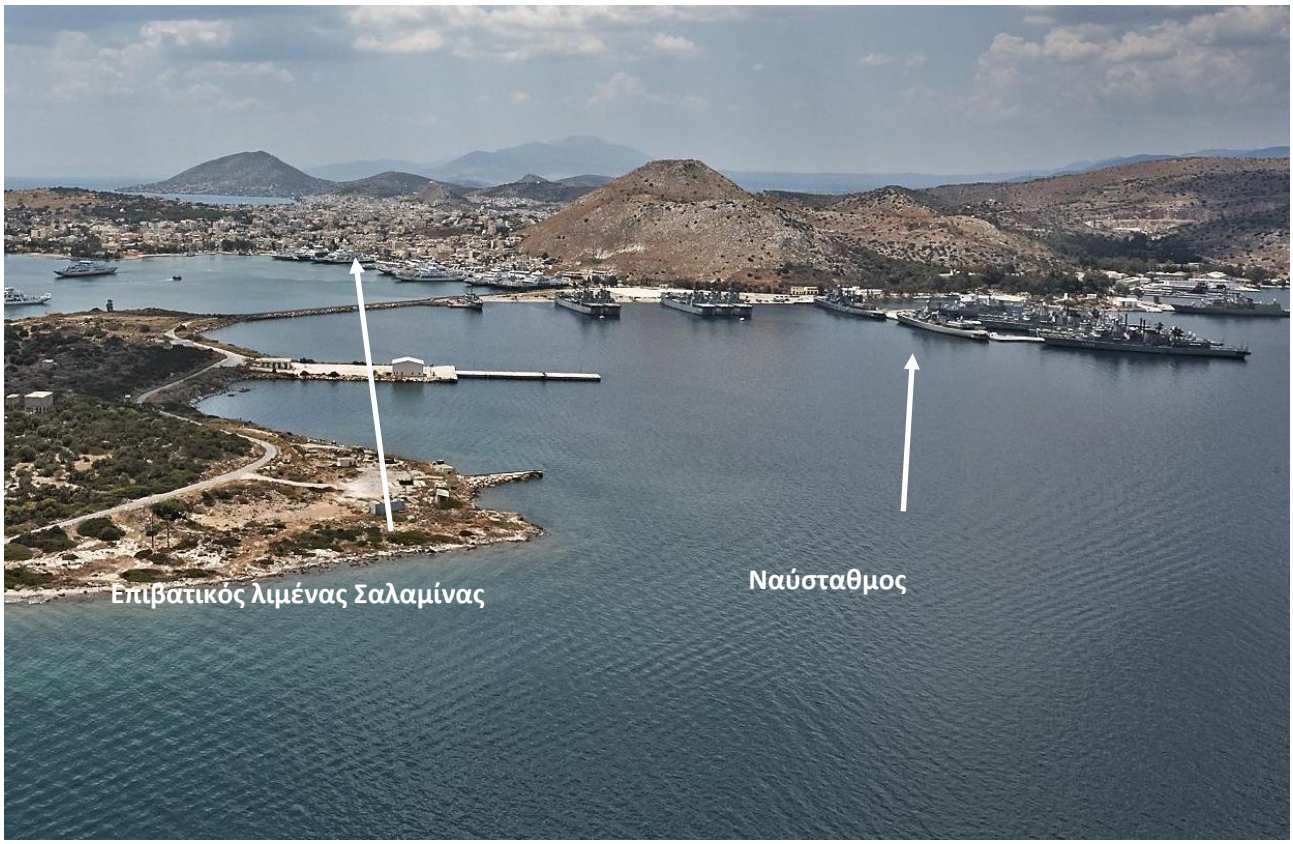
Η πλησιέστερη η λιμενική υποδομή του Πολεμικού Ναυτικού, βόρεια της περιοχής που πρόκειται να κατασκευαστούν τα προτεινόμενα παράκτια έργα επίχωσης, βρίσκεται σε απόσταση περί τα 200m όπως φαίνεται στην Εικόνα 2-5. Νότια του προτεινόμενου επιχώματος, σε απόσταση περίπου 300m, βρίσκεται ο λιμένας Περάματος «Καραβάκια» (Εικόνα 2-6) ο οποίος πέραν της χρήσης του ως συνδετικός κρίκος με τη Σαλαμίνα αποτελεί και έναν πόλο αναψυχής και ελλιμενισμού σκαφών για τον ομώνυμο δήμο. Όπως προαναφέρθηκε στο νοτιανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης βρίσκεται ο λιμένας Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων της Σαλαμίνας, ένας από τους δύο πόλους σύνδεσης της Σαλαμίνας με τις γύρω περιοχές της Αττικής, και

βρίσκεται σε άμεση σύνδεση με τον λιμένα Πειραιώς και τον προαναφερθέντα δυτικό λιμένα του Δήμου Περάματος, από όπου πραγματοποιείται η μεγαλύτερη κίνηση ανθρώπων και οχημάτων, από και προς την Σαλαμίνα (Εικόνα 2-7).

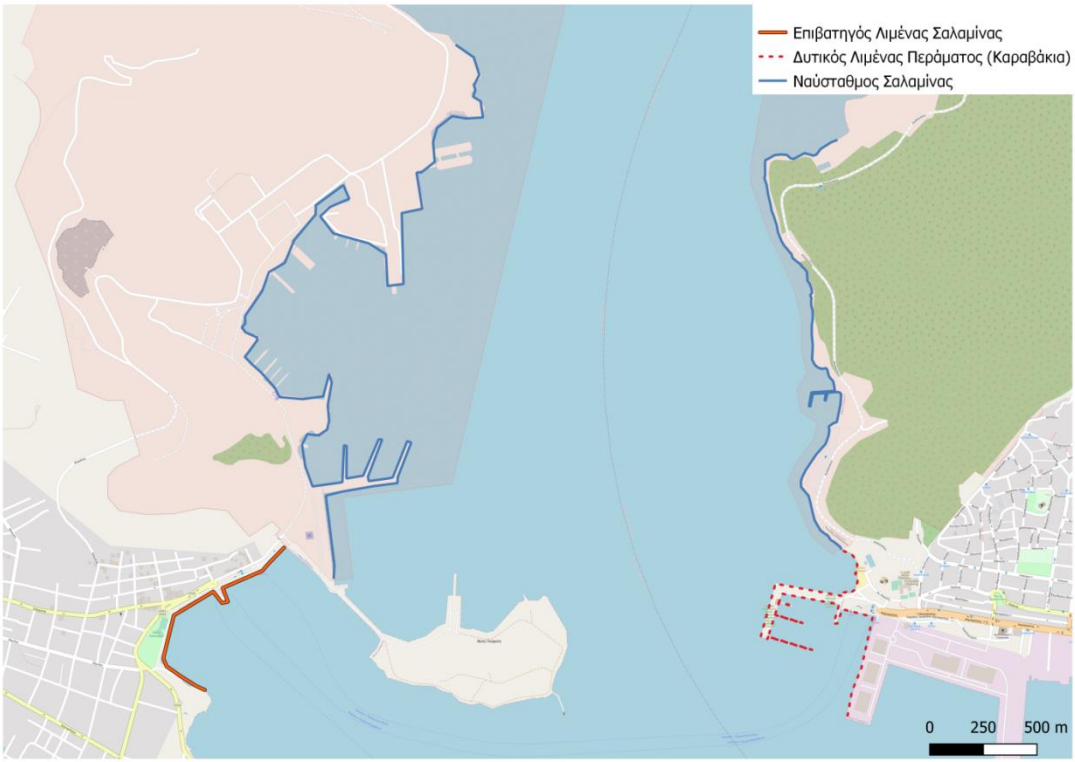
Οι κύριες λιμενικές υποδομές και λειτουργίες στην ευρύτερη περιοχή του προτεινόμενου επιχώματος αποτυπώνονται στην Εικόνα 2-8.

Εικόνα 2-5 Υφιστάμενη λιμενική υποδομή βόρεια του προτεινόμενου επιχώματος (πηγή: https://tripinview.com)

Εικόνα 2-6 Θαλάσσια περιοχή προτεινόμενου επιχώματος (πηγή: Google Earth)



Εικόνα 2-7 Ναύσταθμος και Επιβατικός λιμένας Σαλαμίνας (πηγή: https://tripinview.com)



Εικόνα 2-8 Σημαντικές λιμενικές υποδομές της ευρύτερης περιοχής μελέτης

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

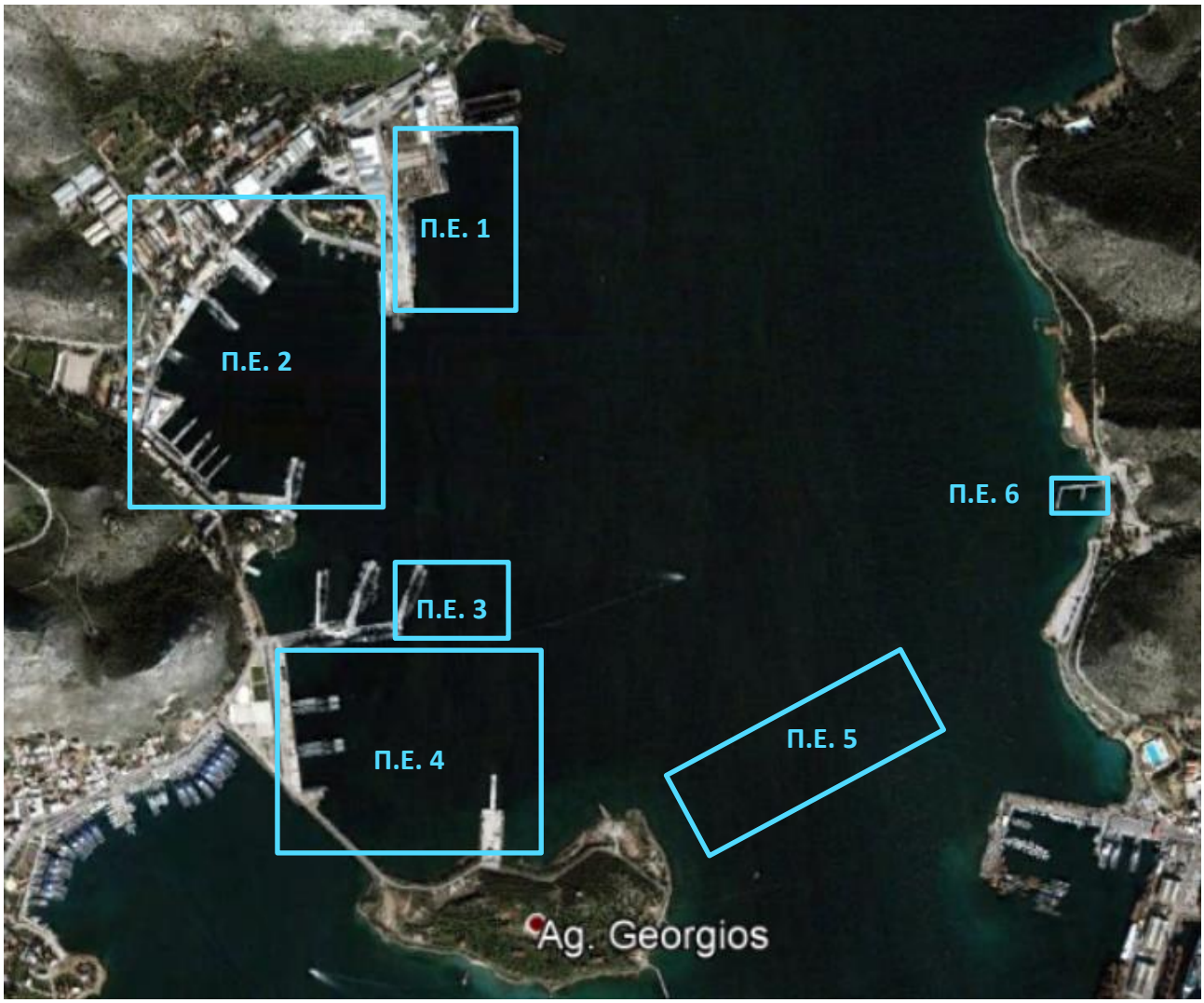
Η μεθοδολογία που ακολούθησε η παρούσα Μελέτη βασίζεται στα ακόλουθα πέντε διακριτά στάδια:

- **Πρώτο στάδιο** αποτελεί η συλλογή και αξιολόγηση των διαθέσιμων στοιχείων και δεδομένων με σκοπό τον προσδιορισμό των μετεωρολογικών, θαλάσσιων και γεωμορφολογικών συνθηκών στην περιοχή μελέτης. Ειδικότερα, συλλέχθηκαν, αξιολογήθηκαν και αναλύθηκαν τα ακόλουθα:
    - Βαθυμετρία περιοχής μελέτης
    - Ανεμολογικά δεδομένα της ευρύτερης περιοχής μελέτης
    - Κυματικό κλίμα στα ανοιχτά και ωκεανογραφικά δεδομένα (στάθμη θάλασσας και παλίρροια)
- Σε **δεύτερο στάδιο**, έχοντας ως βάση τα παραπάνω δεδομένα, αναπτύσσεται αριθμητικό πεδίο που αναπαριστά τη γεωμορφολογία της ευρύτερης περιοχής (σήμανση με πορτοκαλί χρώμα στην Εικόνα 3-1) και γίνεται προσομοίωση του κυματικού κλίματος μέσω κατάλληλου φασματικού κυματικού μοντέλου για πνοή ανέμου **Βόρειας και Βορειοδυτικής** διεύθυνσης (Αξιοποιούνται τα μέσα ετήσια ανεμολογικά δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού της Ελευσίνας της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας) και προσδιορίζονται τα κυματικά χαρακτηριστικά (σημαντικό ύψος Hs, περίοδος κορυφής Tp και μέση διεύθυνση Mean Wave Direction) στο όριο της θαλάσσιας περιοχής ενδιαφέροντος μεταξύ της Ν. Σαλαμίνας και του Περάματος νοτιοανατολικά της νησίδας Λέρου Σαλαμίνας.
- Σε **τρίτο στάδιο**, αναπτύσσεται νέο αριθμητικό πεδίο που αναπαριστά τη γεωμορφολογία της περιοχής ενδιαφέροντος (σήμανση με γαλάζιο χρώμα στην Εικόνα 3-1) και έχοντας ως δεδομένα εισόδου τα αποτελέσματα του προσπίπτοντος κυματικού κλίματος από το προηγούμενο βήμα, εκπονούνται περαιτέρω αριθμητικές προσομοιώσεις, με κατάλληλο μη γραμμικό κυματικό μοντέλο υψηλής ακρίβειας, για την προσομοίωση της κυματικής διάδοσης και διαταραχής για την υφιστάμενη κατάσταση (Do Nothing).
- Στο **τέταρτο στάδιο**, εκπονείται νέος κύκλος προσομοιώσεων σε αντιστοιχία με το τρίτο στάδιο, όπου στην θαλάσσια περιοχή προσομοίωσης μεταξύ της Σαλαμίνας και του Περάματος περιλαμβάνεται και το προτεινόμενο επίχωμα.
- Τέλος, στο **πέμπτο στάδιο**, πραγματοποιείται σύγκριση των αποτελεσμάτων του τρίτου και τέταρτου σταδίου (Διάταξη DN και W1 αντίστοιχα) σε έξι συγκεκριμένες Περιοχές Ελέγχου (Π. Ε.), όπως απεικονίζονται στην Εικόνα 3-2, με σκοπό να αξιολογηθεί η επίδραση του προτεινόμενου επιχώματος στο κυματικό πεδίο της θαλάσσιας περιοχής ενδιαφέροντος. Οι Π.Ε. 1 έως και 4 εμπεριέχουν τις θέσεις παραβολής στην απέναντι από το προτεινόμενη επίχωμα ακτογραμμή, η Π.Ε. 5 αφορά τη θαλάσσια περιοχή της υποθαλάσσιας σήραγγας και τέλος η Π.Ε. 6 εμπεριέχει τη λιμενολεκάνη της λιμενικής υποδομής ακριβώς βόρεια του προτεινόμενου επιχώματος.

Να σημειωθεί πως η συγκεκριμένη μεθοδολογία ακολουθήθηκε γιατί η μορφολογία του Κόλπου της Ελευσίνας (Εικόνα 3-1) προσομοιάζει με μία μεγάλη σχεδόν κλειστή λιμενολεκάνη όπου οι κυματισμοί που επηρεάζουν την περιοχή ενδιαφέροντος είναι οι Βόρειοι και Βορειοδυτικοί. Έτσι, προκειμένου να βρεθεί το κυματικό κλίμα στην θαλάσσια περιοχή μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος, πραγματοποιείται αρχικά αριθμητική προσομοίωση του κυματικού κλίματος σε ολόκληρο κόλπο της Ελευσίνας μέσω του φασματικού αριθμητικού μοντέλου MIKE21 FM-SW του DHI. Τα αποτελέσματα των εν λόγω προσομοιώσεων αποτελούν δεδομένα εισόδου στις ακόλουθες αριθμητικές προσομοιώσεις που πραγματοποιούνται μέσω του μη γραμμικού αριθμητικού μοντέλου MARIS HMS της Scientia Maris, προσομοιώνοντας έτσι τη διάδοση σύνθετων κυματισμών σε μία μικρότερη περιοχή, μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος, η οποία και αποτελεί την περιοχή ενδιαφέροντος. Με την εφαρμογή του δεύτερου

μοντέλου καθίσταται δυνατό να προσομοιωθούν όλα τα κυρίαρχα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στον κυματικό μετασχηματισμό δηλαδή ρήχωση, διάθλαση, περίθλαση, ανάκλαση, θραύση και τριβή πυθμένα.

Εικόνα 3-1. Αριθμητικά πεδία προσομοίωσης και θέση έργου.



Εικόνα 3-2. Περιοχές ελέγχου κυματικής διαταραχής στη θαλάσσια περιοχή Σαλαμίνας – Περάματος.

4. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

4.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ – MIKE21 FM-SW

Ακολούθως δίνεται το μαθηματικό υπόβαθρο του αριθμητικού μοντέλου MIKE21 FM-SW της DHI (Danish Hydraulic Institute) που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη κυματικής διαταραχής με σκοπό την προσδιορισμό του κυματικού κλίματος σε ολόκληρο τον Κόλπο της Ελευσίνας.

Οι εξισώσεις που βασίζεται το συγκεκριμένο μοντέλο, είναι η εξίσωση ισοζυγίου κυματικής δράσης σε καρτεσιανές ή σφαιρικές συντεταγμένες (Komen et al., 1994; Young, 1999). Σε οριζόντιες καρτεσιανές συντεταγμένες, η εν λόγω εξίσωση γράφεται:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v}N) = \frac{S}{\sigma}$$

Όπου $N(\vec{x}, \sigma, \theta, t)$ είναι η πυκνότητα δράσης,

t είναι ο χρόνος,

$\vec{x} = (x, y)$ είναι οι καρτεσιανές συντεταγμένες,

$(\vec{v}) = (c_x, c_y, c_\sigma, c_\theta)$ ταχύτητα διάδοσης ομάδας κυματισμού στον 4-διάστατο χώρο $\vec{x}, \sigma, \theta$ και

S είναι ο όρος πηγής για την εξίσωση ενεργειακού ισοζυγίου:

$S = S_{in} + S_{n1} + S_{ds} + S_{bot} + S_{surf}$, όπου S_{in} ενέργεια από άνεμο, S_{n1} μεταφορά κυματικής ενέργειας λόγω μη γραμμικών αλληλεπιδράσεων, S_{ds} διάχυση λόγω θραύσης στα βαθιά, S_{bot} διάχυση λόγω τριβής πυθμένα και S_{surf} διάχυση λόγω θραύσης στα ρηχά.

Η διακριτοποίηση των εξισώσεων που διέπουν την προσομοίωση των παραπάνω φυσικών δεδομένων στο γεωμετρικό και φασματικό χώρο γίνεται με τη χρήση της μεθόδου πεπερασμένων όγκων. Στο γεωγραφικό πεδίο χρησιμοποιείται ένας μη δομημένος κάνναβος – τριγωνικό πλέγμα.

4.2 ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ – MARIS HMS

Ακολούθως δίνεται το μαθηματικό υπόβαθρο του αριθμητικού μοντέλου MARIS HMS της Scientia Maris που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη κυματικής διαταραχής για την προσομοίωση της κυματικής διαταραχής στην περιοχή ενδιαφέροντος. Το μοντέλο αυτό αποτελεί ένα εξελιγμένο μη γραμμικό μοντέλο εξίσωσης ήπιας κλίσης υπερβολικής μορφής που προσομοιώνει τη χωροχρονική διάδοση απλών ή σύνθετων κυματισμών σε παράκτια πεδία και λιμενολεκάνες. Είναι ικανό να προσομοιώσει με ακρίβεια όλα τα πολύπλοκα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα σε ένα παράκτιο πεδίο, όπως:

- Διάδοση μη γραμμικών κυματισμών
- Ρήχωση
- Θραύση
- Διάθλαση
- Περίθλαση
- Ανάκλαση (Μερική ή Ολική)
- Απώλεια ενέργειας λόγω θραύσης και τριβής πυθμένα

Το συγκεκριμένο μαθηματικό μοντέλο βασίζεται στις εξισώσεις ήπιας κλίσης που καταστρώθηκαν αρχικά από τον Berkhoff (1972) και εν συνεχεία επεκτάθηκαν από τον Booij (1981) προσθέτοντας όρους ενεργειακής διάχυσης. Περαιτέρω εξέλιξη επετεύχθη από τους Massel (1993) και Suh et al. (1997) για την ενσωμάτωση της επίδρασης απότομων αλλαγών του πυθμένα. Οι αρχικές εξισώσεις ήπιας κλίσης είναι ελλειπτικές μερικές διαφορικές εξισώσεις με μιγαδικές μεταβλητές. Για την επίλυση τους χρειάζεται σημαντικός υπολογιστικός χρόνος, ειδικά εάν πρόκειται για μελέτη μιας μεγάλης παράκτιας περιοχής. Για αυτό το λόγο έχουν προταθεί διαφορές προσεγγιστικές μεθοδολογίες για την επίλυσή τους.

Το συγκεκριμένο μοντέλο βασίζεται στις εξισώσεις ήπιας κλίσης, υπερβολικής μορφής (Copeland, 1985; Karambas et al., 2010, 2013). Οι εξισώσεις γράφονται ως εξής:

$$\zeta_t + \frac{c}{c_g}\nabla\frac{c_g}{c}\boldsymbol{Q_w} = 0$$

$$\boldsymbol{U_{w,t}} + \frac{c^2}{d}\nabla\zeta = v_h\nabla^2\boldsymbol{U_w}$$

όπου ζ είναι η ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας της θάλασσας λόγω του κυματισμού, $\mathbf{Q_w} = \mathbf{U_w}h_w = (Q_w, P_w)$, $h_w = d + \zeta$, d το βάθος της θάλασσας, $\mathbf{U_w} \equiv (U_\mathrm{w}, V_\mathrm{w})$, U_w και V_w είναι οι μέσες ως προς το βάθος οριζόντιες ταχύτητες, c η ταχύτητα διάδοσης του κυματισμού, c_g η ταχύτητα ομάδας διάδοσης του κυματισμού, και v_h ο τυρβώδης συντελεστής ιξώδους που ενσωματώνει τη διάχυση ενέργειας λόγω θραύσης και μερικής ή ολικής ανάκλασης.

Η απώλεια της ενέργειας λόγω θραύσης των κυματισμών στην ακτή, ή πάνω στους κυματοθραύστες, εισάγεται στο μοντέλο μέσω της προσομοίωσης των τάσεων Reynolds, με τη θεώρηση τυρβώδους συντελεστή ιξώδους στο δεξιό μέρος των εξισώσεων της ορμής. Ο τυρβώδης συντελεστής ιξώδους v_h υπολογίζεται από (Battjes, 1975):

$$v_h = 2h\left(\frac{D}{\rho}\right)^{1/3}$$

όπου D η απώλεια της ενέργειας λόγω της θραύσης τυχαίων κυματισμών

$$D = \frac{1}{4}Q_b f_s \rho g H_m^2$$

με f_s τη μέση συχνότητα φάσματος, H_m το μέγιστο δυνατό ύψος κύματος και Q_b συντελεστή που σχετίζεται με τη πιθανότητα θραύσης του κυματισμού.

Μετά την παραδοχή κατανομής Rayleigh, ο συντελεστής Q_b δίνεται από τη λύση της παρακάτω εξίσωσης:

$$\frac{1 - Q_b}{\ln Q_b} = -\left(\frac{H_{rms}}{H_m}\right)^2$$

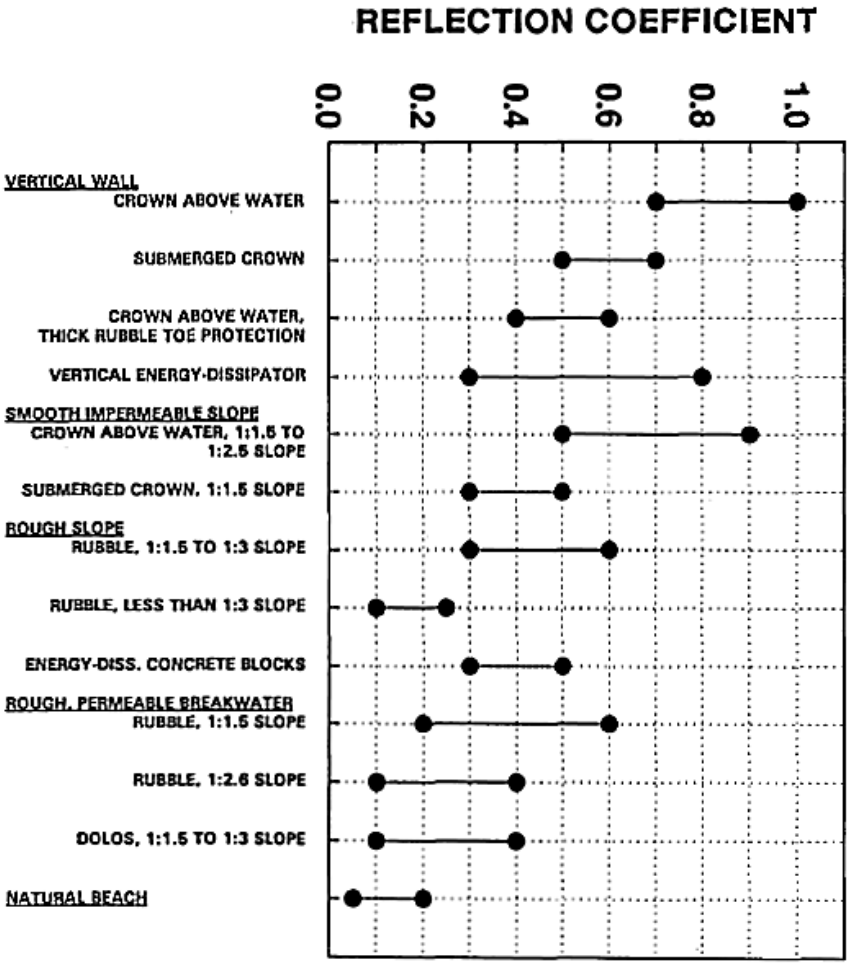
όπου H_{rms} είναι το μέσο τετραγωνικό ύψος.

Είναι φανερό ότι η μέγιστη τιμή του Q_b είναι η μονάδα (όλοι οι κυματισμοί είναι θραυόμενοι), και όταν $H_{rms} \ll H_m$, τότε $Q_b \ll 1$ (μη θραυόμενοι κυματισμοί). Η παραπάνω εξίσωση της απώλειας D μπορεί να περιγράψει την απώλεια τυχαίων κυματισμών σε οποιαδήποτε πολύπλοκη βαθυμετρία.

Η απώλεια της ενέργειας λόγω τριβής πυθμένα προσομοιώνεται με τους γραμμικοποιημένους όρους στο δεξί μέρος των εξισώσεων της ορμής. Ο γραμμικοποιημένος συντελεστής τριβής f_b συνδέεται με τον συντελεστή τριβής (κύματος) f_w με τη σχέση:

$$f_b\sigma = \frac{\frac{1}{2} f_w \sqrt{U_w^2 + V_w^2}}{d}$$

Τέλος, το μοντέλο MARIS HMS, λαμβάνει ως δεδομένο εισόδου ένα δισδιάστατο αρχείο, όπου προσδιορίζεται κοντά στα στερεά όρια (3-4 κελιά) της περιοχής μελέτης, ο συντελεστής τυρβώδους ιξώδους v_h όπου προσομοιώνουν τεχνητά τη διάχυση ενέργειας λόγω μερικής ή ολικής ανάκλασης των κυματισμών. Οι συντελεστές υπολογίζονται από ένα αρχικό σετ προσομοιώσεων με την εφαρμογή του μοντέλου με βάση την περίοδο του κύματος *T*, το ύψος κύματος *H* και ένα σταθερό βάθος *d* στον πόδα του έργου. Η σωστή εκτίμηση των συντελεστών ανακλάσεως $\boldsymbol{r}$ (ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος του εισερχόμενου κυματισμού προς τον ανακλώμενο $= H_i/H_r$) και των αντίστοιχων συντελεστών ιξώδους v_h σε κάθε τμήμα του στερεού ορίου είναι πρωτεύουσας σημασίας για την αποτελεσματικότητα του μοντέλου. Στην ακόλουθη εικόνα δίνονται τυπικά εύρη (Thompson et al. 1996) συντελεστών ανάκλασης για περιόδους κυματισμού μικρότερες των 20 s.



Εικόνα 4-1 Τυπικά εύρη συντελεστών ανάκλασης (Thompson et al. 1996).

Τέλος, τα απαιτούμενα δεδομένα εισόδου για να εφαρμοστεί το μοντέλο είναι τα εξής:

- Η βαθυμετρία της περιοχής μελέτης δίνεται ως διδιάστατος αριθμητικός κάνναβος όπου κάθε κελί αντιπροσωπεύει και μια τιμή βάθους ή ένα κελί ξηράς.
- Επιλογή συνοριακών συνθηκών (ακτινοβολίας ή ανακλαστικές) στα όρια του αριθμητικού πεδίου

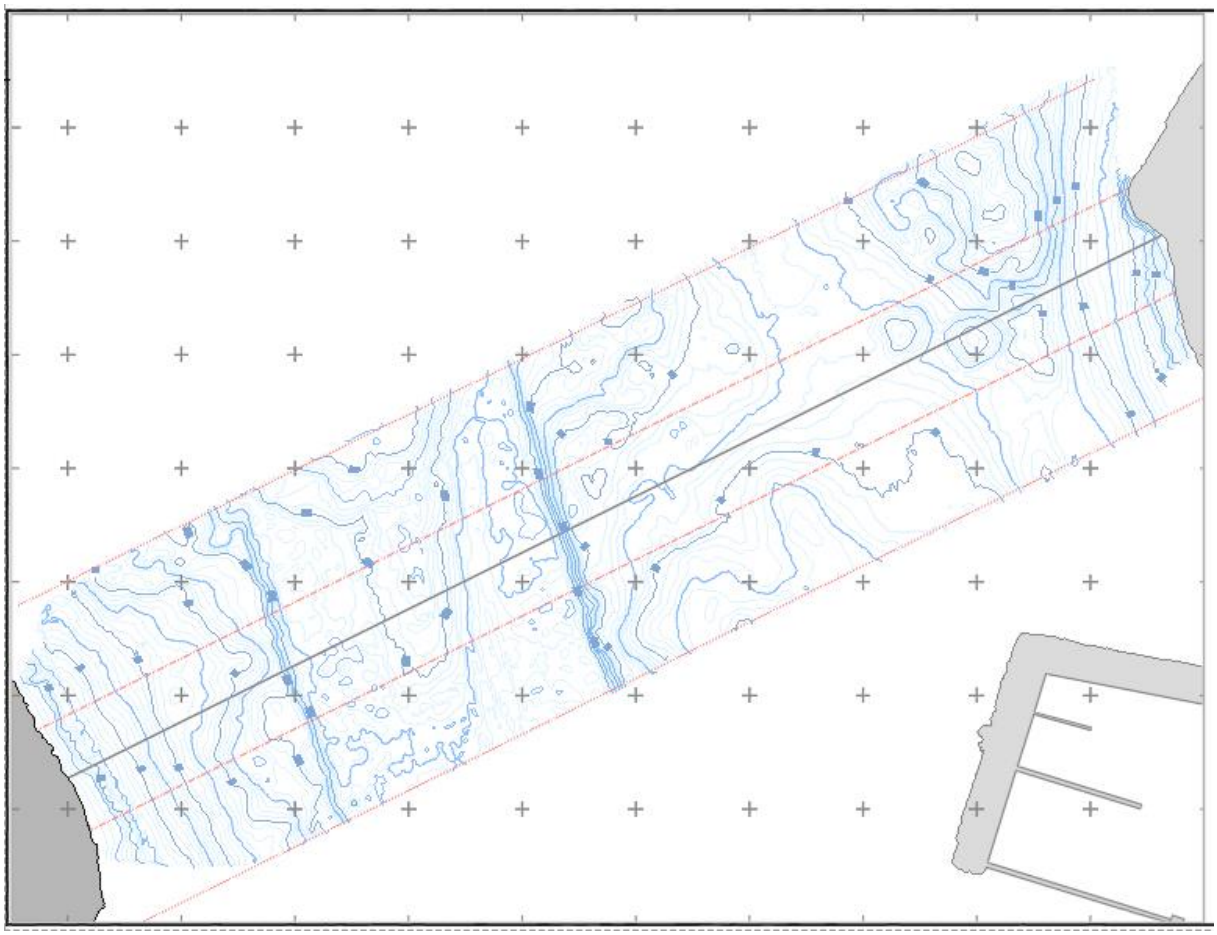
- Καθορισμός κυματικών χαρακτηριστικών στην κυματογενήτρια του αριθμητικού πεδίου, ύψος, περίοδο και διεύθυνση.
- Καθορισμός συντεταγμένων γραμμής κυματογένεσης
- Επιλογή ή μη προσομοίωσης θραύσης και τριβής πυθμένα
- Χάρτης χωρικής κατανομής συντελεστή τριβής

5. ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

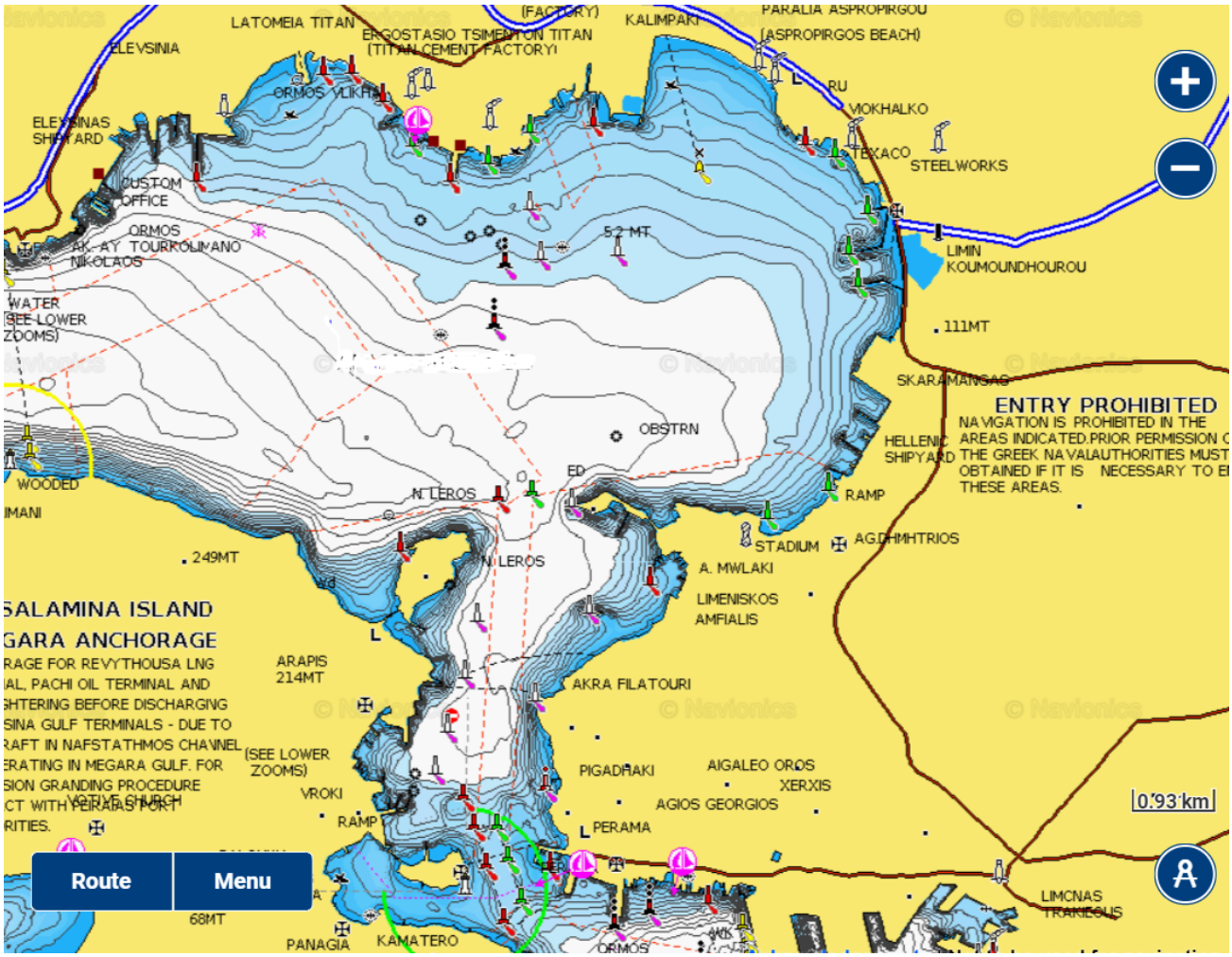
Στο πλαίσιο της παρούσας Μελέτης, η βαθυμετρία της περιοχής που πρόκειται να κατασκευαστούν τα έργα επίχωσης προέκυψε από πρόσφατη βυθομετρική αποτύπωση (Εικόνα 5-1) που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του έργου της υποθαλάσσιας οδικής σήραγγας Ν. Σαλαμίνας – Περάματος.

Η πρόσφατη βαθυμετρική αποτύπωση αποτελεί δεδομένο εισόδου για τα αριθμητικά μοντέλα. Η συμπλήρωση των υπόλοιπων βαθυμετρικών δεδομένων που περιλαμβάνει τόσο ολόκληρο τον κόλπο της Ελευσίνας όσο και την θαλάσσια περιοχή Σαλαμίνας – Περάματος που αποτελεί και την περιοχή ενδιαφέροντος πραγματοποιήθηκε αξιοποιώντας τα βυθομετρικά δεδομένα από στοιχεία της βάσης Navionics (Εικόνα 5-2) (webapp.navionics.com).

Σημειώνεται πως τα βάθη από την βαθυμετρική αποτύπωση εξαρτώνται από τη Μέση Στάθμη Θάλασσας, ενώ τα βάθη των δεδομένων της βάσης Navionics εξαρτώνται από την Κατώτατη Ρηχία. Ως εκ τούτου πραγματοποιήθηκε κατάλληλη τροποποίηση των δεδομένων της βάσης Navionics ώστε όλα τα βάθη να αναφέρονται στη Μ.Σ.Θ.



Εικόνα 5-1 Βυθομετρική αποτύπωση θαλάσσιας περιοχής κατασκευής προτεινόμενων επιχώσεων μεταξύ Ν. Σαλαμίνας και Περάματος Λαυρίου («Θαλάσσιες Έρευνες στην Περιοχή της Υποθαλάσσιας Ζεύξης Περάματος - Σαλαμίνας», Τίτλος Σχεδίου: «Βυθομετρικό Διάγραμμα», Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών)



Εικόνα 5-2 Ναυτικός Χάρτης του κόλπου της Ελευσίνας από τη βάση Navionics (πηγή: webapp.navionics.com)

6. ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΙΤΑ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

6.1 ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Έχοντας υπόψη τη θέση των προτεινόμενων παράκτιων έργων, έχουν ενδιαφέρον από άποψη γένεσης των κυματισμών οι άνεμοι που πνέουν από:

- **Βόρεια διεύθυνση και**
- **Βορειοδυτική διεύθυνση**

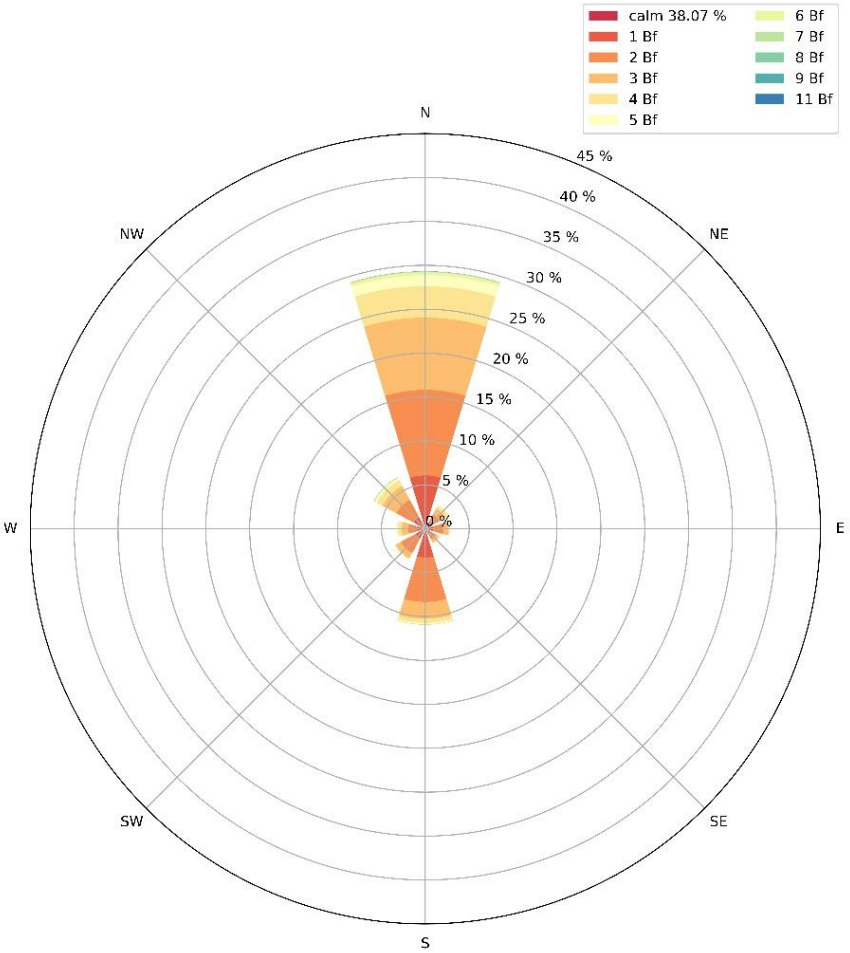
οι οποίοι επηρεάζουν την περιοχή μελέτης και δημιουργούν κυματική διαταραχή. Όλες οι υπόλοιπες διευθύνσεις πνοής ανέμου δεν είναι ικανές να γεννήσουν κυματισμούς με αξιόλογο ύψος κυματισμών.

Στο πλαίσιο της παρούσας Μελέτης αξιοποιούνται τα ανεμολογικά δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού της Ελευσίνας της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.) ο οποίος θεωρείται ο πλέον κατάλληλος λόγω της θέσης του. Ο συγκεκριμένος σταθμός έχει συντεταγμένες 38°04'N και 23°33'E. Οι επικρατέστεροι άνεμοι της περιοχής είναι οι Βόρειοι με ετήσιο ποσοστό εμφάνισης 29.32% και ακολουθούν οι Νότιοι με ποσοστό εμφάνισης 10.93%. Οι μετρήσεις αναφέρονται στο διάστημα 1958-1997.

Το ποσοστό νηνεμίας είναι 38.069% του ετήσιου συνόλου των μετρήσεων. Η συχνότερη ένταση των επικρατούντων ανέμων είναι 3 BF και η μέγιστη ένταση φτάνει τα 11Bf για Βόρειους ανέμους (μέσο ετήσιο ποσοστό 0.011%). Οι ετήσιες συχνότητες ανά διεύθυνση και ένταση ανέμου παρουσιάζονται ακολούθως.

Πίνακας 6-1 Μέσες ετήσιες συχνότητες εμφάνισης ανέμων Σταθμού Ελευσίνας (ΕΜΥ) χρονικής περιόδου 1958-1997.

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	S U M
0	-	-	-	-	-	-	-	-	38.069	38.069
1	0.427	0.077	0.066	0.044	0.230	0.121	0.121	0.142	-	1.228
2	5.643	0.778	0.877	0.603	3.046	1.118	0.734	1.348	-	14.147
3	9.740	0.975	1.139	0.723	5.062	1.895	1.063	2.235	-	22.832
4	8.228	0.789	0.559	0.373	1.906	0.701	0.745	1.797	-	15.098
5	3.583	0.340	0.131	0.110	0.471	0.077	0.373	0.734	-	5.819
6	1.249	0.088	0.022	0.044	0.153	0.011	0.142	0.252	-	1.961
7	0.340	0.033	0.011	0.022	0.044	0.011	0.044	0.099	-	0.604
8	0.077	0.011	0.011	0.011	0.011	-	0.011	0.044	-	0.176
9	0.011	-	-	-	0.011	-	-	0.011	-	0.033
10	0.011	-	-	-	-	-	-	0.011	-	0.022
>=11	0.011	-	-	-	-	-	-		-	0.011
SUM	29.320	3.091	2.816	1.930	10.934	3.934	3.233	6.673	38.069	100.00

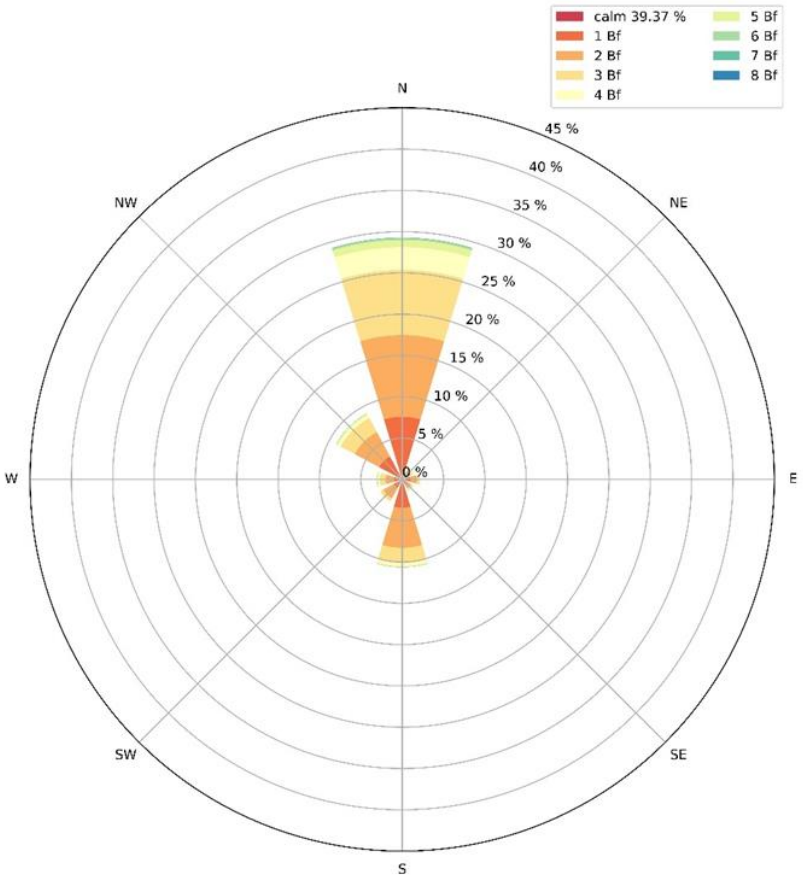


Εικόνα 6-1. Ροδόγραμμα ανεμολογικών δεδομένων σταθμού Ελευσίνας (ΕΜΥ) χρονικής περιόδου 1958-1997.

Επιπρόσθετα, στα πλαίσια της παρούσας μελέτης αναζητήθηκαν και πιο πρόσφατα ανεμολογικά δεδομένα του ίδιου Μετεωρολογικού Σταθμού Ελευσίνας από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.) τα οποία και παρατίθενται ακολούθως. Οι μετρήσεις αναφέρονται στο χρονικό διάστημα 1958-2020.

Πίνακας 6-2 Μέσες ετήσιες συχνότητες εμφάνισης ανέμων Σταθμού Ελευσίνας (ΕΜΥ) χρονικής περιόδου 1958-2020.

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	S U M
0	-	-	-	-	-	-	-	-	39.371	39.371
1	0.396	0.069	0.070	0.058	0.183	0.090	0.103	0.184	-	2.455
2	7.177	0.645	0.911	0.631	3.250	1.073	0.874	2.970	-	17.578
3	9.889	0.462	0.795	0.512	4.836	1.425	1.008	3.351	-	22.299
4	7.886	0.301	0.340	0.283	1.848	0.414	0.697	1.933	-	13.716
5	2.759	0.118	0.072	0.054	0.377	0.040	0.270	0.443	-	4.137
6	0.869	0.040	0.015	0.016	0.118	0.006	0.094	0.139	-	1.298
7	0.221	0.011	0.005	0.007	0.029	0.002	0.026	0.034	-	0.337
8	0.073	0.003	0.001	0.001	0.010	-	0.008	0.017	-	0.113
>=9	0.004	-	0.003	-	0.001	-	0.002	0.005	-	0.016
SUM	29.282	1.650	2.213	1.561	10.660	3.051	3.083	9.078	-	100.00



Εικόνα 6-2. Ροδόγραμμα ανεμολογικών δεδομένων σταθμού Ελευσίνας (ΕΜΥ) χρονικής περιόδου 1958-2020.

Από τη σύγκριση των παραπάνω δεδομένων (μετρήσεις περιόδου 1958-1997 και μετρήσεις περιόδου 1958-2020) διαπιστώνεται ότι για τις διευθύνσεις ενδιαφέροντος, δηλαδή τη Βόρεια και τη Βορειοδυτική, οι εντάσεις των ανέμων και οι αντίστοιχες συχνότητες εμφάνισής τους διαφέρουν και συγκεκριμένα για την πρώτη περίοδο είναι μεγαλύτερες. Χαρακτηριστικά, για τους Βόρειους ανέμους, στο διάστημα 1958-1997, οι εντάσεις φτάνουν τα 11 Bf και η αντίστοιχη μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισης είναι 0.011%. Η αθροιστική μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισης για Βόρεια διεύθυνση και εντάσεις μεγαλύτερες ή ίσες από 9 Bf είναι 0.033%. Ενώ για τη δεύτερη περίοδο, 1958-2020, και για τους Βόρειους ανέμους, οι μέγιστες εντάσεις που καταγράφονται είναι μεγαλύτερες ή ίσες από 9 Bf και η αντίστοιχη μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισης είναι 0.004%, μικρότερη από την προαναφερθείσα 0.033%. Αντίστοιχα συμπεράσματα προκύπτουν και για τη Βορειοδυτική διεύθυνση. Σημειώνεται ότι στην παρούσα μελέτη ακολουθείται η πλέον συντηρητική προσέγγιση και λαμβάνονται υπόψη για τις προσομοιώσεις οι μεγαλύτερες εντάσεις και συχνότητες εμφάνισης, αυτές της περιόδου 1958-1997, υπέρ της ασφαλείας, λόγω της σημασίας των προτεινόμενων έργων και της διερεύνησης της μέγιστης επίδρασης αυτών στην ευρύτερη περιοχή.

6.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Σύμφωνα με το μόνιμο δίκτυο παλιρροιογράφων της Υδρογραφικής Υπηρεσίας ο πλησιέστερος εγκατεστημένος σταθμηγράφος βρίσκεται στον λιμένα του Ναυστάθμου Σαλαμίνας (γεωγραφικό πλάτος: 37° 58' 46.59' γεωγραφικό μήκος: 23° 32' 11.89''). Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του εν λόγω σταθμηγράφου κατά την περίοδο 1990-2012 προκύπτουν τα ακόλουθα μεγέθη:

Πίνακας 6-3 Στατιστικά στοιχεία Υδρογραφικής Υπηρεσίας Λιμένα Ναυστάθμου Σαλαμίνας (ως προς το μηδέν του παλιρροιομέτρου – κατωτάτη ρηχία).

Σταθμός	Μέγιστη πλήμμη	Μέση πλήμμη	Μέση στάθμη	Μέση ρηχία
Ναύσταθμος Σαλαμίνας (1990-2008)	1.08 m	0.57 m	0.49 m	0.43 m

Πίνακας 6-4 Στατιστικά στοιχεία Υδρογραφικής Υπηρεσίας Λιμένα Ναυστάθμου Σαλαμίνας (μη εξαρτώμενο σημείο αναφοράς).

Σταθμός	Μέγιστο εύρος	Μέσο εύρος	Ελάχιστο εύρος	Επάλλαξη
Ναύσταθμος Σαλαμίνας (1990-2008)	0.40 m	0.05 m	0.01 m	1.08 m

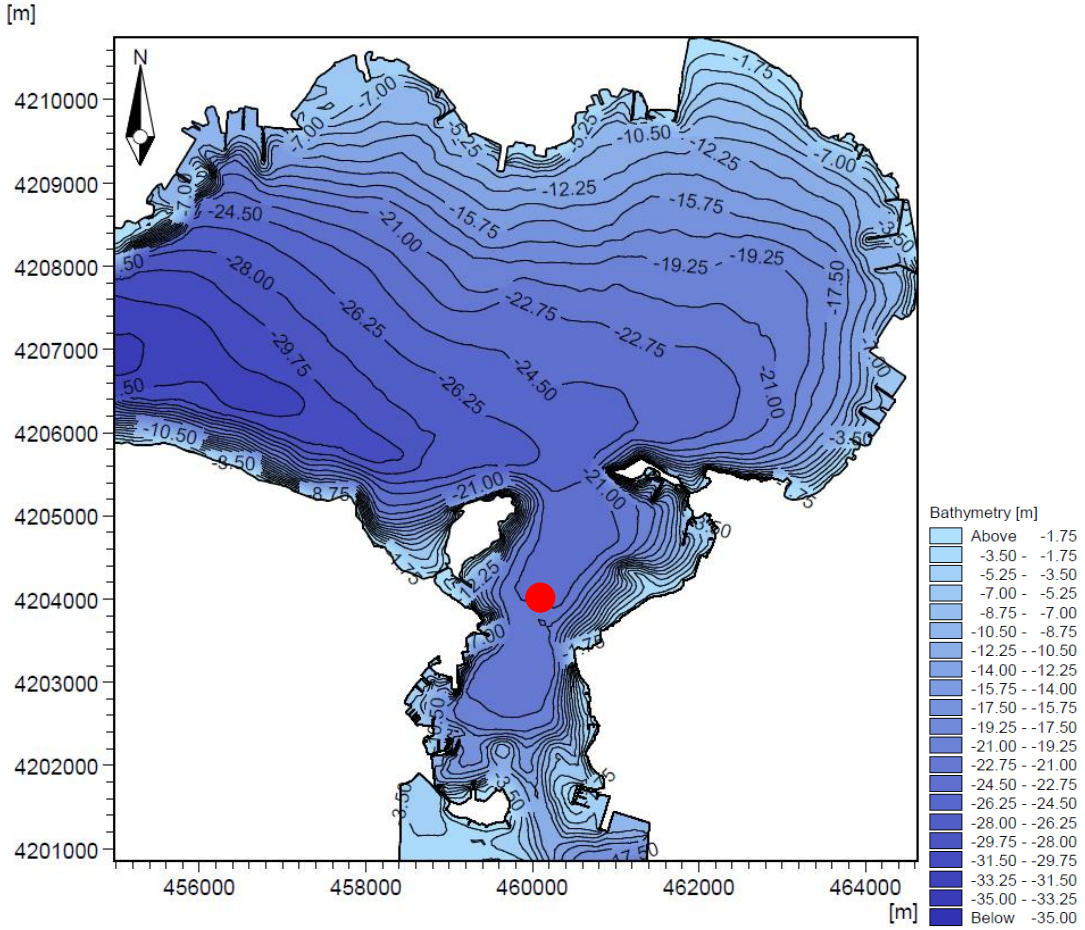
7. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΚΟΛΠΟ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ

Στο παρόν Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης του κυματικού κλίματος ολόκληρου του Κόλπου της Ελευσίνας, ως έχει στην υφιστάμενη κατάσταση, χρησιμοποιώντας το αριθμητικό μοντέλο MIKE21 FM-SW του DHI. Επιπλέον δίνεται σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

7.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ: ΚΟΛΠΟΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ

Για την αριθμητική προσομοίωση ολόκληρου του Κόλπου της Ελευσίνας χρησιμοποιήθηκαν τα βυθομετρικά δεδομένα της βάσης Navionics, που βασίζονται στους χάρτες της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Πολεμικού Ναυτικού και ενσωματώθηκαν επιπρόσθετα στα βυθομετρικά διαγράμματα της πρόσφατης αποτύπωσης που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5.

Με συνδυασμό των ως άνω στοιχείων, κατασκευάστηκε χωρικά μεταβλητό πλέγμα **MESH_DN** (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE21 FM-SW DHI και Εικόνα 7-1) περίπου 25.132 κόμβων και 42.654 στοιχείων, το οποίο καλύπτει τη συγκεκριμένη περιοχή εκτάσεως περίπου 11.5 km x 10.0 km και αναπαριστά τη βαθυμετρία.



Εικόνα 7-1. Αριθμητικό πλέγμα βαθυμετρίας Κόλπου της Ελευσίνας και περιοχής ενδιαφέροντος και σημείο εξαγωγής κυματικών χαρακτηριστικών (σήμανση με κόκκινο κύκλο) για περαιτέρω προσομοιώσεις.

Προσομοιώθηκε η δράση του ανέμου και η γένεση των κυματισμών για εντάσεις ανέμου από 8Bf έως και 11Bf με Βόρεια διεύθυνση και 8Bf έως και 10Bf για Βορειοδυτική διεύθυνση. Για όλες τις περιπτώσεις εφαρμόστηκε διάρκεια ικανή ώστε να επιτευχθούν συνθήκες μέγιστου κυματισμού (fetch-limited) και να εκτιμηθεί ο κυματισμός για κάθε ένταση και διεύθυνση ανέμου.

7.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΚΟΛΠΟ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ

Στα Σχέδια **SW_DN_1** έως και **SW_DN_6** (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE21 FM-SW DHI) δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης του κυματικού πεδίου για όλα τα εξεταζόμενα κυματικά σενάρια που αφορούν Βόρεια διεύθυνση κυματισμών. Συγκεκριμένα, στο Σχέδιο **SW_DN_1** δίνονται τα ύψη κύματος για κυματισμούς που προκύπτουν από ένταση πνοής ανέμου 11 Bf, στο Σχέδιο **SW_DN_2** δίνονται τα ύψη κύματος για κυματισμούς που προκύπτουν από ένταση πνοής ανέμου 10 BF, στο Σχέδιο **SW_DN_3** δίνονται τα αποτελέσματα για κυματισμούς που προκύπτουν από ένταση πνοής ανέμου 9 Bf, και τέλος στο Σχέδιο **SW_DN_4** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης του κυματικού κλίματος για κυματισμούς που προκύπτουν από ένταση πνοής ανέμου 8 Bf. Στα σχέδια **SW_DN_5** και **SW_DN_6** δίνονται τα αποτελέσματα για κυματισμούς που προκύπτουν από πνοή ΒΔ ανέμου έντασης 10 και 9 Bf αντίστοιχα.

Σημειώνεται ότι προσομοιώθηκε και η γένεση κυματισμών από Βόρεια διεύθυνση ανέμων έντασης 7 Bf αλλά και από Βορειοδυτική διεύθυνση έντασης 8 Bf. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ύψος κυματισμού παραμένει μικρότερο ή ίσο από 0,50 m και οι εντάσεις αυτές δεν προσομοιώνονται περαιτέρω λόγω του μικρού ύψους που αναπτύσσουν.

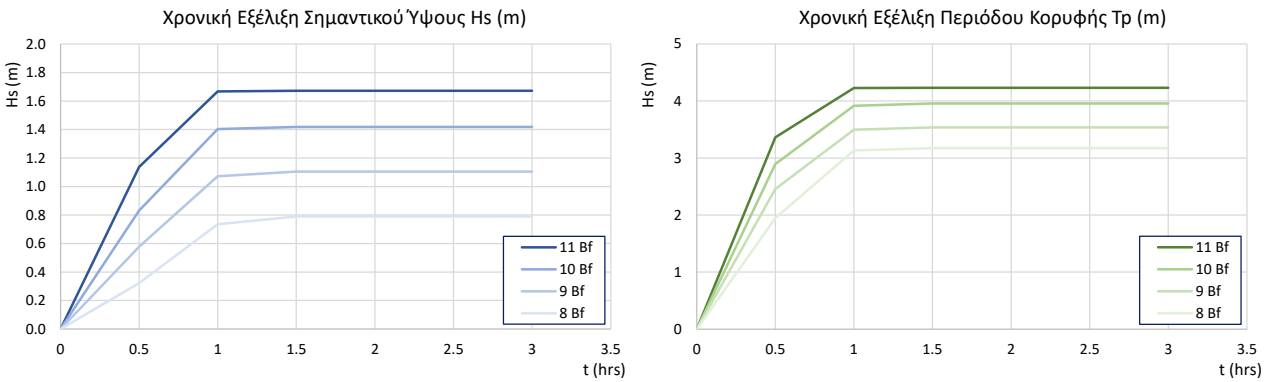
Ειδικότερα εξάγονται και εξετάζονται τα αποτελέσματα των κυματικών χαρακτηριστικών στο σημείο ενδιαφέροντος με συντεταγμένες ΕΓΣΑ ’87, 4204045N, 460100E (βλ. Εικόνα 7-1), ΝΑ της Ν. Λέρου (όπου αποτελεί και την οριακή συνθήκη για τα επόμενα μοντέλα προσομοίωσης). Τα αποτελέσματα δίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 7-1. Κυματικά χαρακτηριστικά στο σημείο ενδιαφέροντος στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος

α/α Σεναρίου	Διεύθυνση	Ένταση πνοής ανέμου (Bf)	Σημαντικό ύψος κύματος Hs (m)	Περίοδος Κορυφής Tp (s)	Μέση ετήσια συχν. εμφ. (%)
1	Β	11	1.67	4.23	0.011
2	Β	10	1.42	3.95	0.011
3	Β	9	1.10	3.55	0.011
4	Β	8	0.80	3.18	0.077
5	ΒΔ	10	1.04	3.78	0.011
6	ΒΔ	9	0.80	3.42	0.011

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την επισκόπηση των παραπάνω Σχεδίων και αποτελεσμάτων για την περιοχή μελέτης είναι τα ακόλουθα:

- Η θαλάσσια περιοχή μελέτης, λόγω της γεωμορφολογίας της, είναι επαρκώς προστατευμένη από κυματισμούς πλην αυτών που γεννώνται από την πνοή ανέμων Βόρειας και Βορειοδυτικής διεύθυνσης στον Κόλπο της Ελευσίνας.
- Οι κυματισμοί φτάνουν αρκετά γρήγορα σε μέγιστες δυνατές συνθήκες fetch-limited conditions σε χρονικό διάστημα ίσο με 1 έως 1,5 ώρες (Εικόνα 7-2).
- Το μέγιστο σημαντικό ύψος κυματισμού που προσδιορίζεται στο σημείο ενδιαφέροντος με την πνοή της μεγαλύτερης έντασης ανέμου (11 Bf) βόρειας διεύθυνσης είναι 1.67m και μειώνεται για τις μικρότερες εντάσεις ανέμου φτάνοντας περίπου τα 0.80m για πνοή ανέμου 8 Bf. Σύμφωνα και με τα ανεμολογικά δεδομένα όμως, αυτές οι εντάσεις της βόρειας διεύθυνσης (από 8 Bf έως και 11 Bf) δεν είναι συχνές, εμφανίζοντας αθροιστικά μια μέση ετήσια συχνότητα 0.11% (< 1 ημέρα). Συνεπώς το κυματικό κλίμα στην περιοχή μελέτης θεωρείται ήπιο.
- Η διεύθυνση των κυματισμών στην περιοχή ενδιαφέροντος (μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος) είναι από Β προς Ν τόσο για την πνοή των Βόρειων ανέμων όσο και για αυτή των ΒΔ ανέμων
- Παρατηρείται επίσης ότι τα ύψη κυματισμών μειώνονται προς τα ρηχά έως και μηδενίζονται μόλις φτάνουν την ακτογραμμή λόγω του φαινομένου της θραύσης. Η μέση διεύθυνση διάδοσης των κυματισμών τείνει να γίνει κάθετη προς την ακτογραμμή όσο οι κυματισμοί εισέρχονται στα ενδιάμεσα και ρηχά ύδατα, λόγω του φαινομένου της διάθλασης.



Εικόνα 7-2. Χρονική εξέλιξη κυματικών χαρακτηριστικών στο σημείο ενδιαφέροντος (4204045N, 460100E) για πνοή ανέμου Βόρειας διεύθυνσης.

7.3 ΚΥΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΣ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ

Όπως προαναφέρθηκε η διεύθυνση των κυματισμών στην περιοχή ενδιαφέροντος (μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος) είναι από Β προς Ν τόσο για την πνοή των Βόρειων ανέμων όσο και για αυτή των ΒΔ ανέμων. Γι' αυτό το λόγο, για τις περαιτέρω προσομοιώσεις, οι κυματισμοί που γεννώνται από ΒΔ ομαδοποιούνται με αυτούς από Β, με κριτήριο το αμέσως μεγαλύτερο πλησιέστερο ύψος κύματος. Συγκεκριμένα το Σενάριο 5 του Πίνακας 7-1 ομαδοποιείται με το Σενάριο 3 καθώς επίσης το Σενάριο 6 ομαδοποιείται με το Σενάριο

4. Έτσι καταρτίζεται ο ακόλουθος πίνακας όπου δίνει για κάθε ένταση ανέμου τα κυματικά χαρακτηριστικά στο σημείο ενδιαφέροντος με συντεταγμένες ΕΓΣΑ ’87, 4204045N, 460100E (Εικόνα 7-1), ΝΑ της Ν. Λέρου, όπου αποτελεί και την οριακή συνθήκη για τα επόμενα μοντέλα προσομοίωσης.

Πίνακας 7-2. Κυματικά χαρακτηριστικά ως δεδομένα εισόδου για την προσομοίωση της κυματικής διαταραχής στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος

α/α Σεναρίου	Διεύθυνση	Ένταση πνοής ανέμου (Bf)	Σημαντικό ύψος κύματος Hs (m)	Περίοδος Κορυφής Tp (s)	Μέση ετήσια συχν. εμφ. (%)
1	Β	11	1.67	4.23	0.011
2	Β	10	1.42	3.95	0.011
3	Β (+ΒΔ)	9	1.10	3.55	0.022
4	Β (+ΒΔ)	8	0.80	3.18	0.088

7.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Στην παρούσα Μελέτη, υιοθετείται η πλέον συντηρητική παραδοχή ότι το ακραίο γεγονός πνοής ανέμου με ένταση 11 Bf, σταθερή βόρεια διεύθυνση και διάρκεια πνοής ικανή για να επιτευχθούν μέγιστες κυματικές συνθήκες (fetch-limited conditions) (>1.5 ώρα), αποδίδει υπέρ της ασφαλείας τα κυματικά χαρακτηριστικά για το κύμα σχεδιασμού. Συγκεκριμένα ως κύμα σχεδιασμού για τα προτεινόμενα έργα επίχωσης λαμβάνονται τα χαρακτηριστικά **Hs = 1.67 m** και **Tp = 4.23 s**. Τα χαρακτηριστικά αυτά λόγω των συντηρητικών παραδοχών, υπέρ της ασφαλείας, κρίνεται ότι αντιστοιχούν σε περίοδο επαναφοράς μεγαλύτερη των 100 ετών.

8. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Στην παρούσα μελέτη, για την προσομοίωση της κυματικής διαταραχής της υφιστάμενης κατάστασης (ή αλλιώς Do Nothing, DN), χρησιμοποιείται όπως ήδη αναφέρθηκε, το μοντέλο MARIS HMS το οποίο είναι ένα μη γραμμικό αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης σύνθετων κυματισμών κατάλληλο για τη μελέτη κυματικής διαταραχής σε κόλπους ή λιμενολεκάνες, όπου το φαινόμενα της περίθλασης και της ανάκλασης των κυματισμών είναι κυρίαρχα.

8.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

8.1.1 Δημιουργία Βυθομετρικού Υπόβαθρου

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης αξιοποιήθηκαν βυθομετρικές αποτυπώσεις στην περιοχή του λιμένα αλλά και βάσεις ανοιχτών δεδομένων (Navionics) για δεδομένα στην ευρύτερη περιοχή.

Με συνδυασμό των ως άνω στοιχείων δημιουργήθηκε ο βυθομετρικός κάνναβος **BATH_DN** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MARIS HMS SCIENTIA MARIS) με χωρικό βήμα Δx = Δy = 2.5 m. Η απεικόνιση στο συγκεκριμένο σχέδιο ισχύει για μια έκταση 3.25 km x 2.75 km, ενώ ο συνολικός δημιουργούμενος βυθομετρικός κάνναβος που εισάγεται στο αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης καλύπτει μία μεγαλύτερη περιοχή εκτάσεως περίπου 3.5 km x 4.0 km.

8.1.2 Προσδιορισμός Συντελεστών Ανάκλασης

Το μοντέλο προσομοιώσης της κυματικής διαταραχής **MARIS HMS**, λαμβάνει ως δεδομένο εισόδου εκτός του αρχείου της βυθομετρίας και ένα δεύτερο δισδιάστατο αρχείο, όπου προσδιορίζονται κοντά στα στερεά όρια (3-4 κελιά καννάβου) της περιοχής μελέτης, οι συντελεστές τυρβώδους διάχυσης $\boldsymbol{v_h}$ όπου προσομοιώνουν τεχνητά τη διάχυση ενέργειας των προσπίπτοντων κυματισμών στο μέτωπο. Οι συντελεστές αυτοί υπολογίζονται από ένα αρχικό σετ προσομοιώσεων με την εφαρμογή του μοντέλου με βάση την περίοδο του κύματος *T*, το ύψος κύματος *H* και ένα σταθερό βάθος *d* στον πόδα του έργου. Η σωστή εκτίμηση των συντελεστών ανακλάσεως $\boldsymbol{r}$ (ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος του εισερχόμενου κυματισμού προς τον ανακλώμενο $= H_i/H_r$) και των αντίστοιχων συντελεστών $\boldsymbol{v_h}$ σε κάθε τμήμα του στερεού ορίου είναι πρωτεύουσας σημασίας για την αποτελεσματικότητα του μοντέλου.

Στην παρούσα μελέτη θεωρούνται οι ακόλουθοι συντελεστές ανάκλασης για τους διάφορους τύπους στερεών ορίων και εκτιμώνται οι αντίστοιχοι συντελεστές τριβής.

- Κατακόρυφα μέτωπα - Κρηπιδότοιχοι, $\boldsymbol{r}$ **= 1.0**
- Βραχώδης ακτή, $\boldsymbol{r}$ **=0.20**
- Πρανή από Φυσικούς Ογκόλιθους (Φ.Ο.), $\boldsymbol{r}$ **=0.30**
- Απορροφητική ακτή, $\boldsymbol{r}$ **=0.10**

Στην Εικόνα 8-1 απεικονίζεται ο χωρικός προσδιορισμός των συντελεστών ανάκλασης που λήφθηκαν υπόψη στην προσομοίωση της Διάταξης DN.

Εικόνα 8-1 Χωρικός προσδιορισμός συντελεστών ανάκλασης των κυματισμών ανάλογα με τον τύπο του στερεού ορίου. Κατακόρυφο μέτωπο συμβατικού κρηπιδότοιχου (κόκκινη γραμμή), απορροφητική ακτή (κίτρινη γραμμή), βραχώδης ακτή (πράσινη γραμμή), πρανή από Φ.Ο. (πορτοκαλί γραμμή).

8.1.3 Κυματικά Δεδομένα Εισόδου

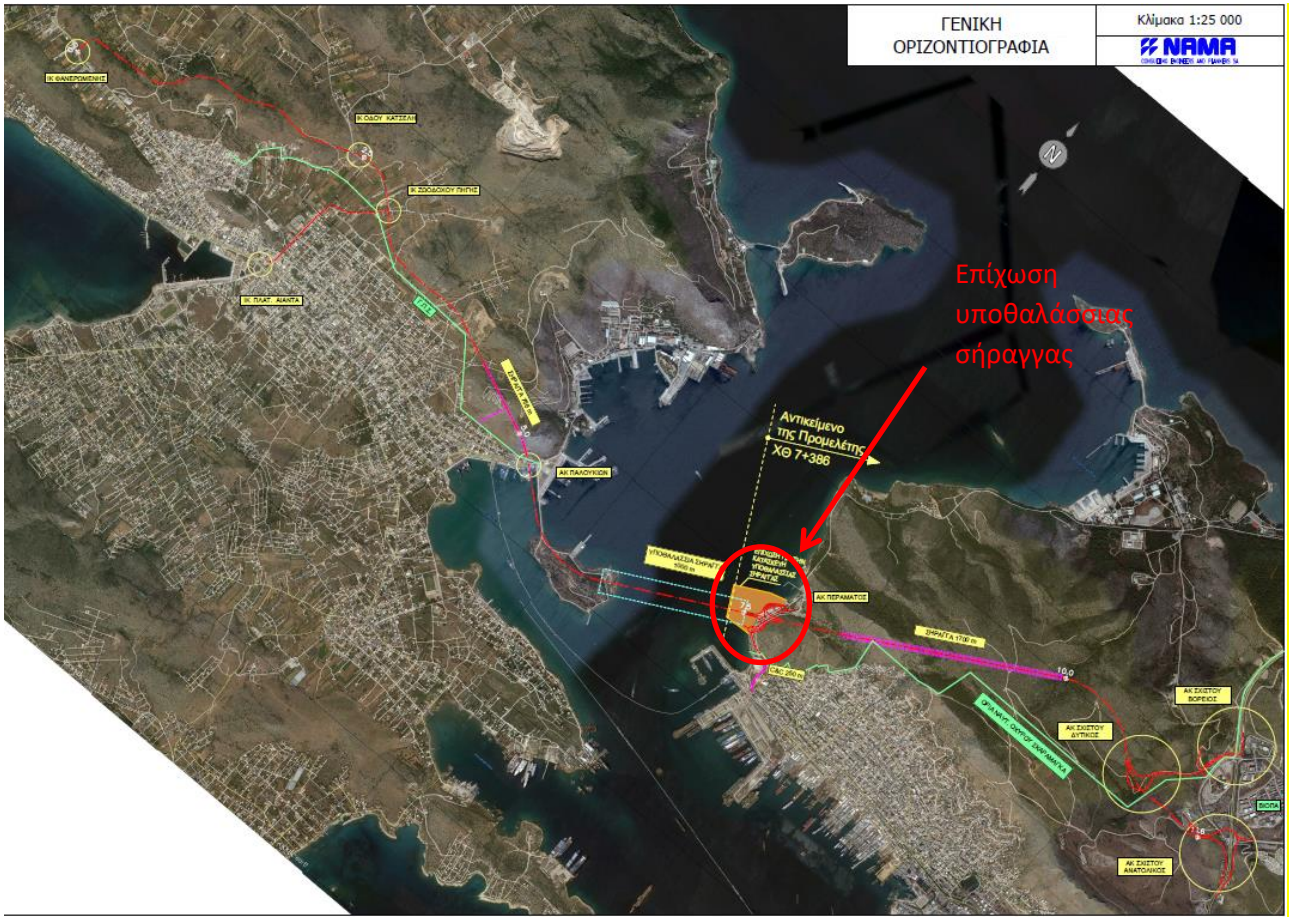
Ως κυματικά δεδομένα εισόδου λαμβάνονται τα χαρακτηριστικά των τεσσάρων σεναρίων που παρουσιάζονται στον Πίνακας 7-2.

8.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Στα Σχέδια **WV_DN_SM1 έως και WV_DN_SM4** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MARIS HMS SCIENTIA MARISΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι) δίνονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τα τέσσερα εξεταζόμενα σενάρια για Βόρεια διεύθυνση εισερχόμενων κυματισμών. Συγκεκριμένα, στο Σχέδιο **WV_DN_SM1** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της κυματικής διαταραχής που αντιστοιχεί για άνεμο 11 Bf, στο Σχέδιο **WV_DN_SM2** για άνεμο 10 Bf, στο Σχέδιο **WV_DN_SM3** για άνεμο 9 Bf και τέλος στο Σχέδιο **WV_DN_SM4** για άνεμο 8 BF.

9. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ

Στο παρόν Κεφάλαιο δίνεται συνοπτική περιγραφή του προτεινόμενου επιχώματος στην περιοχή του Περάματος, το οποίο απεικονίζεται στην ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 9-1 Διάταξη Προτεινόμενου επιχώματος.

Σκοπός του τεχνητού επιχώματος είναι η διάθεση της ποσότητας των βυθοκορημάτων, που θα προκύψουν από τις εκσκαφές του θαλάσσιου πυθμένα κατά τις εργασίες κατασκευής της υποθαλάσσιας σήραγγας. Θα αποφευχθεί έτσι η απόρριψη των βυθοκορημάτων στη θάλασσα.

Προβλέπεται συγκεκριμένα η εναπόθεση των βυθοκορημάτων κατά στρώσεις για τη δημιουργία του τεχνητού επιχώματος, με την προϋπόθεση ότι πριν από τη διάστρωση, θα αναμιγνύονται τα βυθοκορήματα με θραυστό υλικό λατομείου, σε αναλογία από 1:1 έως 2:1, προκειμένου να αυξηθεί η συνοχή και αντοχή του υλικού, ανάλογα με την κοκκομετρική διαβάθμιση του διατιθέμενου υλικού.

Το επίχωμα διαστάσεων 250x250m περίπου και ανώτατη στάθμη στα +3,00m (από ΜΣΘ)προβλέπεται να προστατεύεται περιμετρικά, έναντι της δράσης των κυματισμών, με θωράκιση από φυσικούς ογκολίθους. Η προστασία του επιχώματος θα γίνει από την ανώτατη στάθμη αυτού (+3,00m) μέχρι την στάθμη -3,00m, που αντιστοιχεί σε στάθμη -1,5H (όπου H το ύψος κύματος σχεδιασμού).

Αρχικά, επί του υλικού του επιχώματος θα τοποθετηθεί γεωύφασμα μη υφαντό βάρους 400gr/m2 και επ΄ αυτού θα διαστρωθεί στρώση λιθορριπής (φίλτρο) ατομικού βάρους 50-100 kg. Τέλος επί του φίλτρου θα τοποθετηθούν οι φυσικοί ογκόλιθοι της θωράκισης ατομικού βάρους 600-1.000kg. Το πάχος της στρώσης του φίλτρου θα είναι 0,70m, ενώ αυτό της θωράκισης 1,40m. Η κλίση του πρανούς της θωράκισης θα είναι 2(οριζ.):1(κατακ.). Το πλάτος της θωράκισης στη στάθμη +3,00m θα είναι 6,00m περίπου.

Σημειώνεται τέλος ότι εκτός από το επίχωμα, στην υπό μελέτη περιοχή κατασκευάζεται ένα ακόμη λιμενικό έργο. Πρόκειται για ένα νέο κρηπίδωμα, κατά μήκος της στενής λωρίδας ξηράς που συνδέει τη νησίδα Αγ. Γεώργιος με τα Παλούκια Σαλαμίνας, το οποίο προβλέπεται να εξυπηρετήσει τα Ε/Γ-Ο/Γ ανοικτού τύπου που δρομολογούνται στη γραμμή Περάματος-Σαλαμίνας. Αποτελείται από ευθύγραμμο μέτωπο μήκους 579 m περίπου με κατεύθυνση ΒΔ προς ΝΑ, το οποίο οριοθετείται στο ΝΑ άκρο του από μέτωπο μήκους 66 m περίπου προς Α. Τα δύο μέτωπα σχηματίζουν αμβλεία γωνία 147 μοιρών περίπου. Το καθαρό βάθος στο μέτωπο προβλέπεται ίσο με -3.80 m (ΜΣΘ) και η στέψη στη θέση του μετώπου +0.80 m (ΜΣΘ).

10. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΕΠΙΧΩΣΗΣ

Σε προηγούμενο Κεφάλαιο (Κεφ. 8) διερευνήθηκε η κυματική διαταραχή για την υφιστάμενη κατάσταση. Στη συνέχεια διερευνάται η κυματική διαταραχή για **τη Διάταξη W1**, με την παρουσία του προτεινόμενου επιχώματος για την κατασκευή της υποθαλάσσιας οδικής σήραγγας Σαλαμίνας - Περάματος.

10.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1

10.1.1 Δημιουργία Βυθομετρικού Υπόβαθρου

Το βυθομετρικό υπόβαθρο της Διάταξης W1 είναι αντίστοιχο με την DN Διάταξη (που αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 8.1) και παρουσιάζεται στο Σχέδιο **BATH_W1** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MARIS HMS SCIENTIA MARIS) με χωρικό βήμα dx = dy = 2.5 m. Η απεικόνιση στο συγκεκριμένο σχέδιο ισχύει για μια έκταση 3.25 km x 2.75 km, ενώ ο συνολικός δημιουργούμενος βυθομετρικός κάνναβος που εισάγεται στο αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης καλύπτει μία μεγαλύτερη περιοχή εκτάσεως 3.5 km x 4.0 km.

10.1.2 Προσδιορισμός Συντελεστών Ανάκλασης

Ομοίως με την DN διάταξη θεωρήθηκαν οι αντίστοιχοι συντελεστές ανάκλασης. Σημειώνεται πως για την θωράκιση των έργων επίχωσης έχει ληφθεί υπόψη στις προσομοιώσεις η μερική διάχυση της ενέργειας των κυματισμών στους φυσικούς ογκολίθους της εξωτερικής στρώσης. Στην Εικόνα 10-1 απεικονίζεται ο χωρικός προσδιορισμός των συντελεστών ανάκλασης που λήφθηκαν υπόψη στην προσομοίωση της Διάταξης W1.

Εικόνα 10-1 Χωρικός προσδιορισμός συντελεστών ανάκλασης των κυματισμών ανάλογα με τον τύπο του στερεού ορίου. Κατακόρυφο μέτωπο συμβατικού κρηπιδότοιχου (κόκκινη γραμμή), απορροφητική ακτή (κίτρινη γραμμή), βραχώδης ακτή (πράσινη γραμμή), πρανή από Φ.Ο. (πορτοκαλί γραμμή).

10.1.3 Κυματικά Δεδομένα Εισόδου

Ως κυματικά δεδομένα εισόδου λαμβάνονται τα χαρακτηριστικά των τεσσάρων σεναρίων που παρουσιάζονται στον Πίνακας 7-2.

10.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1

Στα Σχέδια **WV_W1_SM1 έως και WV_W1_SM4** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MARIS HMS SCIENTIA MARISΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι) δίνονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τα τέσσερα εξεταζόμενα σενάρια για Βόρεια διεύθυνση εισερχόμενων κυματισμών, για τηα Διάταξη W1. Συγκεκριμένα, στο Σχέδιο **WV_W1_SM1** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της κυματικής διαταραχής που αντιστοιχεί για άνεμο 11 Bf, στο Σχέδιο **WV_W1_SM2** για άνεμο 10 Bf, στο Σχέδιο **WV_W1_SM3** για άνεμο 9 Bf και τέλος στο Σχέδιο **WV_W1_SM4** για άνεμο 8 BF.

10.3 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Έχοντας πλέον τα αποτελέσματα του κυματικού πεδίου για την υφιστάμενη κατάσταση (DN) αλλά και με την παρουσία του επιχώματος (W1) υλοποιείται μια συγκριτική διερεύνηση των μέγιστων σημαντικών υψών που εμφανίζονται στις έξι Περιοχές Ελέγχου (βλ. Κεφ. 3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ, Εικόνα 3-2). Τα αποτελέσματα δίνονται στους ακόλουθους Πίνακες. Στις περιπτώσεις όπου τα ύψη των κυματισμών στις Π.Ε. αυξάνονται λόγω της παρουσίας του επιχώματος τα αντίστοιχα κελιά επισημαίνονται με κόκκινο χρώμα.

Πίνακας 10-1. Μέγιστο σημαντικό ύψος κύματος Hs (m) στις Π.Ε. για το σενάριο SM1 με εισερχόμενο ύψος κυματισμού Hs = 1.67 m και μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0.011%

	Π.Ε. 1	Π.Ε. 2	Π.Ε. 3	Π.Ε. 4	Π.Ε. 5	Π.Ε. 6
Διάταξη DN	0.42	0.54	0.84	1.56	1.84	0.12
Διάταξη W1	0.71	0.54	0.84	1.56	1.84	0.16

Πίνακας 10-2. Μέγιστο σημαντικό ύψος κύματος Hs (m) στις Π.Ε. για το σενάριο SM2 με εισερχόμενο ύψος κυματισμού Hs = 1.42 m και μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0.011%

	Π.Ε. 1	Π.Ε. 2	Π.Ε. 3	Π.Ε. 4	Π.Ε. 5	Π.Ε. 6
Διάταξη DN	0.29	0.26	0.62	1.28	1.58	0.07
Διάταξη W1	0.51	0.26	0.62	1.28	1.58	0.09

Πίνακας 10-3. Μέγιστο σημαντικό ύψος κύματος Hs (m) στις Π.Ε. για το σενάριο SM3 με εισερχόμενο ύψος κυματισμού Hs = 1.10 m και μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0.022%

	Π.Ε. 1	Π.Ε. 2	Π.Ε. 3	Π.Ε. 4	Π.Ε. 5	Π.Ε. 6
Διάταξη DN	0.17	0.12	0.39	1.11	1.29	0.05
Διάταξη W1	0.24	0.12	0.39	1.11	1.29	0.05

Πίνακας 10-4. Μέγιστο σημαντικό ύψος κύματος Hs (m) στις Π.Ε. για το σενάριο SM4 με εισερχόμενο ύψος κυματισμού Hs = 0.80 m και μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισης 0.088%

	Π.Ε. 1	Π.Ε. 2	Π.Ε. 3	Π.Ε. 4	Π.Ε. 5	Π.Ε. 6
Διάταξη DN	0.12	0.06	0.22	0.77	0.98	0.03
Διάταξη W1	0.12	0.06	0.22	0.77	0.98	0.03

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα το μέγιστο σημαντικό ύψος κύματος στις Π.Ε. 2, 3, 4 και 5 παραμένει το ίδιο. Στην Π.Ε. 6, δηλαδή στην λιμενολεκάνη ακριβώς βόρεια του επιχώματος, υπάρχει μια πολύ μικρή αύξηση στο ύψος του κυματισμού μόνο για τα σενάρια 1 και 2, δηλαδή αυτά που αντιστοιχούν

σε πνοή Β ανέμων έντασης 11 και 10 Bf αντίστοιχα. Η Π.Ε. στην οποία εμφανίζεται αύξηση του ύψους κύματος λόγω της παρουσίας του προτεινόμενου επιχώματος είναι η Π.Ε. 1 για κυματισμούς που γεννώνται από ανέμους έντασης μεγαλύτερης των 9 Bf. Ωστόσο οι διαφορές παραμένουν μικρές, φτάνοντας έως τα 0.30 m για τη δυσμενέστερη περίπτωση. Λαμβάνοντας υπόψη την πολύ μικρή ετήσια συχνότητα εμφάνισης αυτών των κυματισμών (0.044% αθροιστικά) αλλά και το μέγεθος των πλοίων που προσδένουν στα κρηπιδώματα της συγκεκριμένης Π.Ε., κρίνεται ότι δεν θα προκύψουν προβλήματα στη λειτουργία αυτών των θέσεων παραβολής. Τέλος, από τον τελευταίο Πίνακας 10-4 προκύπτει ότι για κυματισμούς προερχόμενους από τις βόρειες και βορειοδυτικές διευθύνσεις που έχουν αναπτυχθεί από εντάσεις ανέμων < 9 Bf, όλες οι Π.Ε. που εξετάστηκαν παραμένουν ανεπηρέαστες από την παρουσία του επιχώματος.

11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πλαίσιο της παρούσας Μελέτης Κυματικής Διαταραχής διερευνήθηκε η επίδραση του τεχνητού επιχώματος – που προβλέπεται να κατασκευασθεί στα πλαίσια του έργου της υποθαλάσσιας οδικής σήραγγας που συνδέει το Πέραμα Αττικής με τη Νήσο Σαλαμίνα – στο κυματικό κλίμα της εν λόγω θαλάσσιας περιοχής. Με βάση τα ανεμολογικά δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού της Ελευσίνας (Ε.Μ.Υ.) εκπονήθηκαν αρχικά αριθμητικές προσομοιώσεις γένεσης και διάδοσης κυματισμών σε όλο τον κόλπο της Ελευσίνας και στην θαλάσσια περιοχή μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος για να προσδιοριστεί το ευρύτερο κυματικό κλίμα, μέσω κατάλληλου φασματικού μοντέλου (τα αποτελέσματα αυτών παρουσιάζονται στα Σχέδια SW_DN_1 έως και SW_DN_6 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE21 FM-SW DHI). Προσομοιώθηκε η δράση του ανέμου και η γένεση των κυματισμών για εντάσεις ανέμου προερχόμενες από Βόρεια και Βορειοδυτική διεύθυνση. Έτσι, προέκυψαν οι μέγιστοι δημιουργούμενοι κυματισμοί για κάθε ένταση και διεύθυνση ανέμου και αποτέλεσαν δεδομένα εισόδου στις περαιτέρω προσομοιώσεις της περιοχής ενδιαφέροντος μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος.

Οι περαιτέρω αριθμητικές προσομοιώσεις, που εκπονήθηκαν για την θαλάσσια περιοχή μεταξύ Σαλαμίνας – Περάματος, πραγματοποιήθηκαν με κατάλληλο μη γραμμικό αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης σύνθετων κυματισμών όπου τα φαινόμενα της περίθλασης και της ανάκλασης των κυματισμών είναι κυρίαρχα. Οι εν λόγω προσομοιώσεις εκπονήθηκαν αρχικά για την υφιστάμενη κατάσταση Σχέδια WV_DN_SM1 έως και WV_DN_SM4 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MARIS HMS SCIENTIA MARISΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι) και στη συνέχεια για την διάταξη με παρουσία του προτεινόμενου επιχώματος. (Σχέδια WV_W1_SM1 έως και WV_W1_SM4 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MARIS HMS SCIENTIA MARIS). Η σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών των δυο διατάξεων αποσκοπεί στη διερεύνηση των αλλαγών που θα επιφέρει η παρουσία της επιχώματος στο ευρύτερο κυματικό πεδίο. Επιπρόσθετα, ορίστηκαν έξι συγκεκριμένες Περιοχές Ελέγχου (Π. Ε.), με σκοπό να αξιολογηθεί ενδελεχώς, η επίδραση της προτεινόμενης επιχώματος σε αυτές. Οι Π.Ε. εμπεριέχουν τις θέσεις παραβολής στην απέναντι από το προτεινόμενο επίχωμα ακτογραμμή, τη θαλάσσια περιοχή του προτεινόμενου υποθαλάσσιας σήραγγας καθώς και τη λιμενολεκάνη της λιμενικής υποδομής ακριβώς βόρεια του προτεινόμενου επιχώματος.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν, από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων και την συγκριτική ανάλυση αυτών, είναι τα ακόλουθα:

- Η θαλάσσια περιοχή μελέτης, λόγω της γεωμορφολογίας της, είναι επαρκώς προστατευμένη από κυματισμούς πλην αυτών που γεννώνται από πνοές ανέμων βόρειων και βορειοδυτικών διευθύνσεων στον Κόλπο της Ελευσίνας. Οι εν λόγω κυματισμοί φτάνουν αρκετά γρήγορα σε συνθήκες μέγιστου κυματισμού (fetch-limited conditions) σε χρονικό διάστημα έως 2 ώρες . Για την περίπτωση των βόρειων ανέμων, το μέγιστο σημαντικό ύψος κυματισμού που εμφανίζεται στο σημείο ενδιαφέροντος με την πνοή της μεγαλύτερης έντασης ανέμου (11 Bf) είναι 1.67 m και μειώνεται για τις μικρότερες εντάσεις ανέμου φτάνοντας περίπου τα 0.80 m για πνοή ανέμου 8 Bf. Αντίστοιχα, για την περίπτωση των βορειοδυτικών ανέμων, το μέγιστο σημαντικό ύψος κυματισμού που εμφανίζεται στο σημείο ενδιαφέροντος με την πνοή της μεγαλύτερης έντασης ανέμου (10 Bf) είναι 1.04 m και μειώνεται για μικρότερες εντάσεις ανέμου φτάνοντας περίπου τα 0.80 m για πνοή ανέμου 9Bf.

- Σύμφωνα και με τα ανεμολογικά δεδομένα όμως, οι εντάσεις της βόρειας διεύθυνσης (από 8 Bf έως και 11 Bf) και της Βορειοδυτικής διεύθυνσης (από 9 Bf έως και 10 Bf) δεν είναι συχνές, εμφανίζοντας

αθροιστικά μια μέση ετήσια συχνότητα 0.132% . Συνεπώς το κυματικό κλίμα στην περιοχή μελέτης θεωρείται ήπιο.

- Με βάση τη συγκριτική διερεύνηση των υψών κυματισμού στις έξι Περιοχές Ελέγχου, με και χωρίς την παρουσία του επιχώματος, προκύπτει ότι το μέγιστο σημαντικό ύψος κύματος στις Π.Ε. 2, 3, 4 και 5 παραμένει το ίδιο και συνεπώς οι περιοχές αυτές δεν επηρεάζονται από το έργο του επιχώματος.
- Στην Π.Ε. 6, δηλαδή στην λιμενολεκάνη ακριβώς βόρεια του επιχώματος, υπάρχει μια πολύ μικρή αύξηση στο ύψος του κυματισμού μόνο για τα σενάρια 1 και 2, δηλαδή αυτά που αντιστοιχούν σε πνοή ανέμων έντασης 11 και 10 Bf αντίστοιχα.
- Η μόνη Περιοχή Ελέγχου στην οποία εμφανίζεται αύξηση του ύψους κύματος λόγω της παρουσίας του επιχώματος είναι η Π.Ε. 1 και μόνο για κυματισμούς που γεννώνται από ανέμους έντασης μεγαλύτερης των 9 Bf. Ωστόσο οι διαφορές παραμένουν μικρές, φτάνοντας έως τα 0.30 m για τη δυσμενέστερη περίπτωση. Λαμβάνοντας υπόψη την μικρή ετήσια συχνότητα εμφάνισης αυτών των κυματισμών (0.044% αθροιστικά) αλλά και το μέγεθος των πλοίων που προσδένουν στα κρηπιδώματα της συγκεκριμένης Π.Ε., κρίνεται ότι δεν θα προκύψουν προβλήματα στη λειτουργία αυτών των θέσεων παραβολής.
- Τέλος προκύπτει ότι για κυματισμούς προερχόμενους από τη βόρεια και βορειοδυτική διεύθυνση που έχουν αναπτυχθεί από εντάσεις ανέμων < 9 Bf, όλες οι Π.Ε. που εξετάστηκαν παραμένουν ανεπηρέαστες από την παρουσία του επιχώματος.

Μάρτιος 2021,

Ο συντάξας

MARNET A.T.E.
ΒΕΝΤΗΡΗ 7, ΑΘΗΝΑ, ΤΚ 11528
ΤΗΛ. 210 7222160 - FAX: 210 7250320
www.marnet.gr , e-mail: info@marnet.gr
ΑΦΜ: 094496627 - ΔΟΥ: ΦΑΕ ΑΘΗΝΩΝ

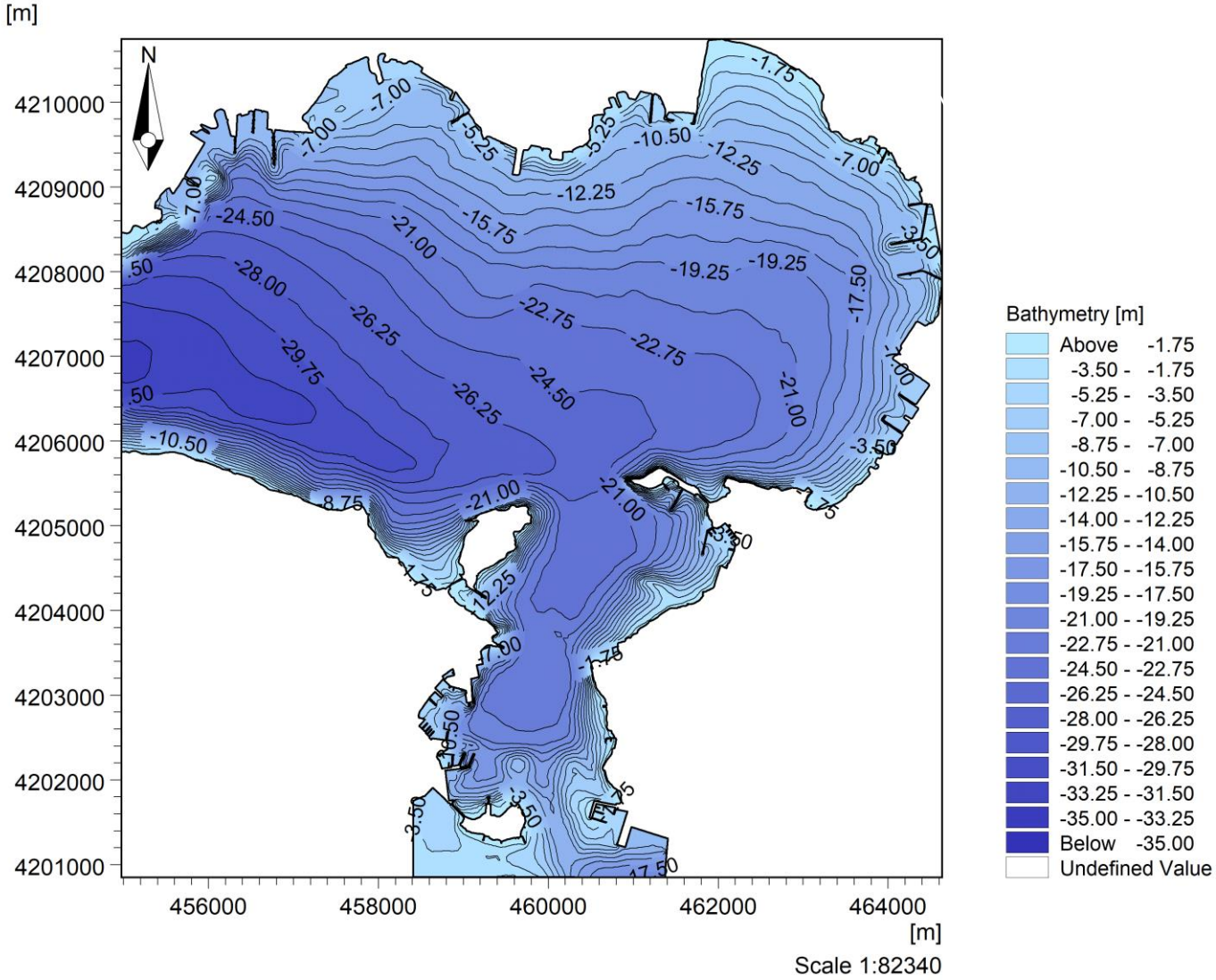
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Berkhoff J C W. (1972). Computation of combined refraction-diffraction. Proc 13th Conf on Coastal Eng, Vancouver, Canada, 471–490
- Biesheuvel A.C. *Effectiveness of Floating Breakwaters - Wave attenuating floating structures*. MSc Thesis. Delft University of Technology, 2013.
- Brebner A. and Ofuya A.O. Floating breakwaters. *In Proceedings of 11th conference on Coastal Engineering*, pp. 1055-1094, 1968.
- Booij N. (1981). Gravity waves on water with non-uniform depth and current. Report n 81-1, Delft University of Tech, Dept Civil Eng Chamberlain P G, Porter D. 1995. The modified of mild-slope equation. J Fluid Mech., 291: 393–407
- CEM, (2008). Coastal Engineering Manual. Coast. Eng. Res. Centre, US Army Corps Eng.
- Chondros, M.K., Metallinos, A., Papadimitriou, A., and Memos, C.D. (2019). Advanced numerical models for the simulation of wave fields, 1st International Scientific Conference on Design and Management of Harbor, Coastal and Offshore Works. Athens, Greece, 8 to 11 May, 2019
- Chondros, M.K., Metallinos, A.S., Memos, C.D., Karambas, Th,V., Papadimitriou, A.G. (2019). Concerted nonlinear mild-slope wave models for enhanced simulation of coastal processes. Applied mathematical modeling (under review)
- Chondros, M.K. and Memos, C.D. (2014). A 2DH Nonlinear Boussinesq Wave Model of Improved Dispersion, Shoaling, and Wave Generation Characteristics, Coastal Engineering, Vol.91, pp. 99-122
- Galiatsatou, P. and Prinos, P. (2014). Analysing the Effects of Climate Change on Wave Height Extremes in the Greek Seas. ICHE 2014, Hamburg
- Gesraha M.R. Analysis of shaped floating breakwater in oblique waves: I. impervious rigid wave boards. *Applied Ocean Research*, 28(5):327-338, 2006.
- Hiraishi, T., Atsumi, Y., Kunita, A. and Sekiguchi, S. (1997): "Observation of Long Period Wave and Ship Motion in Tomakomai-port", Proceedings of the Seventh (1997) International Offshore and Polar Engineering Conference, May 25-30, 1997, Honolulu, Hawaii.
- Karambas, T., Christopoulos, S. and Avgeris, I. (2010). HARBOUR_L: Integrated mathematical model for the design of harbor works. 5th Pan-Hellenic Conf. of Harbour Works, Athens, Greece.
- Karambas Th., E. Koutandos, N. Kampanis, (2013). Numerical simulation of wave induced morphology evolution. Maritime Engineering Journal, 166 (3), 113 –124. **doi.org/10.1680/maen.07.00008**
- Krestenitis YN, Androulidakis Y, Kombiadou K, Makris Ch, Baltikas V, Kalantzi G (2013). Operational oceanographic forecasts in the Thermaikos gulf: The WaveForUs project, Proceedings of the 12th International Conference on Protection and Restoration of the Environment, Vol.29, pp. 313-318.
- Macagno E. Wave action in a flume containing a submerged culvert. *La Houille Blanche*, 1954.
- Makris J., Papoulia J. & Drakatos G. (2004) Tectonic deformation and microseismicity of the Saronikos gulf, Greece. Bulletin of the Seismological Society of America 94(3):920-929
- Mamoutos, G., Tragou, E., Kakagiannis, G., 2014. Mean sea level changes in the Greek Seas. In 6th Panhellenic Conference in Management and Improvement of Coastal Zones, November 2014, Athens, Greece, pp. 335-344
- Massel S. R. (1993). Extended refraction diffraction equation for surfer wave. Coastal Eng, 19: 97–26
- Metallinos, A.S, Chondros, M.K, Karambas, Th., Memos, C.D Papadimitriou, A. (2019). "Advanced Numerical Models for Wave Dısturbance Simulation in Port Basins", 1st International Scientific Conference on Design and Management of Harbor, Coastal and Offshore Works. Athens, Greece, 8 to 11 May.
- Pena E., Ferreras J., and Sanchez-Tembleque F. Experimental study on wave transmission coefficient, mooring lines and module connector forces with different designs of floating breakwaters. Ocean Engineering, 38(10):1150-1160, 2011.

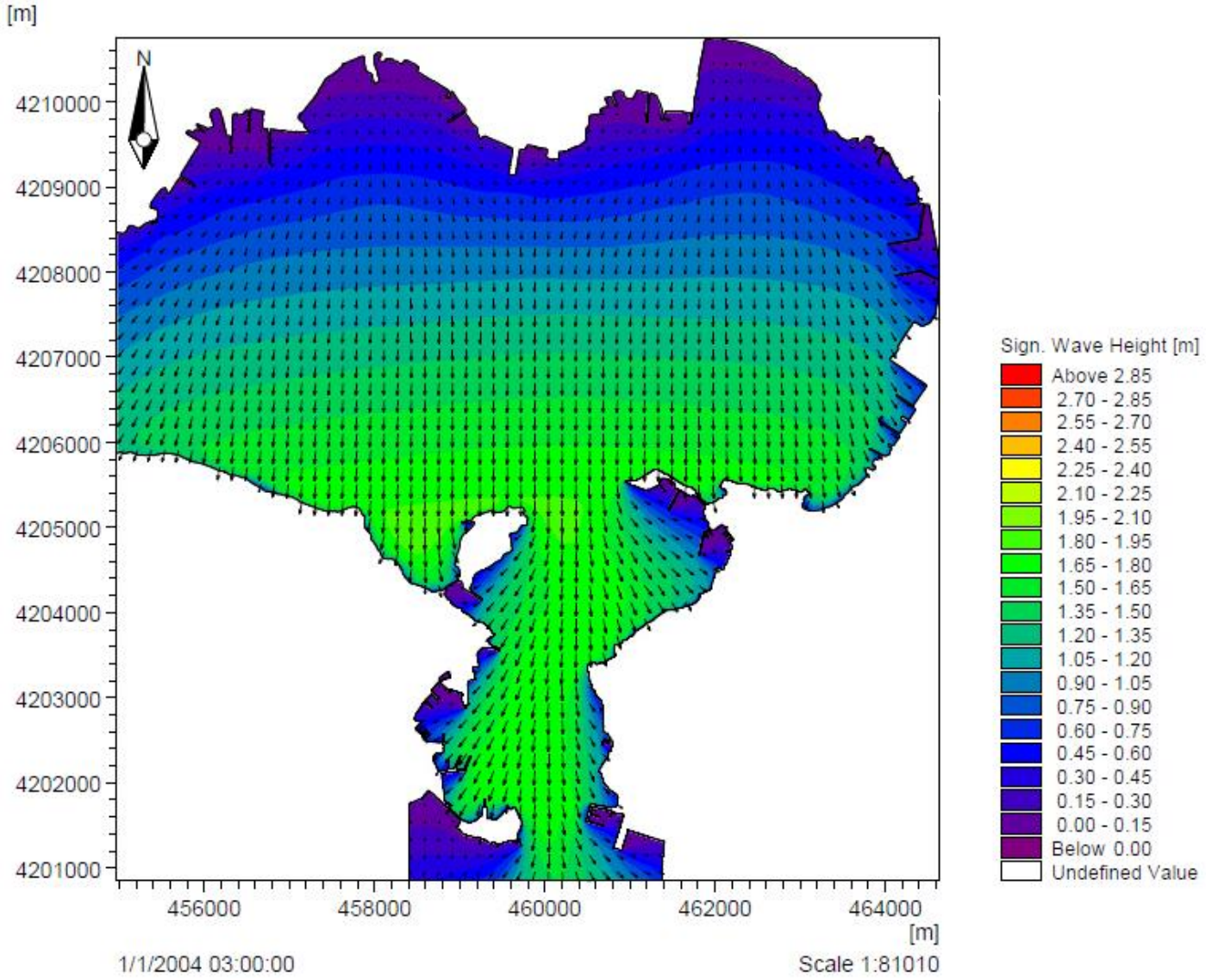
- PIANC (1995): “Criteria for Movements of Moored Ships in Harbors, a Practical Guide”, Report of Working Group no. 24, Supplement to Bulletin N° 88.
- PIANC (2016): “Guidelines for Marina Design”, Report N° 149/part II, Recreational Navigation Commission.
- Ruol P., Martinelli L., and Pezzutto P. Formula to predict transmission for pi-type floating breakwaters. Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 139(1):1-8, 2013a.
- Ruol P., Martinelli L., and Pezzutto P. Limits of the new transmission formula for pi-type floating breakwaters. Coastal Engineering Proceedings, 1(33): 47, 2013b.
- Shore Protection Manual, (1984). 4th ed., 2 Vols., US Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, US Government Printing Office, Washington, DC, Chapter 3, pp. 24-66.
- Smith, J.M. (1991). Wind-Wave Generation on Restricted Fetches, Miscellaneous Paper CERC-91-2, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Thoresen C. A. (2003). *Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines*. Thomas Telford, London
- Tsimplis, M. N., Calafat, F. M., Marcos, M., Jordà, G.,Gomis, D., Fenoglio-Marc, L., Struglia, M. V.,Josey, S. A., and Chambers, D. P. (2013). The effect of the NAO on sea level and on mass changes in the Mediterranean Sea, J. Geophys. Res. Oceans, 118, 944– 952, doi:**10.1002/jgrc.20078**.
- Γαϊτανάκης Π. (1982). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, κλίμακας 1:50.000, Φύλλο «Αθήναι-Πειραιεύς», ΙΓΜΕ
- Καραμπάς Θ., Κρεστενίτης Γ., και Κουτίτας Χρ. *Ακτομηχανική – Έργα Προστασίας Ακτών*. ΣΕΑΒ, 2015.
- Μαριολάκος Η., Φουντούλης Ι. & Θεοχάρης Δ. (2001). Νεοτεκτονική δομή και εξέλιξη της νήσου Σαλαμίνας. Δ Ε Γ.Ε., XXXIV/1, 165-173

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

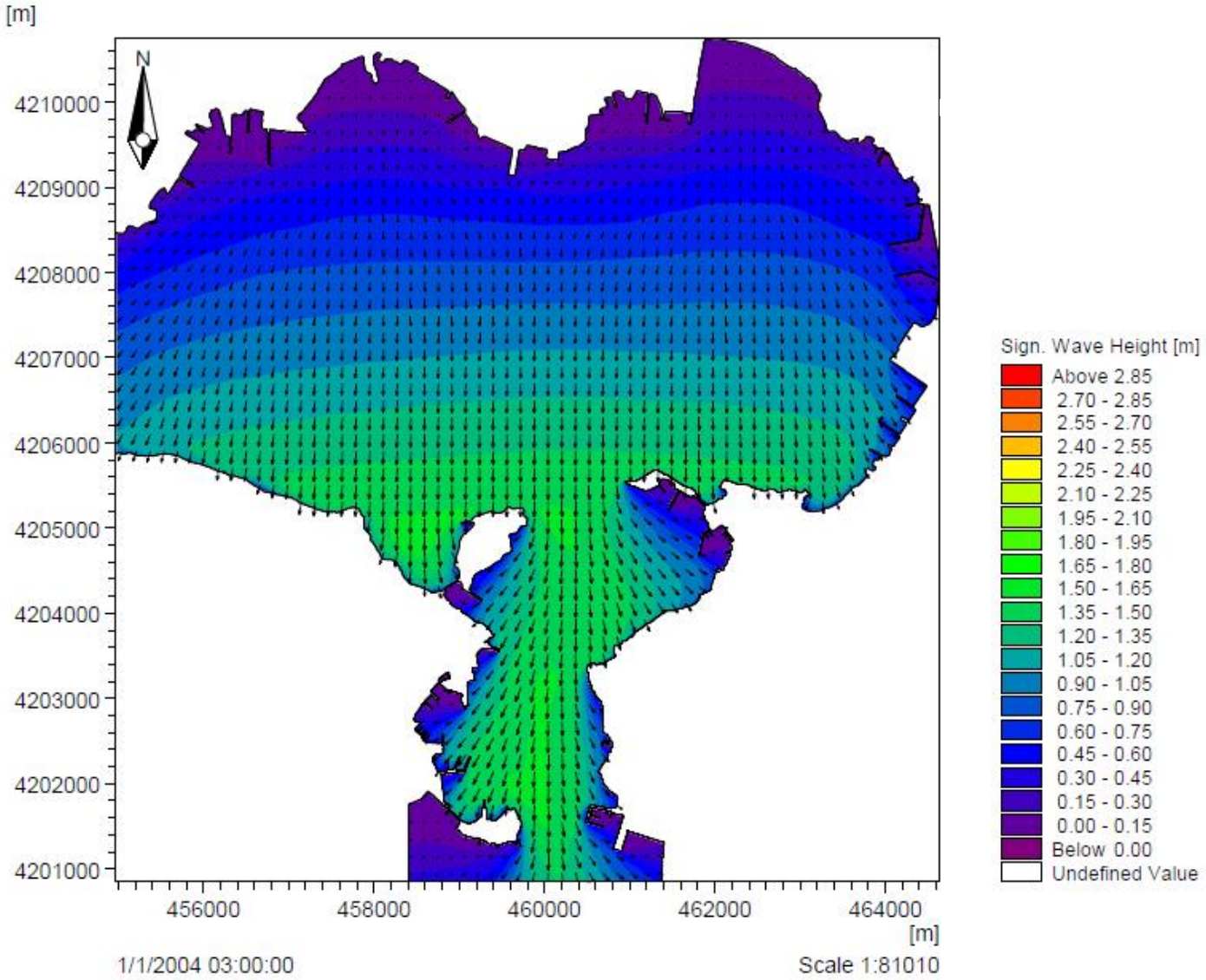
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE21 FM-SW DHI



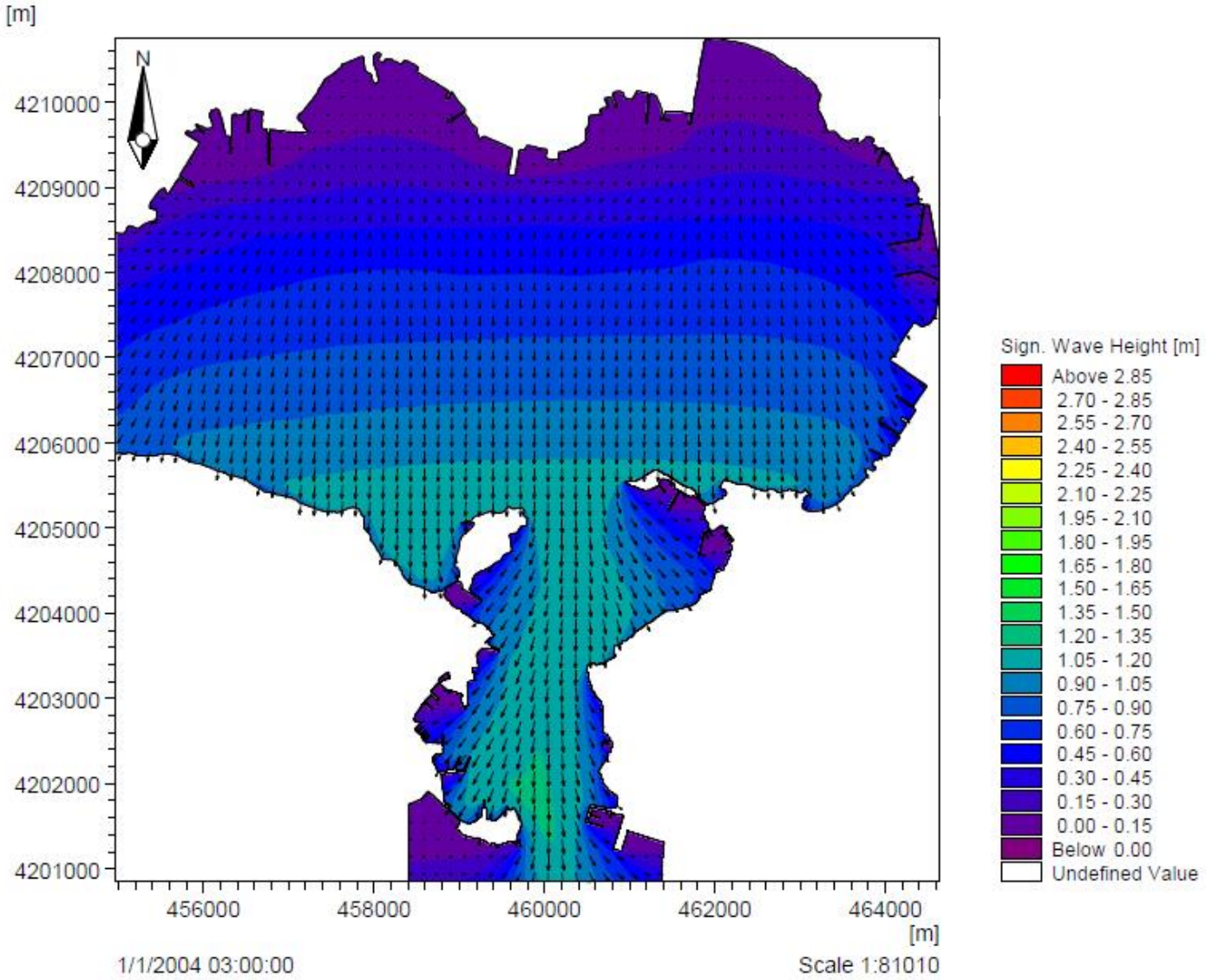
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: **Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών**	MIKEZero
		Έργο: **Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής**	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ	Αρ. Σχεδίου: BATH_DN
	Αναφ.: SM		



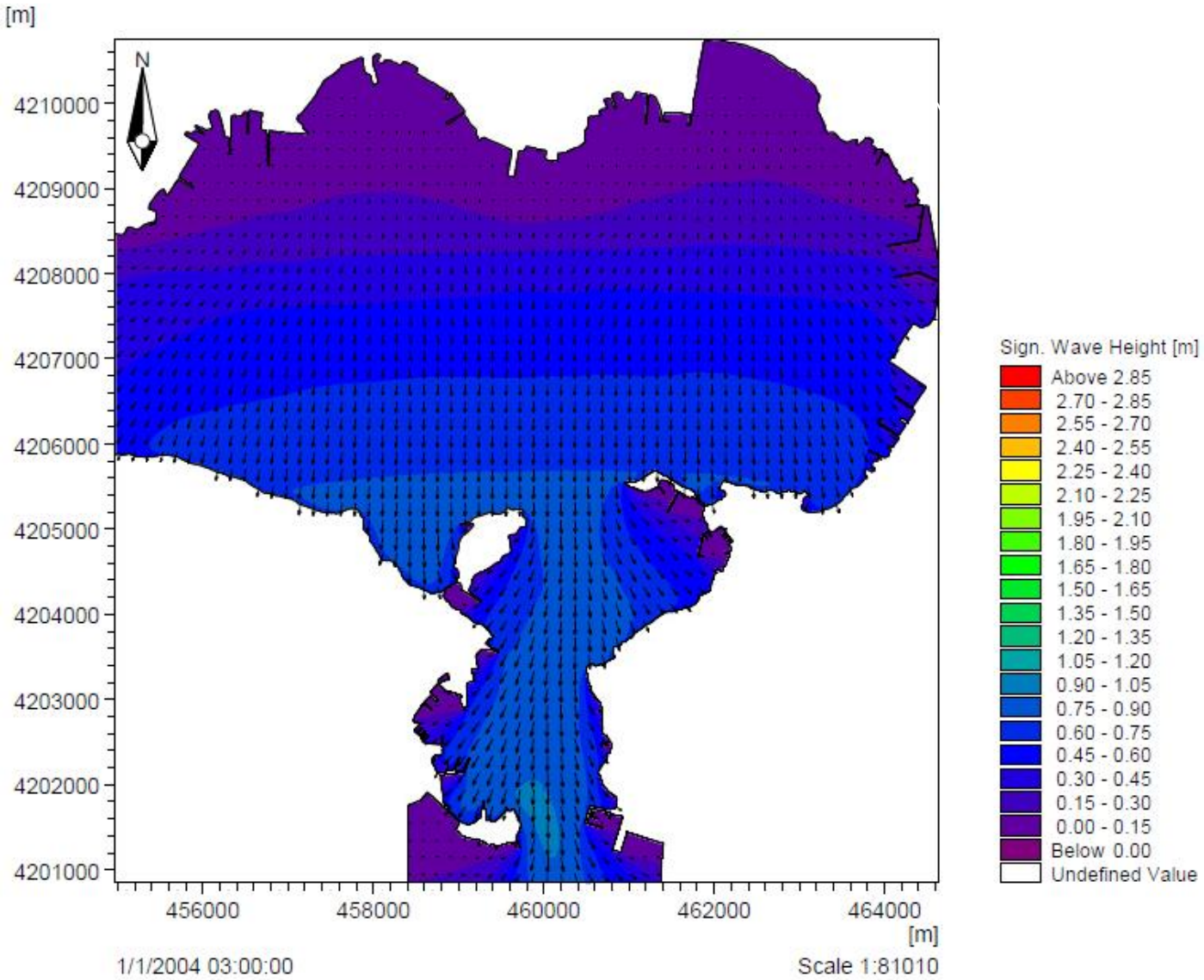
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ανεμογενές Κυματικό Πεδίο: 11Bf , Διευθ=B	Αρ. Σχεδίου: SW_DN_1
	Αναφ.: SM		



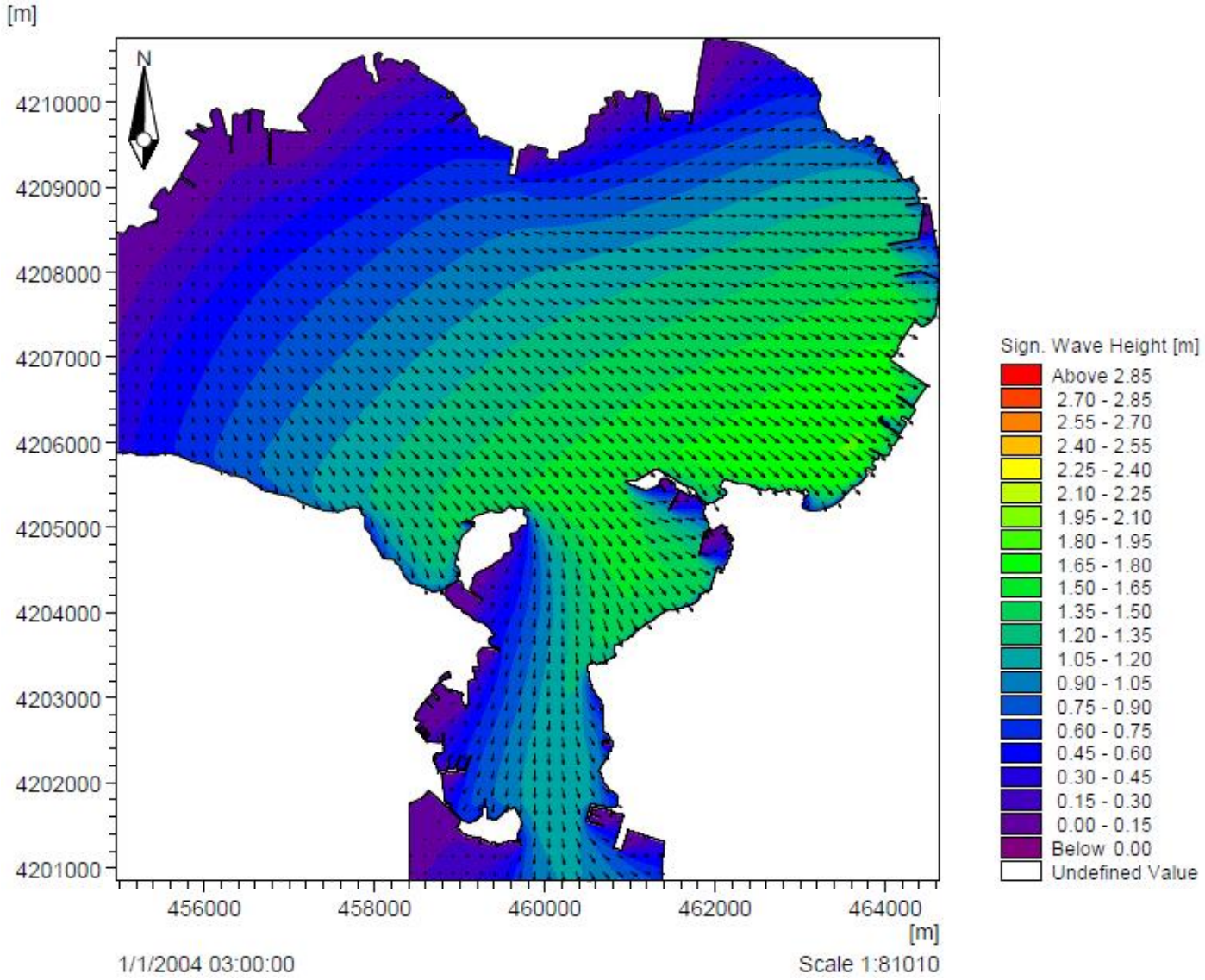
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKEZero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ανεμογενές Κυματικό Πεδίο: 10Bf , Διευθ=B	Αρ. Σχεδίου: SW_DN_2
	Αναφ.: SM		



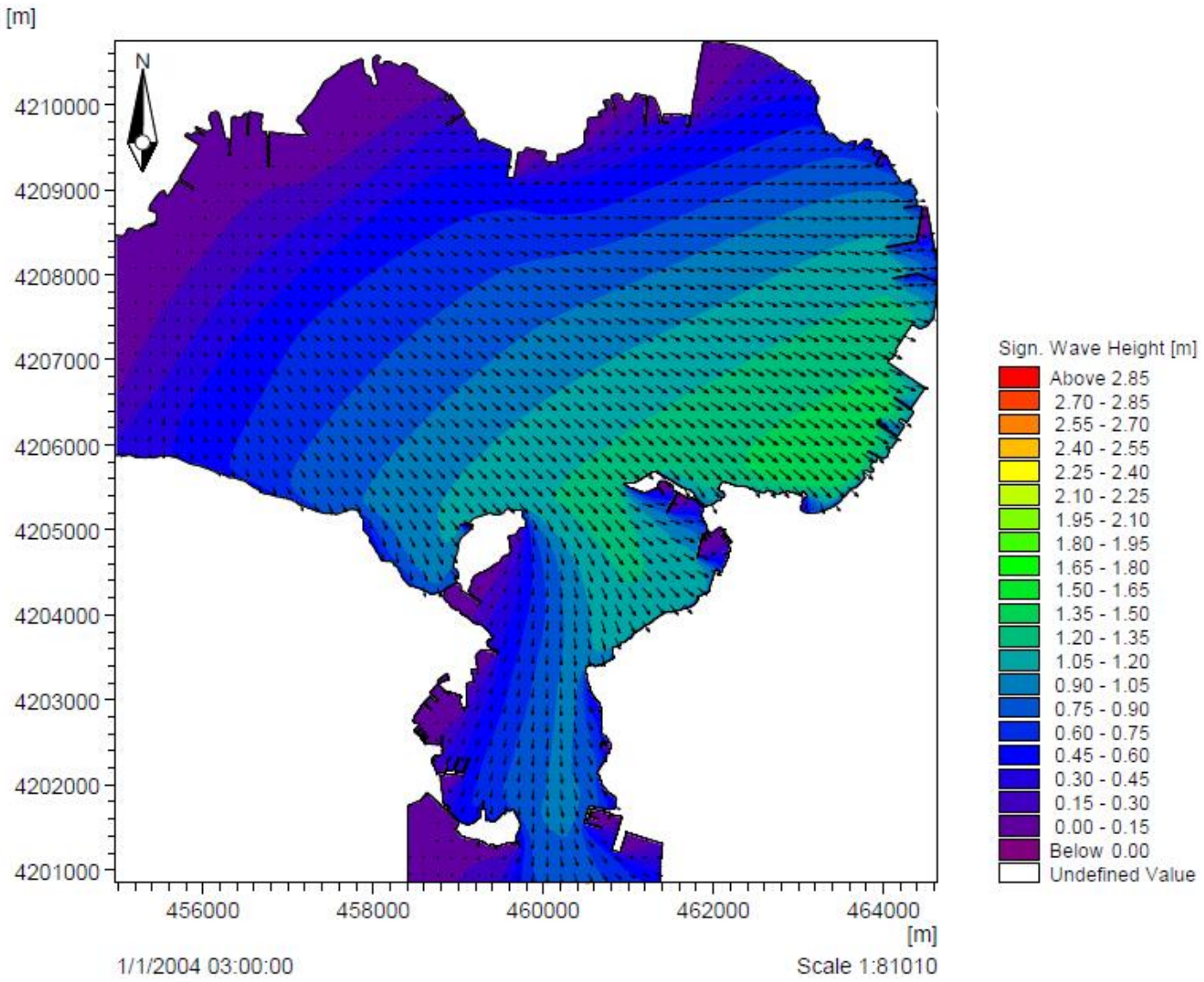
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ανεμογενές Κυματικό Πεδίο: 9Bf , Διευθ=B	Αρ. Σχεδίου: SW_DN_3
	Αναφ.: SM		



MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ανεμογενές Κυματικό Πεδίο: 8Bf , Διευθ=B	Αρ. Σχεδίου: SW_DN_4
	Αναφ.: SM		

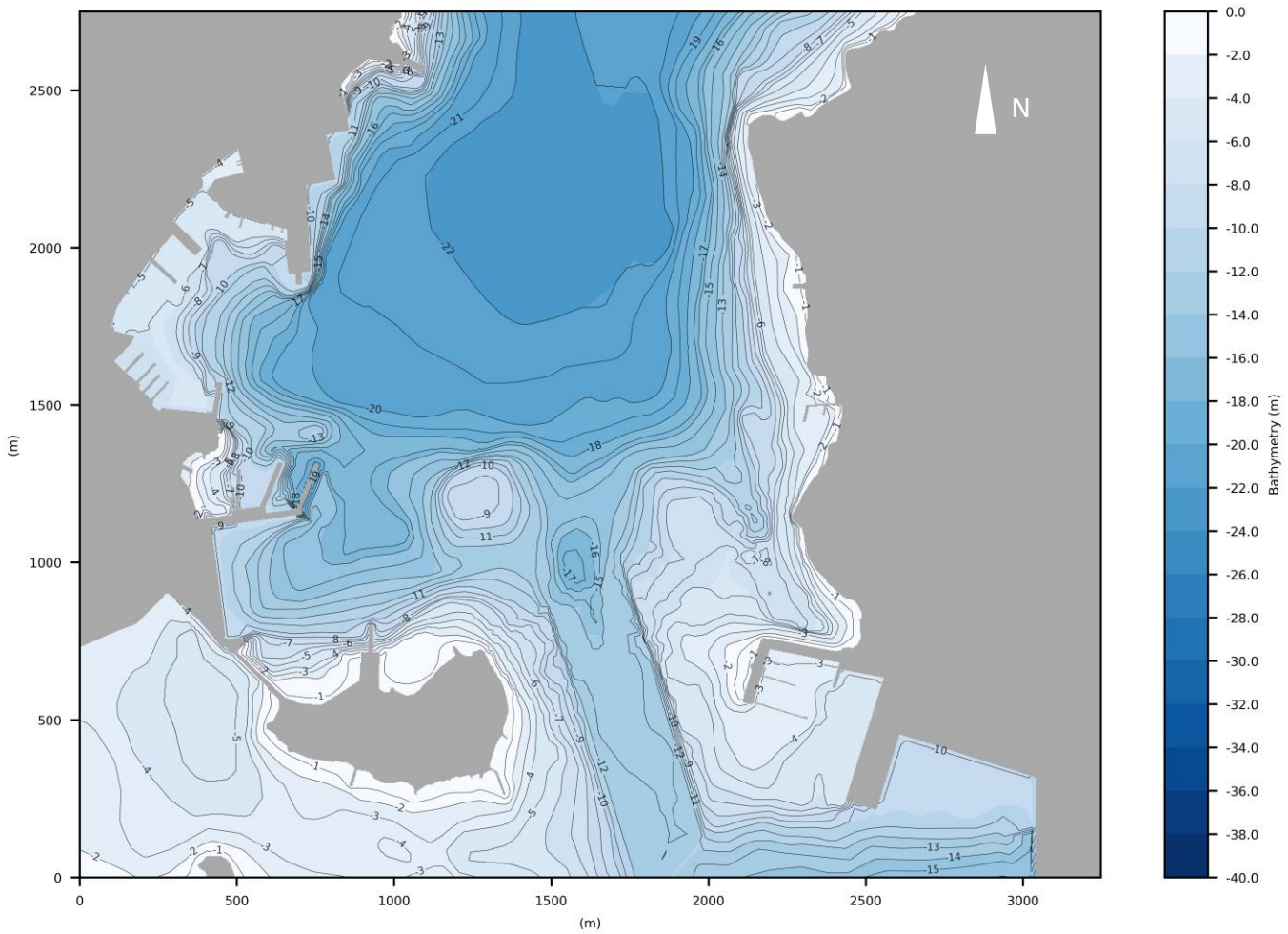


MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ανεμογενές Κυματικό Πεδίο: 10Bf , Διευθ=ΒΔ	Αρ. Σχεδίου: SW_DN_5
	Αναφ.: SM		

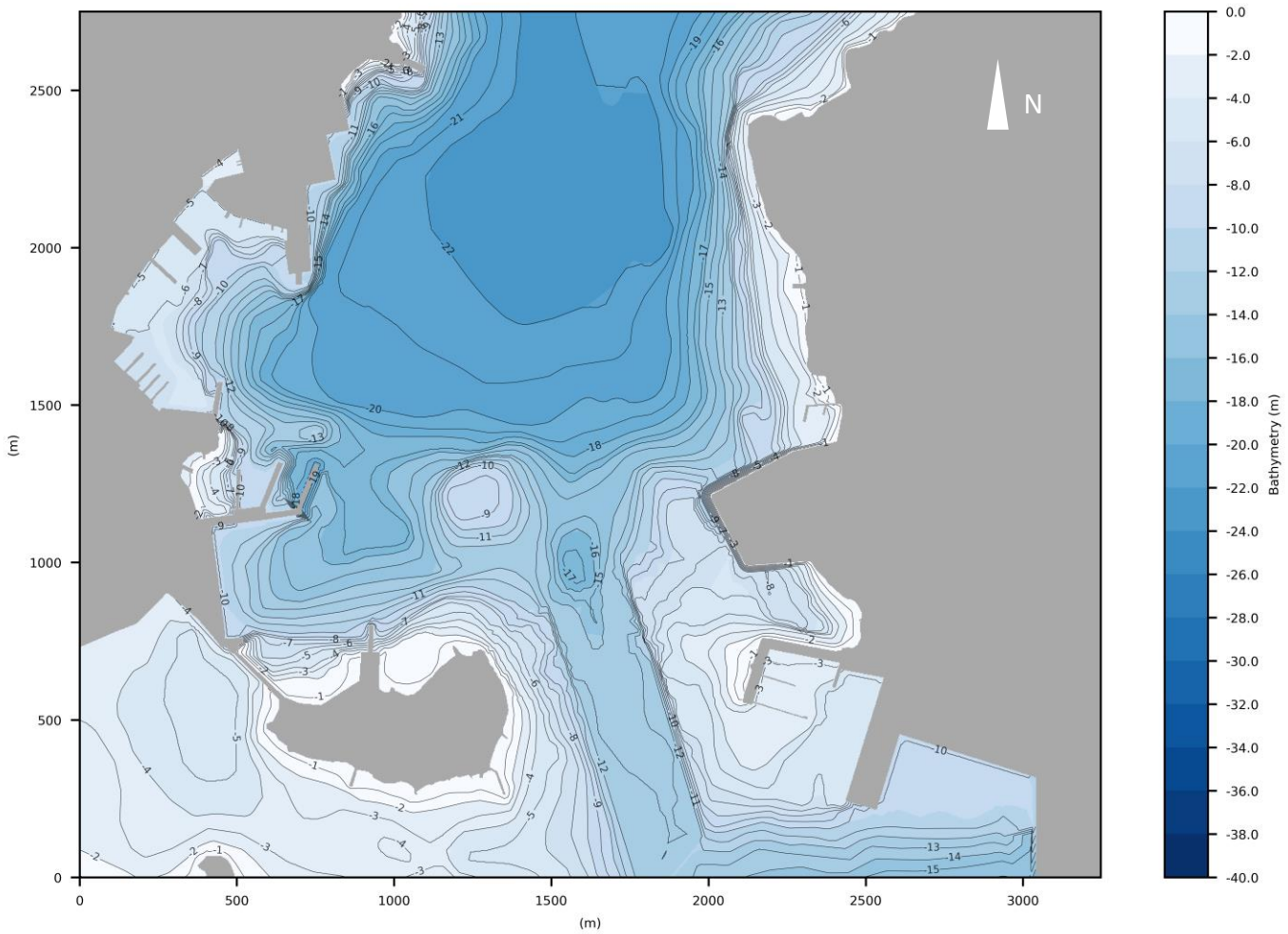


MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ανεμογενές Κυματικό Πεδίο: 9Bf , Διευθ=ΒΔ	Αρ. Σχεδίου: SW_DN_6
	Αναφ.: SM		

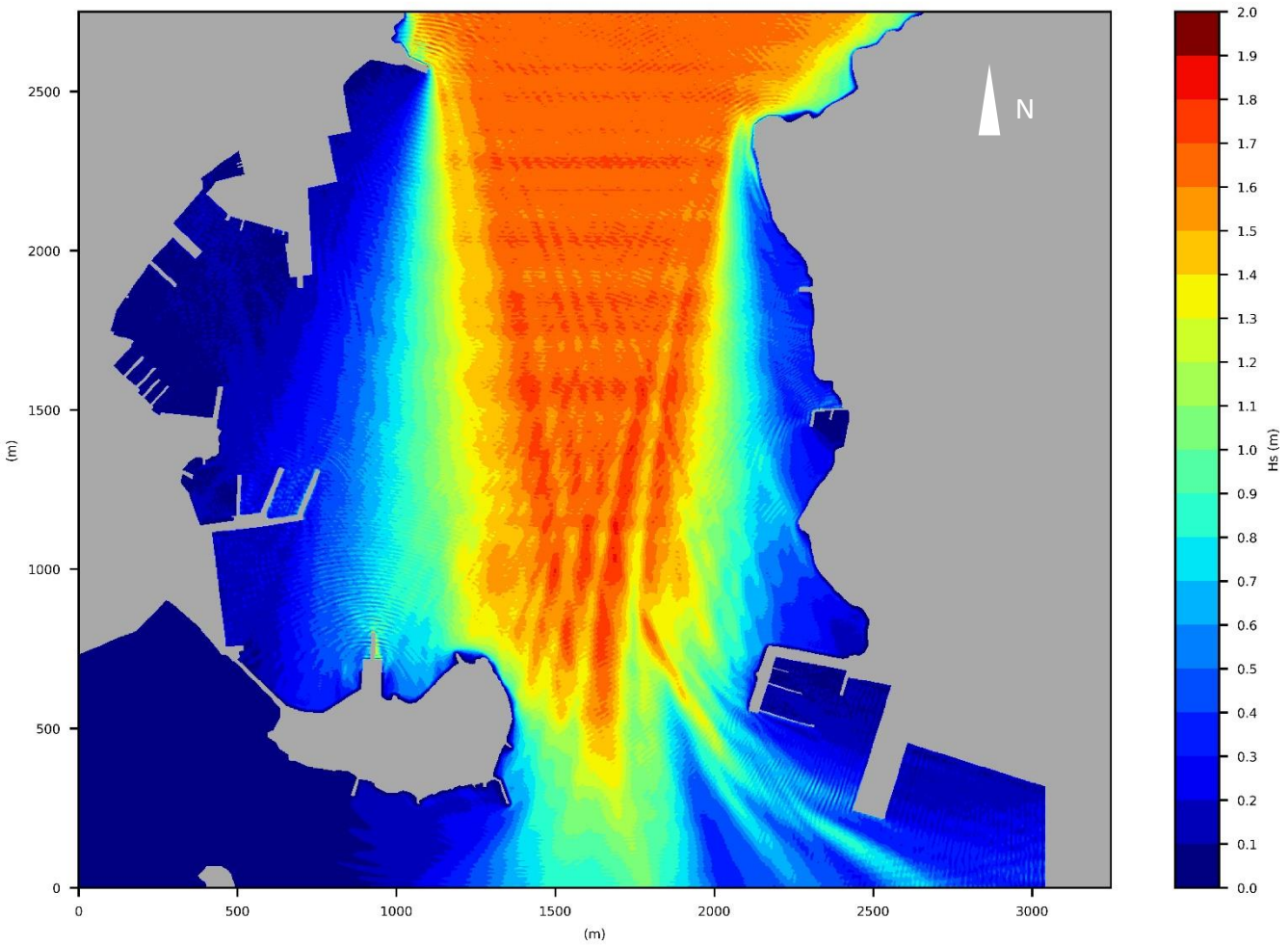
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MARIS HMS SCIENTIA MARIS



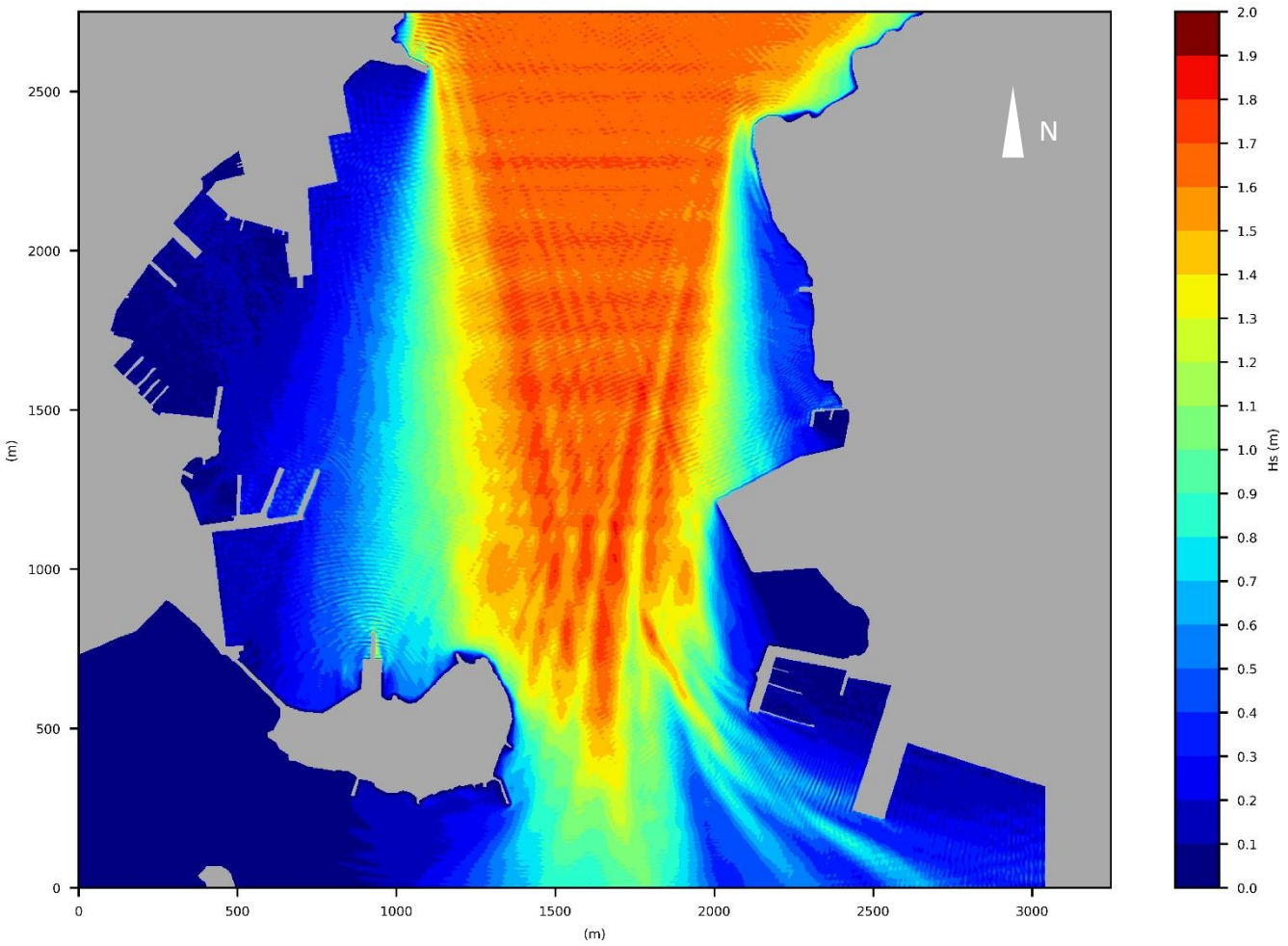
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **BATH_DN**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS BTG scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Βυθομετρικός Κάνναβος με Χωρικό Βήμα dx=dy=2.5m απεικονίζοντας τη Βαθυμετρία της Υφιστάμενης Κατάστασης	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Βαθυμετρία
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	**Διάταξη "Do Nothing"**	**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



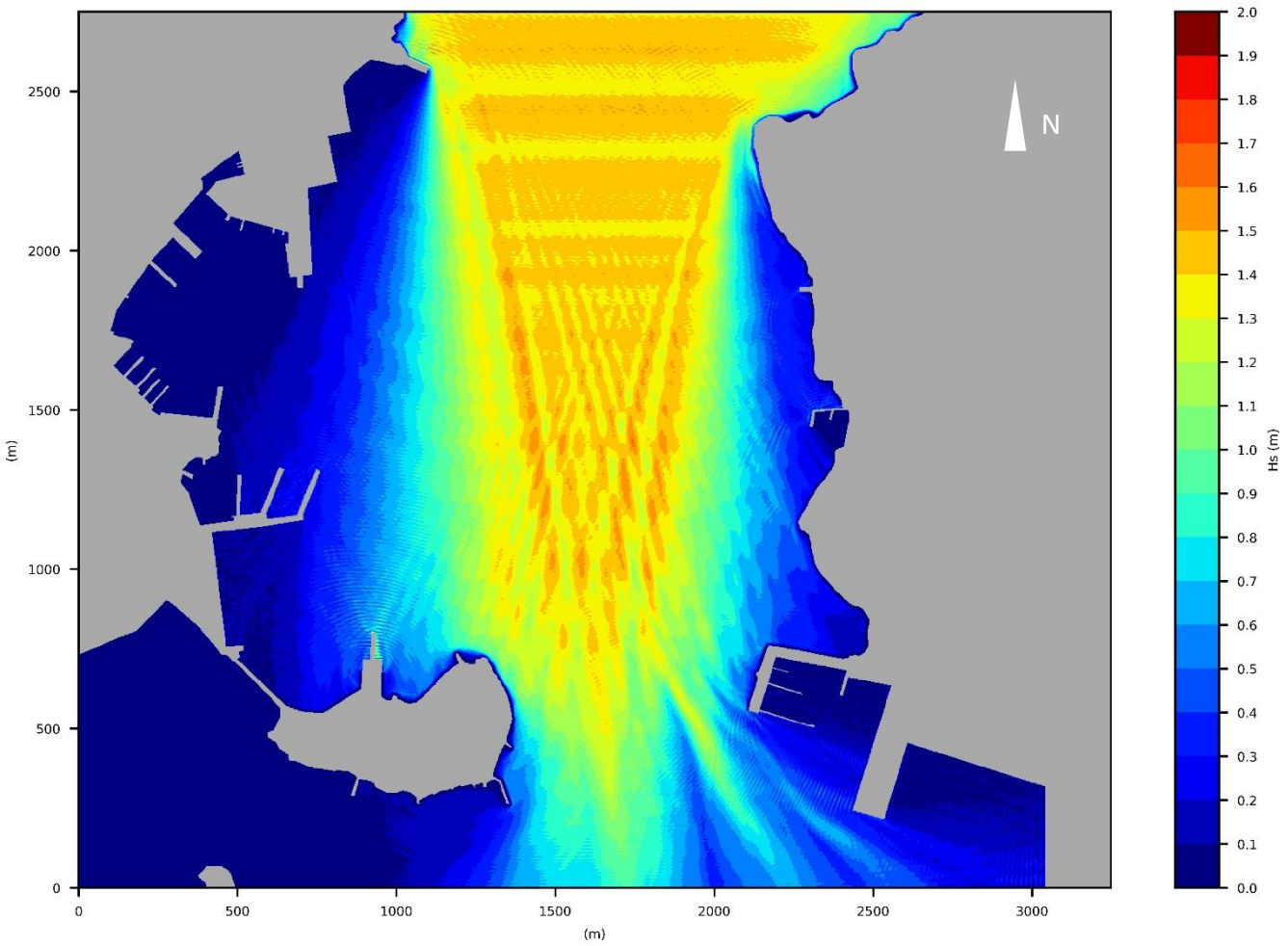
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **BATH_W1**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS BTG scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Βυθομετρικός Κάνναβος με Χωρικό Βήμα dx=dy=2.5m απεικονίζοντας τη Βαθυμετρία για την Διάταξη με Παρουσία της Προτεινόμενης Επίχωσης **Διάταξη "W1"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Βαθυμετρία
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



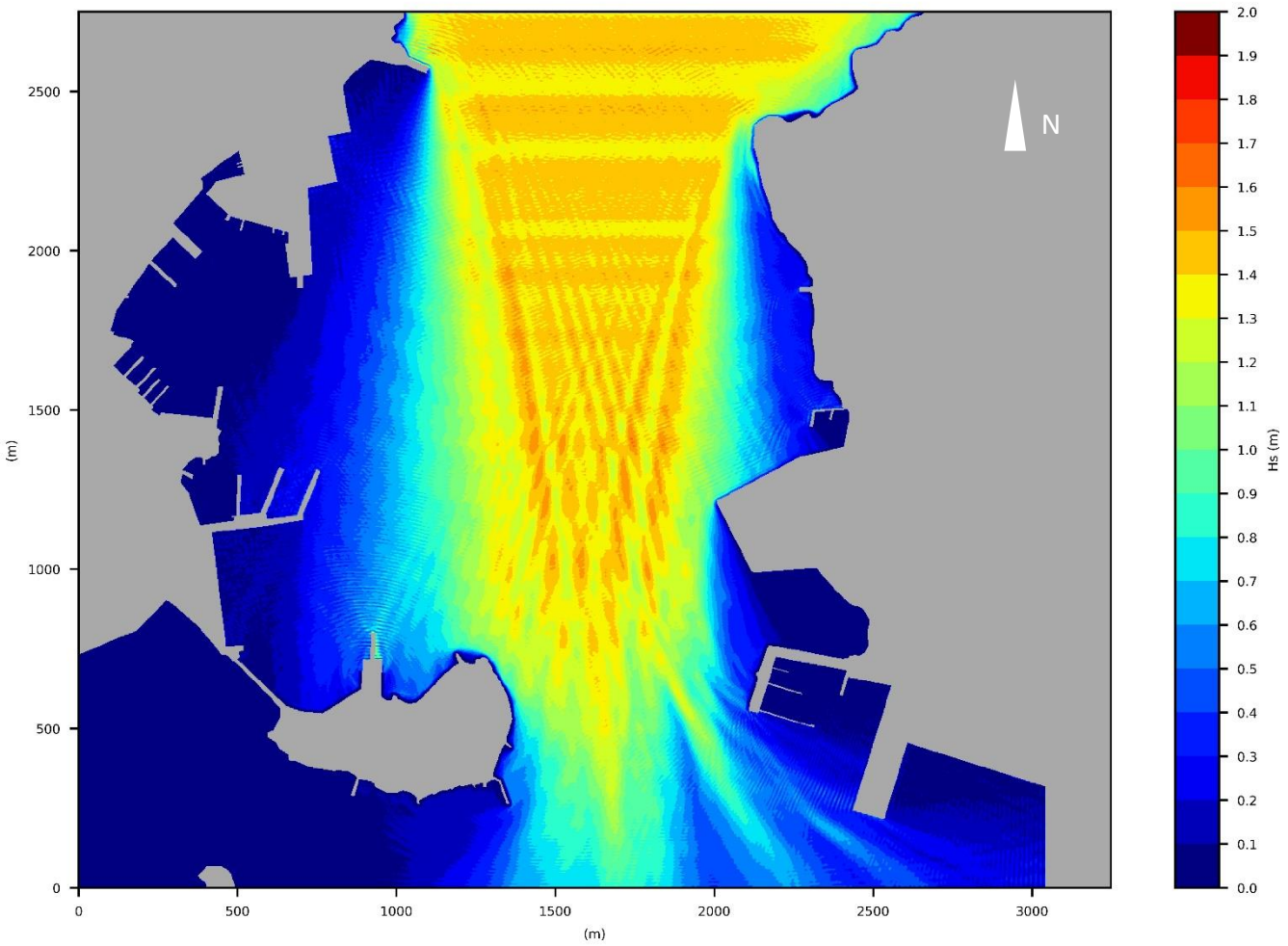
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **WV_DN_SM1**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HMS scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Χωρική Κατανομή Ύψους Κύματος από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 11BF): Hs=1.67m, Tp=4.23s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "DN"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Κυματικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



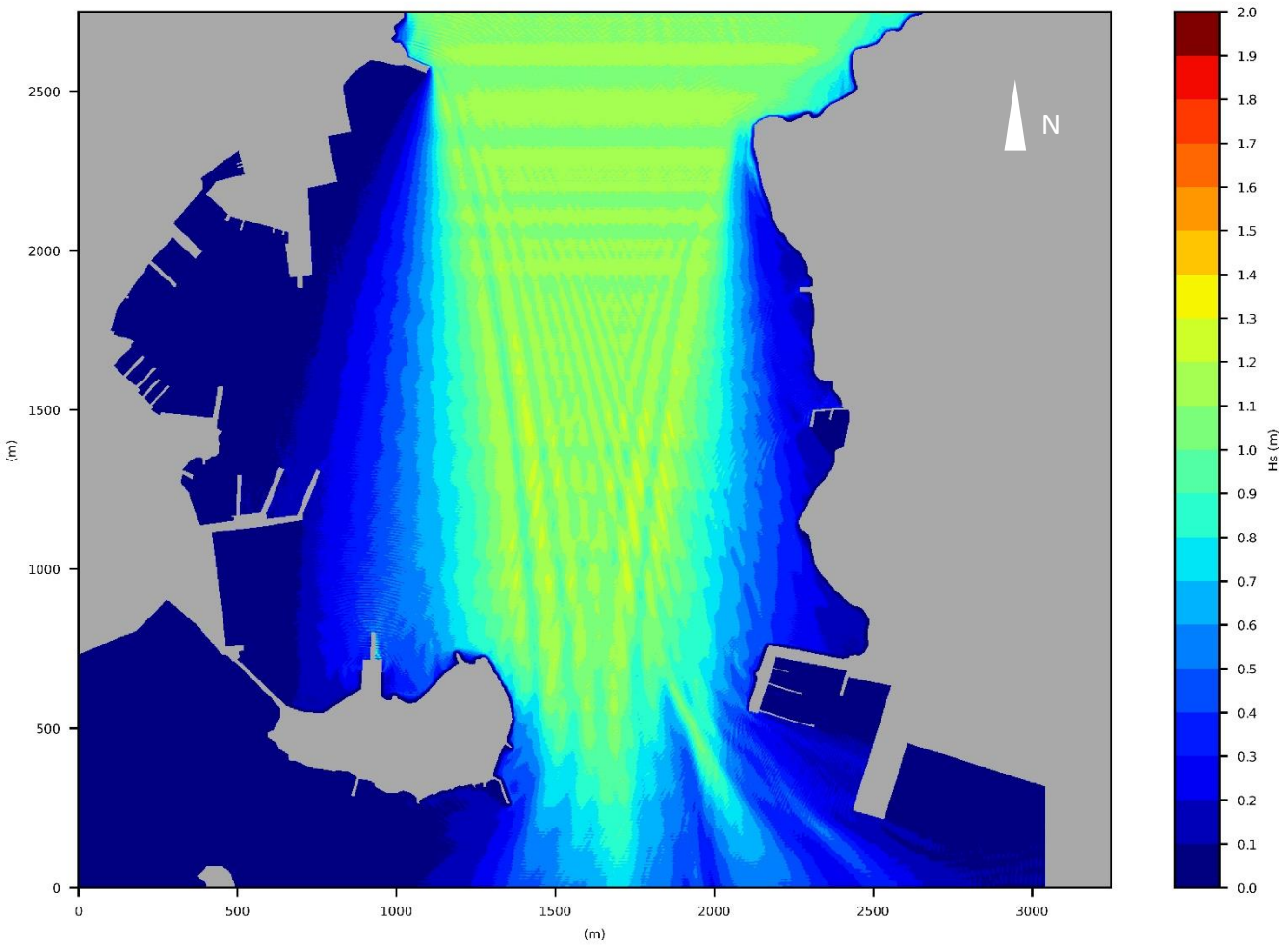
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **WV_W1_SM1**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HMS scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Χωρική Κατανομή Ύψους Κύματος από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 11BF): Hs=1.67m, Tp=4.23s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "W1"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Κυματικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



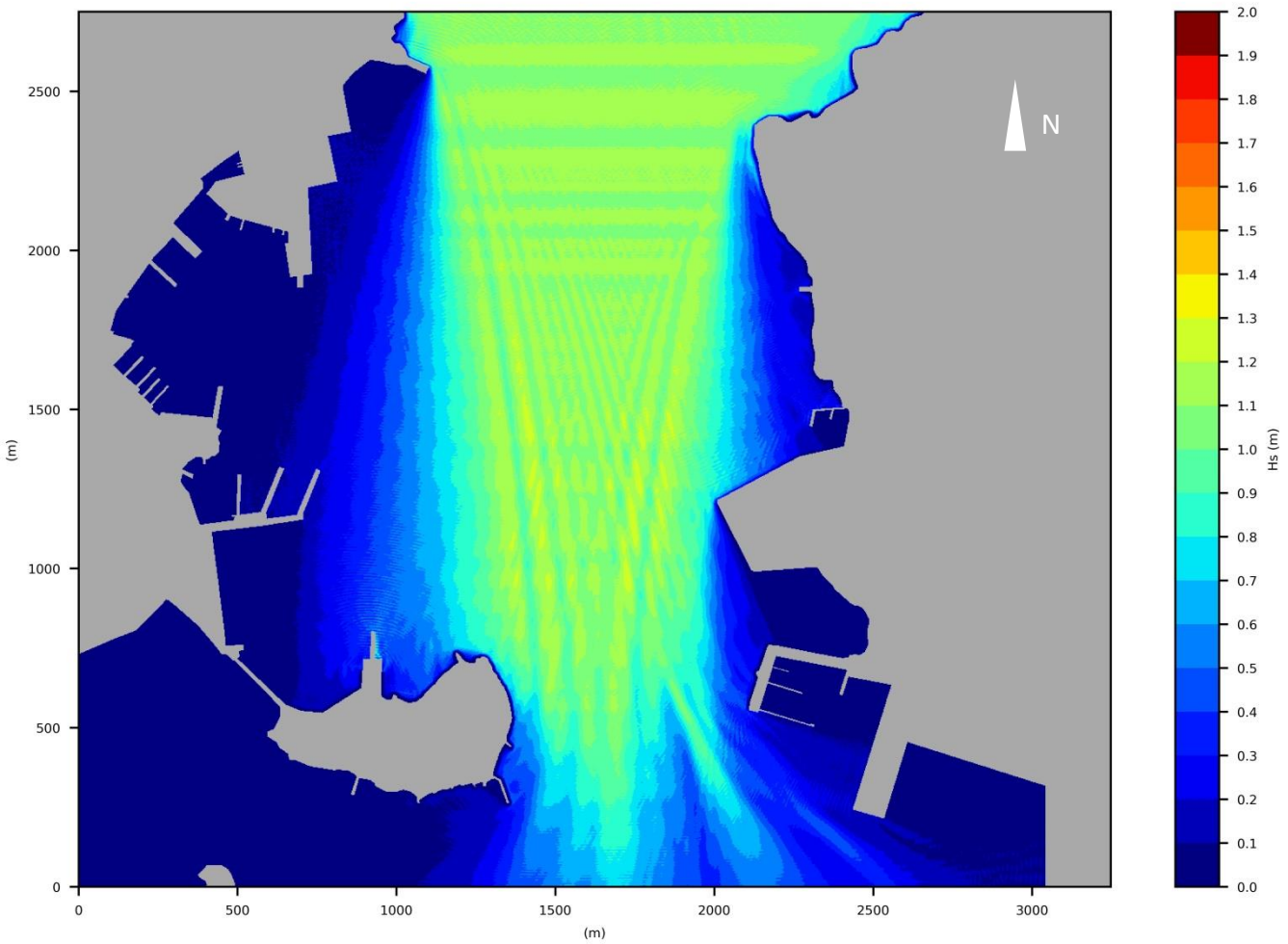
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **WV_DN_SM2**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HMS scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Χωρική Κατανομή Ύψους Κύματος από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 10BF): Hs=1.42m, Tp=3.95s, MWaveDir= 0°	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Κυματικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	**Διάταξη "DN"**	**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



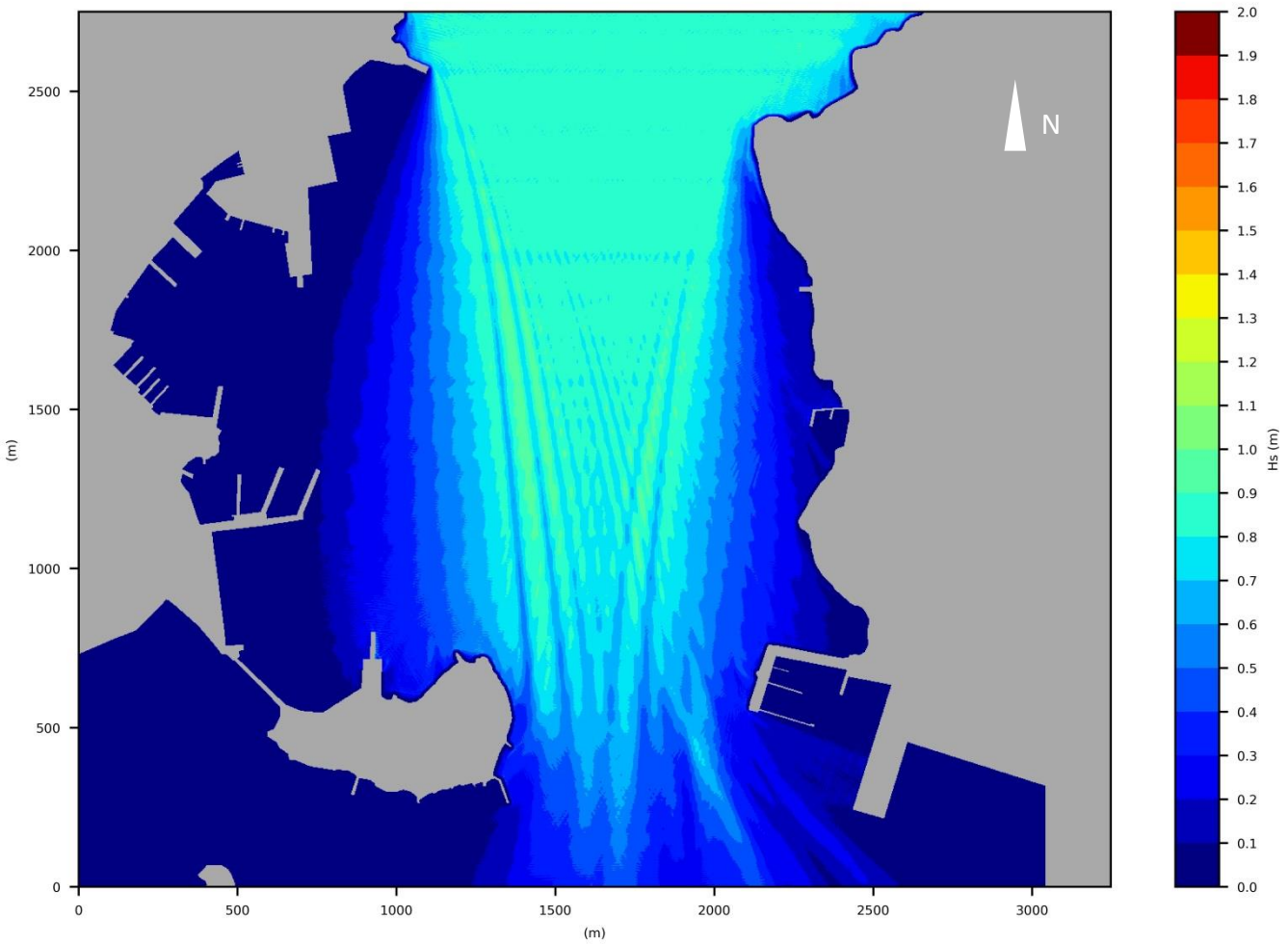
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **WV_W1_SM2**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HMS scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Χωρική Κατανομή Ύψους Κύματος από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 10BF): Hs=1.42m, Tp=3.95s, MWaveDir= 0°	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Κυματικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	**Διάταξη "W1"**	**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



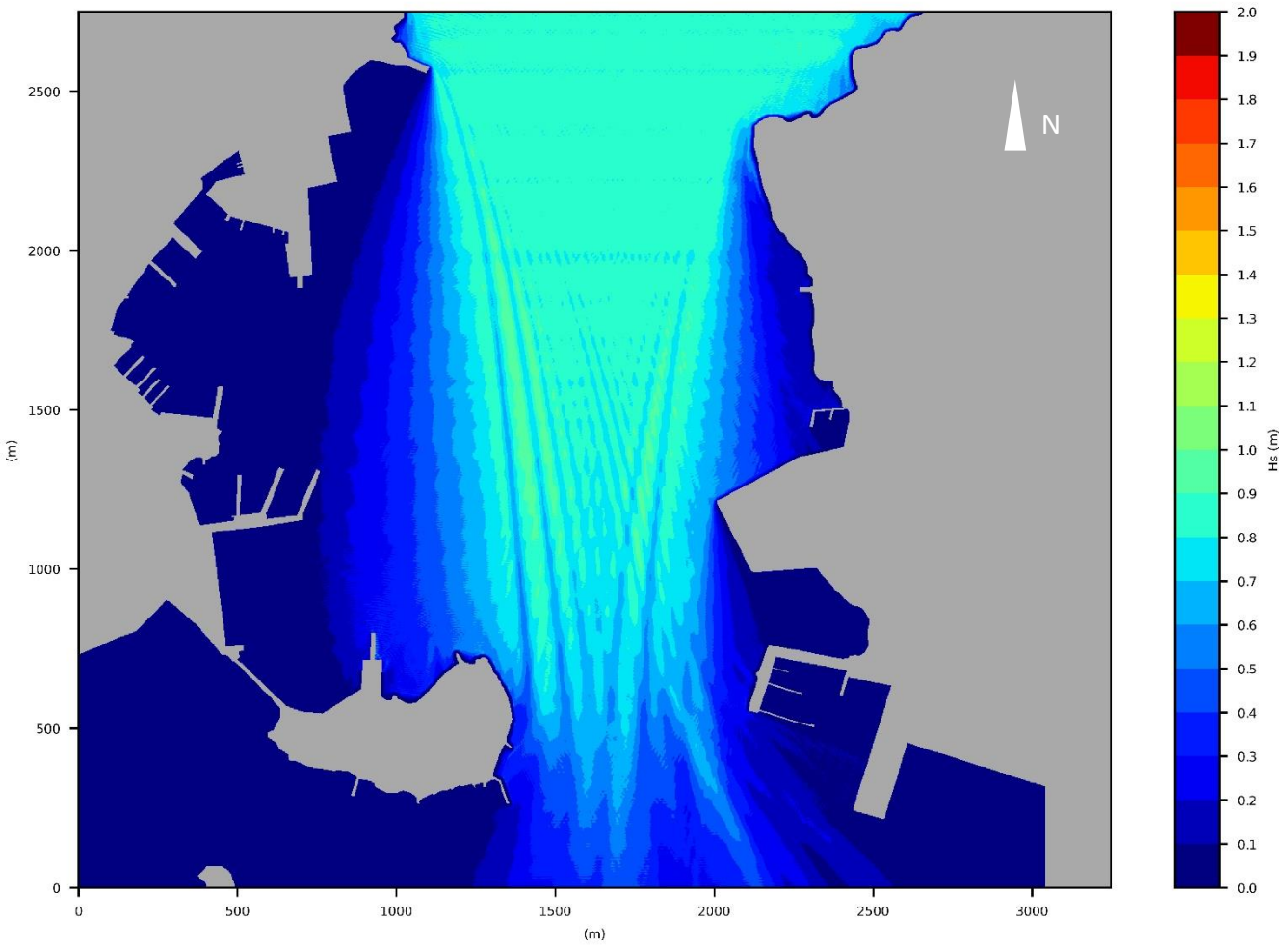
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **WV_DN_SM3**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HMS scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Χωρική Κατανομή Ύψους Κύματος από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 9BF): Hs=1.10m, Tp=3.55s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "DN"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Κυματικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **WV_W1_SM3**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HMS scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Χωρική Κατανομή Ύψους Κύματος από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 9BF): Hs=1.10m, Tp=3.55s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "W1"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Κυματικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **WV_DN_SM4**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HMS scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Χωρική Κατανομή Ύψους Κύματος από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 9BF): Hs=0.80m, Tp=3.18s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "DN"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Κυματικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **WV_W1_SM4**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HMS scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Χωρική Κατανομή Ύψους Κύματος από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 9BF): Hs=0.80m, Tp=3.18s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "W1"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Κυματικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021