

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	1
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	6
1.2 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	7
2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	8
2.1 ΟΡΙΣΜΟΙ ΕΝΝΟΙΩΝ	8
2.2 ΚΙΝΗΣΗ ΙΖΗΜΑΤΩΝ	9
2.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ (ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ)	10
2.2.1 ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΘΕΤΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ	10
2.2.2 ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ	11
2.3 ΜΕΘΟΔΟΣ CERC	12
3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ	13
4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ	18
4.1 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΔΟΚΙΜΩΝ Δ1	18
4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΥΧΑΙΩΝ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ	19
4.3 ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	21
4.4 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ	22
5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ - ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ	23
5.1 ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΟΜΟΙΟΤΗΤΑΣ	23
5.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ	25
5.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΥΜΑΤΩΝ	26
5.4 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΥΠΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ	27
5.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ	42
6. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	45
6.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΥΜΑΤΩΝ	45
6.2 ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ	46
6.3 ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ	47

7. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ.....	51
7.1 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΥΜΑΤΩΝ.....	51
7.2 ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ.....	54
8. ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ.....	61
8.1 ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ.....	61
8.2 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ.....	62
9. ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ.....	70
9.1 ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ.....	70
9.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ.....	88
9.3 ΟΓΚΟΙ ΔΙΑΚΙΝΗΘΕΝΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ.....	97
9.4 ΜΕΘΟΔΟΣ CERC.....	108
10.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	113
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	116
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	118

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πριν από την παρουσίαση της εργασίας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε εκείνους που μας βοήθησαν και προσέφεραν το χρόνο και τις γνώσεις τους, ώστε να γίνει δυνατή η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής.

Κατ' αρχάς οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας, κ. Μουτζούρη Κωνσταντίνο που μας εμπιστεύτηκε με την ανάθεση της εργασίας, και ανέλαβε την επίβλεψη της.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες, οφείλουμε στην κα Γιαντσή Θεοδώρα, καθώς χωρίς την υπομονή, το ενδιαφέρον, και την γενικότερη συνεργασία της, δεν θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση της εργασίας.

Επίσης, ευχαριστούμε το προσωπικό του εργαστηρίου, τον κ. Μαργαρώνη Παναγιώτη, τον κ. Τσουνή Ευστάθιο, και την κα Παπαθανασίου Βαρβάρα Πολιτικό Μηχανικό Ε.Μ.Π., για τη βοήθεια και τη συνεργασία τους, κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, έγινε μια προσπάθεια καταγραφής της μεταβολής του θαλάσσιου πυθμένα, της εξέλιξης της ακτογραμμής και ποσοτικοποίησης της στερεοπαροχής, σε μια υπό διάβρωση ακτή για την υφιστάμενη κατάσταση και στην περίπτωση κατασκευής έργων προστασίας. Τα έργα προστασίας, αποτελούνταν, από σύστημα αποσπασμένων κυματοθραυστών χαμηλής στέψης. Η ερευνητική εργασία έγινε στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος για την προστασία και βελτίωση του παραλιακού μετώπου, της Ορόκλινης Κύπρου.

Προκειμένου να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα του συστήματος κυματοθραυστών, κατασκευάστηκε φυσικό προσομοίωμα της περιοχής, με μεταβαλλόμενο αμώδη πυθμένα, σε κλίμακα 1:100. Ελέγχθηκαν διατάξεις με τα έργα προστασίας (κυματοθραύστες), και χωρίς αυτά, για 3 διευθύνσεις πρόσπτωσης κυμάτων (Ανατολική, Νοτιοανατολική, Νότια).

Τα πειράματα έλαβαν χώρα στην τρισδιάστατη δεξαμενή δοκιμών, του Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων, της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Για κάθε πειραματική διάταξη έγιναν μετρήσεις κυματικής διαταραχής, και μετά το πέρας των δοκιμών αποτυπώθηκε η εξέλιξη της ακτογραμμής και έγινε αποτύπωση του φυσικού πυθμένα σε 28 διατομές.

Έγινε επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων, με χρήση λογισμικών προγραμμάτων, σχεδιάστηκε σε τρισδιάστατη μορφή η μεταβολή του φυσικού πυθμένα, και υπολογίστηκαν οι όγκοι των ιζημάτων που διακινήθηκαν, σε κάθε μια από τις ελεγχθείσες διατάξεις.

ABSTRACT

This diploma thesis attempts to provide qualitative predictions for the sediment transport and the shoreline evolution, behind a system of detached, low-crested, breakwaters. The breakwaters were constructed parallel to the shoreline to protect and restore an eroding beach in Oroklini, Cyprus.

To examine the performance of the proposed system, a physical model with movable bed was built in a geometrical scale of 1:100. Layouts with and without the protecting system of breakwaters, were tested, for three different directions of wave attack (E, SE and S).

The tests were undertaken in a 3D wave basin of the Laboratory of Harbour Works, Department of Civil Engineering, National Technical University of Athens. Dimensions of the basin are 24mX26m, and it is equipped with random wave generator system.

The wave height, the shoreline evolution and cross sections were measured for each conducted test.

Data from the measurements were analyzed with the proper software, and the volumes of the accreted/eroded sediment, were calculated.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι η πειραματική διερεύνηση της μεταβολής της επιφάνειας του φυσικού πυθμένα, εξαιτίας της κυματικής δράσης, στην ακτή της Ορόκλινης της Κύπρου.

Η παράκτια ζώνη της παραλίας Ορόκλινης, Κύπρου διαβρώνεται από την δράση των κυμάτων. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος πρόκειται να κατασκευασθεί σύστημα αποσπασμένων κυματοθραυστών παράλληλων στην ακτογραμμή.

Η απόδοση των κυματοθραυστών ελέγχθηκε σε τρισδιάστατο φυσικό προσομοίωμα , με μεταβαλλόμενο αμμώδη πυθμένα το οποίο κατασκευάστηκε σε δεξαμενή δοκιμών του Εργαστήριου Λιμενικών Έργων Ε.Μ.Π.

Στο φυσικό προσομοίωμα ελέχθησαν η υφιστάμενη διάταξη και η διάταξη μετά την κατασκευή των έργων προστασίας, σε κυματική δράση προερχόμενη από 3 διευθύνσεις πρόσπτωσης κυματισμών.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η αποτύπωση της μεταβολής του αμμώδους πυθμένα μετά την κυματική δράση και η εκτίμηση του διακινήθεντος όγκου ιζημάτων.

.

1.2 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία, διαρθρώνεται στα εξής κεφάλαια:

1^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται το αντικείμενο, και η διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας

2^ο Κεφάλαιο ορίζονται βασικές έννοιες της ακτομηχανικής, και περιγράφονται, οι θεωρητικοί μηχανισμοί που διέπουν την κίνηση και μεταφορά των ιζημάτων, και τον υπολογισμό της παροχής στερεομεταφοράς κατά μήκος της ακτής.

3^ο Κεφάλαιο, παρουσιάζεται, η περιοχή που διερευνήθηκε, με τα προβλήματα που αντιμετωπίζει.

4^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται οι εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων Ε.Μ.Π. όπου έγιναν τα πειράματα.

5^ο Κεφάλαιο περιγράφεται το φυσικό προσομοίωμα και ο τρόπος κατασκευής του, καθώς και οι κλίμακες ομοιότητας που χρησιμοποιήθηκαν στο φυσικό προσομοίωμα. Ακόμα, γίνεται αναφορά στην πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε για την πραγματοποίηση των μετρήσεων.

6^ο Κεφάλαιο γίνεται περιγραφή της μεθόδου συλλογής και επεξεργασίας των πειραματικών δεδομένων για τις μετρήσεις των κυμάτων, την εξέλιξη της ακτογραμμής, την αποτύπωση της μεταβολής του πυθμένα, και τον υπολογισμό των όγκων των ιζημάτων.

7^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται συγκριτικά, τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις κύματος, και την εξέλιξη της ακτογραμμής για όλες τις διατάξεις που ελέχθησαν.

8^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται οι διατομές που ελήφθησαν για την αποτύπωση της μεταβολής του φυσικού πυθμένα μετά την δράση των κυμάτων, για όλες τις διατάξεις που ελέχθησαν

9^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η αποτύπωση του φυσικού πυθμένα, πριν και μετά την δράση των κυματισμών καθώς και οι όγκοι ιζημάτων που διακινούνται κατά την διάρκεια εκάστου πειράματος

10^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που συνάγονται.

2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.1 ΟΡΙΣΜΟΙ ΕΝΝΟΙΩΝ

Ακτή ονομάζεται η ζώνη ξηράς, το ανάγλυφο της οποίας σχηματίστηκε από τη δράση της θάλασσας. Έχει εξωτερικό όριο (προς τη θάλασσα) την ακτογραμμή. Εσωτερικό όριο της ακτής (προς τη ξηρά), είναι για τις βραχώδεις ακτές, η ακμή που σχηματίζεται από την απότομη αλλαγή κλίσης της επιφάνειας του εδάφους, και για τις ιζηματογενείς ακτές, το πέρας της ζώνης εναπόθεσης θαλάσσιων ιζημάτων.

Ακτογραμμή είναι η τομή της θαλάσσιας επιφάνειας με την επιφάνεια του εδάφους της ξηράς ή του πυθμένα. Μεταβολή της ακτογραμμής μπορεί να οφείλεται είτε σε μεταβολή της επιφάνειας του εδάφους της ακτής (διάβρωση, εναπόθεση), είτε σε αστάθεια της θαλάσσιας επιφάνειας (κύματα, παλίρροια).

Παράκτια ζώνη ονομάζεται το τμήμα της θάλασσας, αμέσως μετά την ακτή. Το εσωτερικό της όριο είναι η ακτογραμμή, και το εξωτερικό της όριο είναι η ισοβαθής εκείνη, στην οποία ακόμα, γίνεται αισθητή η επίδραση των κυμάτων ως τον πυθμένα. Η παράκτια ζώνη περιλαμβάνει τις ζώνες θραύσης, απόσβεσης, και διαβροχής.

Ζώνη θραύσης είναι το πλέον δυναμικό τμήμα της παράκτιας ζώνης, καθότι εκεί εμφανίζεται και ολοκληρώνεται ο μηχανισμός της θραύσης.

Ζώνη απόσβεσης, είναι η ζώνη στην οποία αποσβαίνεται το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας του θραυσμένου κύματος. Το όριο της με τη ζώνη διαβροχής, είναι η κατώτερη θέση της ακτογραμμής.

Ζώνη διαβροχής είναι η ζώνη το εξωτερικό όριο της οποίας ορίζεται από την κατώτερη θέση της ακτογραμμής, και το εσωτερικό της από την ανώτατη θέση της ίδιας γραμμής. Το πλάτος της ζώνης διαβροχής, εξαρτάται από την κλίση του πυθμένα, και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Μέτωπο ακτής ονομάζεται το τμήμα της διατομής μιας παράκτιας ζώνης με την μεγαλύτερη κλίση ως προς την οριζόντιο. Το μέτωπο της ακτής μπορεί να εμφανίζεται και στις ζώνες απόσβεσης και διαβροχής. Η κλίση του εξαρτάται από την κοκκομετρία των ιζημάτων, και τα χαρακτηριστικά των κυμάτων.

(ΜΟΥΤΖΟΥΡΗΣ, 2005)

2.2 ΚΙΝΗΣΗ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

Τα ιζήματα προέρχονται από την εναπόθεση φερτών υλών που διακινούνται με το θαλάσσιο νερό σε αιώρηση, ή σε επαφή με τον πυθμένα. Η έναρξη κινήσεως ενός κόκκου ιζήματος, εξαρτάται από την διατμητική, ή επιφανειακή τάση που αναπτύσσεται στον κόκκο, λόγω της κίνησης της θαλάσσιας μάζας που βρίσκεται σε επαφή με το στρώμα ιζημάτων. Ο υπολογισμός της κρίσιμης αυτής τάσης, συναρτάται με την πυκνότητα του νερού, την ταχύτητα ροής, και τις παραμέτρους του ιζήματος (σημαντικότερες εκ των οποίων, είναι η πυκνότητα και η κοκκομετρία). Η κίνηση αυτή, μπορεί να προέρχεται από επαλληλία κύματος και ρεύματος, και συνεχίζεται μέχρι να εκλείψουν τα γενεσιουργά αίτια, και/ή να συναντηθούν παράκτια εμπόδια. Σε φάση ηρεμίας τα ιζήματα ισορροπούν σε ορισμένες θέσης και συσσωρεύσεις. Η κατανομή των ιζημάτων στην παράκτια ζώνη, και η βυθομετρία της, αντανακλούν το βραχυπρόθεσμο και το μακροπρόθεσμο κλίμα κυμάτων και ρευμάτων στην περιοχή. Το κλίμα αντιπροσωπεύει μια ολόκληρη σειρά χαρακτηριστικών κυμάτων στα ανοιχτά. Τα μακρύτερα κύματα επηρεάζουν μια ευρύτερη ζώνη, ενώ τα κύματα μικρού ύψους και περιόδου, επηρεάζουν μικρότερο εύρος παράκτιας ζώνης.

Ένα κύμα στην παράκτια ζώνη, υφίσταται απώλειες λόγω της επίδρασης του πυθμένα. Οι απώλειες αυτές αυξάνονται σε περίπτωση ύπαρξης στρώματος ιζημάτων στον πυθμένα. Στην ζώνη πριν από τη θραύση, ο κυριότερος μηχανισμός απώλειας ενέργειας, είναι η τριβή στον πυθμένα, επομένως στη ζώνη αυτή η μεταφορά ιζημάτων γίνεται κυρίως σαν φορτίο στον πυθμένα. Στη ζώνη θραύσης και μετά από αυτήν, οι κυριότεροι μηχανισμοί απώλειας ενέργειας, είναι η τριβή και η τύρβη. Στην περίπτωση αυτή η μεταφορά ιζημάτων γίνεται σαν φορτίο στον πυθμένα και σε αιώρηση.

2.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ (ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ)

Η μεταφορά ιζημάτων ονομάζεται στερεομεταφορά και εξαρτάται κυρίως από τη θαλάσσια διαταραχή που την προκαλεί. Έτσι τα παράκτια ρεύματα μπορούν να μεταφέρουν σχετικά λεπτόκοκκα ιζήματα. Χονδροκόκκα ιζήματα μεταφέρονται μόνο από κυματική κίνηση.

Κύματα υπό γωνία ως προς την ακτογραμμή μπορούν να μεταφέρουν σημαντικές ποσότητες ιζημάτων στην παράκτια ζώνη. Έχει διαπιστωθεί, ότι υπάρχει ένας βέλτιστος συνδυασμός των χαρακτηριστικών ενός κύματος, που μεγιστοποιεί την προκαλούμενη μεταφορά ιζήματος.

Οι συνιστώσες της παράκτιας κινήσεως των ιζημάτων συνήθως λαμβάνονται κάθετα προς την ακτογραμμή (στερεομεταφορά κάθετα προς την ακτογραμμή ή απλά κάθετη μεταφορά) και παράλληλα προς την ακτογραμμή (στερεομεταφορά κατά μήκος της ακτής ή απλά παράλληλη μεταφορά). Σε γενικές γραμμές, η μεταφορά στη ζώνη απόσβεσης, γίνεται κατά τις δύο συνιστώσες. Στη ζώνη πριν από τη θραύση η ύπαρξη παράλληλης μεταφοράς εξαρτάται από τη διεύθυνση προσπτώσεως των κυμάτων, δεδομένου ότι οι διευθύνσεις μεταφοράς και προσπτώσεως συμπίπτουν.

Η θέση όπου οι δυνάμεις που ασκούνται στον κόκκο (βαρύτητα λόγω του κεκλιμένου πυθμένα, και κυματική δύναμη) βρίσκονται σε ισορροπία, ονομάζεται ουδέτερη γραμμή. Η θέση της είναι συνάρτηση της τοπογραφίας του πυθμένα, και των χαρακτηριστικών των κυμάτων, αλλά πάντα βρίσκεται προς τα ανοιχτά, της ζώνης θραύσης. Πιο βαθιά της γραμμής, τα ιζήματα κινούνται προς τα ανοιχτά, ενώ προς τα ρηχά της, τα ιζήματα κινούνται προς την ακτή.

2.2.1 ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΘΕΤΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ

Η μεταφορά ιζημάτων κάθετα στην ακτογραμμή, οφείλεται κυρίως στη δράση των κυμάτων. Ιζήματα τίθενται σε κίνηση από την κάθετη συνιστώσα της τροχιακής κίνησης των υγρών σωματιδίων, και στη συνέχεια μεταφέρονται από το κυματογενές ρεύμα. Η δράση της τροχιακής κίνησης είναι τελείως διαφορετική στις ζώνες πριν από τη θραύση, και μετά τη θραύση.

Στη ζώνη πριν από τη θραύση, η τροχιά είναι κλειστή ή λίγο ανοιχτή. Σε επαφή με το στρώμα ιζημάτων, η τροχιά γίνεται πολύ πεπλατυσμένη, και τείνει σε μια ευθύγραμμη ταλάντωση. Κατά συνέπεια η μέση κίνηση ιζημάτων σε μια περίοδο κύματος, γίνεται προς την ακτή. Βέβαια στην πραγματικότητα έχει παρατηρηθεί ότι η επίδραση του αναπτυσσόμενου οριακού στρώματος, δημιουργεί μια αναστροφή της μέσης κίνησης κατά την κατακόρυφο.

Στις ζώνες θραύσεως και μετά τη θραύση, η στερεομεταφορά κάθετα στην ακτογραμμή είναι θεαματική. Η μεταφερόμενη στερεοπαροχή, μπορεί να είναι σημαντική, αλλά δεν χάνεται από το παράκτιο σύστημα, δεδομένου ότι κινείται εναλλακτικά προς την ακτή και προς τον ύφαλο αναβαθμό, ανάλογα με την καμπυλότητα των κυμάτων. Κύματα μεγάλης καμπυλότητας μεταφέρουν

ιζήματα προς τον ύφαλο αναβαθμό. Κύματα μικρής καμπυλότητας προκαλούν αντίθετη κίνηση.

Όταν ένα κύμα πλησιάζει στη ζώνη θραύσεως, η κίνηση του επιβραδύνεται λόγω της επίδρασης του πυθμένα και το μέτωπο του τείνει να γίνει παράλληλο προς την ακτογραμμή λόγω διαθλάσεως. Η όλη δομή του κύματος τείνει να μεταβληθεί, ώστε το κύμα να γίνει κύμα μεταφοράς, στο οποίο το μέτρο του διανύσματος ταχυτήτων των υγρών σωματιδίων αυξάνει με τη στάθμη πάνω από τον πυθμένα. Κατά συνέπεια, η συνιστάμενη κίνηση των ιζημάτων είναι προς την ακτή. Στη ζώνη θραύσεως τα ιζήματα τίθενται σε αιώρηση, οπότε η αναρρίχηση των κυμάτων τα μεταφέρει στην ακτή, όπου σχηματίζεται έξαλος αναβαθμός. Λόγω μετατροπής μέρους της ολικής ενέργειας του κύματος σε ενέργεια τύρβης, και λόγω διηθήσεως στον πυθμένα, η ενέργεια καθόδου είναι μικρότερη από την ενέργεια ανόδου, και μέρος των ιζημάτων αποτίθεται στην ακτή.

Η διατομή ισοροπίας της ακτής επιτυγχάνεται, όταν έλθει ισοροπία των δυνάμεων στο ίζημα προς την ακτή, προς τη θάλασσα, και από την επιτάχυνση της βαρύτητας. Η μεταφορά προς την ακτή γίνεται συνήθως το καλοκαίρι, οπότε και εμφανίζονται τα κύματα μικρής καμπυλότητας. Για το λόγο αυτό, η διατομή, που προκύπτει, συνηθίζεται να ονομάζεται θερινή διατομή της ακτής.

Σε κύματα μεγάλης καμπυλότητας, η ακτή είναι δυνατόν να διαβρωθεί κυρίως λόγω της ενέργειας θραύσεων εκτινάξεως. Η κίνηση καθόδου μεταφέρει μεγαλύτερη ποσότητα ιζημάτων προς τα ανοιχτά από την κίνηση ανόδου. Κατά συνέπεια, το μέτωπο της ακτής μετακινείται προς την ξηρά. Τα ιζήματα, που μετακινήθηκαν προς τα ανοιχτά, αποτίθενται στον πυθμένα και σχηματίζονται οι υποθαλάσσιες συσσωρεύσεις ιζημάτων παράλληλα προς την ακτογραμμή. Οι συσσωρεύσεις αυτές επιδρούν στη συνέχεια επί των κυμάτων και προκαλούν θραύσεις κυμάτων σε μεγαλύτερα βάθη. Η μεταφορά προς τα ανοιχτά γίνεται συνήθως τον χειμώνα, οπότε και εμφανίζονται τα κύματα μεγάλης καμπυλότητας. Η διατομή της παράκτιας ζώνης που προκύπτει από την μεταφορά αυτή, συνηθίζεται να ονομάζεται χειμερινή διατομή της ακτής.

2.2.2 ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ

Η στερεομεταφορά κατά μήκος της ακτής, οφείλεται κυρίως στη θραύση κυμάτων υπό γωνία με την ακτογραμμή. Η στερεομεταφορά στη ζώνη πριν από τη θραύση είναι ασήμαντη, λόγω της μικρής συνιστώσας κινήσεως κατά μήκος της ακτής. Τα ιζήματα διαταράσσονται και τίθενται σε αιώρηση από τα θραυόμενα κύματα. Η μετατόπιση τους κατά μήκος της ακτής, γίνεται από την κατά μήκος της ακτής συνιστώσα κινήσεως των κυμάτων και τα κατά μήκος της ακτής ρεύματα, που δημιουργούνται από τα θραυόμενα κύματα. Η παροχή στερεομεταφοράς εξαρτάται από τη γωνία προσπτώσεως των κυμάτων και την ενέργεια τους. Μεγιστοποιείται για γωνίες προσπτώσεως της τάξεως των 45° , οπότε και μεγιστοποιείται η ταχύτητα του δημιουργούμενου ρεύματος κατά μήκος της ακτής.

2.3 ΜΕΘΟΔΟΣ CERC

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται συχνότερα για τον υπολογισμό παροχής στερεομεταφοράς κατά μήκος της ακτής, είναι η μέθοδος CERC (Corps of Engineers Research Center). Η μέθοδος αυτή, ανήκει στα μοντέλα ροής ενέργειας (δηλαδή συναρτά την παροχή με τη ροή της ορμής), και λαμβάνει υπόψη μόνο την κυματική διαταραχή. Υπολογίζει το ολικό φορτίο, δηλαδή αθροιστικά τα φορτία πυθμένα και αιωρήσεως κατά μήκος μιας ακτής.

Συγκεκριμένα, η παροχή Q_ℓ , για ένα κύμα, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_\ell = 2.05 \times 10^6 \times H_o^{\frac{5}{2}} \times (\cos \beta_o)^{\frac{1}{4}} \times \sin 2\beta_o \quad (m^3/\acute{\epsilon}\tau o s)$$

όπου H_o , το ύψος κύματος στα βαθιά, και β_o , η γωνία πρόσπτωσης του κύματος
(ΜΟΥΤΖΟΥΡΗΣ, 2005)

3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

Η ακτή, στην παραλία της Ορόκλινης, που βρίσκεται στη νότια ακτογραμμή της Κύπρου στον κόλπο Λάρνακας, και συγκεκριμένα στα βόρεια - βορειοανατολικά του λιμένα Λάρνακας διαβρώνεται έντονα.. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος πρόκειται να κατασκευασθεί σύστημα αποσπασμένων παράλληλων στην ακτογραμμή κυματοθραυστών στην υπό διερεύνηση περιοχή, η οποία βρίσκεται μεταξύ της περιοχής των εταιρειών πετρελαιοειδών (στα ανατολικά του λιμένα της Λάρνακας) και του προβόλου προ του Ξενοδοχείου ΛΕΝΙΟΣ, και έχει μήκος ακτογραμμής περίπου 1,1km. (Φωτογραφία 3.1). Στην συνέχεια γίνεται συνοπτική περιγραφή της περιοχής.



Φωτογραφία 3.1 Ακτή Ορόκλινης – Περιοχή Μελέτης

Κατά τα τελευταία έτη στην περιοχή αυτή, έχουν αναπτυχθεί έντονες χρήσεις παραθαλάσσιας αναψυχής και σημειώνεται τουριστική και οικιστική ανάπτυξη. Δεν υπάρχει καμία κατασκευή στο θαλάσσιο μέτωπο, στο οποίο υπάρχουν μεγάλες αποθέσεις ιζήματος πολύ καλής ποιότητας, λεπτόκοκκου έως χονδρόκοκκου.

Όσον αφορά την θαλάσσια δράση επί της ακτής, η περιοχή διερεύνησης, μπορεί να διαχωριστεί σε δύο επιμέρους τμήματα, το Δυτικότερο και το Ανατολικότερο.

Στο δυτικότερο τμήμα της, παρατηρείται διάβρωση, λόγω της επιδράσεως του τεχνητού λιμένα Λάρνακας (Φωτογραφία 3.2, Φωτογραφία 3.3), ενώ στο ανατολικότερο τμήμα της, αμέσως στα δυτικά του προβόλου στο ξενοδοχείο ΛΕΝΙΟΣ, παρατηρείται έντονη απόθεση ιζήματος λόγω της επιδράσεως του έργου αυτού (Φωτογραφία 3.4).



Φωτογραφία 3.2 – Διάβρωση δυτικού τμήματος



Φωτογραφία 3.3 – Διάβρωση δυτικού τμήματος



Φωτογραφία 3.4 - : Συσσώρευση ιζήματος στο Ανατολικό Τμήμα

Ο πρόβολος αυτός, περιέργου σχήματος, κατασκευάστηκε στο παρελθόν για να προστατευθεί η διαβρούμενη ακτή. Όντως συνέβαλε στην συσσώρευση ιζήματος στα δυτικά του και στην δημιουργία εξαιρετικής παραλίας, όμως ταυτοχρόνως επέτεινε πολύ την διάβρωση ανατολικότερα του (Φωτογραφία 3.5). Ως εκ της μορφής του και, κυρίως, της καταστροφικής επιδράσεως του επιβάλλεται η επέμβαση στο έργο αυτό.

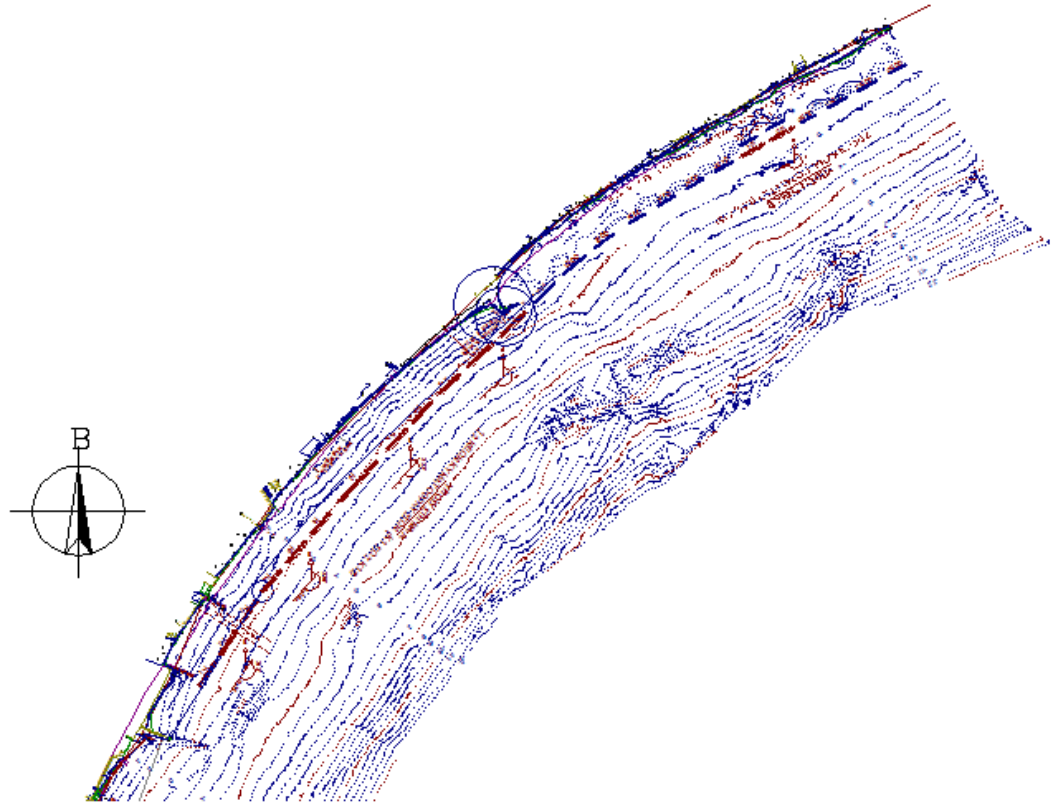
Για την προστασία της ακτής από την διάβρωση προτάθηκε, η κατασκευή συστήματος 12 κυματοθραυστών Κ1 έως Κ12, παραλλήλων προς την ακτογραμμή, και η αποξήλωση τμήματος του υπάρχοντος προβόλου προ του ξενοδοχείου ΛΕΝΙΟΣ (Σχήμα 3.1).

Για την εκτίμηση της απόδοσης του συστήματος των κυματοθραυστών κατασκευάστηκε και ελέγχθηκε φυσικό προσομοίωμα με αμμώδη μεταβαλλόμενο πυθμένα, στη δεξαμενή του Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων ΕΜΠ.



Φωτογραφία 3.5 - Συσσώρευση ιζημάτων στα δυτικά του προβόλου

Στο σχήμα που ακολουθεί εμφανίζεται το σύστημα των προτεινόμενων έργων



Σχήμα 3.1 Προτεινόμενα έργα

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

4.1 ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΔΟΚΙΜΩΝ Δ1

Η βασική εγκατάσταση που χρησιμοποιήθηκε στη διπλωματική αυτή, ήταν η μεγάλη τρισδιάστατη Δεξαμενή Δοκιμών Δ1 του Ε.Λ.Ε. εξοπλισμένη με τα κατάλληλα όργανα και λογισμικό για την εκτέλεση παρομοίων δοκιμών.

Η Δεξαμενή Δοκιμών Δ1, έχει εξωτερικές διαστάσεις 26,80 x 24,30 m και βάθος 1,1 m. Η κάτοψη της δεξαμενής παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.1.

Στην δεξαμενή είναι εγκατεστημένο σύστημα παραγωγής τυχαίων κυματισμών.

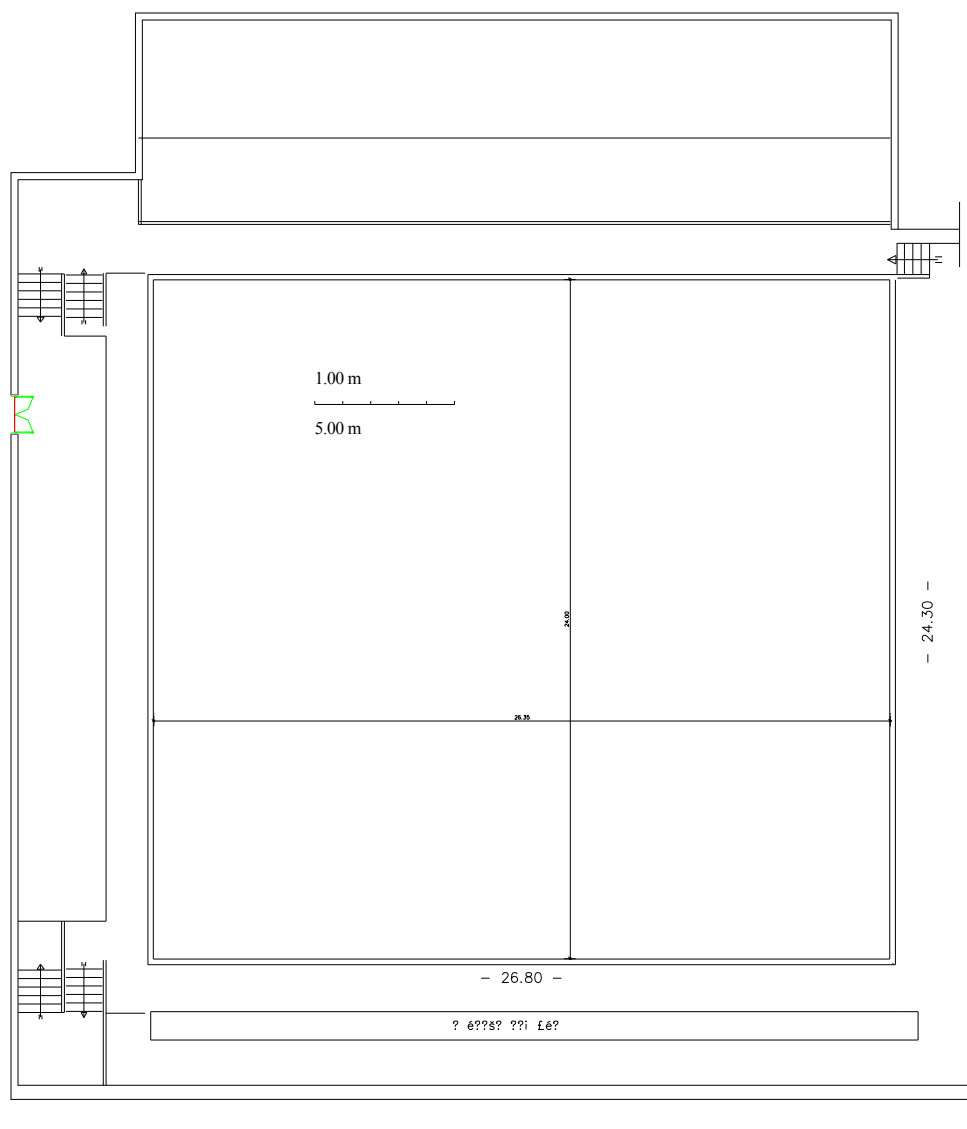
Για την απορρόφηση των προσπιπτόντων κυμάτων στα τοιχώματα της έχουν κατασκευασθεί αποσβεστικές επενδύσεις από λιθορριπή. Η κλίση των πρανών των επενδύσεων είναι 1:2 και η κοκκομετρία της λιθορριπής είναι τέτοια, ώστε ο συντελεστής ανακλάσεως να είναι πολύ μικρός. Επιπλέον, για την περαιτέρω απορρόφηση των προσπιπτόντων εκεί κυμάτων, ιδιαίτερα στην περιοχή των κυματογεννητριών, τμήμα των αποσβεστικών επενδύσεων έχει καλυφθεί με γεωύφασμα.

4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΥΧΑΙΩΝ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

Το σύστημα παραγωγής κυμάτων κινείται υδραυλικά και αποτελείται από τα εξής τμήματα:

- Υδραυλικό μηχανισμό-κινητήρα
- Υδραυλικά έμβολα
- Τρεις κυματιστήρες
- Σύστημα ελέγχου
- Κατάλληλο λογισμικό

Ο υδραυλικός μηχανισμός αποτελείται από μία αντλία και ένα δοχείο λαδιού, το οποίο κινεί τα έμβολα. Τα έμβολα είναι εγκατεστημένα επί των κυματογεννητριών και κινούν τους βραχίονες των γεννητριών, οι οποίοι με τη σειρά τους κινούν το κατακόρυφο μέτωπο των κυματογεννητριών και παράγονται τα κύματα. Το μέτωπο έκαστης κυματογεννήτριας έχει πλάτος 6,00 m.



Σχήμα 3.1 - Κάτοψη της Δεξαμενής Δοκιμών Δ1 του Ε.Λ.Ε.

Στη διπλωματική αυτή, χρησιμοποιήθηκαν τρεις κυματιστήρες, τα μέτωπα των οποίων καλύπτουν συνολικό μήκος 18,00m στη δεξαμενή. Το ύψος έκαστου μετώπου είναι 1,20m. Υπάρχει η δυνατότητα μετατοπίσεως των κυματογεννητριών, ώστε να ελέγχεται το προσομοίωμα με διαφορετικές διευθύνσεις προσπτώσεως κυμάτων. Η κίνηση των τριών κυματογεννητριών είναι ταυτόχρονη. Οι εντολές για την λειτουργία του υδραυλικού συστήματος δίδονται μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή με το κατάλληλο λογισμικό στο σύστημα ελέγχου.

Το λογισμικό, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή των κυμάτων είναι το πακέτο WAVEGEN SD της Αγγλικής Εταιρίας H.R Wallingford. Έχει την δυνατότητα παραγωγής μονοχρωματικών (ημιτονοειδών) κυματισμών και φασματικών διαταραχών διαφόρων μορφών – τυχαίων κυματισμών.

4.3 ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΚΥΜΑΤΟΣ

Για την μέτρηση των κυμάτων στην δεξαμενή χρησιμοποιήθηκαν μετρητές κύματος τύπου αντιστάσεως (M) και μετρητές κύματος με ηχοβολιστικούς αισθητήρες (S).

Οι μετρητές κύματος τύπου αντιστάσεως μετρούν την στιγμιαία μεταβολή της στάθμης του ύδατος. Αποτελούνται από δύο σύρματα στερεωμένα σε στέλεχος στηριζόμενο σε τρίποδο (βάση). Η διαφορετική στάθμη νερού δημιουργεί διαφορά δυναμικού, από την οποία με την κατάλληλη βαθμονόμηση προκύπτει η μεταβολή της στάθμης. Οι μετρητές είναι συνδεδεμένοι με ενισχυτή σήματος, ο οποίος στην συνέχεια μεταφέρει το σήμα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Χρησιμοποιήθηκαν, 4 μετρητές κύματος τύπου αντιστάσεως.

Οι μετρητές κύματος με ηχοβολιστικούς αισθητήρες μετρούν την απόσταση της ελεύθερης επιφάνειας του ύδατος από το σημείο στο οποίο είναι τοποθετημένος ο ηχοβολιστικός αισθητήρας. Δεν απαιτείται βαθμονόμηση των οργάνων και επειδή μπορούν να τοποθετηθούν χωρίς σταθερές βάσεις δεν διαταράσσεται η επιφάνεια του νερού από τις βάσεις εδράσεως των μετρητών αντιστάσεως. Οι μετρητές είναι συνδεδεμένοι με ενισχυτή σήματος, ο οποίος στην συνέχεια μεταφέρει το σήμα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Χρησιμοποιήθηκε, μια σειρά μετρητών κύματος με 8 ηχοβολιστικούς αισθητήρες με δυνατότητα μέτρησης απόστασης από 3 cm έως 28 cm.

4.4 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ

Πριν από την εκτέλεση των πειραμάτων έγινε βαθμονόμηση της δεξαμενής με τα κυματικά δεδομένα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια των πειραμάτων. Βαθμονόμηση της δεξαμενής έγινε και μετά την μετατόπιση των κυματογεννητριών.

Τα μετρητικά όργανα βαθμονομήθηκαν κάθε φορά πριν από την εκτέλεση των πειραμάτων.

5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ - ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

5.1 ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΟΜΟΙΟΤΗΤΑΣ

Για την εκλογή της κλίμακας ομοιότητας ελήφθησαν υπόψη οι εξής παράμετροι:

- οι διαστάσεις της εγκατάστασης σε συνάρτηση με τις διαστάσεις της περιοχής, η οποία προσομοιώθηκε.
- η δυνατότητα να προσομοιωθούν ικανοποιητικά οι μηχανισμοί λειτουργίας του έργου

Η προσομοίωση υδροδυναμικών μηχανισμών όπως η ανάκλαση, διάθλαση και περίθλαση απαιτούν ομοιότητα κατά Froude του ομοιώματος προς το πρωτότυπο:

$$F_r = \frac{u}{gD^{1/2}}$$

όπου u είναι χαρακτηριστική ταχύτητα (m/sec), g η επιτάχυνση της βαρύτητας (m/sec²), και D το χαρακτηριστικό μήκος (m)

Η ορθή προσομοίωση των μηχανισμών απαιτεί από το ομοίωμα να έχει την ίδια κλίμακα ομοιότητας ως προς και τις τρεις διευθύνσεις (διαστάσεις). Η κλίμακα, με την οποία προσομοιώνονται οι γραμμικές διαστάσεις του ομοιώματος είναι γνωστή ως γεωμετρική κλίμακα προσομοίωσης (λ).

Αφού ορισθεί η γεωμετρική κλίμακα προσομοίωσης, οι κλίμακες για τις υδροδυναμικές παραμέτρους μπορούν να υπολογισθούν σύμφωνα με τους νόμους ομοιότητας. Στο προκείμενο προσομοίωμα εκλέχθηκε γεωμετρική κλίμακα προσομοίωσης $\lambda=100$. Οι τιμές των λόγων ομοιότητας διαφόρων παραμέτρων παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1

Παράμετρος	Κλίμακα	Τιμή
Μήκος	$\lambda = \lambda$	100
Χρόνος	$\lambda_p = \lambda^{1/2}$	10
Ταχύτητα	$\lambda_T = \lambda^{1/2}$	10
Δύναμη	$\lambda_\Delta = \lambda^3$	1.000.000
Όγκος	$\lambda_o = \lambda^3$	1.000.000
Μάζα ογκολίθων	$\lambda_\mu = \lambda^3 \times (M_p/M_m)$	2.457.532,48
Επιτάχυνση	1	1

Πίνακας 5.1 - Τιμές λόγων ομοιότητας διαφόρων παραμέτρων

Λόγω της αδυναμίας προσομοίωσης του κόκκου των ιζημάτων, σύμφωνα με την γεωμετρική κλίμακα ομοιότητας, η κλίμακα του χρόνου και της ταχύτητας κίνησης του ιζήματος μεταβάλλεται.

Ενώ ο χρόνος δράσης του κύματος ισούται με την ρίζα της γεωμετρικής κλίμακας, η κλίμακα του χρόνου για την κίνηση του ιζήματος, στο φυσικό προσομοίωμα, διαφοροποιείται από τον πραγματικό χρόνο (φαινόμενο κλίμακας). Προκειμένου να συσχετιστεί ο χρόνος στο πείραμα, με τον χρόνο σε πραγματικές συνθήκες, υπολογίζεται η κλίμακα N_{t_m}

$$N_{t_m} = \frac{N_x \times N_z \times N_{(1-p)}}{N_q}$$

όπου, N_x η κλίμακα κατά x , N_z η κλίμακα κατά z , $N_{(1-p)}$ η κλίμακα του πορώδους, και N_q η κλίμακα της στερεοπαροχής

Ο υπολογισμός του N_q , γίνεται απο τον τύπο

$$N_q = N_L^{\frac{5}{2}} \times (N_{mb})^{\frac{3}{4}} \times \left(\frac{N_L}{N_{d_{50}}}\right)^{\frac{1}{4}}$$

όπου N_L η κλίμακα μηκών, N_{mb} η κλίμακα της κλίσης της ακτογραμμής, και $N_{d_{50}}$ η κλίμακα της μέσης διαμέτρου κόκκου ιζήματος (Hughes, 1995)

Για $N_{d_{50}}=1$, $N_{mb}=1$ και $N_L=100$ προκύπτει $N_q=316.227,766$

Για $N_q=316.227,766$, $N_x=100$, $N_z=100$, $N_{(1-p)}=1$, προκύπτει $N_{t_m}=3,16$

Επομένως ο χρόνος που αντιστοιχεί σε πραγματικές συνθήκες είναι $3,16 \times 5=15,8$ ώρες. Η μετακίνηση ιζημάτων που παρατηρήθηκε στο πείραμα, προκαλείται από 15,8 ώρες έντονης κυματικής δραστηριότητας στην πραγματικότητα.

5.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ

Επειδή το μήκος της ακτής που έπρεπε να προσομοιωθεί ήταν μεγάλο και η κλίμακα που θα επιλεγόταν για την κατασκευή του φυσικού προσομοιώματος δεν θα ήταν ικανοποιητική για την αντιμετώπιση του προβλήματος, επελέγη ο διαχωρισμός της ακτής σε 2 επιμέρους τμήματα (Τμήμα Α και Τμήμα Β), ώστε η προσομοίωση τους στη δεξαμενή να γίνει στην ικανοποιητική κλίμακα 1:100. Κατασκευάστηκαν στη δεξαμενή δύο διαφορετικά προσομοιώματα, ένα για κάθε τμήμα ακτής.

Το Τμήμα Α περιλαμβάνει το νοτιοδυτικό της ακτής, από την περιοχή των διυλιστηρίων και έως και τη θέση κυματοθραύστη Κ6.

Το Τμήμα Β περιλαμβάνει το βορειοανατολικό τμήμα της ακτής, από τη θέση του κυματοθραύστη Κ6, έως τη θέση του κυματοθραύστη Κ12, και έως τον πρώτο υφιστάμενο κυματοθραύστη μετά τον πρόβολο προ του ξενοδοχείου ΛΕΝΙΟΣ.

Για κάθε τμήμα διαμορφώθηκε το ανάγλυφο του πυθμένα από ελαφρό σκυρόδεμα μέχρι την ισοβαθή των -12m. Η στάθμη του σκυροδέματος διαμορφώθηκε 3m κάτω από την επιφάνεια του φυσικού πυθμένα και συμπληρώθηκε με άμμο κατάλληλης κοκκομετρίας, ώστε να καταστεί δυνατή η αποτύπωση της μεταβολής του φυσικού πυθμένα υπό την δράση των κυμάτων (μεταβαλλόμενος αμμώδης πυθμένας).

Σε κάθε τμήμα του προσομοιώματος, κατασκευάστηκαν τα υπάρχοντα στην περιοχή, θαλάσσια έργα, δηλαδή ο προβλήτας και ο μώλος στην ακτή των διυλιστηρίων, ο πρόβολος στο Ξενοδοχείο ΛΕΝΙΟΣ και ο πρώτος κυματοθραύστης μετά τον πρόβολο αυτό.

Οι φυσικοί ογκόλιθοι των έργων προσομοιώθηκαν με λίθους κατάλληλης κοκκομετρίας. Σημάνθηκε η υφιστάμενη ακτογραμμή με νήμα. Τέλος κατασκευάστηκαν οι υπό μελέτη, παράλληλοι προς την ακτή κυματοθραύστες με φυσικούς λίθους κατάλληλης κοκκομετρίας.

Το μέγιστο βάθος νερού στην δεξαμενή ήταν 18 cm, που αντιστοιχεί σε 18 m βάθος πυθμένα στην φύση.

Σε κάθε τμήμα υπήρχε μια περιοχή επικάλυψης (η περιοχή του κυματοθραύστη Κ6).

Σε κάθε τμήμα προσομοιώματος, τοποθετήθηκαν για την καταγραφή της κυματικής διαταραχής :

- 4 μετρητές κύματος τύπου αντιστάσεως (M) σε περιοχή βαθιών νερών για τον έλεγχο της προσπίπτουσας κυματικής διαταραχής ώστε να είναι δυνατή η βαθμονόμηση τους
- 8 ηχοβολιστικοί μετρητές κύματος (S) στην περιοχή κατασκευής των κυματοθραυστών (προς τα ανοιχτά και προς τα ρηχά των έργων) για τον έλεγχο της μεταβολής της κυματικής διαταραχής

5.3 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΥΜΑΤΩΝ

Η φυσική προσομοίωση του θαλάσσιου πυθμένα έγινε έως το βάθος των 18m. Υπολογίσθηκε η μεταβολή των χαρακτηριστικών των κυμάτων από τα βαθιά έως τα -18m και στην συνέχεια έγινε η φυσική προσομοίωση των κυματισμών.

Χρησιμοποιήθηκαν φάσματα τύπου JONSWAP με παράμετρο κλίσεως ίσο με 3.3. Για τον σκοπό αυτό δημιουργήθηκαν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ειδικά αρχεία βάσει των χαρακτηριστικών παραμέτρων των κυμάτων H_s και T_p , της κλίμακας ομοιότητας καθώς και του τύπου φάσματος JONSWAP, που έδιναν τις κατάλληλες εντολές στο σύστημα ελέγχου της κυματογεννήτριας.

Στον Πίνακα 5.2 δίνονται τα χαρακτηριστικά H_s και T_p των φασμάτων των κυμάτων που χρησιμοποιήθηκαν

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΑΖΙΜΟΥΘΙΟ	ΠΡΩΤΟΤΥΠΟ			ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ		
		H (m)	T_p (sec)	F_p Hz	H (cm)	T_p (sec)	f Hz
Ανατολική	90°	2.24	6.44	0.15	2.24	0.64	1.55
Νοτιοανατολική	135°	2.26	6.47	0.15	2.26	0.64	1.54
Νότια	180°	2.34	6.58	0.15	2.34	0.65	1.51

Πίνακας 5.2- Παράμετροι φασμάτων κυμάτων σε πρωτότυπο και προσομοίωμα

5.4 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΥΠΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Έγινε έλεγχος σε εργαστηριακό φυσικό προσομοίωμα τριών διατάξεων για το Τμήμα Α της ακτής και δύο διατάξεων για το Τμήμα Β της ακτής, ως εξής:

ΔΙΑΤΑΞΗ 1

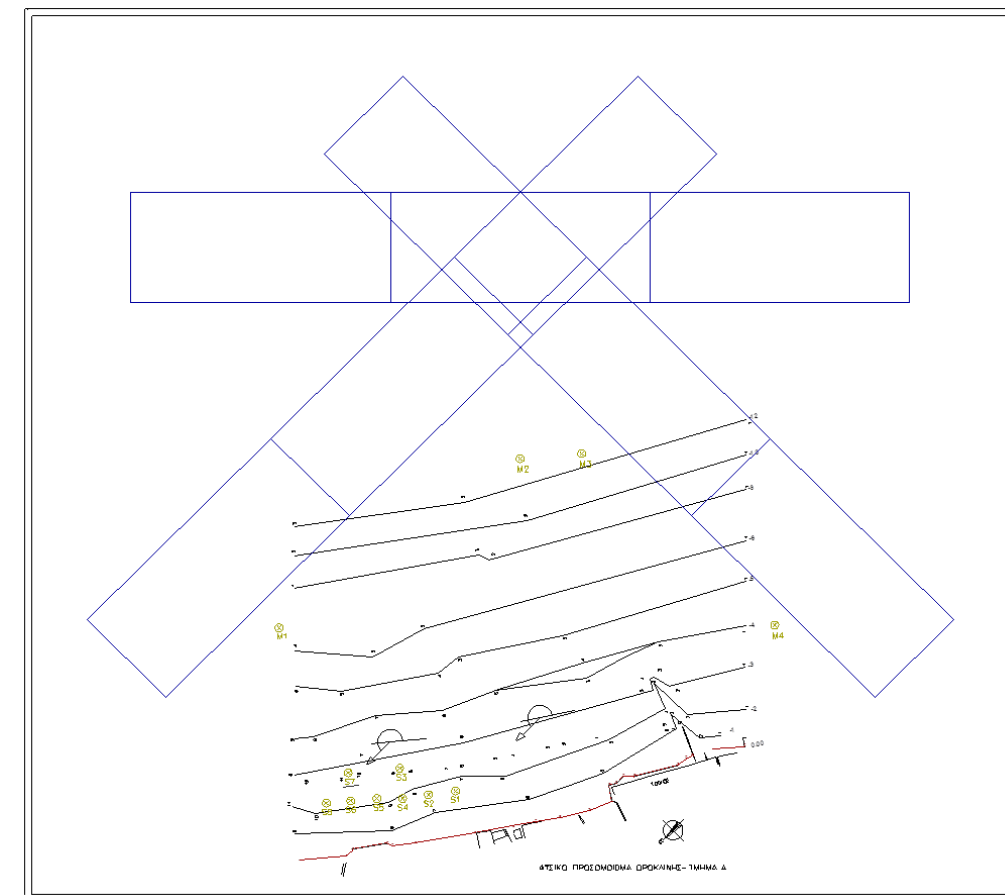
Υφιστάμενη σήμερα κατάσταση του θαλάσσιου μετώπου του Τμήματος Α με τον προβλήτα των Διυλιστηρίων, χωρίς κανένα κυματοθραύστη (Σχήματα 5.1α, 5.1β, Φωτογραφία 5.1).



Σχήμα 5.1α - Διάταξη 1



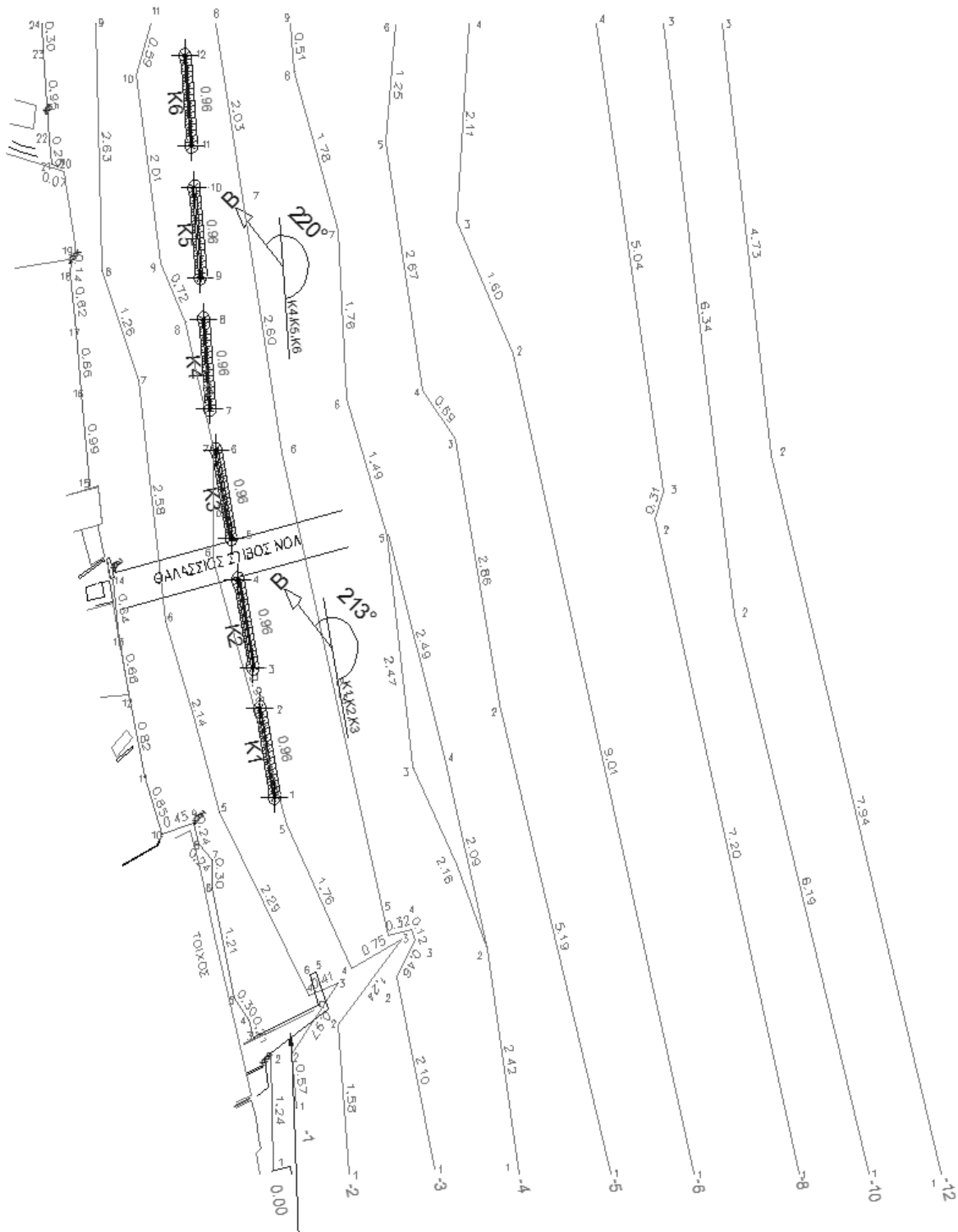
Φωτογραφία 5.1 Διάταξη 1 φυσικού προσομιώματος Τμήμα Α



Σχήμα 5.1β Διάταξη 1 στο φυσικό προσομιώμα

ΔΙΑΤΑΞΗ 2

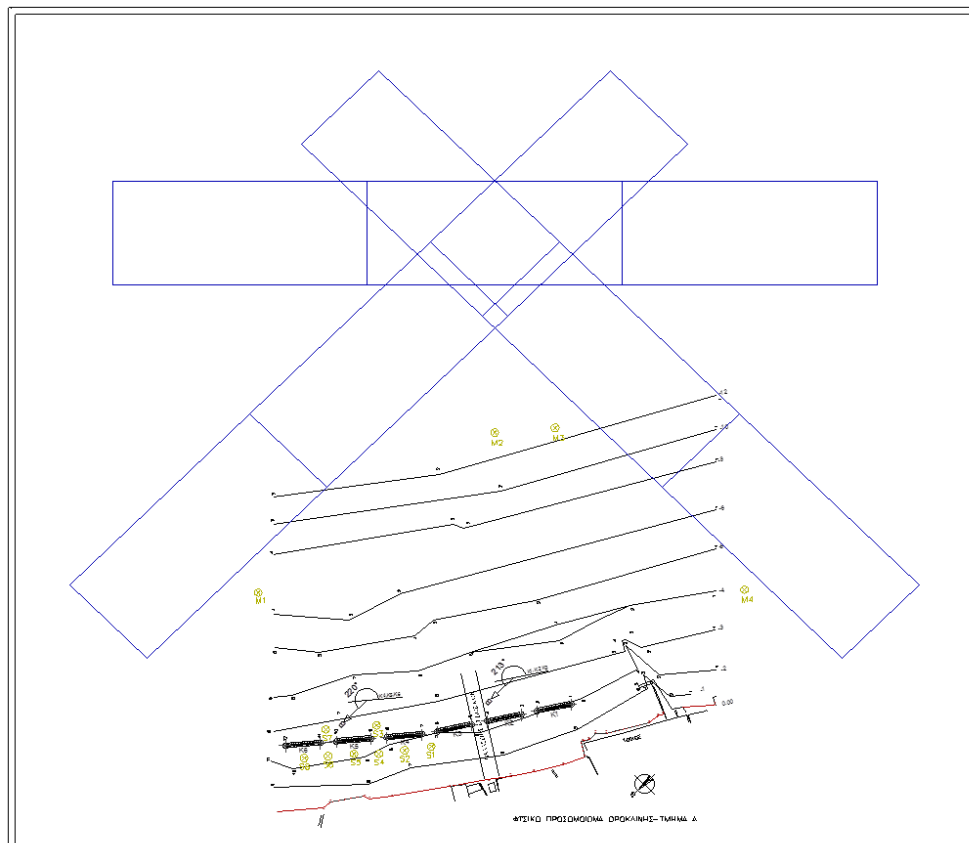
Υφιστάμενη σήμερα κατάσταση του θαλάσσιου μετώπου του Τμήματος Α, με τον προβλήτα των Διυλιστηρίων και με τους κυματοθραύστες Κ1 έως Κ6 (Σχήματα 5.2α, 5.2β, Φωτογραφία 5.2)



Σχήμα 5.2α - Διάταξη 2



Φωτογραφία 5.2 Διάταξη 2 φυσικού προσομοιώματος Τμήμα Α



Σχήμα 5.2β Διάταξη 2 στο φυσικό προσομοίωμα

ΔΙΑΤΑΞΗ 3

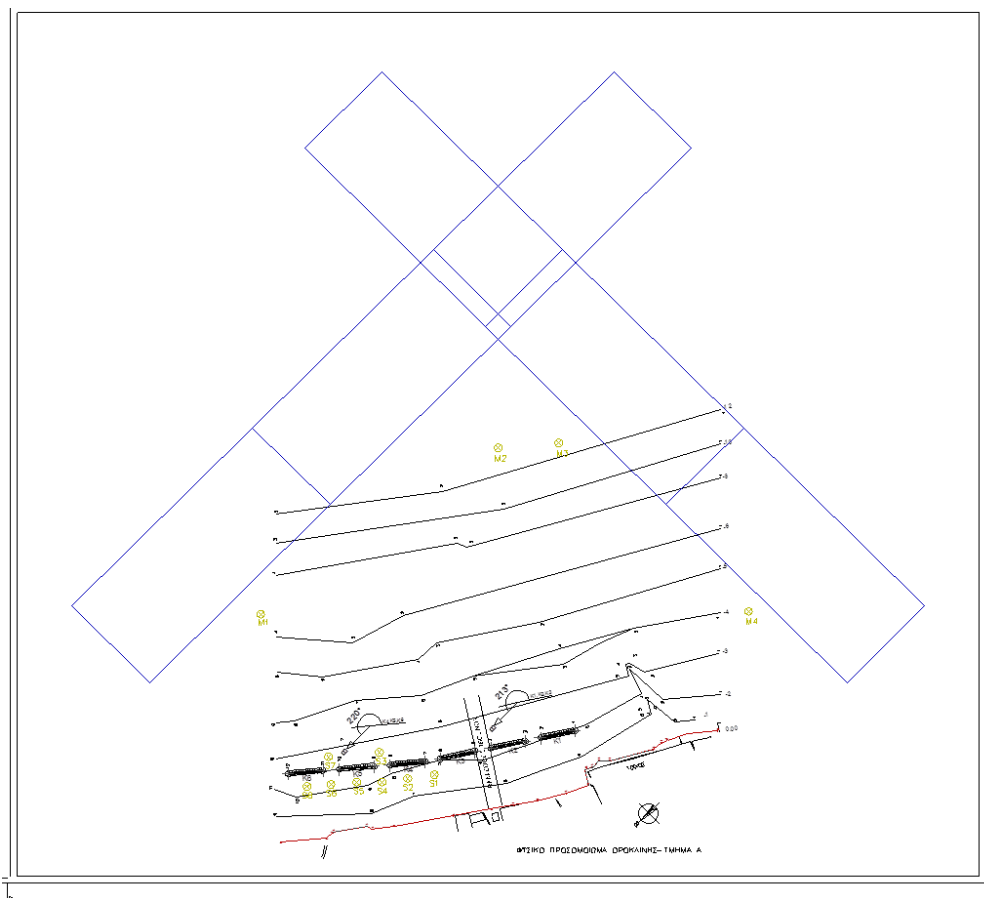
Υφιστάμενη σήμερα κατάσταση του θαλάσσιου μετώπου του Τμήματος Α, χωρίς τον προβλήτα των Διυλιστηρίων και με τους κυματοθραύστες Κ1 έως Κ6 (Σχήματα 5.3α, 5.3β, Φωτογραφία 5.3).



Σχήμα 5.3α - Διάταξη 3



Φωτογραφία 5.3 Διάταξη 3 φυσικού προσομιώματος Τμήμα Α



Σχήμα 5.3β Διάταξη 3 στο φυσικό προσομίωμα

ΔΙΑΤΑΞΗ 4

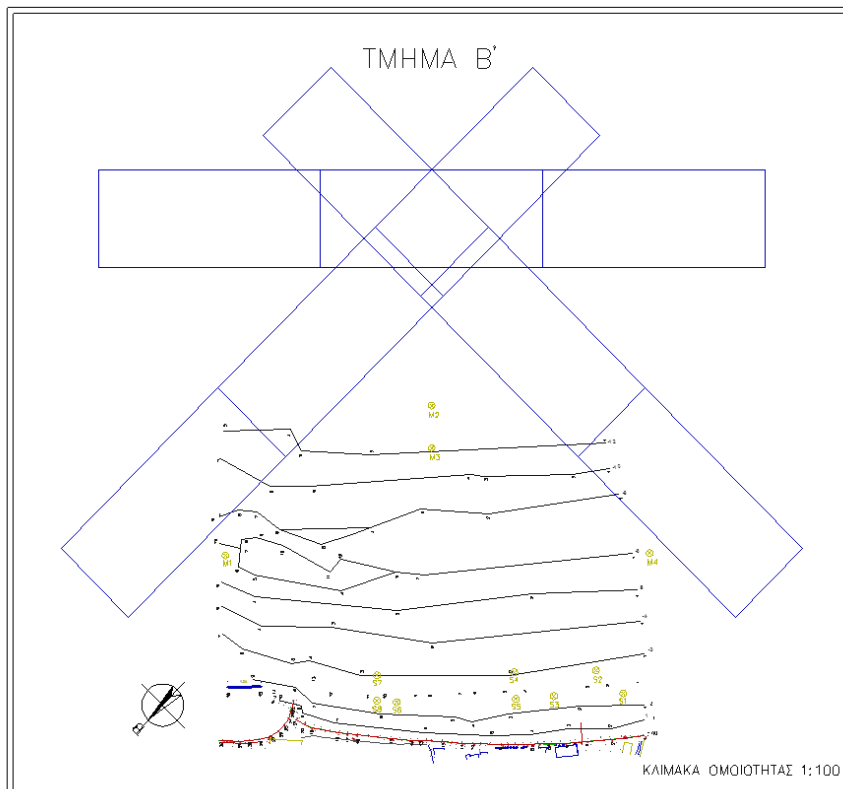
Υφιστάμενη σήμερα κατάσταση του θαλάσσιου μετώπου του τμήματος Β με τον πρόβολο προ του Ξενοδοχείου ΛΕΝΙΟΣ (Σχήματα 5.4α, 5.4β, Φωτογραφία 5.4)



Σχήμα 5.4α - Διάταξη 4



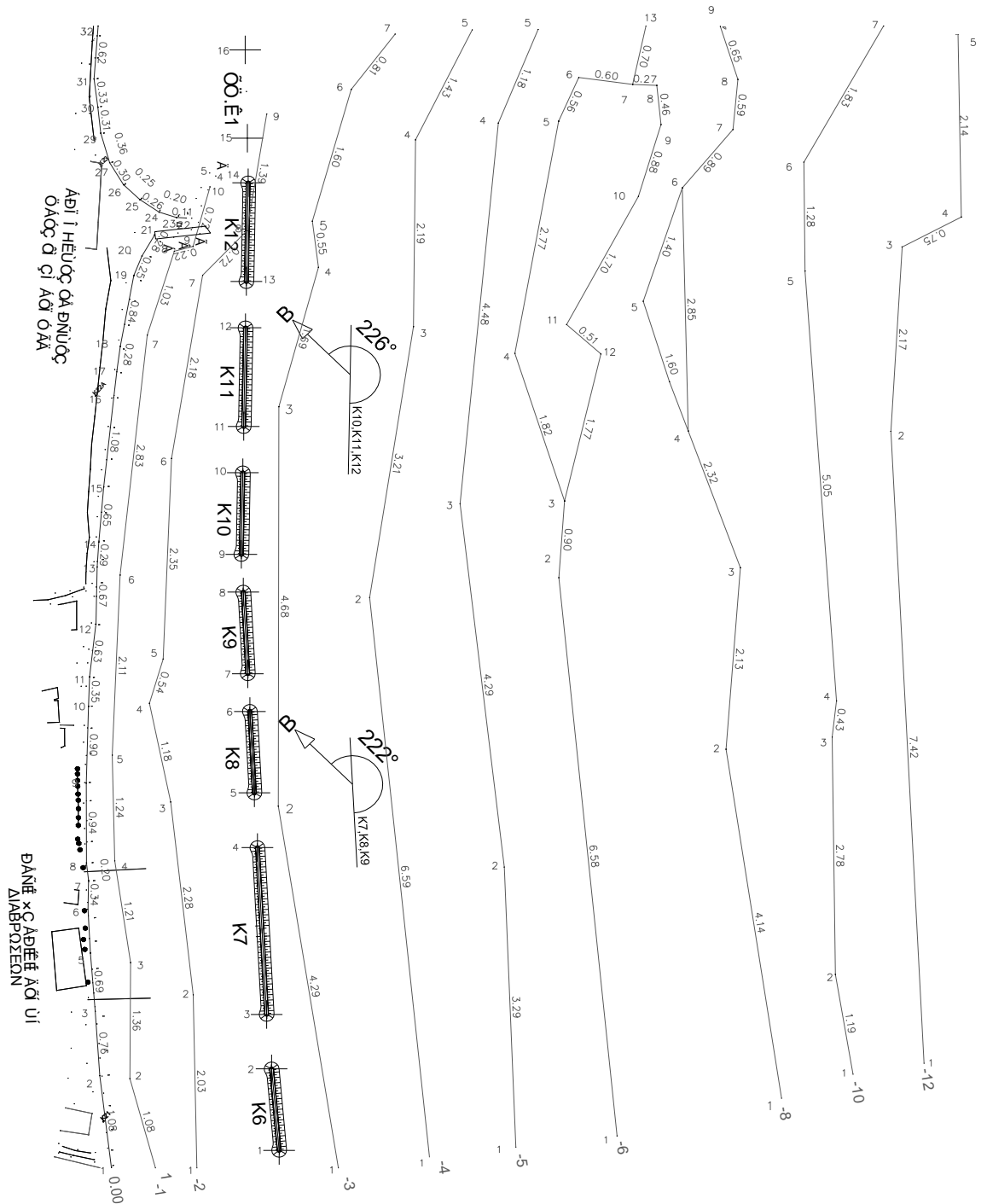
Φωτογραφία 5.4 Διάταξη 4 φυσικού προσομοιώματος Τμήμα Β



Σχήμα 5.4β Διάταξη 4 στο φυσικό προσομοίωμα

ΔΙΑΤΑΞΗ 5

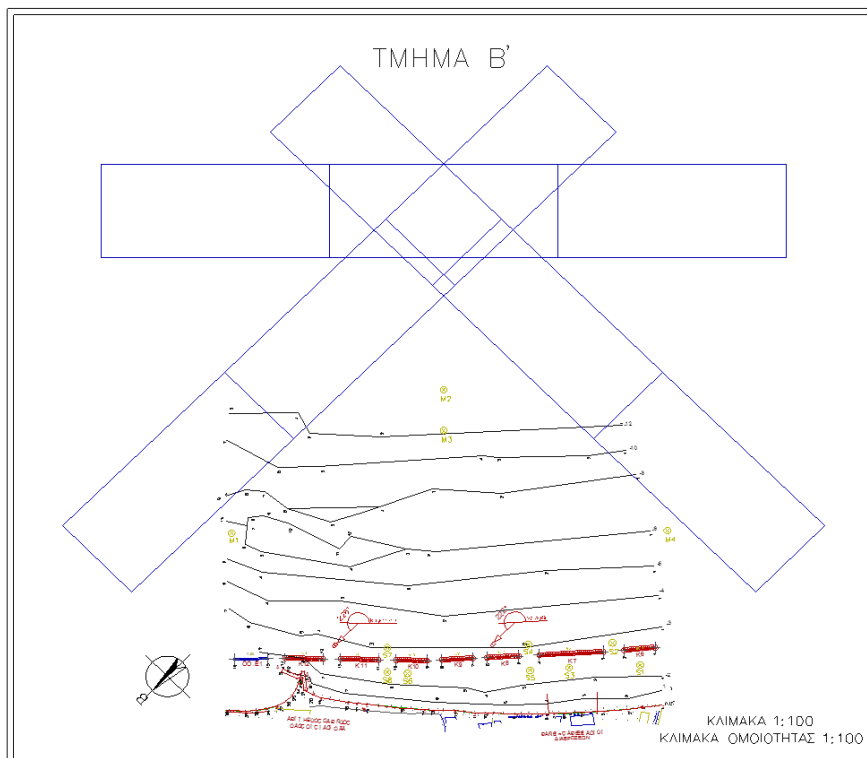
Υφιστάμενος σήμερα θαλάσσιος πυθμένας στο Τμήμα Β, καθαίρεση τμήματος του προβόλου προ του Ξενοδοχείου ΛΕΝΙΟΣ και με 7 κυματοθραύστες Κ6 έως Κ12 (Σχήματα 5.5α, 5.5β, Φωτογραφία 5.5).



Σχήμα 5.5α - Διάταξη 5



Φωτογραφία 5.5 Διάταξη 5 φυσικού προσομοιώματος Τμήμα Β



Σχήμα 5.5β Διάταξη 5 στο φυσικό προσομοίωμα

Οι Διατάξεις 1,2, 4 και 5 ελέγχθηκαν σε τρεις διευθύνσεις πρόσπτωσης κυματισμών, την Ανατολική , την Νοτιοανατολική και την Νότια και για μία κυματική συνθήκη.

Η Διάταξη 3 ελέγχθηκε σε 2 διευθύνσεις πρόσπτωσης κυματισμών, την Ανατολική και την Νότια. Η Νοτιοανατολική είναι σχεδόν κάθετη στην ακτή και δεν επιδρά σημαντικά στην κατά μήκος της ακτής στερεομεταφορά.

Παρακάτω, παρατίθεται το πρόγραμμα πειραματικών μετρήσεων.

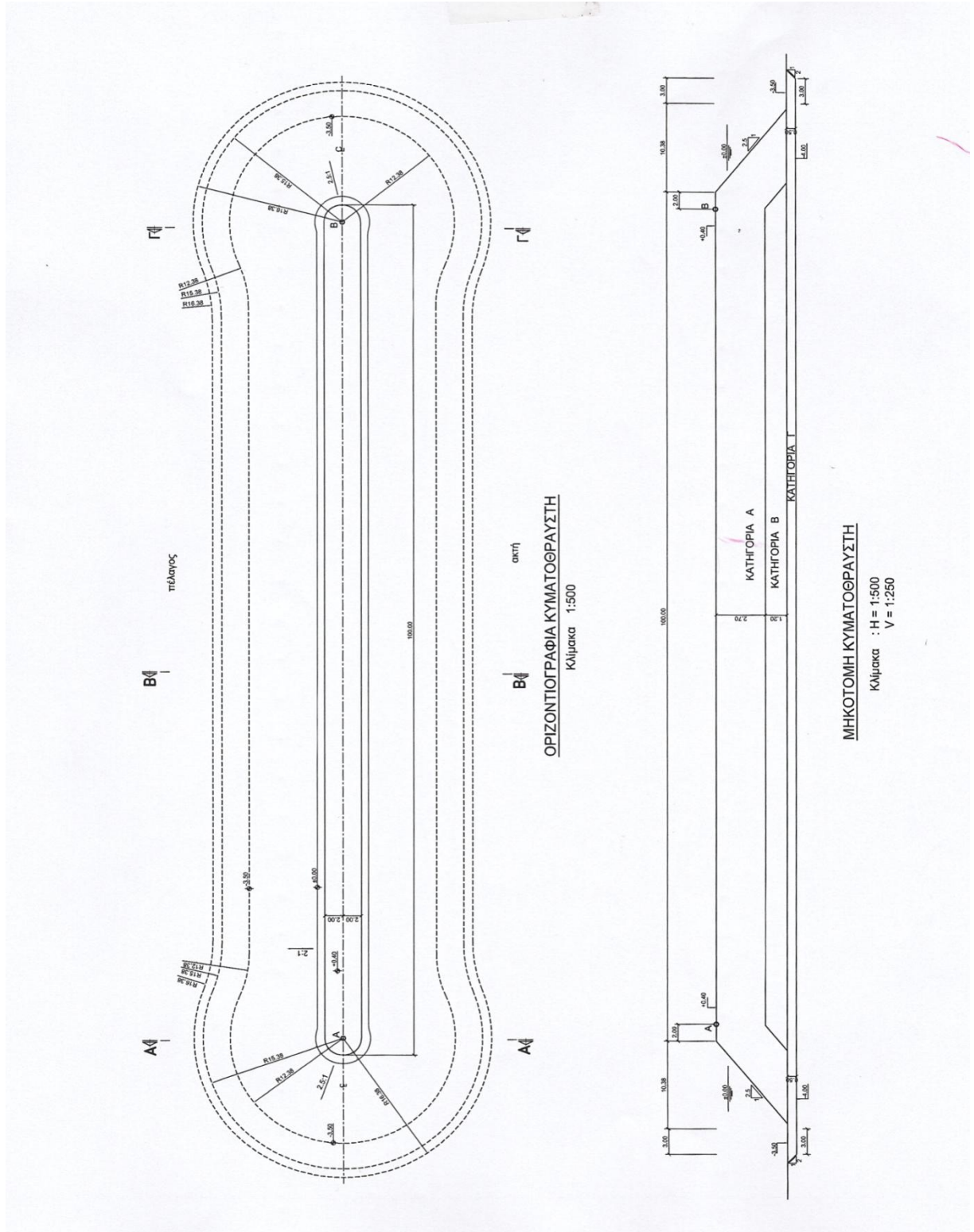
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
ΤΜΗΜΑ Α (Κυματοθραύστες Κ1 έως Κ6)

α/ α	ΔΙΑΤΑΞΗ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣΠΤΩΣΕΩ Σ ΚΥΜΑΤΩΝ	ΚΩΔΙΚΟ Σ ΠΕΙΡΑΜ ΑΤΟΣ	ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙ- ΣΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΩΝ	
					Hs (m)	Tp (sec)
1	Δ1	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	1.1	ΣΥΝΗΘΗΣ	2,26	6,47
2	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΝΟΤΙΟ- ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	1.2	ΣΥΝΗΘΗΣ	2,26	6,47
3		ΝΟΤΙΑ	1.3	ΣΥΝΗΘΗΣ	2,34	6,59
4	Δ2	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	2.1	ΣΥΝΗΘΗΣ	2,26	6,47
5	ΕΞΑΛΟΙ ΚΥΜΑΤΟ- ΘΡΑΥΣΤΕΣ ΜΕ ΣΤΕΨΗ +0.40 m (με προβλήτα)	ΝΟΤΙΟ- ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	2.2	ΣΥΝΗΘΗΣ	2,26	6,47
6		ΝΟΤΙΑ	2.3	ΣΥΝΗΘΗΣ	2,34	6,59
7	Δ3	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	3.1	ΣΥΝΗΘΗΣ	2,26	6,47
8	ΕΞΑΛΟΙ ΚΥΜΑΤΟ- ΘΡΑΥΣΤΕΣ ΜΕ ΣΤΕΨΗ +0.40 m (χωρίς προβλήτα)	ΝΟΤΙΑ	3.3	ΣΥΝΗΘΗΣ	2,34	6,59

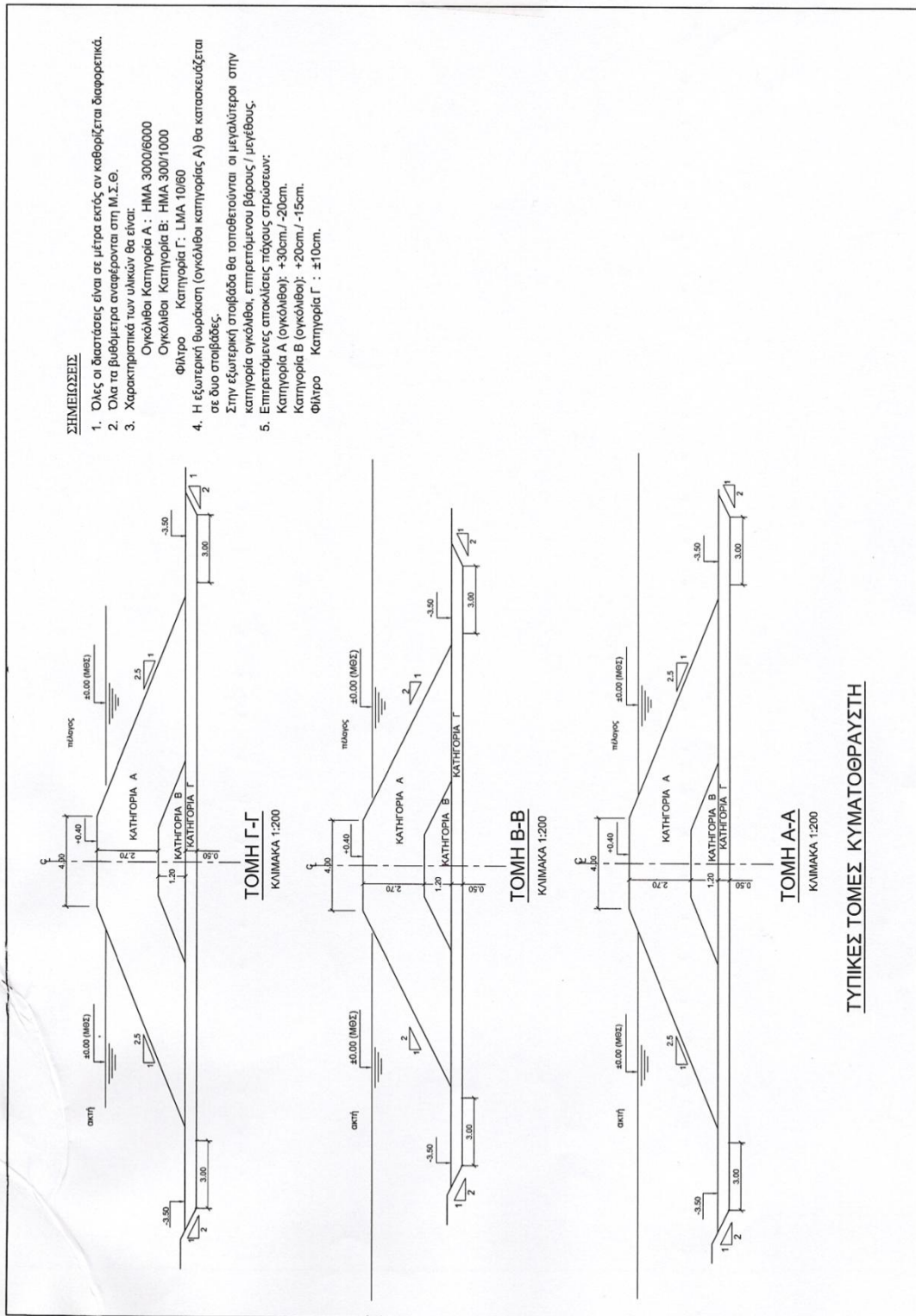
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
ΤΜΗΜΑ Β (Κυματοθραύστες K6 έως K12)**

α/ α	ΔΙΑΤΑΞΗ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣΠΤΩΣΕΩ Σ ΚΥΜΑΤΩΝ	ΚΩΔΙΚΟ Σ ΠΕΙΡΑΜ ΑΤΟΣ	ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙ- ΣΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΩΝ	
					Hs (m)	Tp (sec)
1	Δ4 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	4.1	ΣΥΝΗΘΗΣ	2,26	6,47
2		ΝΟΤΙΟ- ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	4.2.	ΣΥΝΗΘΗΣ	2,26	6,47
3		ΝΟΤΙΑ	4.3	ΣΥΝΗΘΗΣ	2,34	6,59
4	Δ5 ΕΞΑΛΟΙ ΚΥΜΑΤΟ- ΘΡΑΥΣΤΕΣ ΜΕ ΣΤΕΨΗ +0.40 m και ΚΑΘΑΙΡΕΣΗ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΜΟΛΟΥ	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	5.1	ΣΥΝΗΘΗΣ	2,26	6,47
5		ΝΟΤΙΟ- ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	5.2	ΣΥΝΗΘΗΣ	2,26	6,47
6		ΝΟΤΙΑ	5.3	ΣΥΝΗΘΗΣ	2,34	6,59

Στα Σχήματα 5.6 και 5.7 δίνεται μια τυπική οριζοντιογραφία, μηκτομή, και διατομή των κυματοθραυστών.



Σχήμα 5.6 - Τυπική οριζοντιογραφία και μηκτομή Κυματοθραύστη



Σχήμα 5.7 - Τυπική διατομή Κυματοθραύστη

5.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

Πριν από κάθε πείραμα, γινόταν έλεγχος της στάθμης του νερού στη δεξαμενή, και βαθμονόμηση των μετρητών κύματος αντιστάσεως. Ακόμα, γινόταν επισήμανση της αρχικής μορφής της ακτογραμμής με νήμα. Τέλος, γινόταν φωτογράφιση και βιντεοσκόπηση του μοντέλου.

Στην συνέχεια άρχιζε το πείραμα με την πρόσπτωση κυμάτων και την λήψη επτά μετρήσεων κυμάτων διάρκειας 10min στις 12 θέσεις, φωτογράφιση και βιντεοσκόπηση. Το κάθε πείραμα ήταν διάρκειας 5hr, που αντιστοιχεί σε 50 hr στη φύση.

Μετά το πέρας κάθε πειράματος, γινόταν επισήμανση με νήμα, της νέας ακτογραμμής που προέκυπτε.

Ακολούθως, άδειαζε η δεξαμενή, και γινόταν αποτύπωση της μεταβολής του φυσικού πυθμένα από την δράση των κυμάτων, με την λήψη διατομών του πυθμένα.

Οι διατομές λήφθηκαν στις εξής θέσεις: από την ακτογραμμή μέχρι το μέσον και μέχρι τα ακρομύλια κάθε κυματοθραύστη, και από την ακτογραμμή μέχρι το μέσον των ανοιγμάτων μεταξύ των κυματοθραυστών.

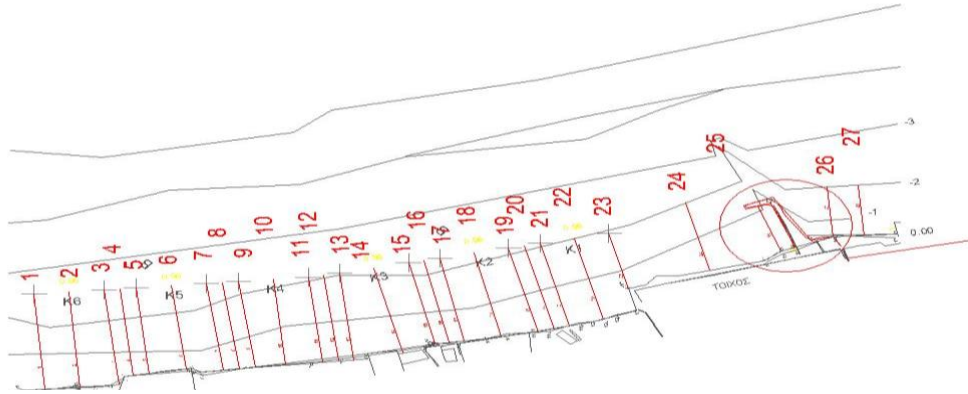
Στις διατάξεις χωρίς έργα προστασίας είχαν σημειωθεί οι θέσεις των έργων και οι θέσεις των διατομών.

Συνολικά αποτυπώθηκαν 384 διατομές. Στο το τμήμα Α ελήφθησαν 27 διατομές σε κάθε ένα από τα 8 πειράματα. Στο το τμήμα Β ελήφθησαν 28 διατομές σε κάθε ένα από τα 6 πειράματα.

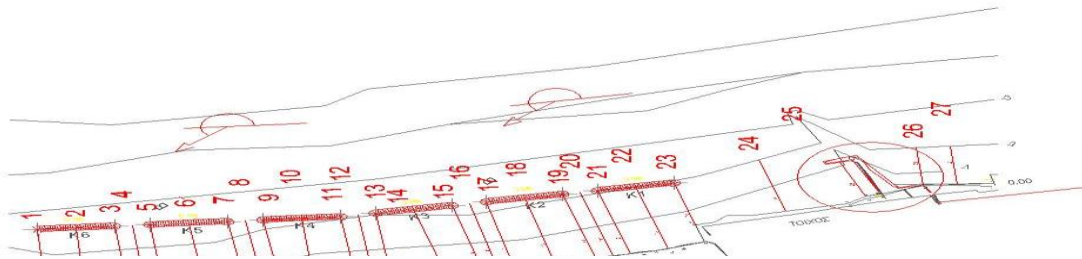
Μετά το πέρας της αποτύπωσης των διατομών, γινόταν επαναφορά στην αρχική κατάσταση του πυθμένα, με την διάστρωση του ιζήματος, έτσι ώστε η αρχική βυθομετρία του πυθμένα για κάθε πείραμα, να είναι κοινή.

Στα Σχήματα που ακολουθούν φαίνονται οι θέσεις των διατομών για τις 5 διατάξεις που ελέχθησαν.

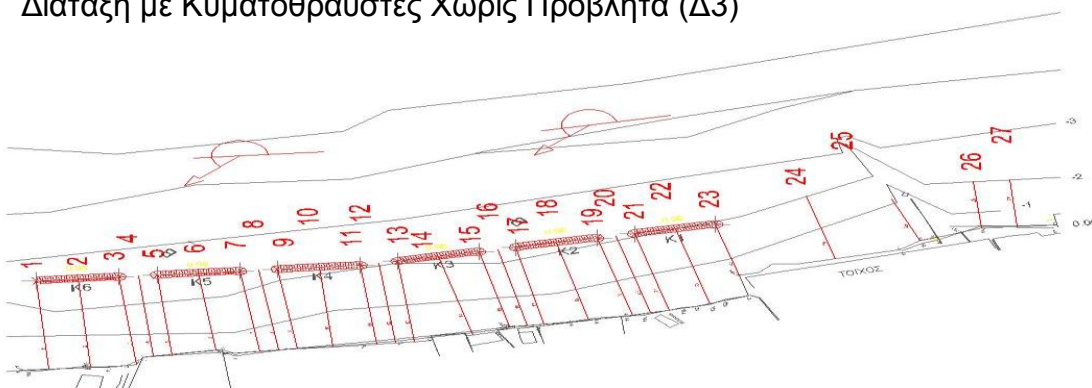
Τμήμα Α
Υφιστάμενη Διάταξη (Δ1)



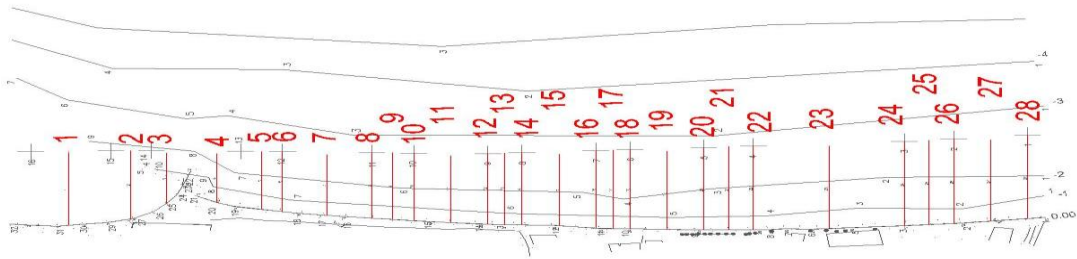
Τμήμα Α
Διάταξη με Κυματοθραύστες (Δ2)



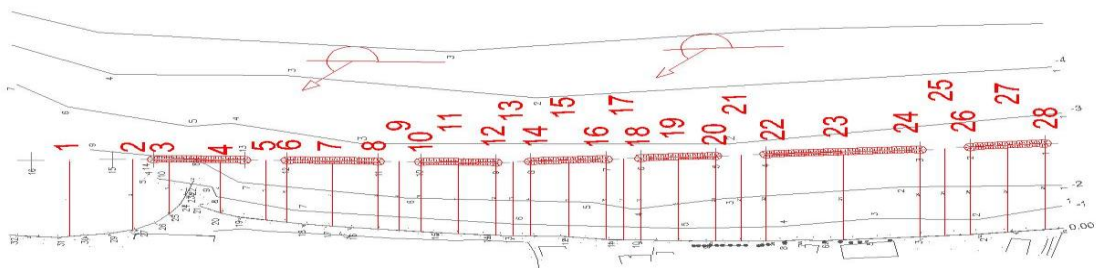
Τμήμα Α
Διάταξη με Κυματοθραύστες Χωρίς Προβλήτα (Δ3)



Τμήμα Β
Υφιστάμενη Διάταξη (Δ4)



Τμήμα Β
Διάταξη με Κυματοθραύστες μερική αποξήλωση προβόλου (Δ5)



6. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

6.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΥΜΑΤΩΝ

Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας, μετρήθηκε και αναλύθηκε η κυματική διαταραχή σε 24 διαφορετικά σημεία της δεξαμενής ανά 12 σε κάθε τμήμα του φυσικού προσομοιώματος

Χρησιμοποιήθηκαν 4 μετρητές τύπου αντιστάσεως στα βαθιά νερά και οκτώ ηχοβολιστικοί μετρητές στην περιοχή των έργων προστασίας (κυματοθραύστες) σε επιλεγμένες θέσεις εξωτερικά και εσωτερικά των έργων

Για την συλλογή και ανάλυση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε το λογιστικό πακέτο WAVEDATA της εταιρείας HR WALLINFORD.

Οι μετρητές κύματος είναι συνδεδεμένοι με ηλεκτρονικό υπολογιστή στον οποίο αποθηκεύονται οι πληροφορίες για την περαιτέρω ανάλυση. Τα μετρηθέντα κύματα αναλύθηκαν φασματικά και στατιστικά.

Τα συγκριτικά αποτελέσματα μέτρησης κυμάτων, παρατίθενται στο κεφάλαιο 7.

6.2 ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ

Πριν από κάθε πείραμα, γινόταν επισήμανση της αρχικής ακτογραμμής με μπλε νήμα. Μετά το τέλος κάθε πειράματος, η νέα ακτογραμμή, επισημαίνονταν, με πράσινο νήμα.

Με αυτόν τον τρόπο έγινε δυνατή η αποτύπωση της εξέλιξης της ακτογραμμής, μετά την δράση των κυμάτων.

Τα συγκριτικά αποτελέσματα, της εξέλιξης της ακτογραμμής, παρατίθενται στο κεφάλαιο 7.

6.3 ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΠΥΘΜΕΝΑ

Μετά το πέρας των πειραμάτων, αποτυπώθηκαν οι διατομές του πυθμένα στις θέσεις των σχημάτων (κεφάλαιο 5.5), και καταγράφηκαν σε λογιστικό φύλλο Excel, οι συντεταγμένες των σημείων των διατομών, του φυσικού πυθμένα, όπως αυτός προέκυψε μετά την δράση των κυμάτων.

Παρατίθεται ενδεικτικά ένα λογιστικό φύλλο.

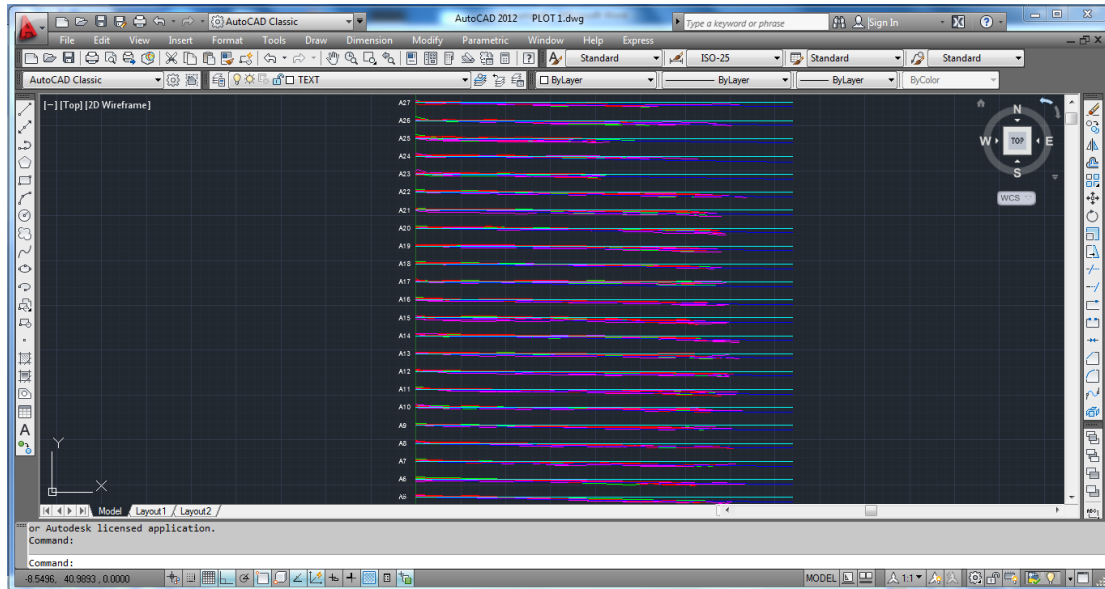
Δ10	X(cm)	Y(cm)
ΝΕΑ ΑΚΤ.	0	3.8
ΑΡΧΙΚΗ ΑΚΤ.	1	3.5
	10	3.2
	20	3.5
	30	3.7
	40	2.9
	50	3.5
	60	3.8
	70	4
	80	4.2
	90	4
	100	4.1
	110	4.2
	120	3.9
	130	3.8
	140	3.7
	150	4.3
ΑΞΟΝΑΣ	161	4

Δ11	X(cm)	Y(cm)
ΝΕΑ ΑΚΤ.	0	3.6
ΑΡΧΙΚΗ ΑΚΤ.	3	3
	10	3.5
	20	3.6
	30	3.2
	40	3.4
	50	3.2
	60	3.1
	70	3.2
	80	3.3
	90	3.2
	100	3.1
	110	3.4
	120	3.3
	130	3.7
	140	3.2
	150	3.3
	160	2.9
	163	3
ΑΞΟΝΑΣ	170	

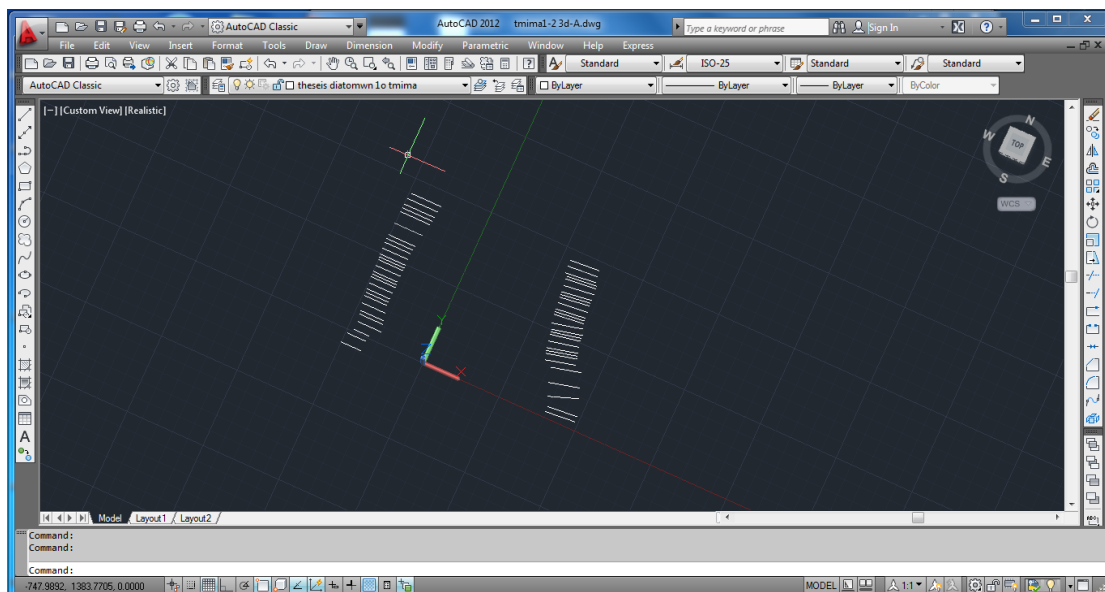
Το σύνολο των λογιστικών φύλλων βρίσκεται στην ηλεκτρονική έκδοση της διπλωματικής εργασίας.

Στη συνέχεια μεταφέρθηκαν τα δεδομένα της βυθομετρίας στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Autocad 2012. Ενδεικτικά παρατίθενται η μεθοδολογία, και τα στάδια της αποτύπωσης:

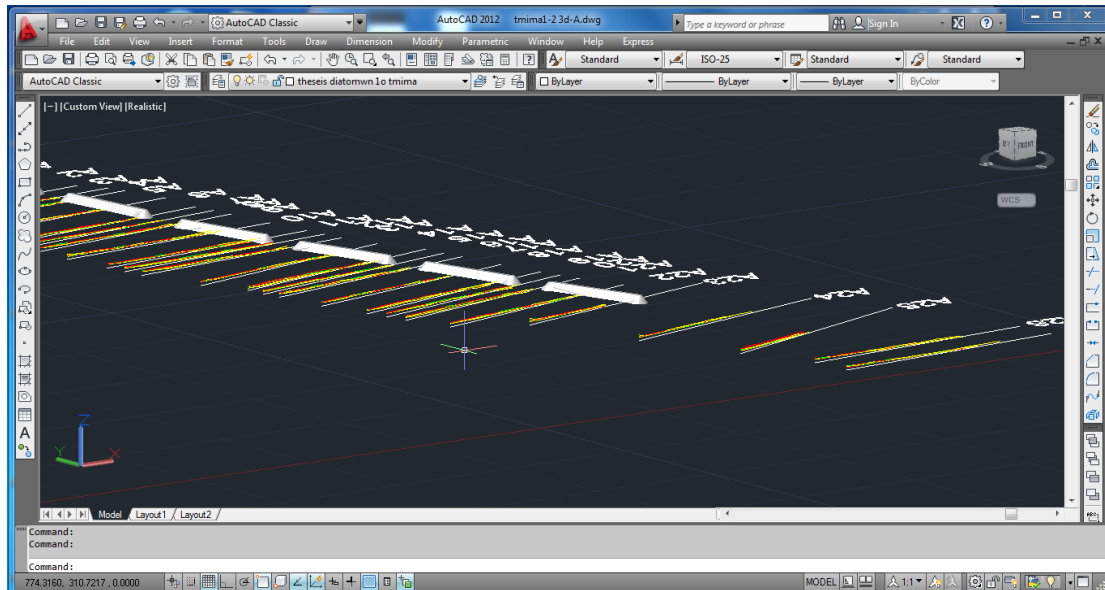
Σχεδιάσθηκαν οι διατομές σε δύο διαστάσεις:



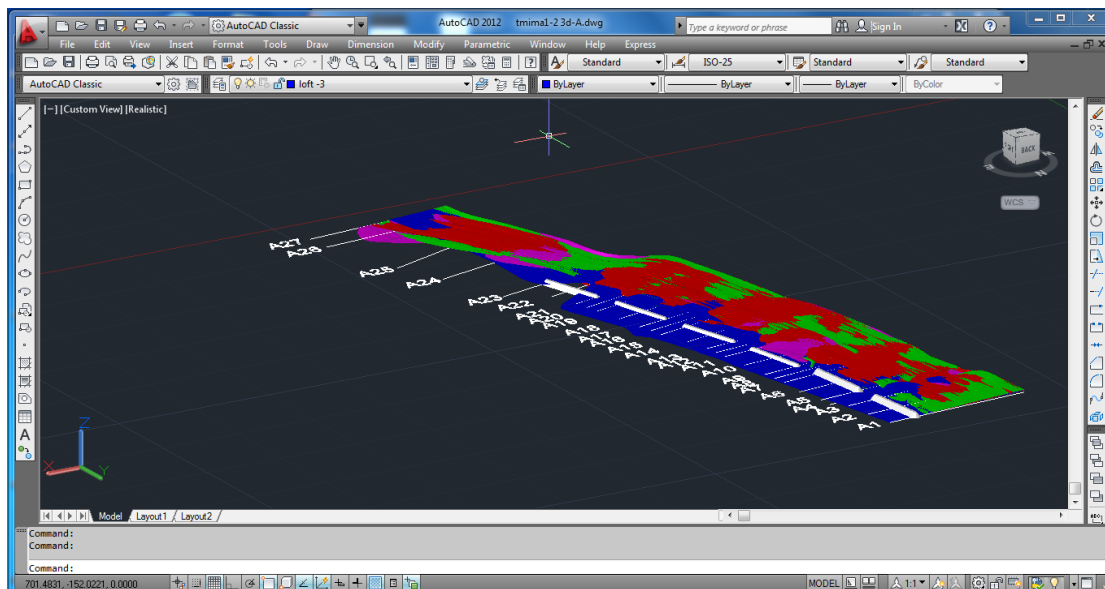
Τοποθετήθηκαν οι θέσεις των διατομών σε οριζοντιογραφία:



Μεταφέρθηκαν και συνδυάστηκαν οι διατομές και οι κυματοθραύστες στις τρεις διαστάσεις:

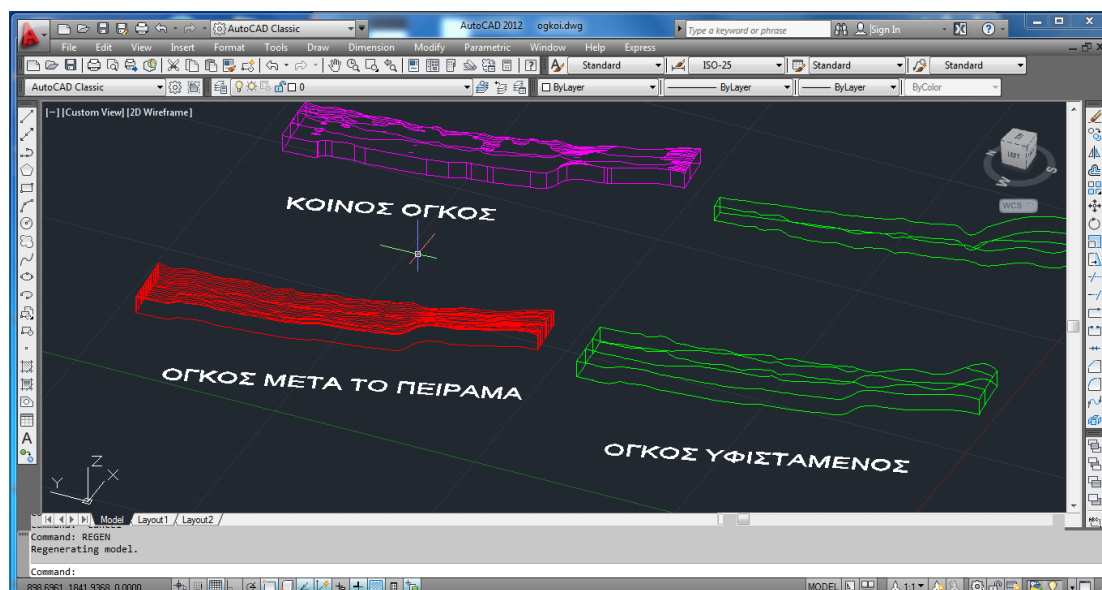


Συσχετίζοντας τις διατομές, προέκυψαν οι επιφάνειες του πυθμένα:



Το αρχικό ίζημα που τοποθετήθηκε είχε βάθος 3 cm. Έτσι κατέστη δυνατόν να μετατραπούν οι επιφάνειες σε όγκους,

Μετατρέποντας τις επιφάνειες σε όγκους προέκυψαν τα στερεά σώματα:



Υπολογίστηκε, ο κοινός όγκος του αρχικού πυθμένα, με τον πυθμένα μετά την δράση των κυμάτων.

Για τον προσδιορισμό του όγκου ιζημάτων που διαβρώθηκε, ο κοινός όγκος, αφαιρέθηκε, από τον όγκο του αρχικού πυθμένα (υφιστάμενος).

Για τον προσδιορισμό του όγκου ιζημάτων που συγκρατήθηκε, ο κοινός όγκος, αφαιρέθηκε, από τον όγκο του πυθμένα μετά το πείραμα.

Ακολουθώντας τα δεδομένα αυτά, εισήχθησαν σε νέο λογιστικό φύλλο Excel απ' όπου και προέκυψε η πραγματοποιούμενη στερεομεταφορά, σε μονάδες προσομοιώματος.

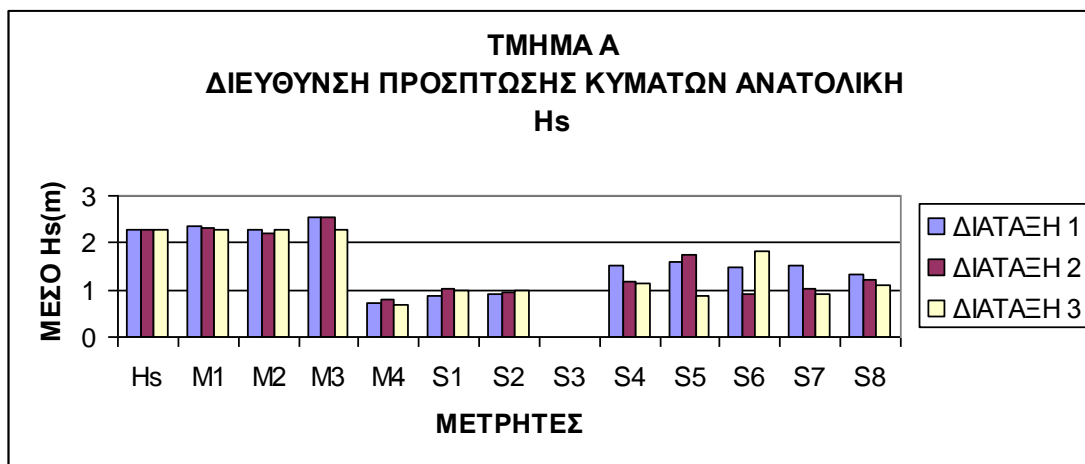
Ενδεικτικά:

ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΘΗΚΕ (cm ³)	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΔΙΑΒΡΩΘΗΚΕ (cm ³)	ΔΙΑΦΟΡΑ (cm ³)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΚΙΝΗΘΗΚΕ (cm ³)
Δ1.1	30.913	98.182	-67.269	129.095

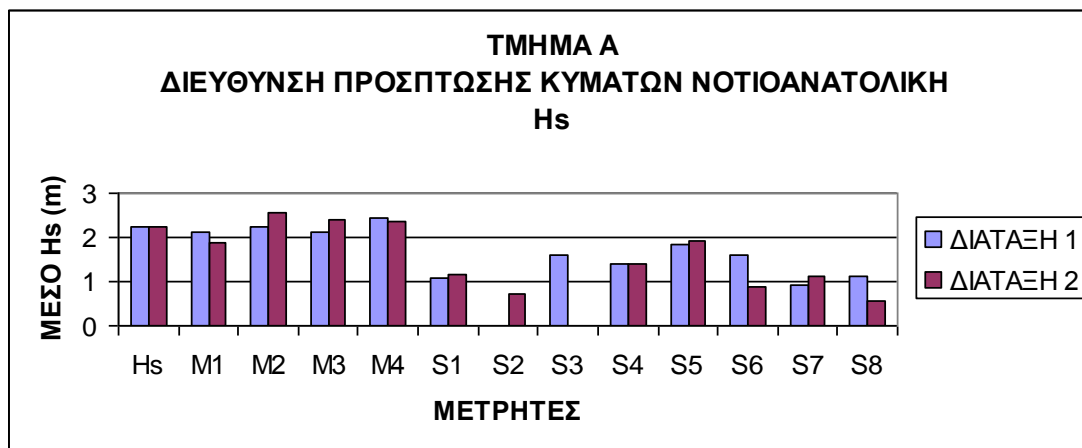
7. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ

7.1 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΥΜΑΤΩΝ

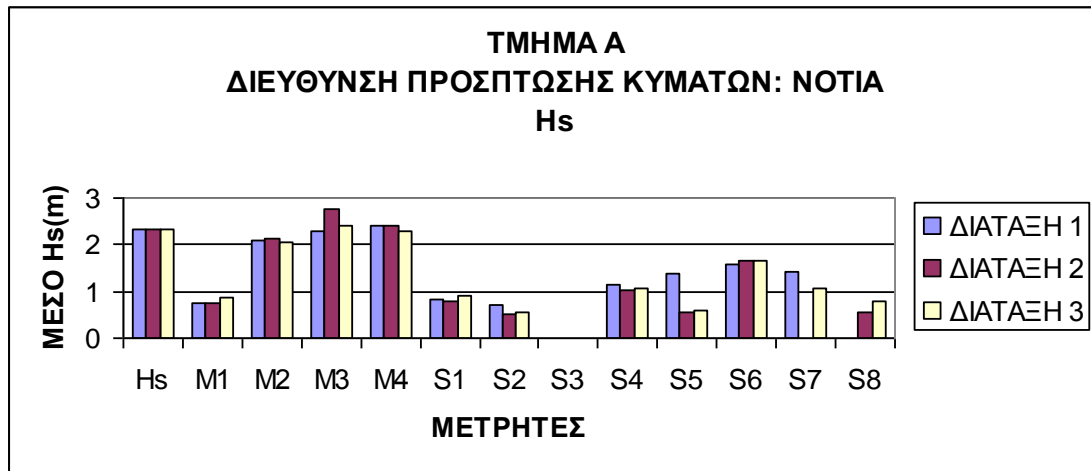
Στα διαγράμματα που ακολουθούν, παρουσιάζονται συγκριτικά ανά διάταξη και ανά διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων τα διαγράμματα του μέσου χαρακτηριστικού ύψους κύματος για όλα τα ελεγχθέντα φάσματα κυμάτων σε όλες τις θέσεις μέτρησης και για τα 2 τμήματα του φυσικού προσομοιώματος.



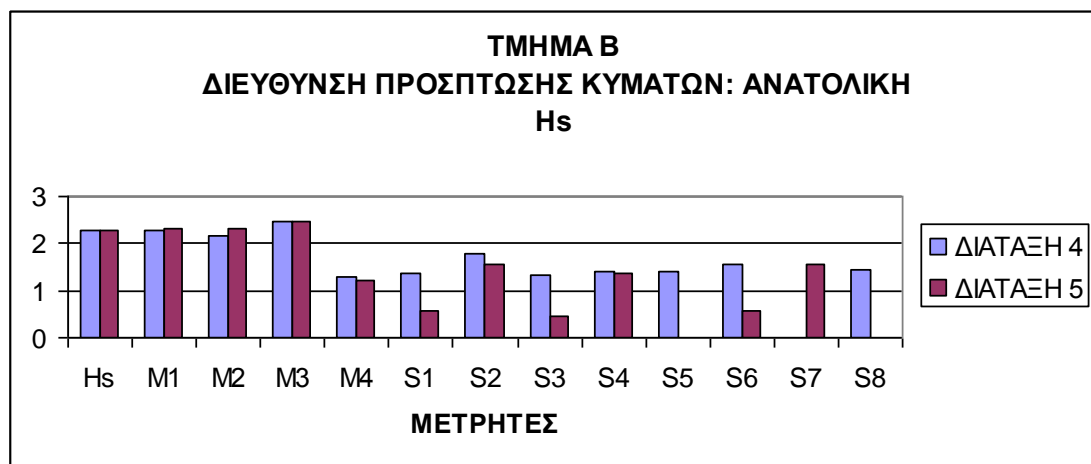
Διάγραμμα 7.1 - Μέσο χαρακτηριστικό ύψος κύματος για τις Διατάξεις 1, 2 και 3 και Ανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων



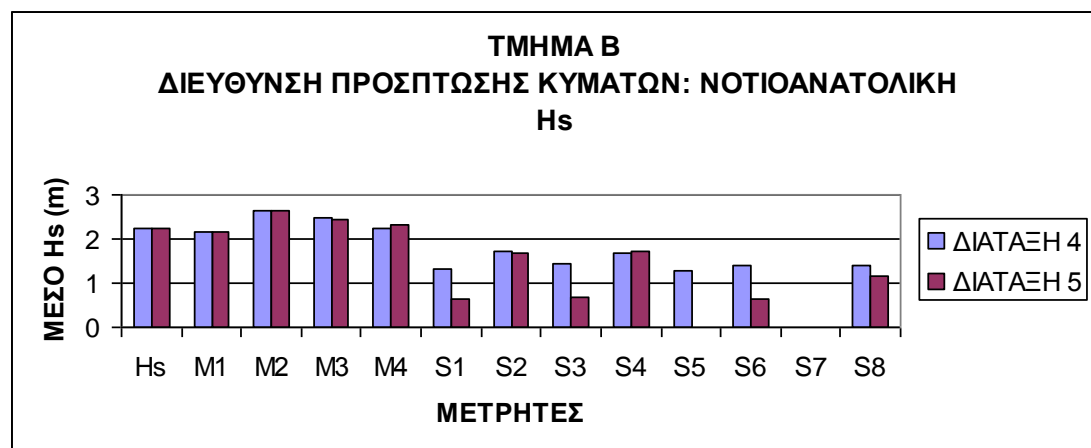
Διάγραμμα 7.2 - Μέσο χαρακτηριστικό ύψος κύματος για τις Διατάξεις 1 και 2 και Νοτιοανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων



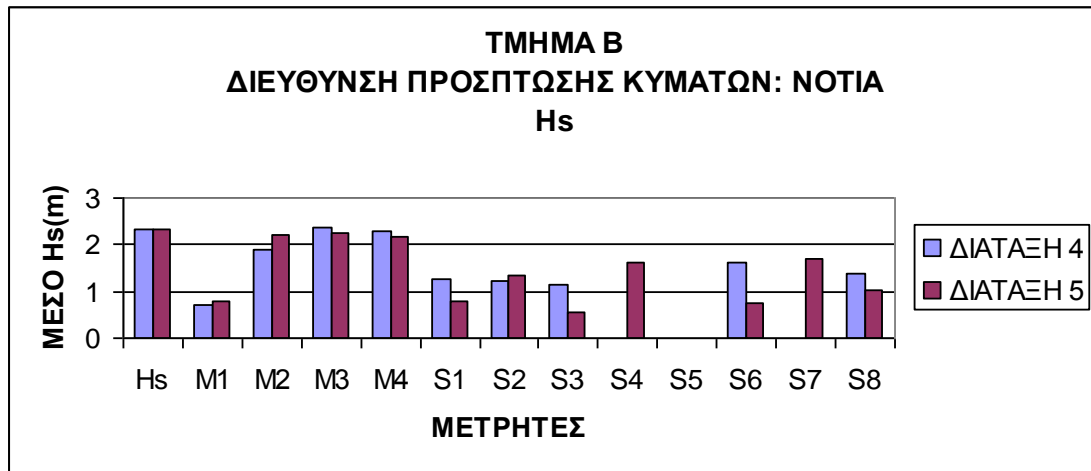
Διάγραμμα 7.3 - Μέσο χαρακτηριστικό ύψος κύματος για τις Διατάξεις 1, 2 και 3 και Νότια διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων (ΤΜΗΜΑ Α)



Διάγραμμα 7.4 - Μέσο χαρακτηριστικό ύψος κύματος για τις Διατάξεις 4 και 5 για Ανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων



Διάγραμμα 7.5 - Μέσο χαρακτηριστικό ύψος κύματος για τις Διατάξεις 4 και 5 για Νοτιοανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων



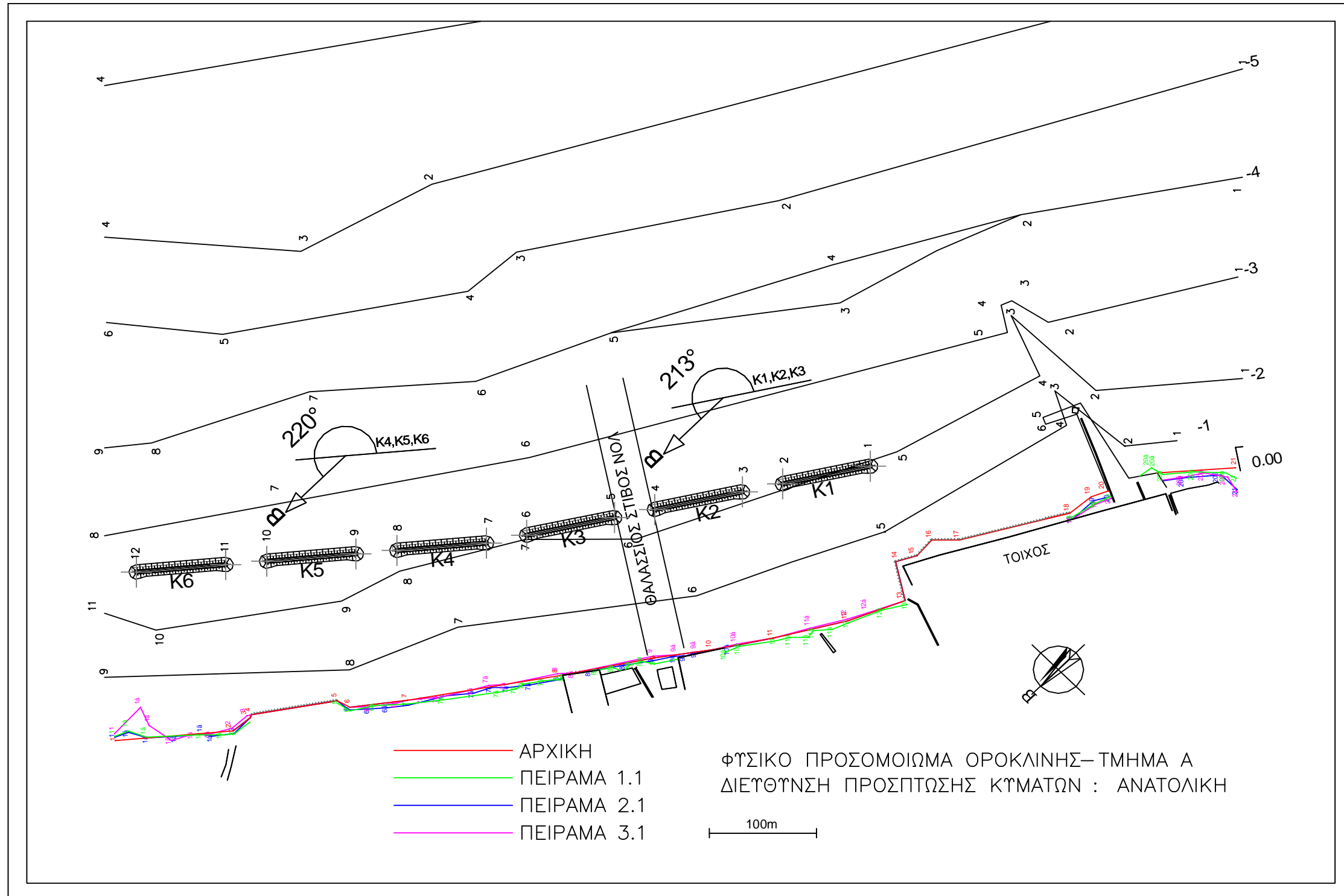
Διάγραμμα 7.6 - Μέσο χαρακτηριστικό ύψος κύματος για τις Διατάξεις 4 και 5 για Νότια διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων (ΤΜΗΜΑ Β)

Η κυματική διαταραχή μετά την κατασκευή των έργων προστασίας μειώνεται σημαντικά στην περιοχή μεταξύ της ακτογραμμής και του συστήματος κυματοθραυστών, τόσο στα διάκενα των κυματοθραυστών, όσο και όπισθεν των κυματοθραυστών. Αντίθετα, στην περιοχή βαθέων υδάτων δεν παρατηρήθηκε μεταβολή της κυματικής διαταραχής εξαιτίας των κυματοθραυστών.

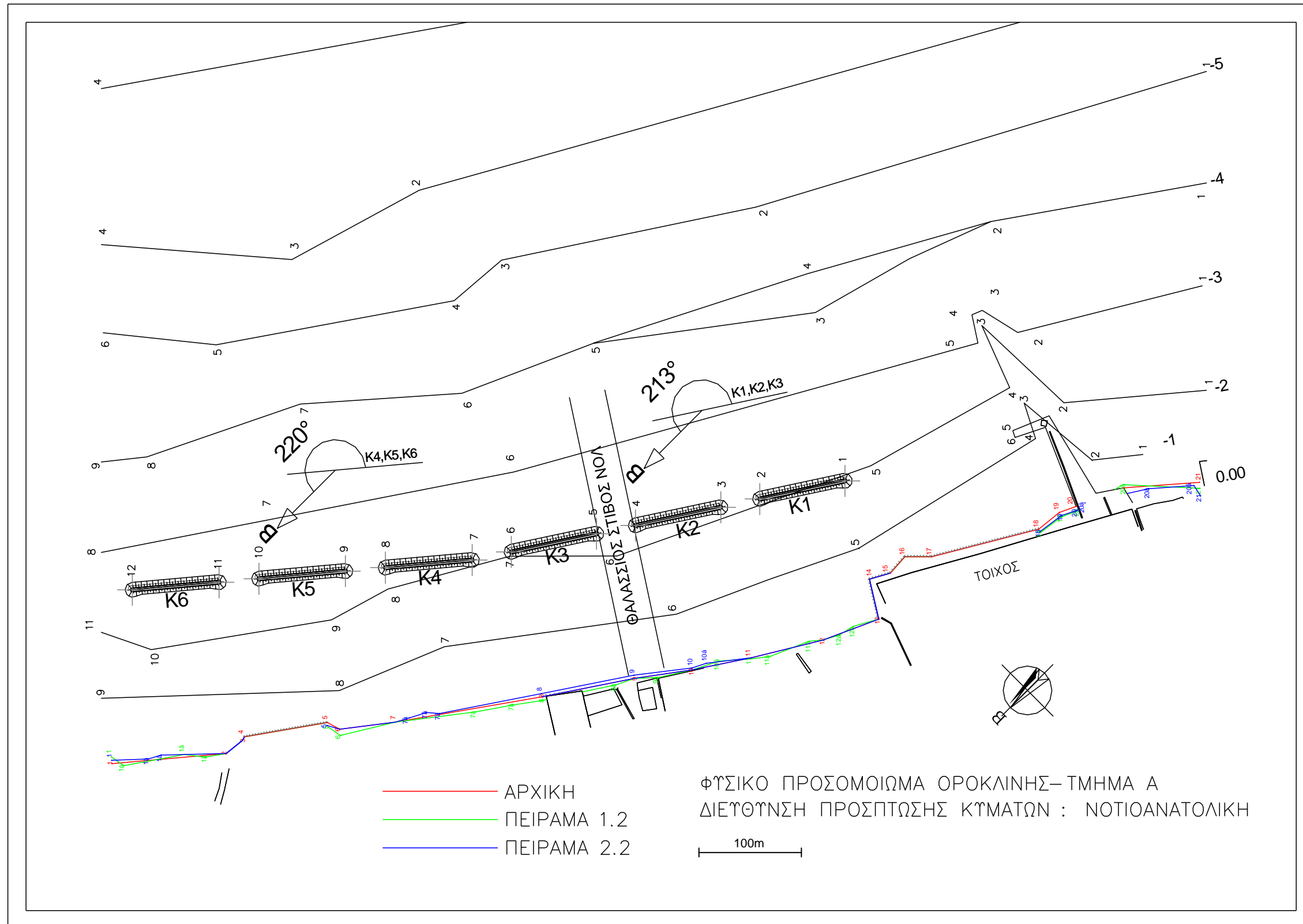
7.2 ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ

Στα Σχήματα 7.1 έως και 7.6 δίνονται οι μεταβολές της ακτογραμμής ανά Τμήμα ακτής και ανά διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων για τις εξής περιπτώσεις:

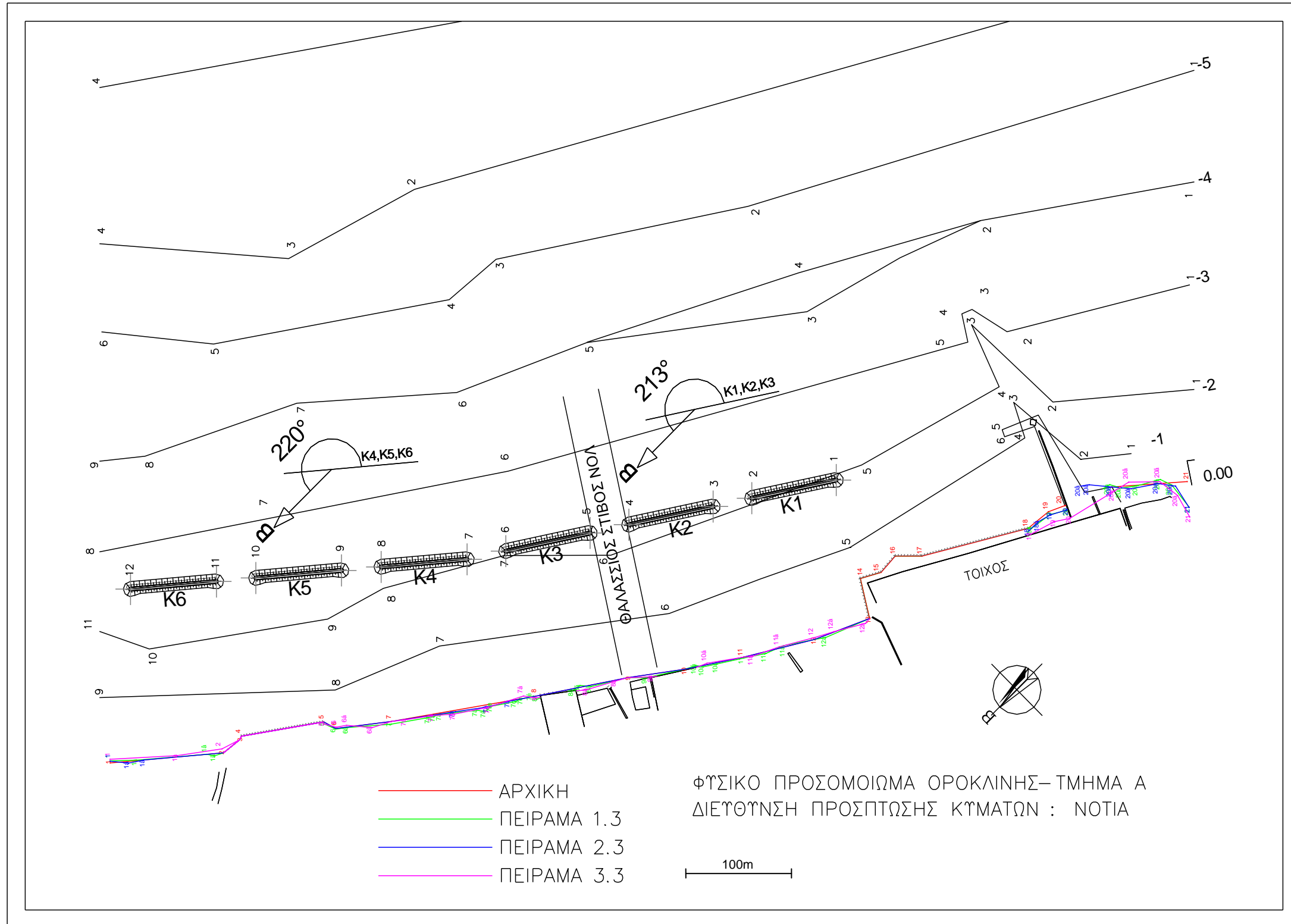
- Υφιστάμενη σήμερα ακτογραμμή
- Ακτογραμμή, μετά τη δράση κυμάτων στην υφιστάμενη σήμερα ακτογραμμή
- Ακτογραμμή, μετά τη δράση κυμάτων μετά την κατασκευή των προτεινομένων κυματοθραυστών.



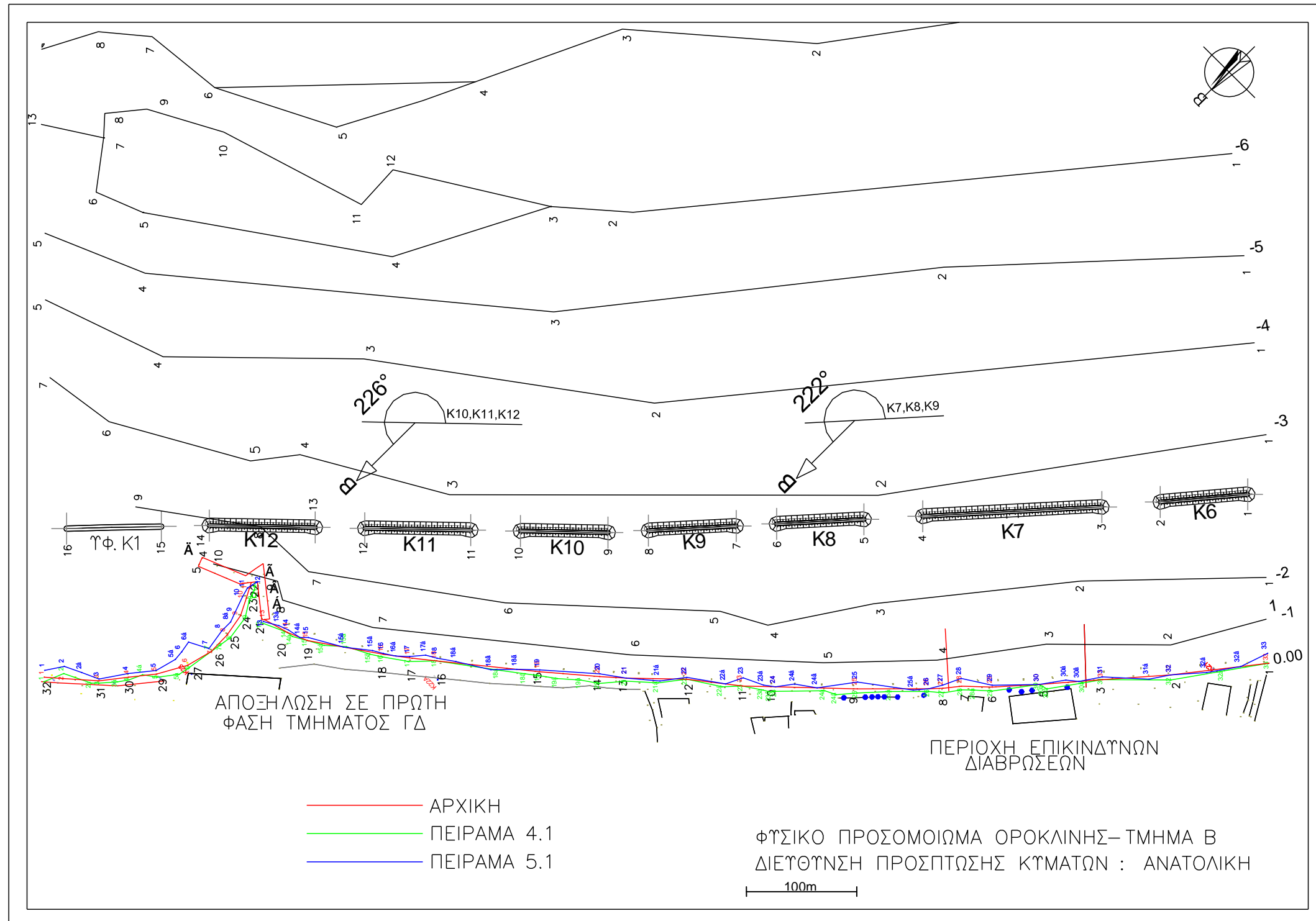
Σχήμα 7.1- Εξέλιξη ακτογραμμής στο Τμήμα Α της ακτής Κυματισμοί από Ανατολικά



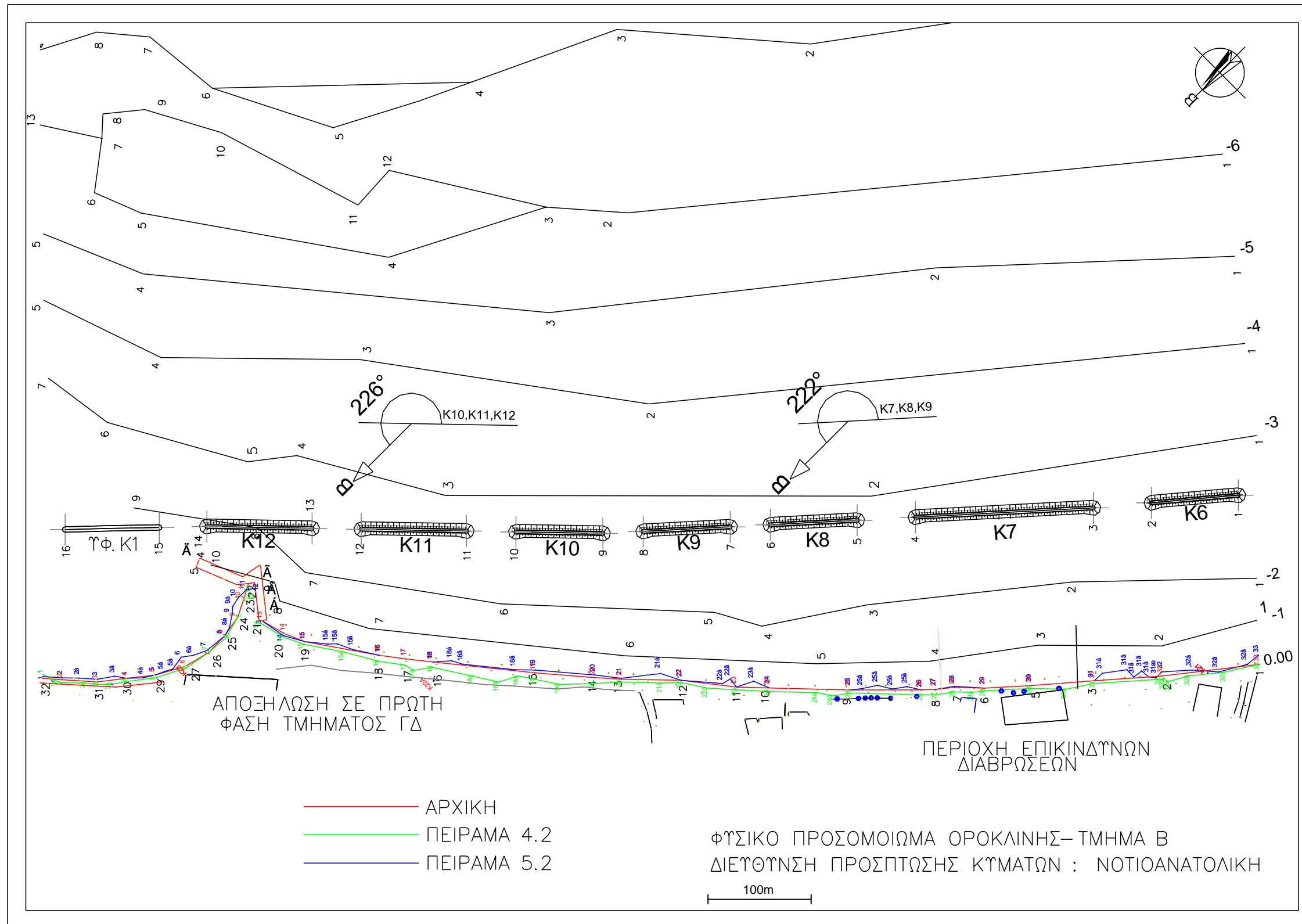
Σχήμα 7.2- Εξέλιξη ακτογραμμής στο Τμήμα Α της ακτής Κυματισμοί από Νοτιοανατολικά



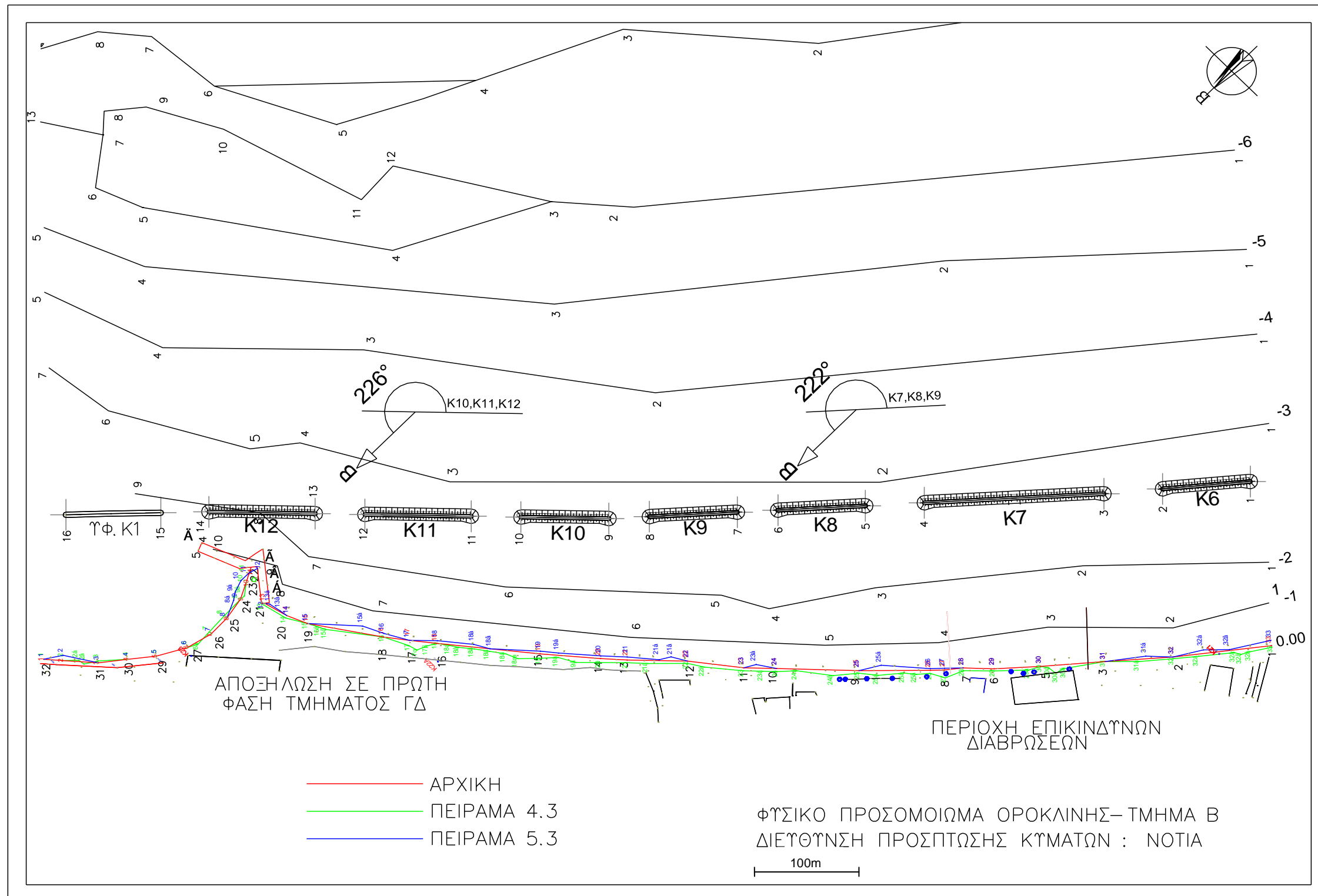
Σχήμα 7.3- Εξέλιξη ακτογραμμής στο Τμήμα Α της ακτής Κυματισμοί από Νότια



Σχήμα 7.4- Εξέλιξη ακτογραμμής στο Τμήμα Β της ακτής Κυματισμοί από Ανατολικά



Σχήμα 7.5- Εξέλιξη ακτογραμμής στο Τμήμα Β της ακτής Κυματισμοί από Νοτιοανατολικά



Σχήμα 7.6- Εξέλιξη ακτογραμμής στο Τμήμα Β της ακτής Κυματισμοί από Νότια

8. ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ

8.1 ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ

Στο Παράρτημα παρουσιάζονται οι καταγραφείσες διατομές σε σχέση με την αρχική διατομή του πυθμένα για το σύνολο των θέσεων μετρήσεως.

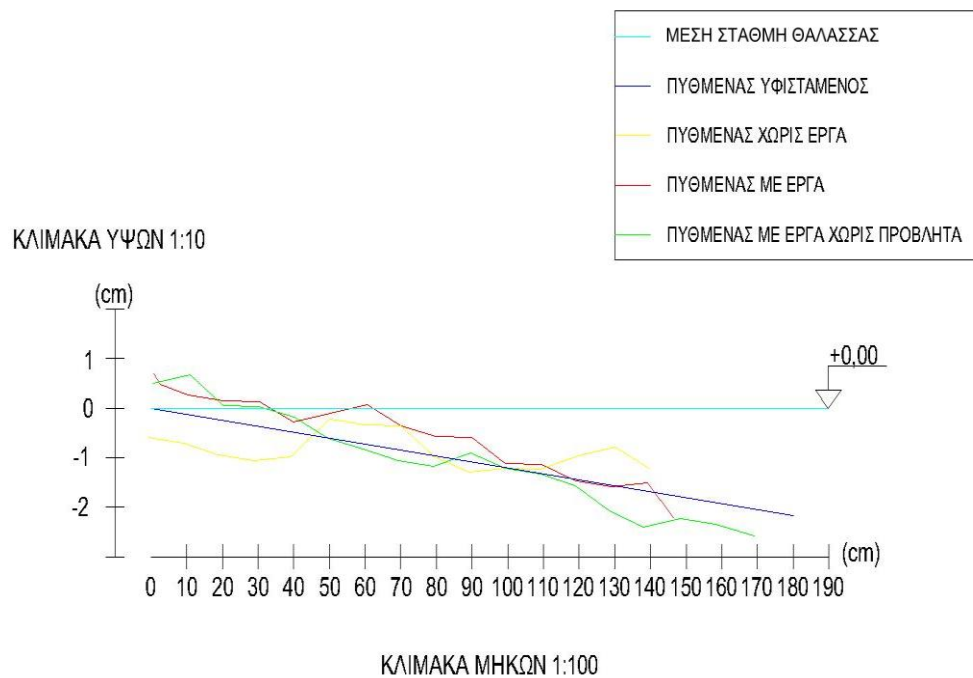
Για κάθε διάταξη του Τμήματος Α ελήφθησαν 27 διατομές και για κάθε διάταξη του τμήματος Β ελήφθησαν 28 διατομές.

Οι θέσεις των διατομών δίνονται στο Κεφάλαιο 5.

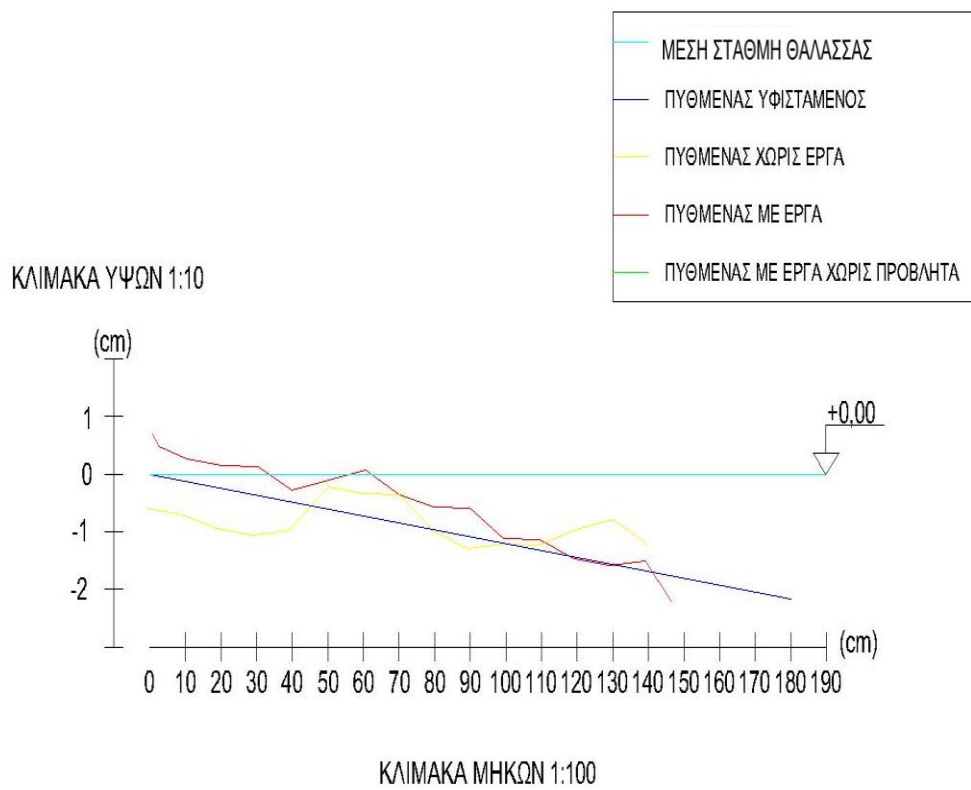
8.2 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ

Παρακάτω παρατίθενται σε στρεβλή κλίμακα, για τα πειράματα με τις ίδιες κυματικές συνθήκες, συγκριτικά, η μεταβολή των διατομών του φυσικού πυθμένα στη θέση Δ8.

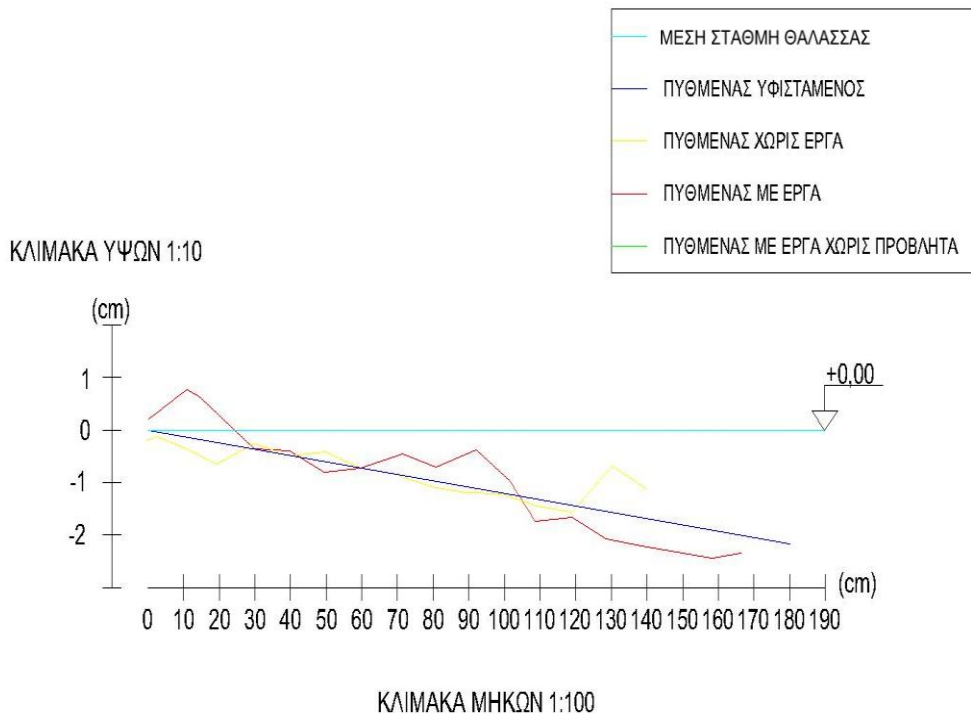
Τμήμα Α
Διατομή 8
Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων



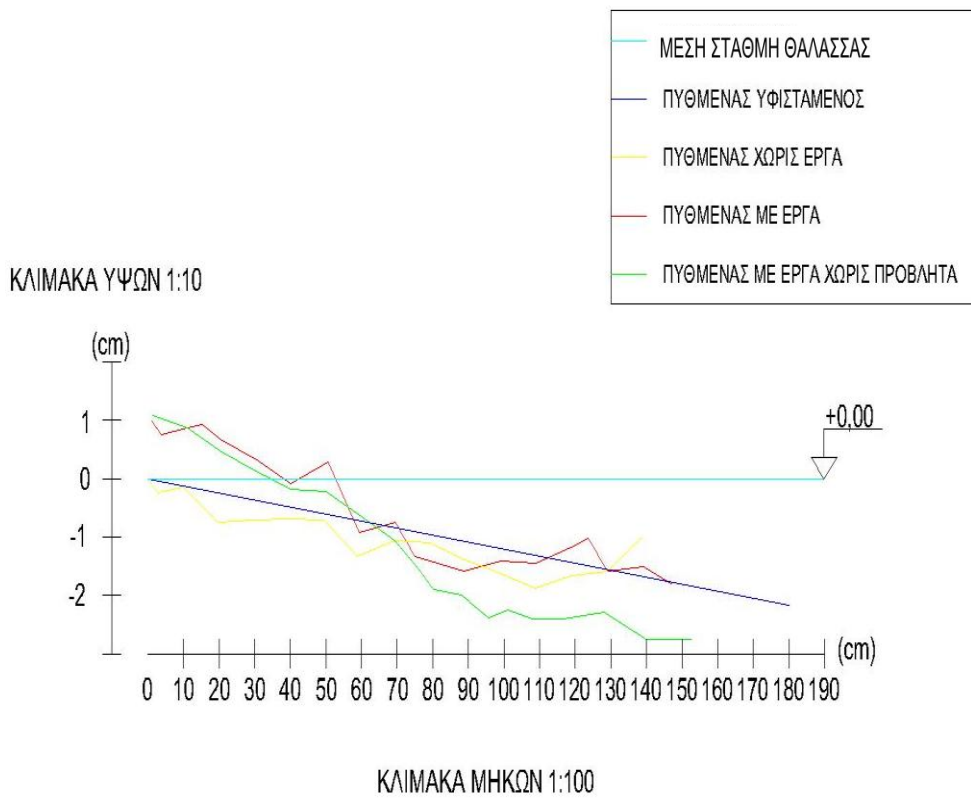
Τμήμα Α
 Διατομή 8
 Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων



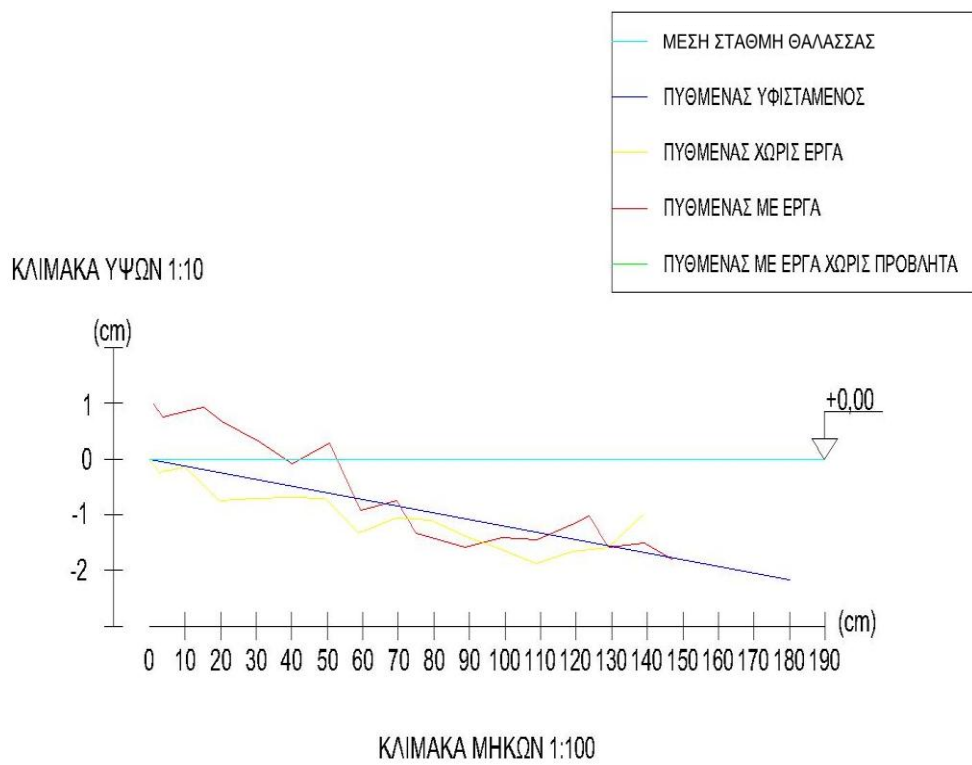
Τμήμα Α
 Διατομή 8
 Νοτιοανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων



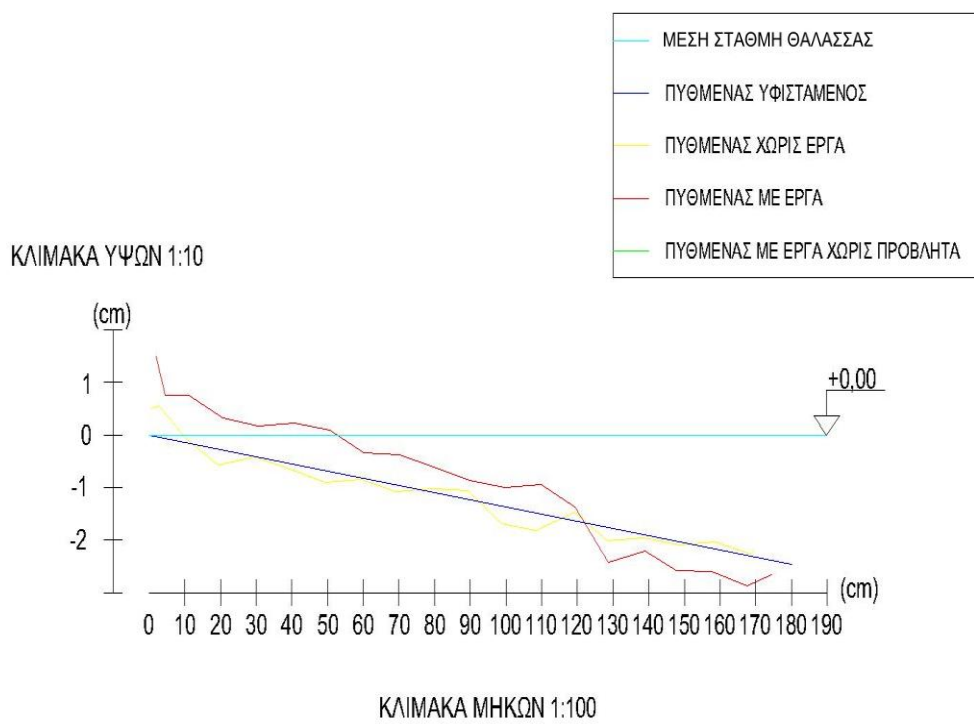
Τμήμα Α
 Διατομή 8
 Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων



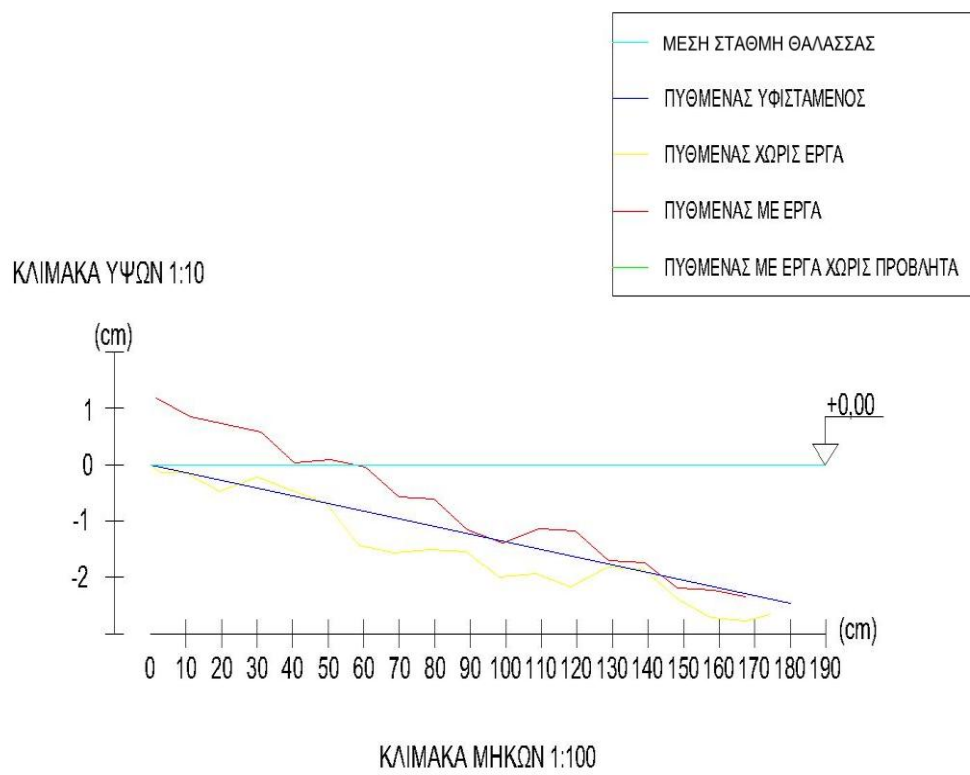
Τμήμα Α
 Διατομή 8
 Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων



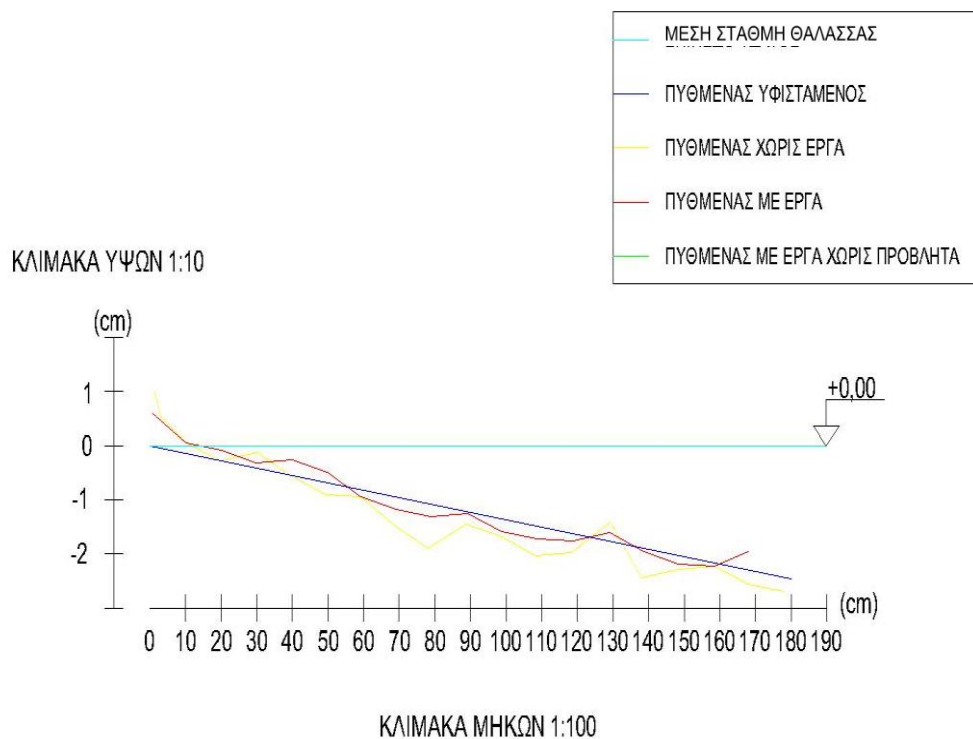
Τμήμα Β
 Διατομή 8
 Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων



Τμήμα Β
 Διατομή 8
 Νοτιοανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων



Τμήμα Β
 Διατομή 8
 Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων



Σε όλες τις διατομές φαίνεται ο σχηματισμός ύφαλου αναβαθμού. Σε ορισμένες περιπτώσεις παρατηρείται και ο σχηματισμός έξαλου αναβαθμού. Επίσης παρατηρείται η τάση διάβρωσης στην υφιστάμενη κατάσταση και η τάση απόθεσης στις διατάξεις με έργα προστασίας, καθώς και ο σχηματισμός κωδωνοειδών αποθέσεων (salients).

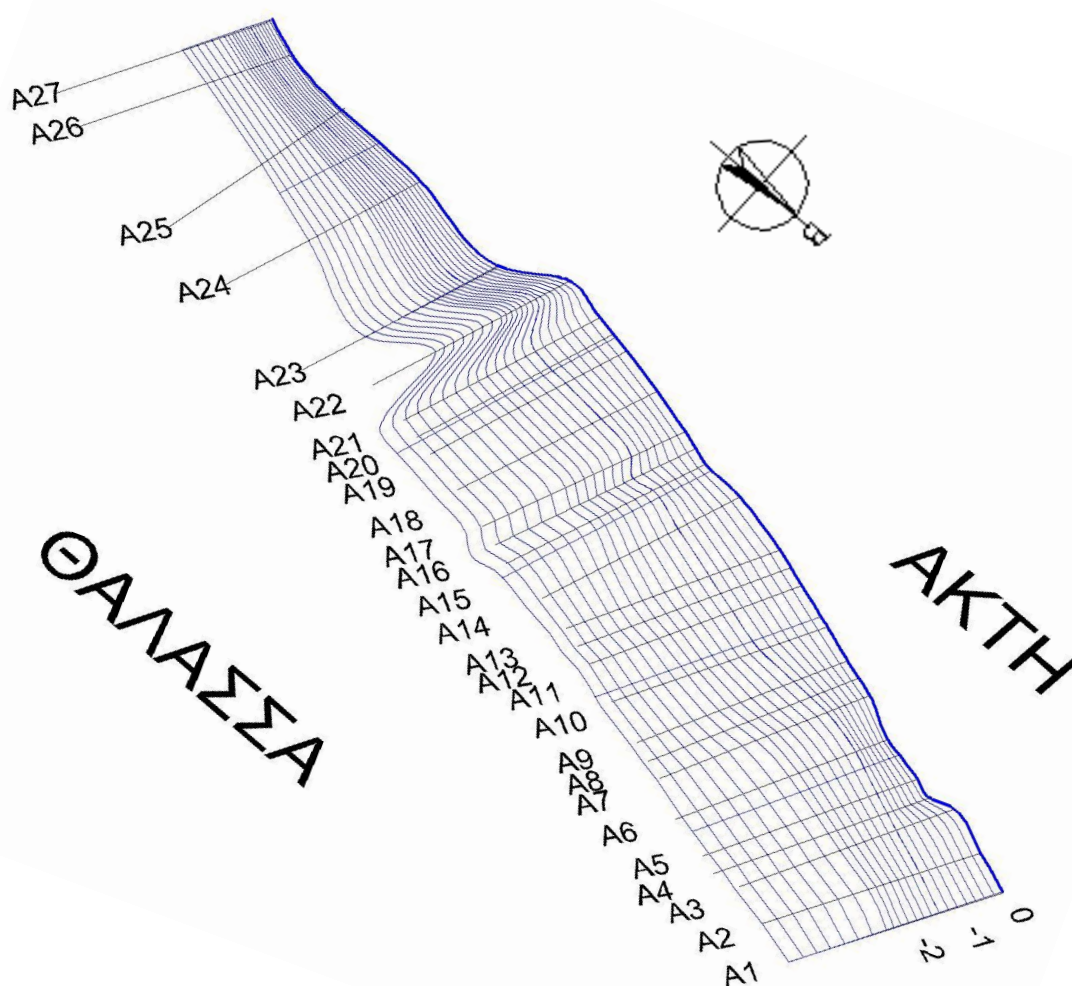
9. ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ

9.1 ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ

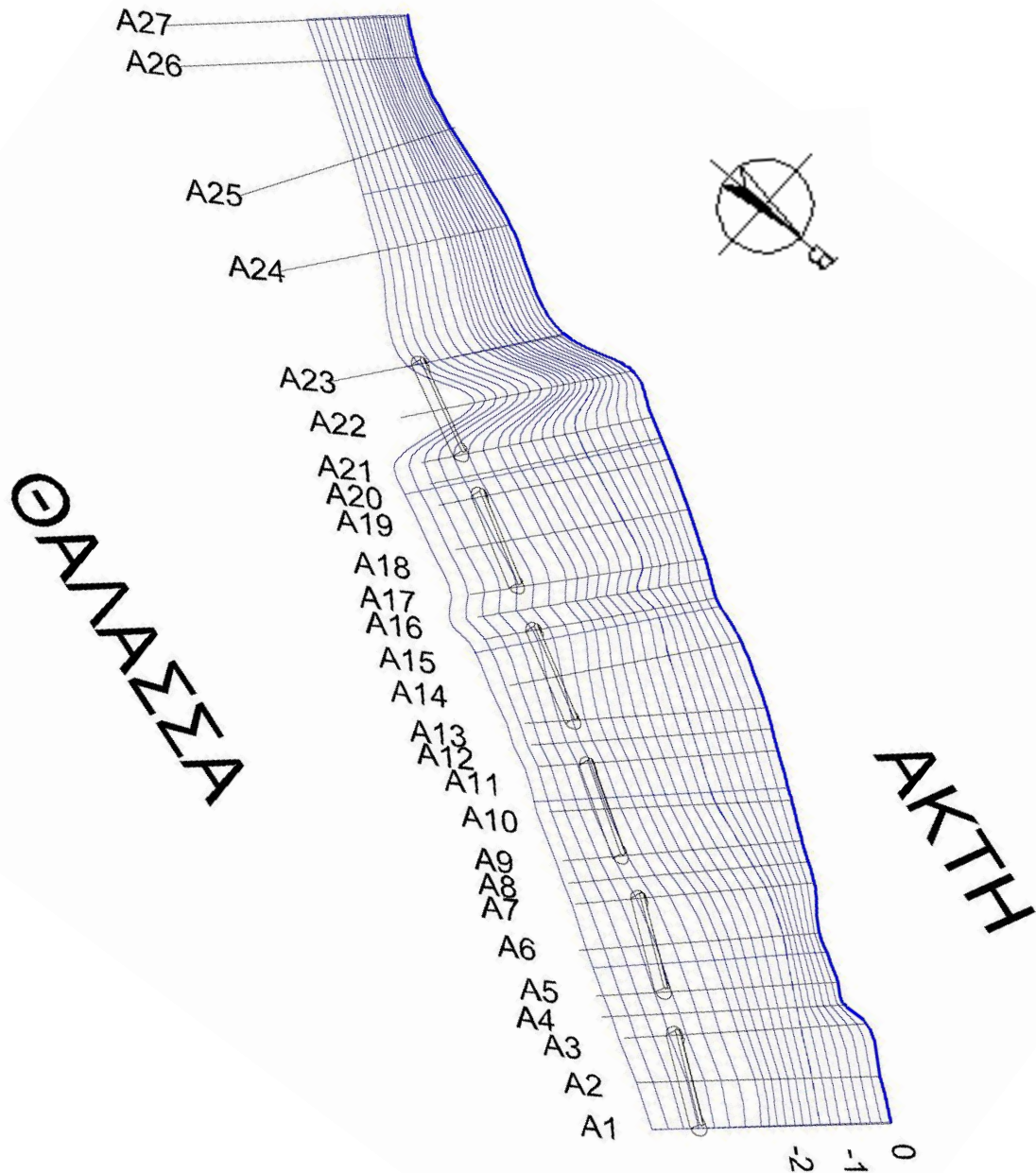
Παρατίθεται η αποτύπωση του φυσικού πυθμένα στο Τμήμα Α, και στο Τμήμα Β, για κάθε ελεγχθείσα διάταξη και διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων. Η ισοδιάσταση των ισοβαθών, καθορίστηκε απ' το σχεδιαστικό πρόγραμμα Autocad 2012 που χρησιμοποιήθηκε.

Τα σχήματα που ακολουθούν, διαφοροποιούνται χρωματικά, άνα διάταξη. Με γραμμή μεγαλύτερου πάχους, έχει επισημανθεί η ισοβαθής των 0m.

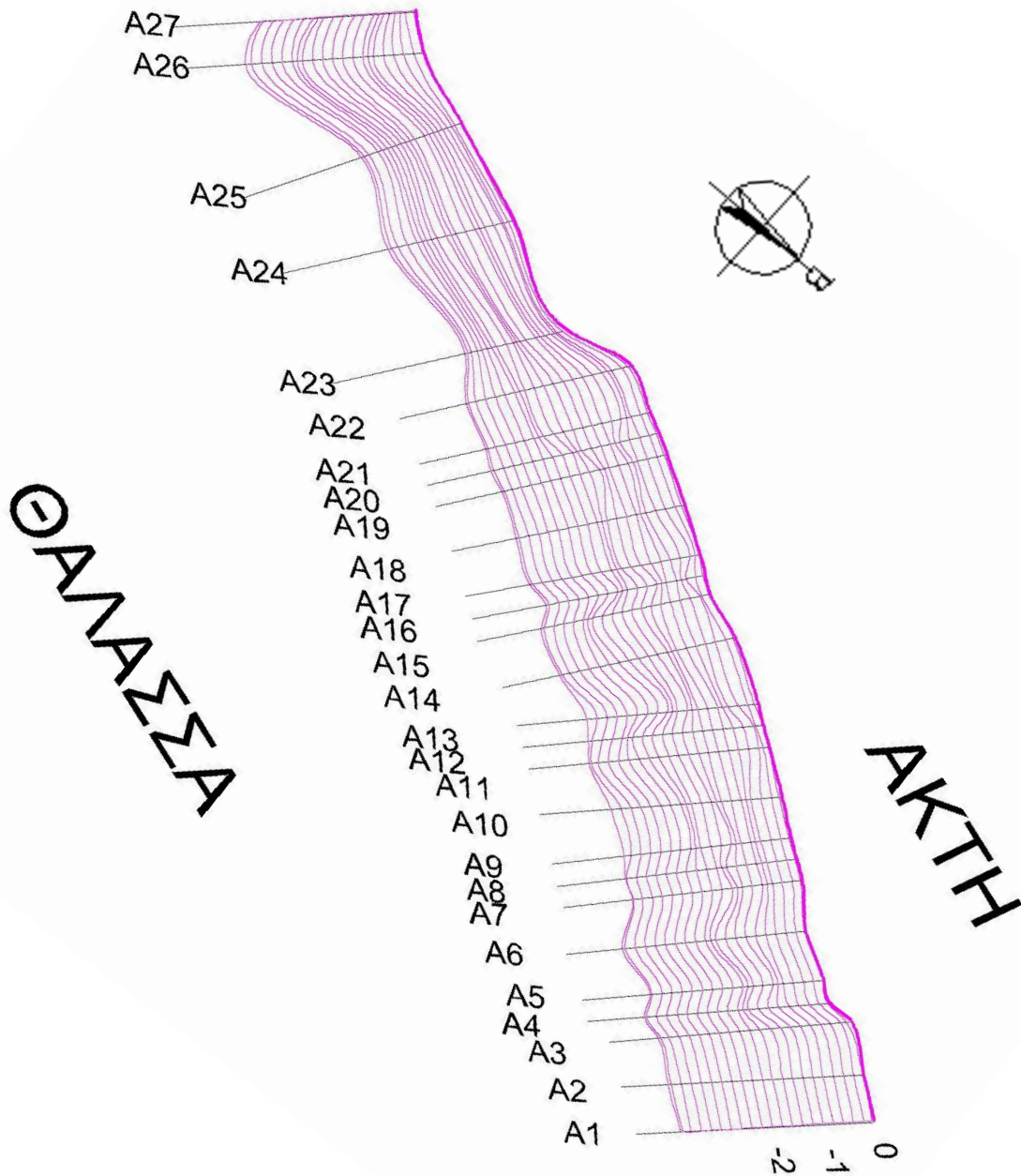
Τμήμα Α
Αρχική Επιφάνεια Φυσικού Πυθμένα



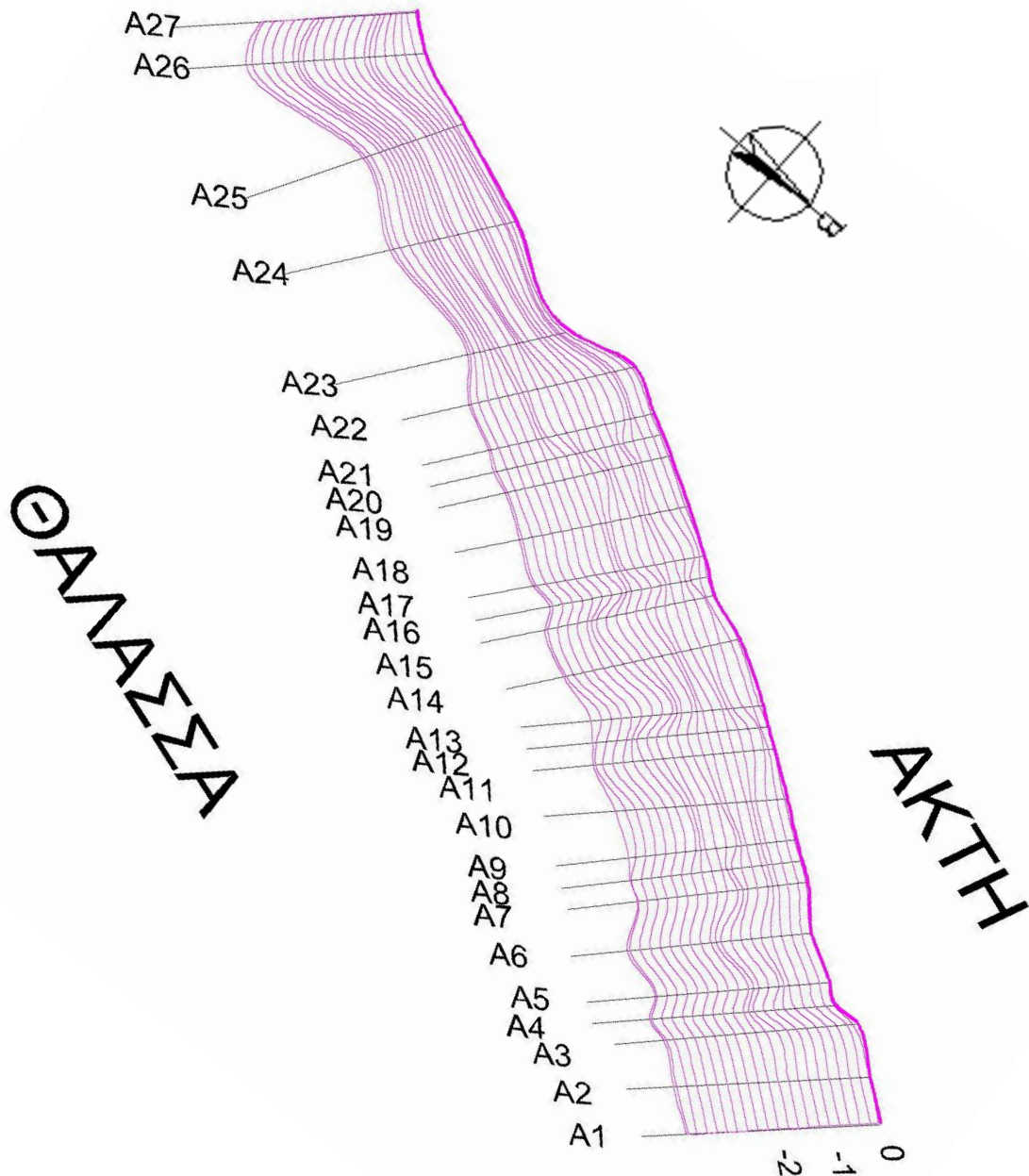
Τμήμα Α
Αρχική Επιφάνεια Φυσικού Πυθμένα με Κυματοθραύστες



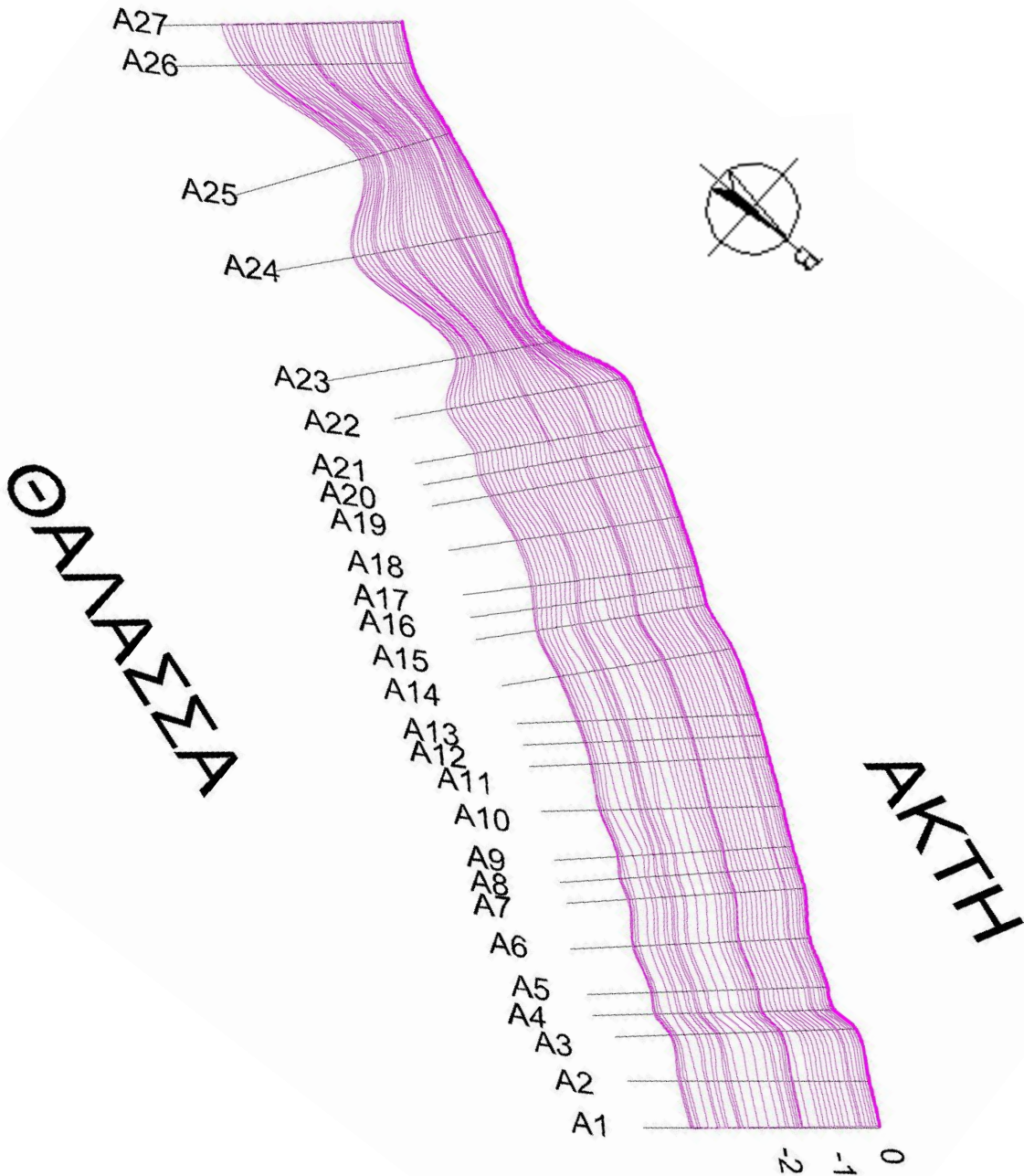
Τμήμα Α
Χωρίς Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων Ανατολική (Δ1.1)



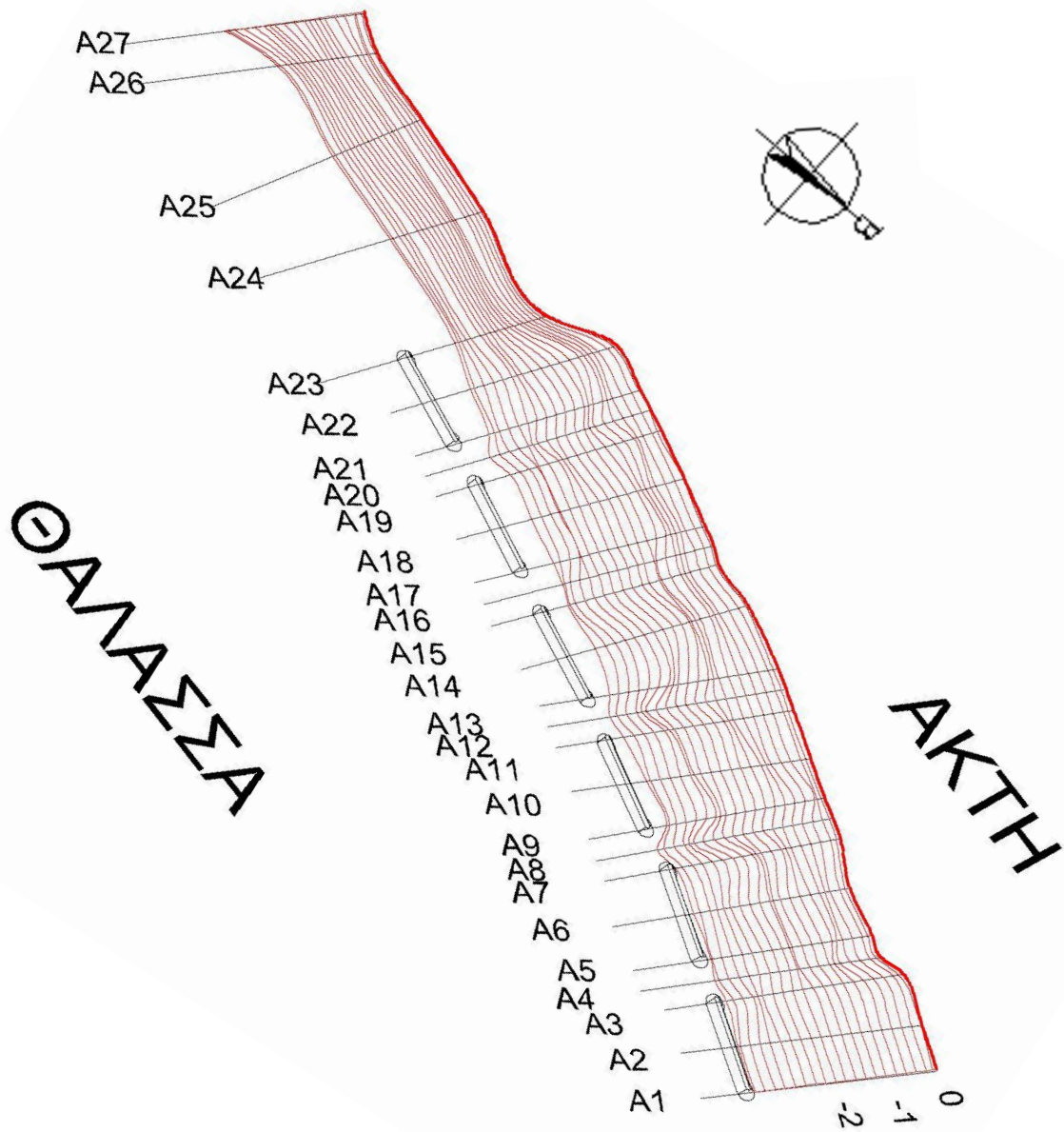
Τμήμα Α
Χωρίς Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων Νοτιοανατολική (Δ1.2)



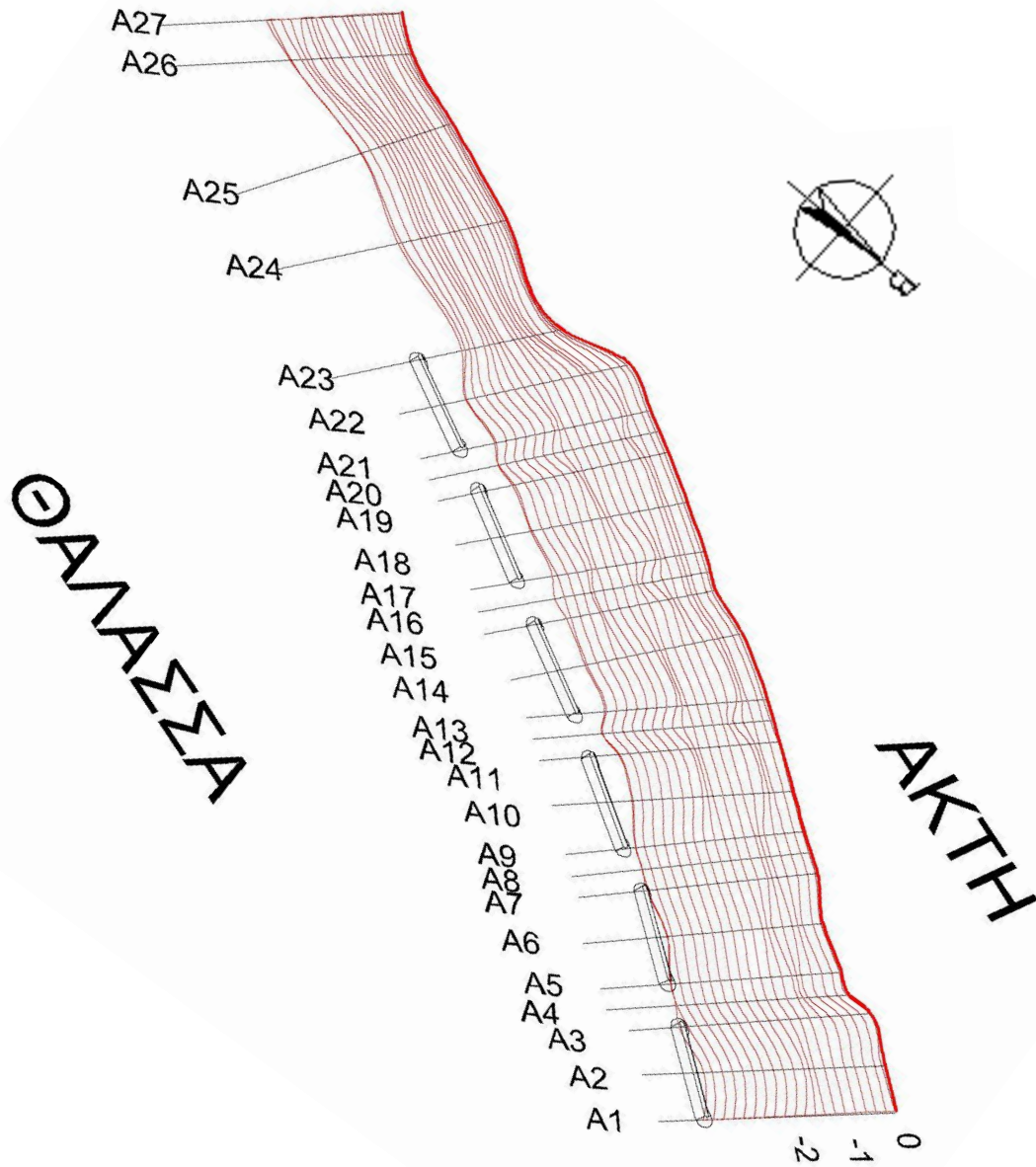
Τμήμα Α
Χωρίς Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Νότια (Δ1.3)



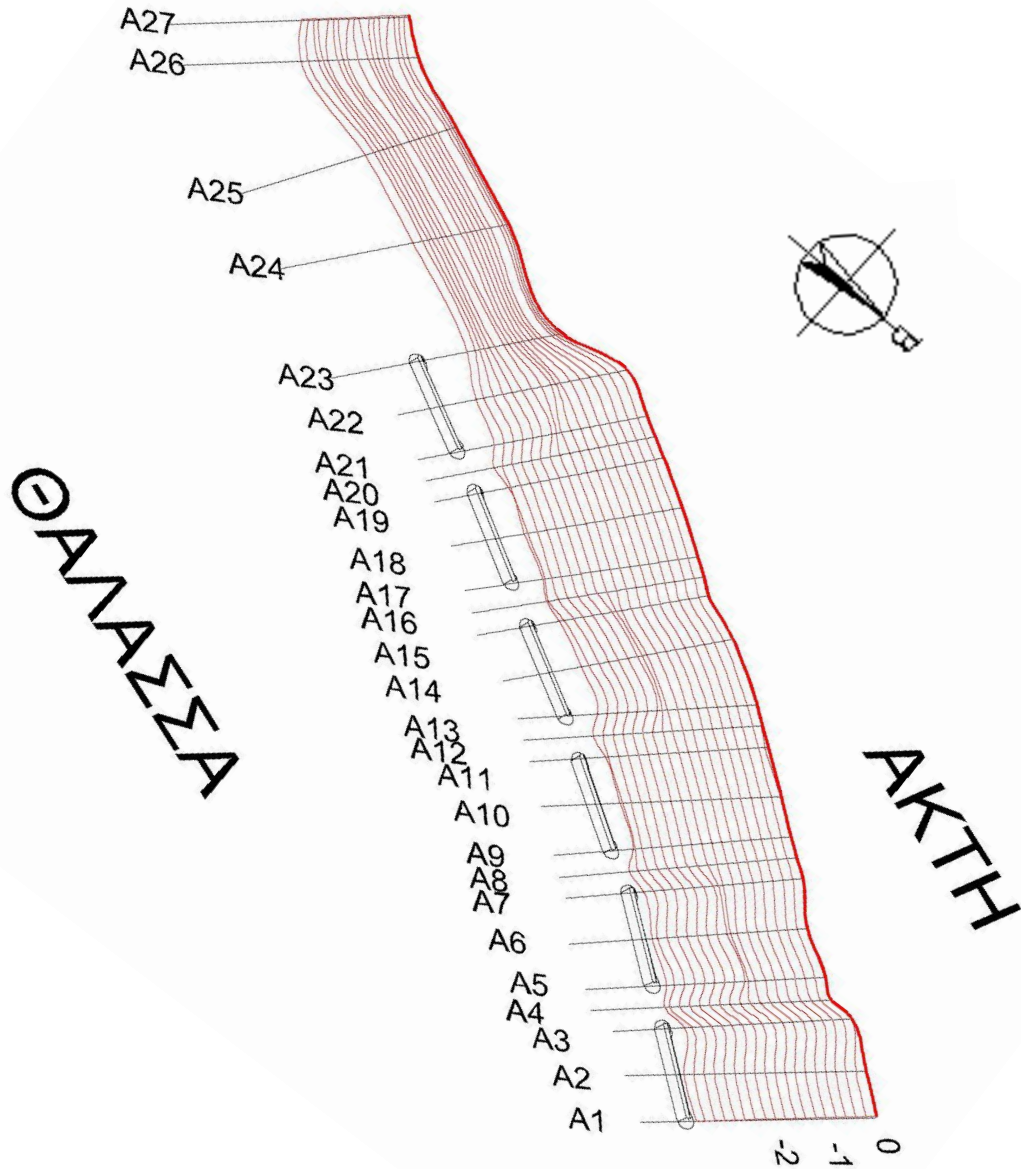
Τμήμα Α
Με Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Ανατολική (Δ2.1)



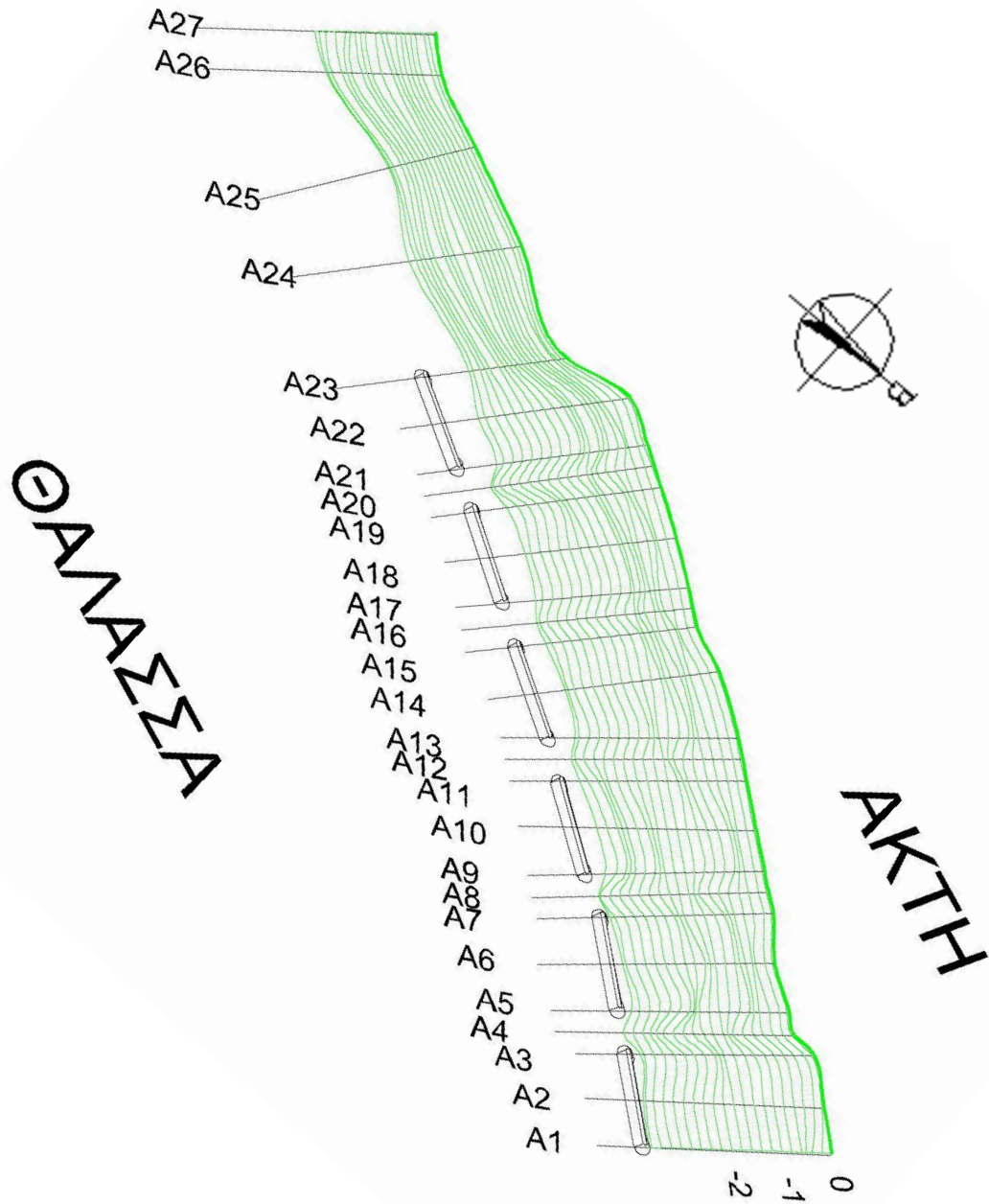
Τμήμα Α
Με Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Νοτιοανατολική (Δ2.2)



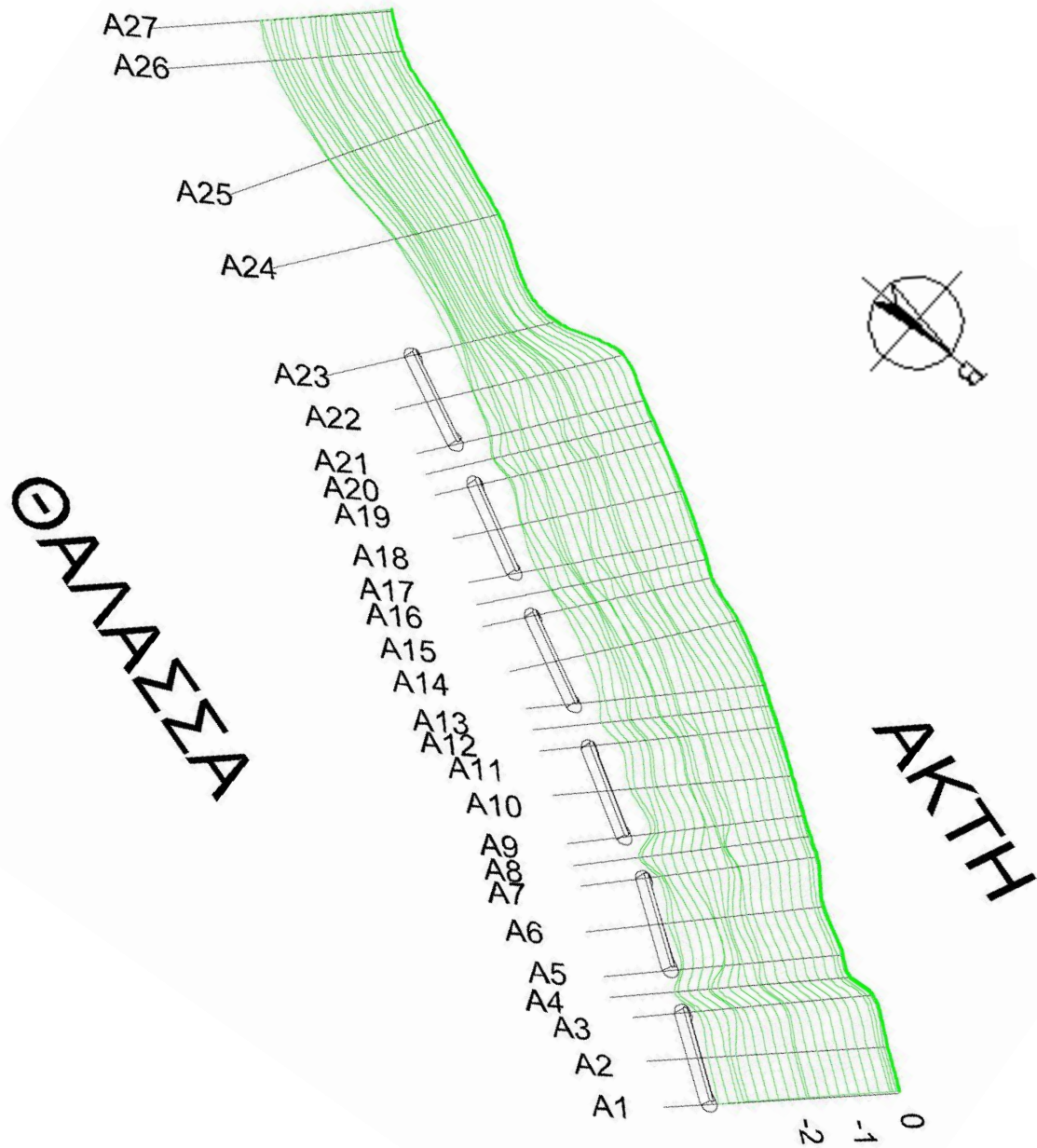
Τμήμα Α
Με Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Νότια (Δ2.3)



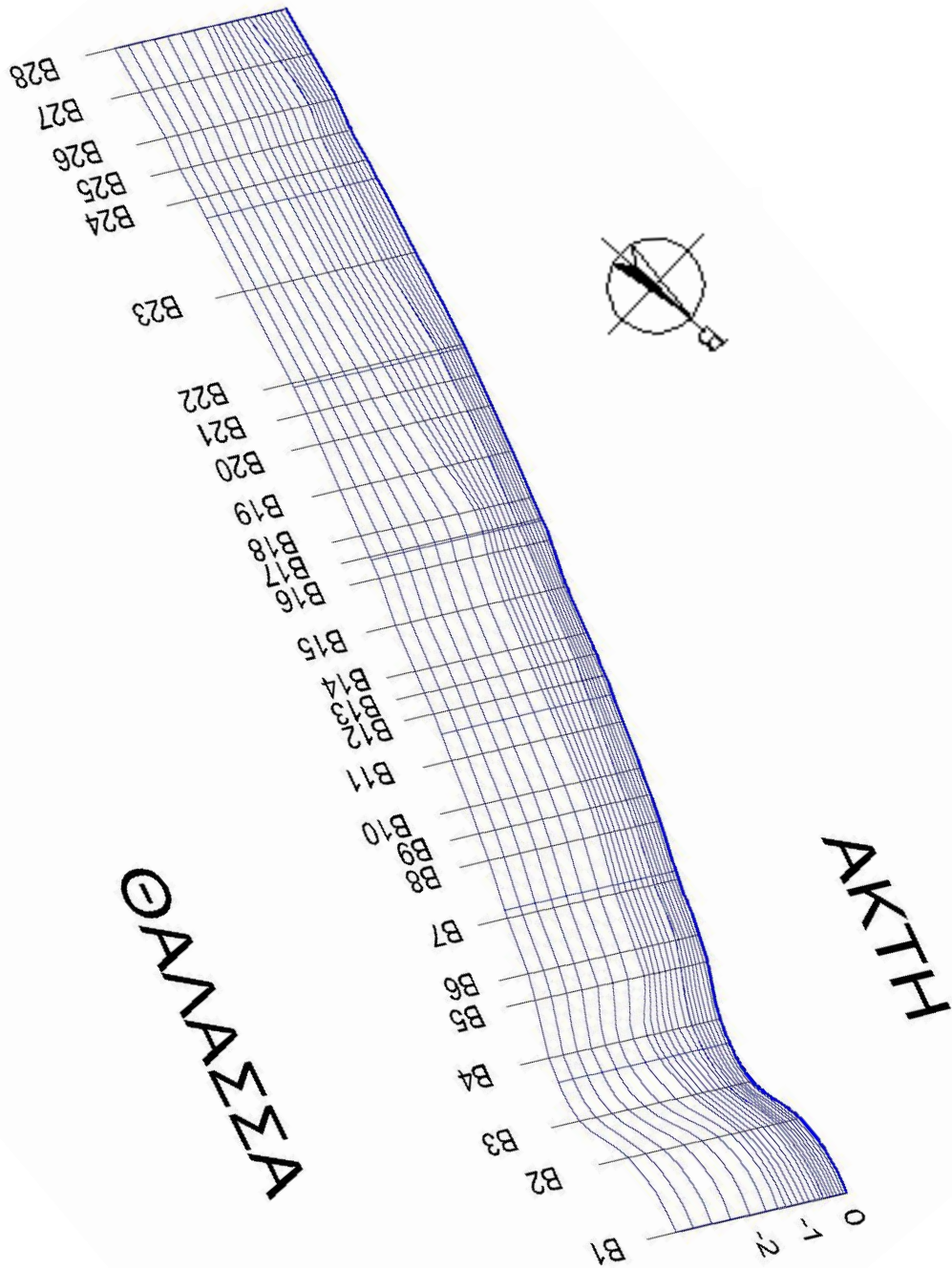
Τμήμα Α
Με Κυματοθραύστες, Χωρίς Προβλήτα
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Ανατολική (Δ3.1)



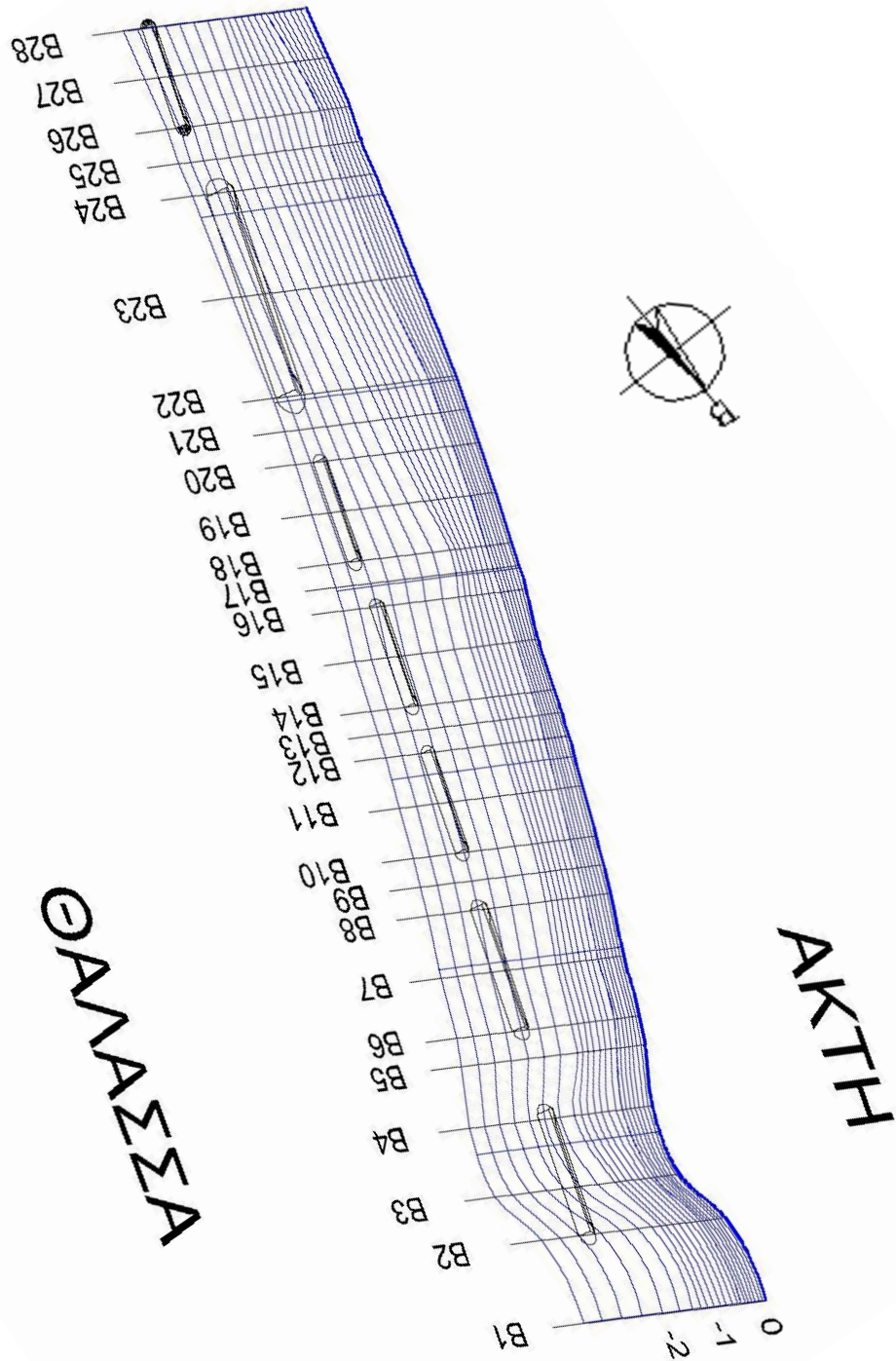
Τμήμα Α
Με Κυματοθραύστες, Χωρίς Προβλήτα
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Νότια (Δ3.3)



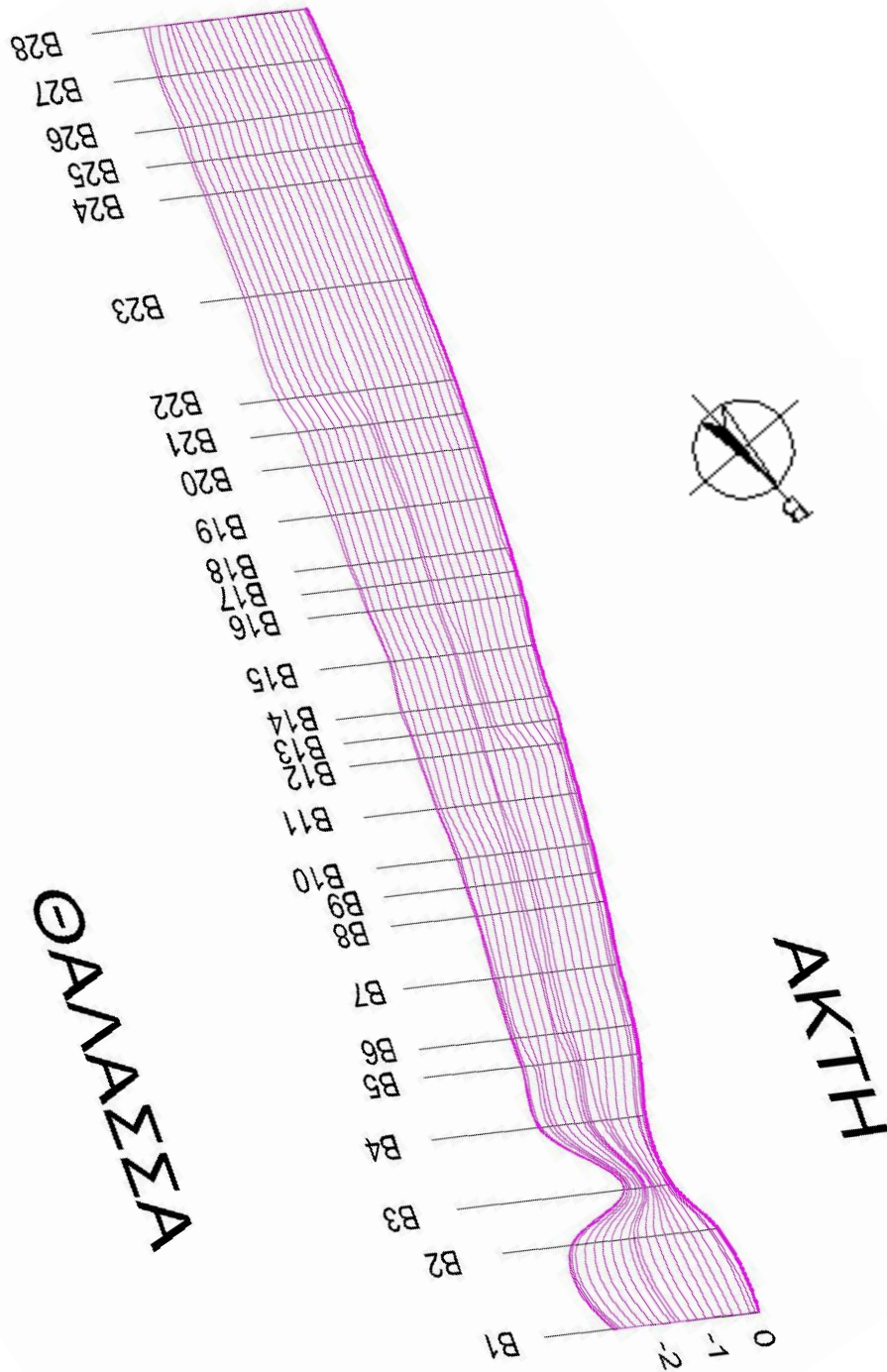
Τμήμα Β
Αρχική Επιφάνεια Φυσικού Πυθμένα



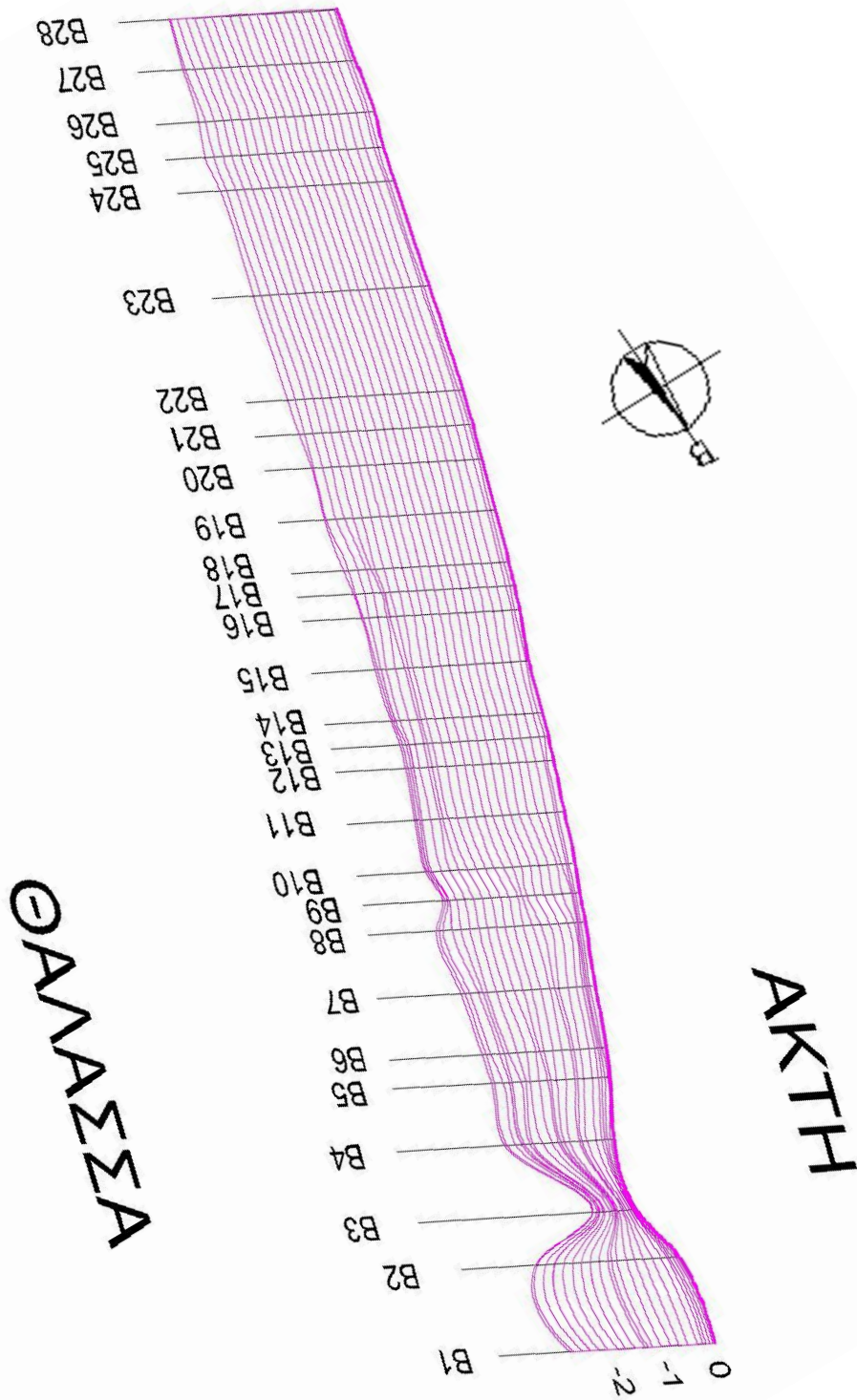
Τμήμα Β
Αρχική Επιφάνεια Φυσικού Πυθμένα με Κυματοθραύστες



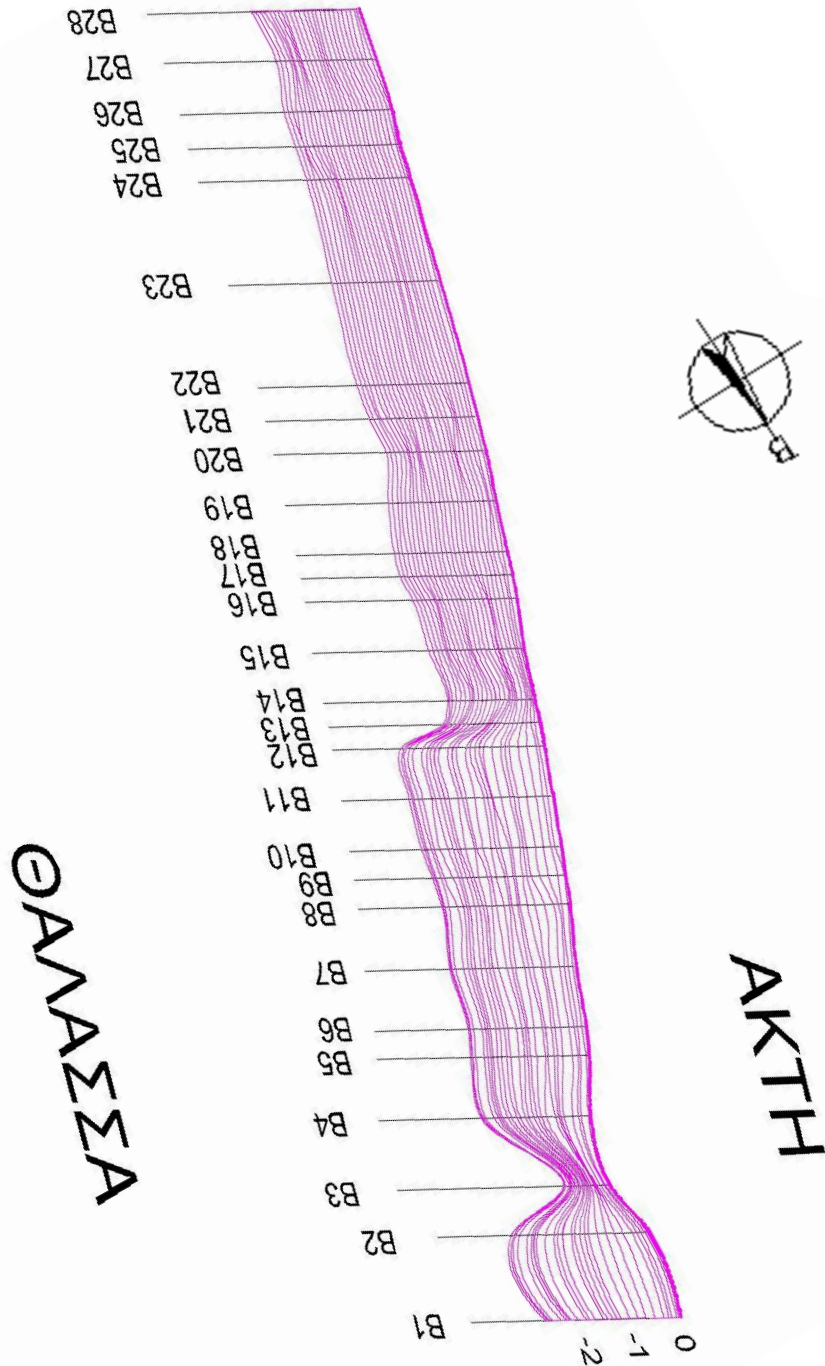
Τμήμα Β
Χωρίς Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Ανατολική (Δ4.1)



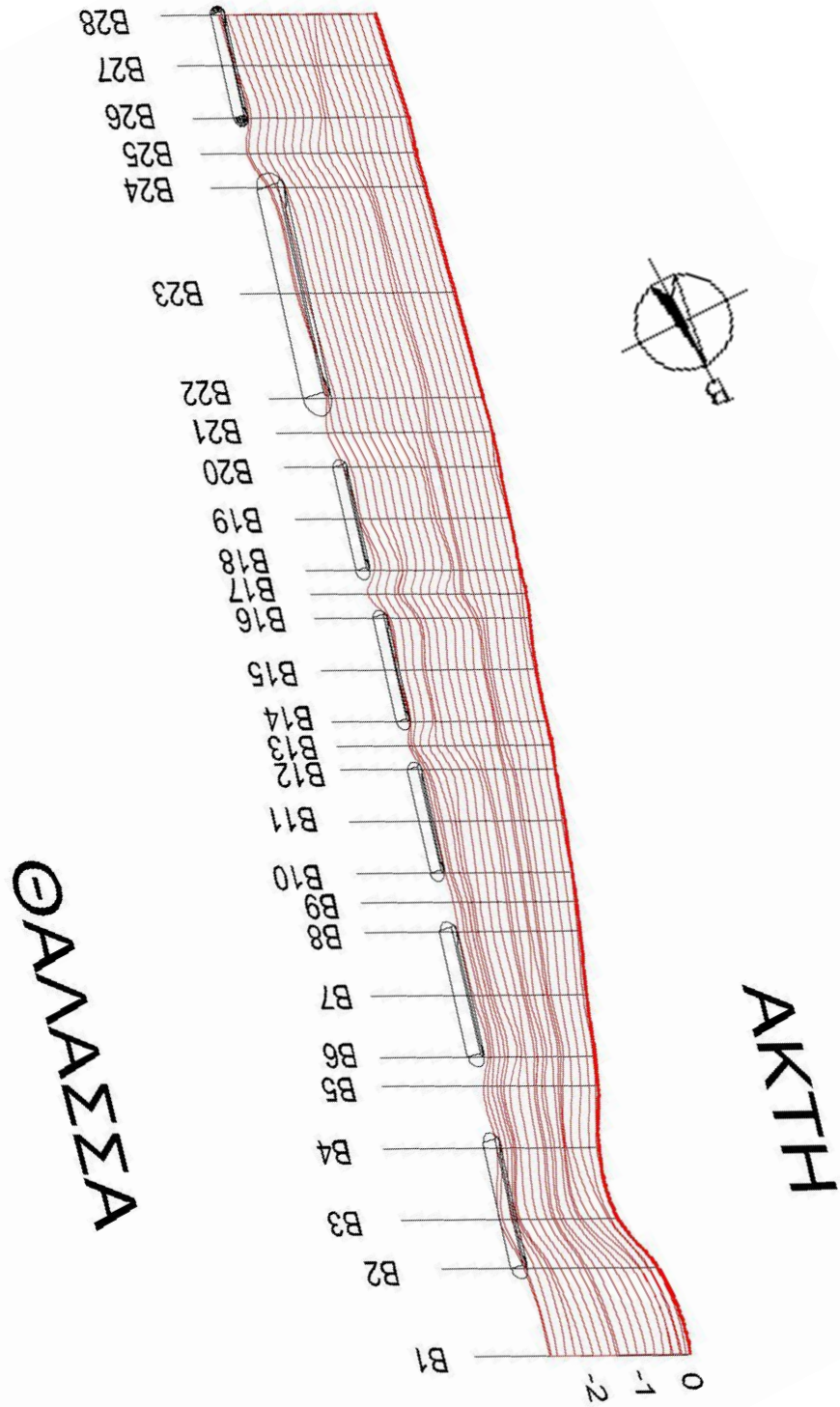
Τμήμα Β
Χωρίς Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Νοτιοανατολική (Δ4.2)



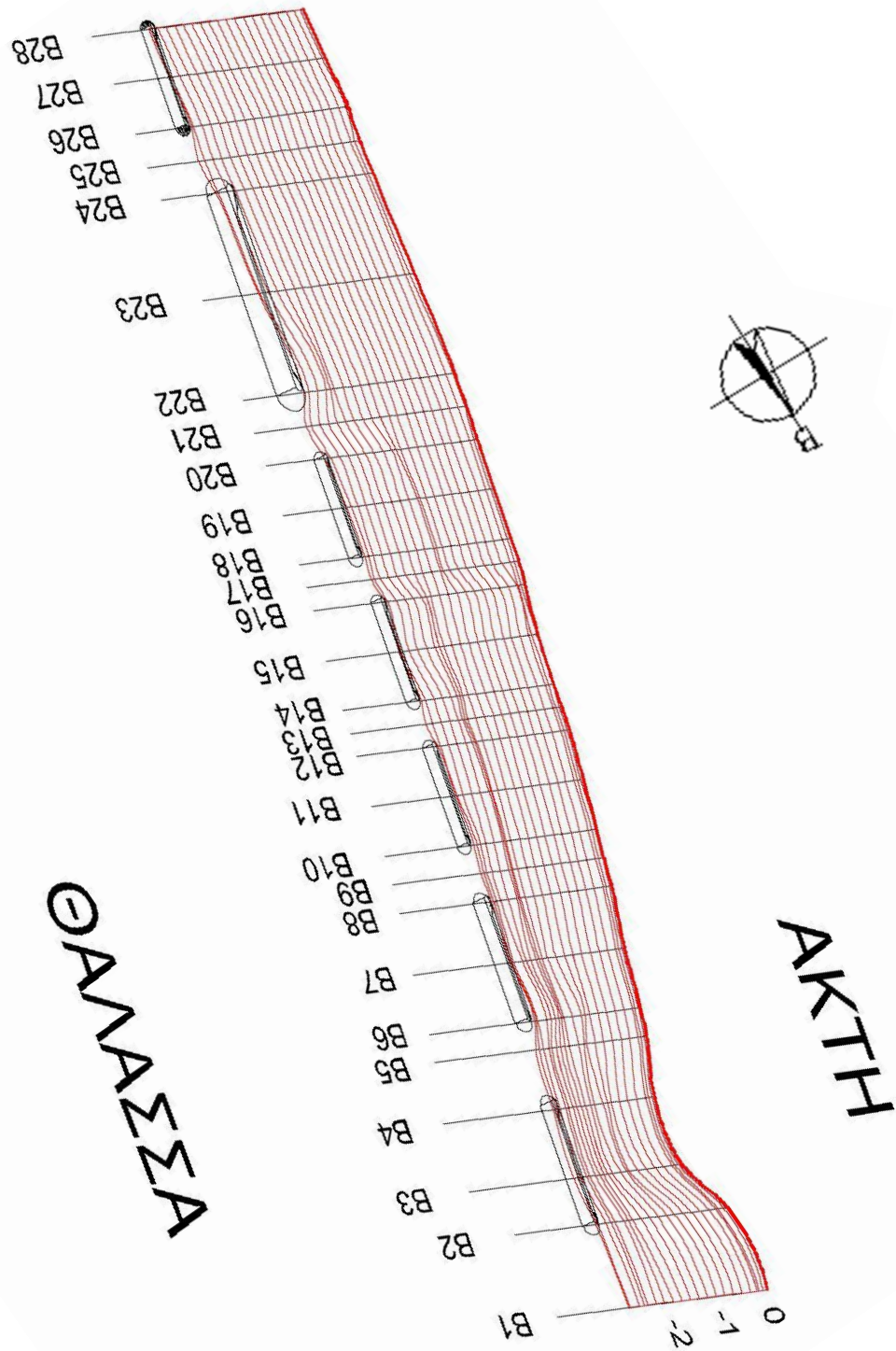
Τμήμα Β
Χωρίς Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Νότια (Δ4.3)



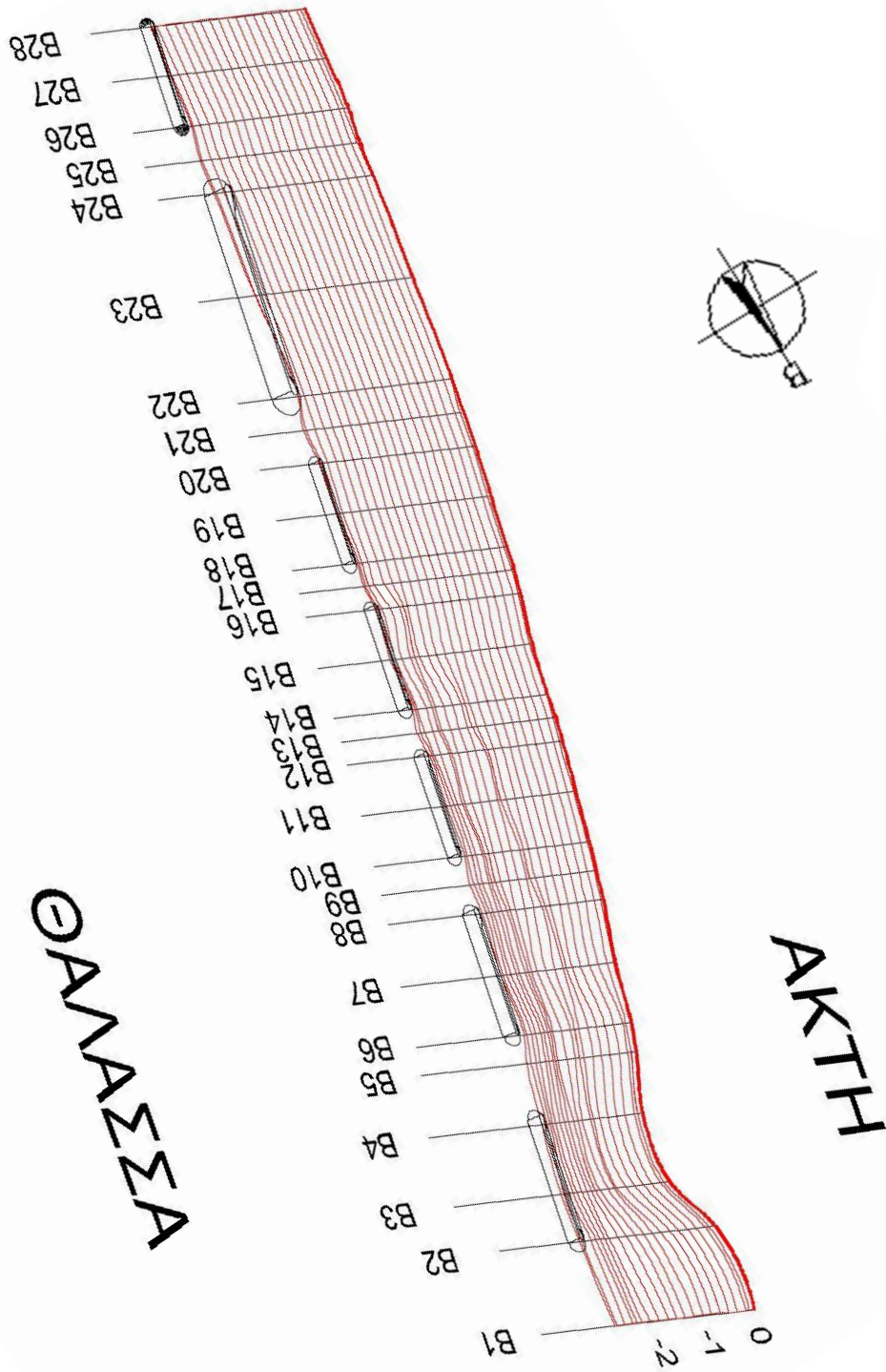
Τμήμα Β
Με Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Ανατολική (Δ5.1)



Τμήμα Β
Με Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Νοτιοανατολική (Δ5.2)



Τμήμα Β
Με Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Νότια (Δ5.3)

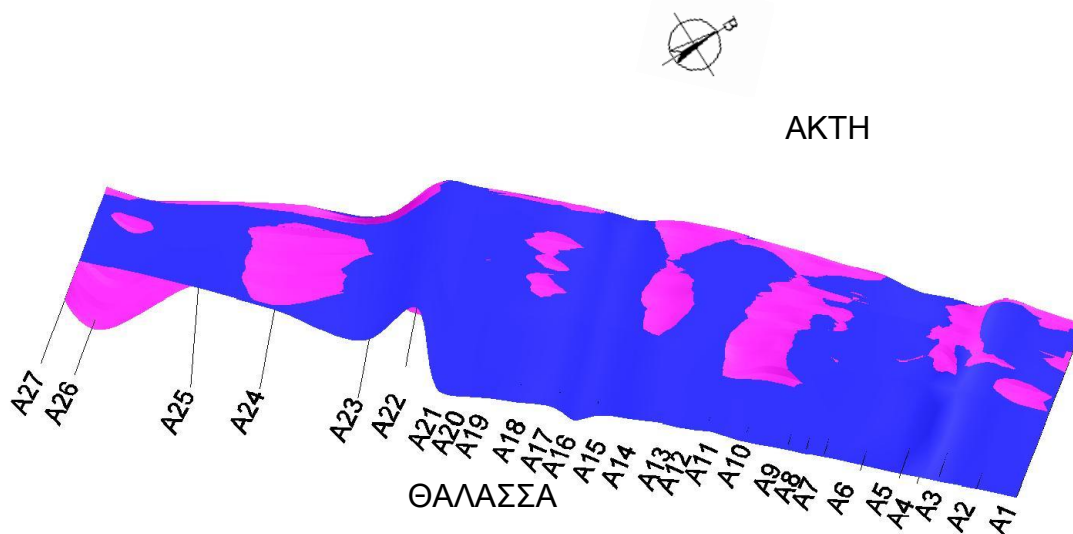


9.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

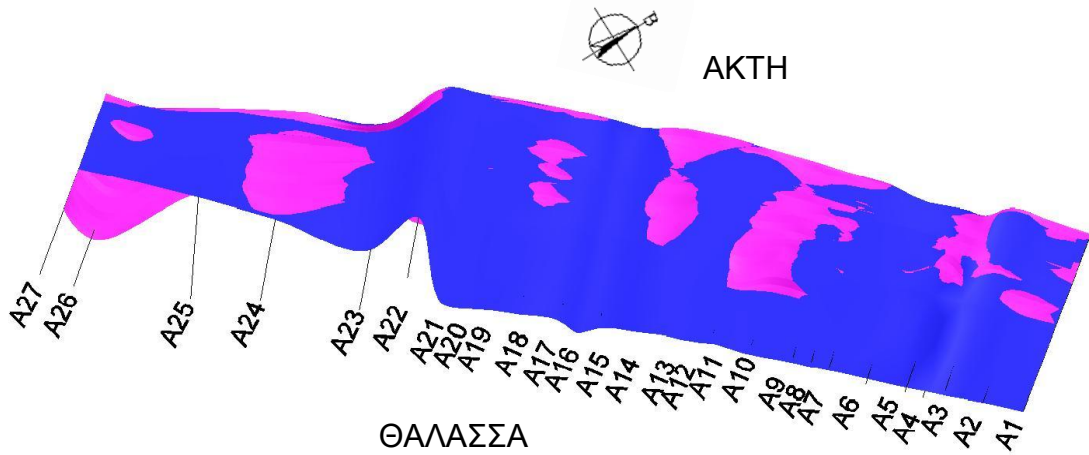
Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνεται πως διαμορφώθηκε τελικά ο φυσικός πυθμένας εξαιτίας της μεταφοράς των ιζημάτων λόγω της κυματική δράσης. Παρουσιάζεται η τομή της επιφάνειας του υφιστάμενου πυθμένα με την επιφάνεια όπως αυτή διαμορφώθηκε μετά την δράση των κυμάτων.

Με μπλε χρώμα, φαίνεται η αρχική επιφάνεια του πυθμένα, ενώ με ροζ, κόκκινο και πράσινο χρώμα, φαίνονται οι περιοχές στις οποίες υπάρχει απόθεση, μετά τη δράση των κυμάτων. Οι διαβρωμένες περιοχές, βρίσκονται κάτω από τη μπλε επιφάνεια.

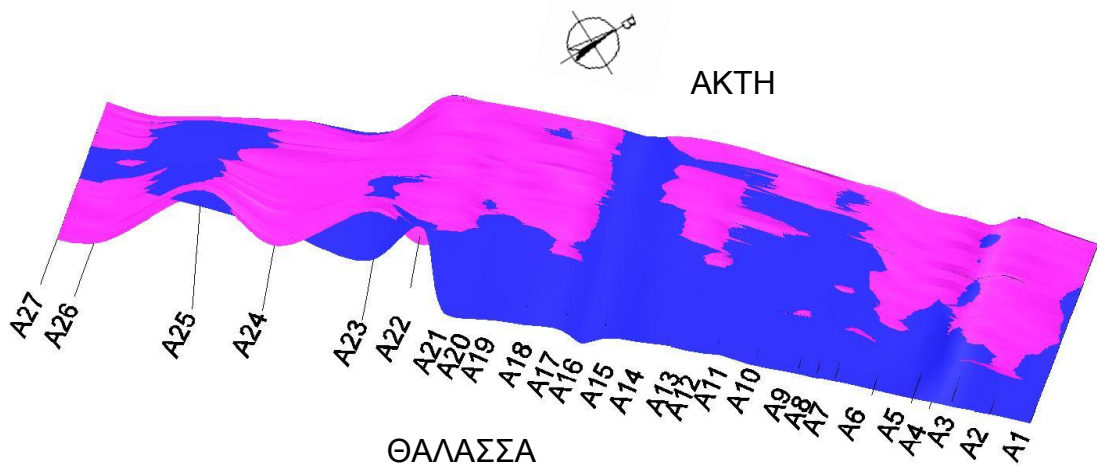
Τμήμα Α
Χωρίς Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων Ανατολική (Δ1.1)



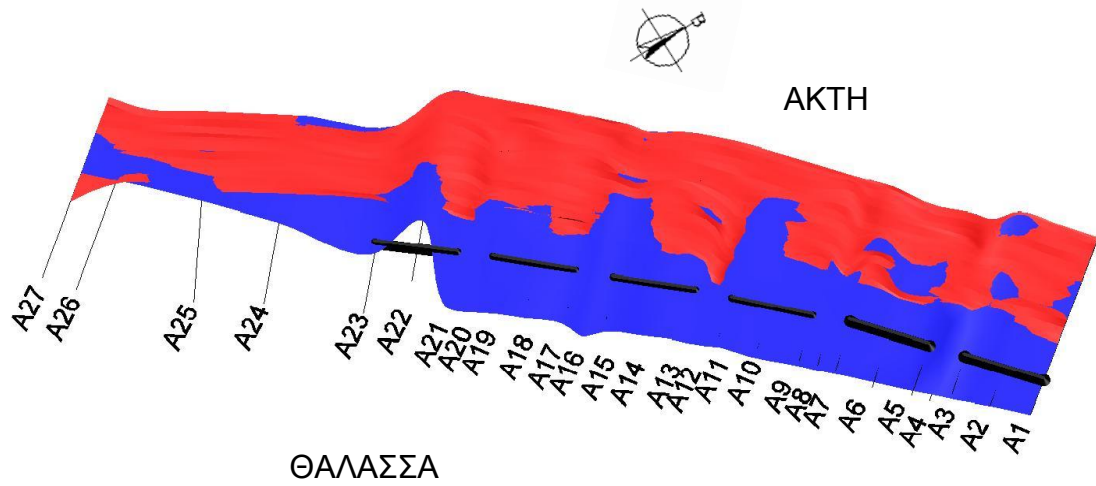
Τμήμα Α
Χωρίς Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων Νοτιοανατολική (Δ1.2)



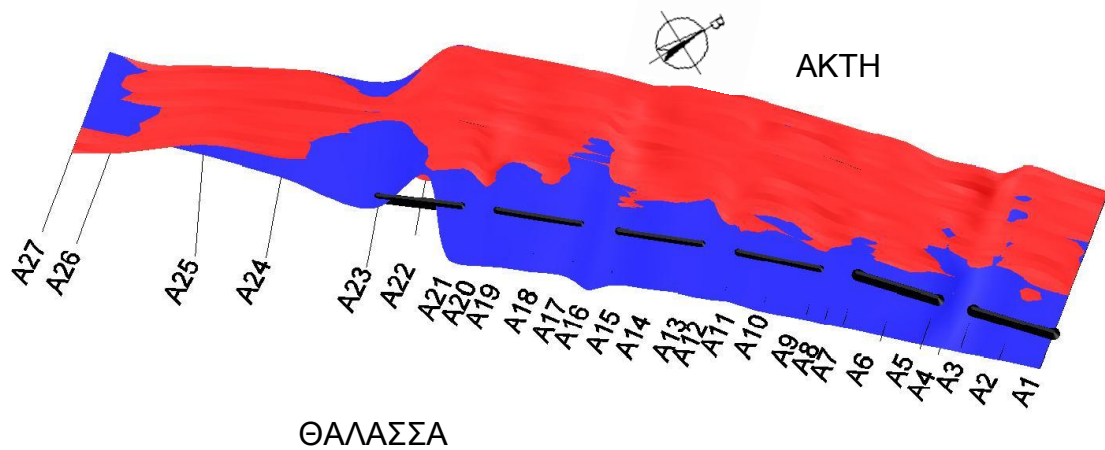
Τμήμα Α
Χωρίς Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Νότια (Δ1.3)



Τμήμα Α
Με Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Ανατολική (Δ2.1)



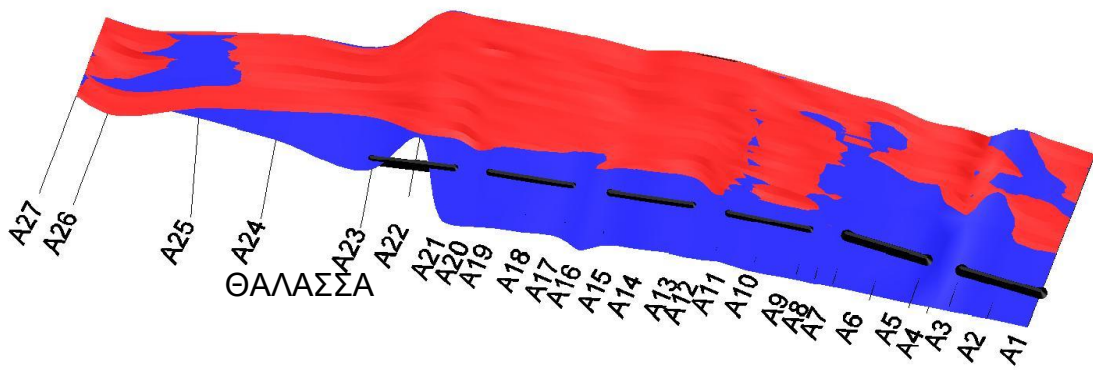
Τμήμα Α
Με Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Νότιοανατολική (Δ2.2)



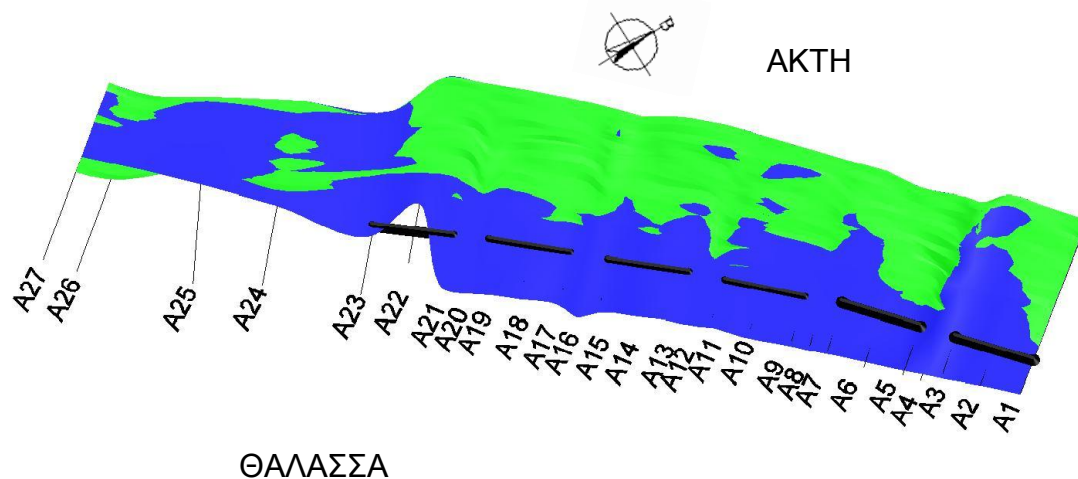
Τμήμα Α
Με Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Νότια (Δ2.3)



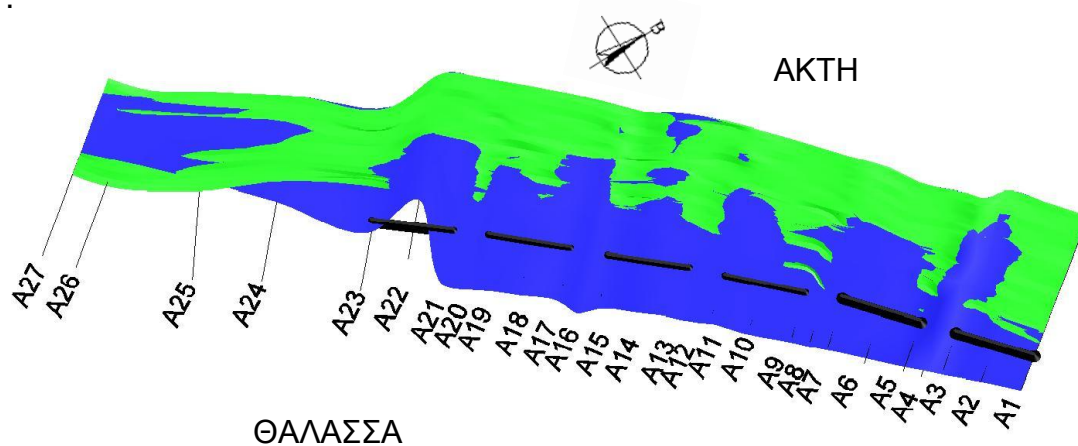
ΑΚΤΗ



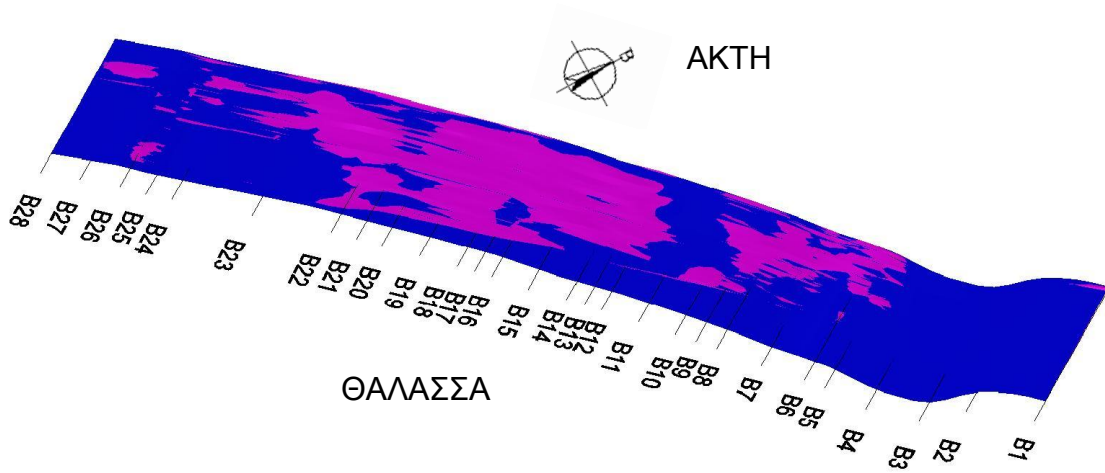
Τμήμα Α
 Με Κυματοθραύστες, Χωρίς Προβλήτα
 Διεύθυνση Πρόσπτωσης Ανατολική (Δ3.1)



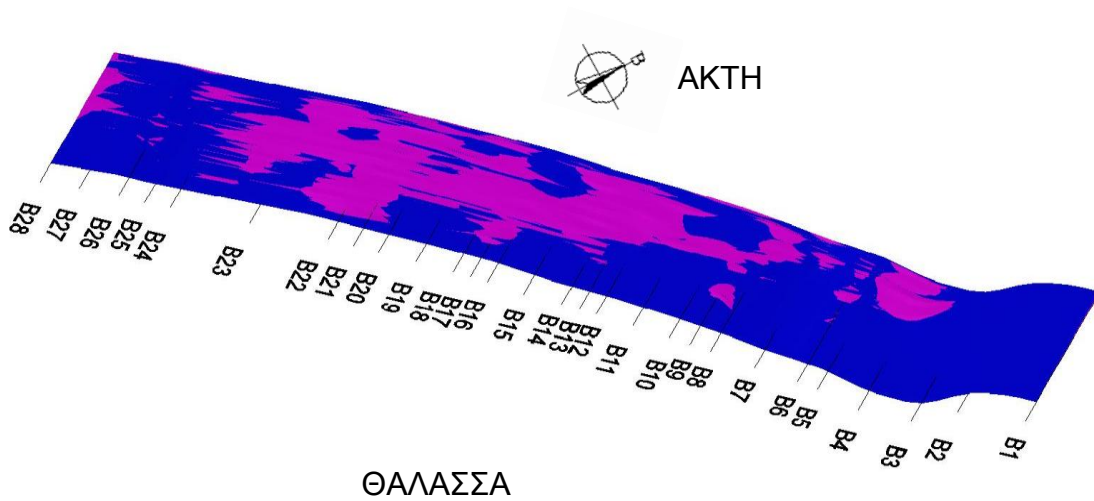
Τμήμα Α
 Με Κυματοθραύστες, Χωρίς Προβλήτα
 Διεύθυνση Πρόσπτωσης Νότια (Δ3.3)



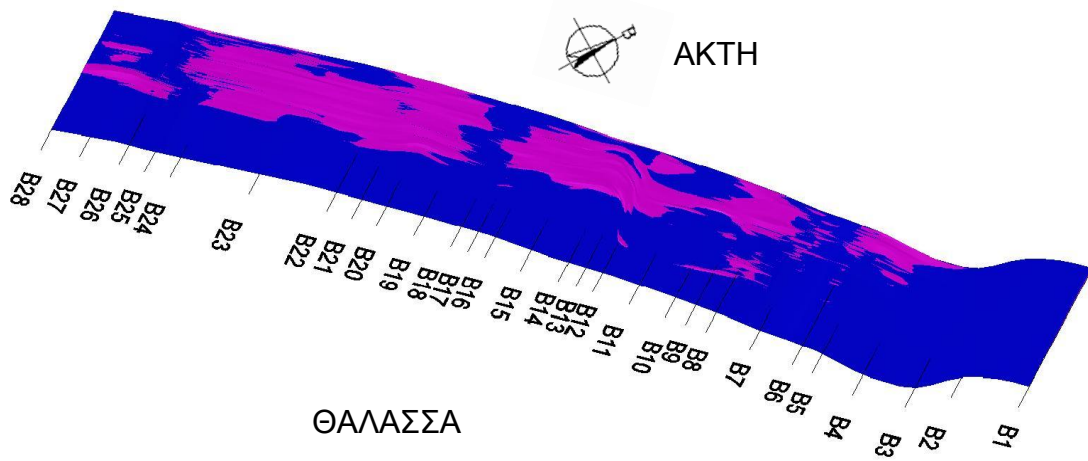
Τμήμα Β
Χωρίς Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Ανατολική (Δ4.1)



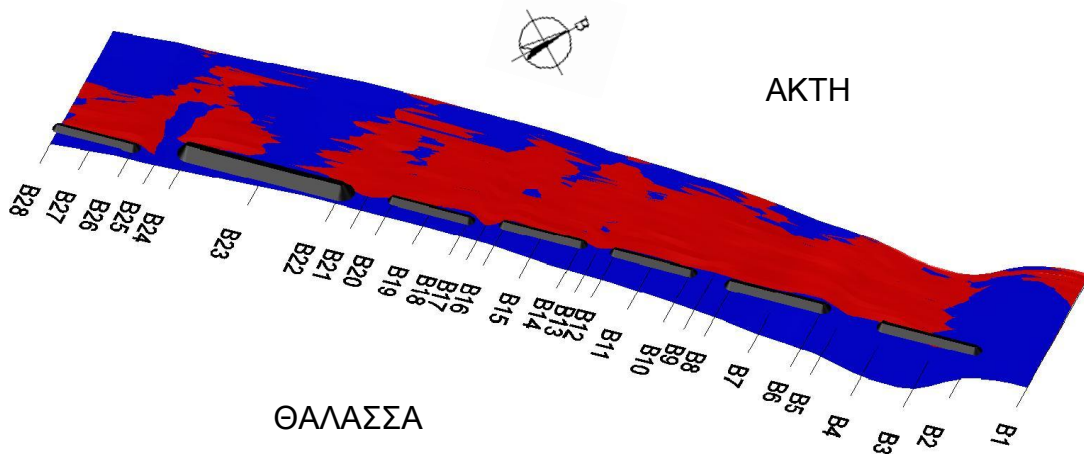
Τμήμα Β
Χωρίς Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Νοτιοανατολική (Δ4.2)



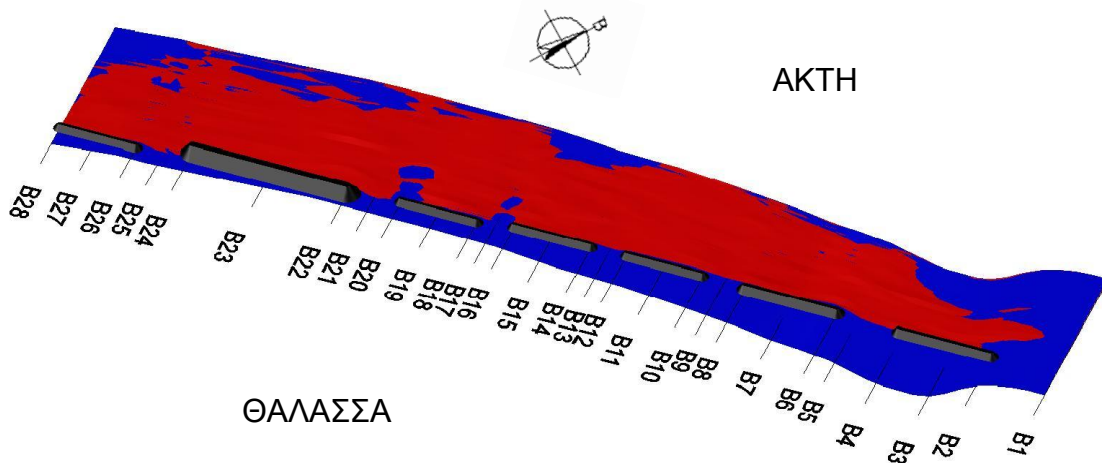
Τμήμα Β
Χωρίς Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Νότια (Δ4.3)



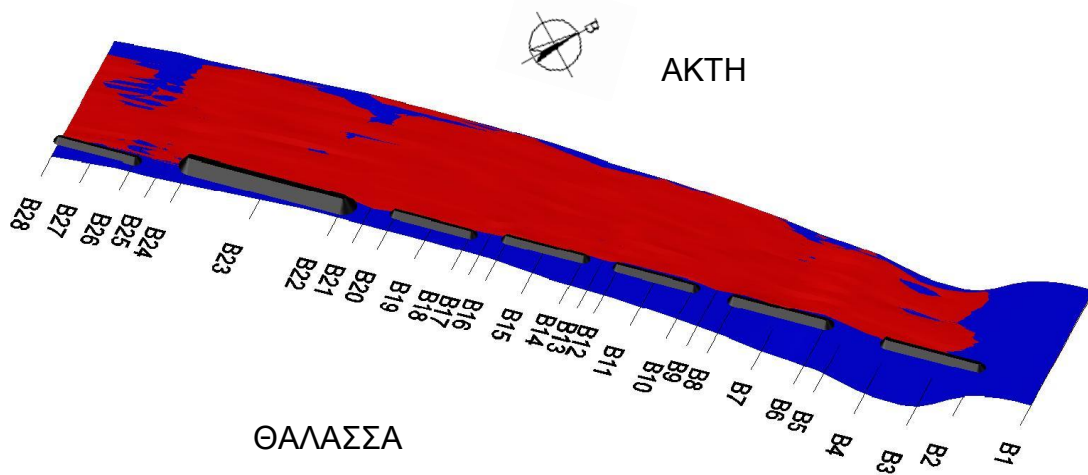
Τμήμα Β
Με Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Ανατολική (Δ5.1)



Τμήμα Β
Με Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Νοτιοανατολική (Δ5.2)



Τμήμα Β
Με Κυματοθραύστες
Διεύθυνση Πρόσπτωσης Νότια (Δ5.3)



9.3 ΟΓΚΟΙ ΔΙΑΚΙΝΗΘΕΝΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

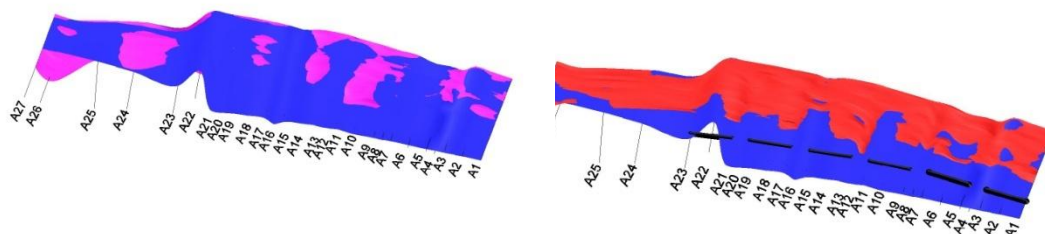
Από τα παραπάνω σχήματα, υπολογίσθηκαν οι μεταβολές των όγκων των διακινήθων ιζημάτων, Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθεται, ο συνολικός όγκος ιζημάτων που αποτέθηκε και διαβρώθηκε σε κάθε ένα από τα 14 πειράματα.

A/A	ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΘΗΚΕ (cm^3)	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΔΙΑΒΡΩΘΗΚΕ (cm^3)	ΔΙΑΦΟΡΑ ΟΓΚΩΝ (cm^3)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΚΙΝΗΘΗΚΕ (cm^3)
1	Δ1.1	30.913	98.182	-67.269	129.095
2	Δ1.2	25.644	87.675	-62.031	113.319
3	Δ1.3	32.434	45.335	-12.901	77.769
4	Δ2.1	86.676	35.368	51.308	122.044
5	Δ2.2	104.263	27.085	77.178	131.348
6	Δ2.3	97.293	28.166	69.127	125.459
7	Δ3.1	75.645	32.207	43.438	107.852
8	Δ3.3	80.811	34.557	46.254	115.368
9	Δ4.1	8.504	149.480	-140.976	157.984
10	Δ4.2	14.190	138.284	-124.094	152.474
11	Δ4.3	8.764	89.624	-80.860	98.388
12	Δ5.1	107.617	35.682	71.935	143.299
13	Δ5.2	58.007	39.379	18.628	97.386
14	Δ5.3	76.533	35.273	41.260	111.806

Πίνακας 9.1

Ακολουθεί σύγκριση μεταξύ των επιμέρους διατομών.

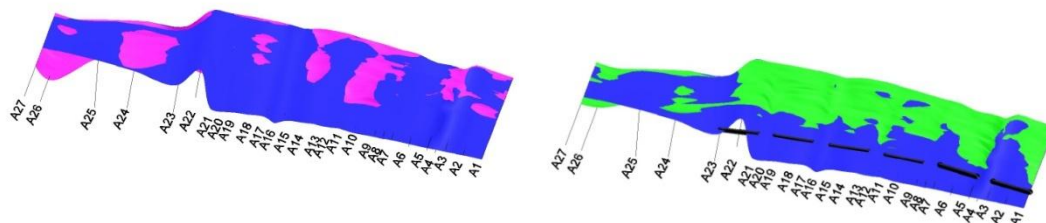
Δ1.1 - Δ2.1



ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΘΗΚΕ (cm^3)	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΔΙΑΒΡΩΘΗΚΕ (cm^3)	ΔΙΑΦΟΡΑ (cm^3)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΚΙΝΗΘΗΚΕ (cm^3)
Δ1.1	30.913	98.182	-67.269	129.095
Δ2.1	86.676	35.368	51.308	122.044
		ΑΘΡΟΙΣΜΑ	118.577	

Συγκρίνονται οι διατάξεις, Δ.1.1 (υφιστάμενη διάταξη, ανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων), και Δ2.1 (διάταξη με κυματοθραύστες, ανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων). Στη υφιστάμενη διάταξη, ο όγκος ιζήματος που απωλέσθηκε, είναι κατά πολύ μεγαλύτερος, από τον αντίστοιχο όγκο της διάταξης με έργα. Το αντίστροφο ισχύει για τον όγκο ιζήματος που αποτέθηκε. Συνολικά, μετά την τοποθέτηση των κυματοθραυστών, ο όγκος που «κερδήθηκε» είναι $\sim 119.000 \text{ cm}^3$. Επομένως, μετά την κατασκευή των κυματοθραυστών, η ακτή προστατεύεται ικανοποιητικά. Τέλος, διαφαίνεται ο σχηματισμός κωδωνοειδών αποθέσεων (salients) πίσω από τους κυματοθραύστες. Στα ανοίγματα μεταξύ των κυματοθραυστών, παρατηρείται απώλεια ιζήματος. Και στις 2 διατάξεις ο όγκος που διακινήθηκε είναι περίπου ο ίδιος $\sim 125.000 \text{ cm}^3$. Παρατηρείται ότι στη διάταξη χωρίς κυματοθραύστες, το ίζημα διαφεύγει προς την περιοχή των λιμενικών εγκαταστάσεων των διυλιστηρίων. Αντίθετα, στην διάταξη με κυματοθραύστες, το ίζημα συγκρατείται εσωτερικά των κυματοθραυστών και μέχρι την ακτογραμμή αλλά και εντός των λιμενικών εγκαταστάσεων.

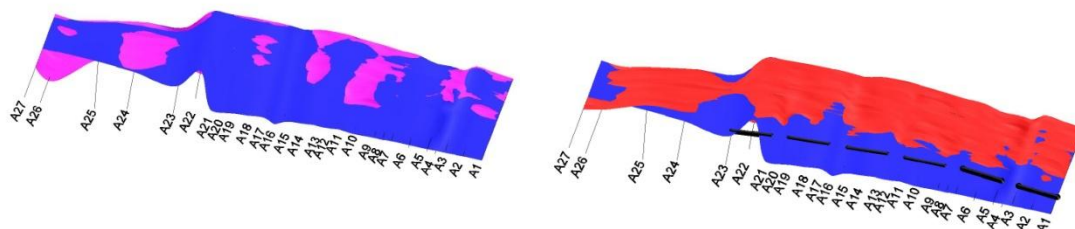
Δ1.1 - Δ3.1



ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΘΗΚΕ (cm^3)	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΔΙΑΒΡΩΘΗΚΕ (cm^3)	ΔΙΑΦΟΡΑ (cm^3)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΚΙΝΗΘΗΚΕ (cm^3)
Δ1.1	30.913	98.182	-67.269	129.095
Δ3.1	75.645	32.207	43.438	107.852
		ΑΘΡΟΙΣΜΑ	110.707	

Συγκρίνονται, οι διατάξεις Δ1.1 (υφιστάμενη διάταξη, ανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων), και Δ3.1 (διάταξη με κυματοθραύστες, χωρίς προβλήτα, ανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων). Στη διάταξη χωρίς έργα, ο όγκος ιζήματος που απωλέσθηκε, είναι κατά πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με τον αντίστοιχο όγκο της διάταξης με έργα. Το αντίστροφο ισχύει για τον όγκο ιζήματος που αποτέθηκε. Συνολικά, μετά την τοποθέτηση των κυματοθραυστών, ο όγκος που «κερδήθηκε» είναι $\sim 111.000 \text{ cm}^3$. Επομένως, μετά την κατασκευή των κυματοθραυστών ακτή προστατεύεται ικανοποιητικά. Στη διάταξη Δ3.1 (όπου έχει αφαιρεθεί ο προβλήτας), παρατηρείται ότι στα κατάντη της περιοχής όπου αρχικά βρισκόταν ο προβλήτας δεν συγκρατείται πλέον ίζημα.

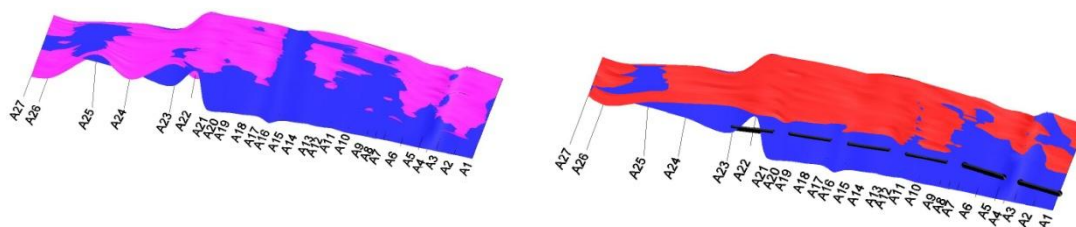
Δ1.2 - Δ2.2



ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΘΗΚΕ (cm^3)	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΔΙΑΒΡΩΘΗΚΕ (cm^3)	ΔΙΑΦΟΡΑ (cm^3)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΚΙΝΗΘΗΚΕ (cm^3)
Δ1.2	25.644	87.675	-62.031	113.319
Δ2.2	104.263	27.085	77.178	131.348
		ΑΘΡΟΙΣΜΑ	139.209	

Συγκρίνονται, οι διατάξεις Δ1.2 (υφιστάμενη διάταξη, νοτιοανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων) και Δ2.2 (διάταξη με κυματοθραύστες, νοτιοανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων). Στη διάταξη χωρίς έργα, ο όγκος ιζήματος που απωλέσθηκε, είναι κατά πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με τον αντίστοιχο όγκο της διάταξης με έργα. Το αντίστροφο ισχύει για τον όγκο ιζήματος που αποτέθηκε. Συνολικά, μετά την τοποθέτηση των κυματοθραυστών, ο όγκος που «κερδήθηκε» είναι $\sim 140.000 \text{ cm}^3$. Επομένως, μετά την κατασκευή των κυματοθραυστών ακτή προστατεύεται ικανοποιητικά. Τέλος, διαφαίνεται ο σχηματισμός κωδωνοειδών αποθέσεων (salients) πίσω από τους κυματοθραύστες.

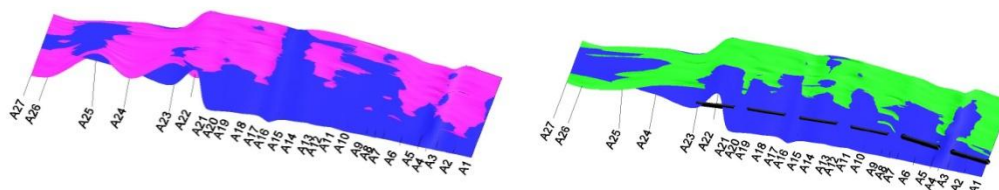
Δ1.3 - Δ2.3



ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΘΗΚΕ (cm^3)	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΔΙΑΒΡΩΘΗΚΕ (cm^3)	ΔΙΑΦΟΡΑ (cm^3)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΚΙΝΗΘΗΚΕ (cm^3)
Δ1.3	32.434	45.335	-12.901	77.769
Δ2.3	97.293	28.166	69.127	125.459
		ΑΘΡΟΙΣΜΑ	82.028	

Συγκρίνονται, οι διατάξεις Δ1.3 (υφιστάμενη διάταξη, νότια διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων) και Δ2.3 (διάταξη με κυματοθραύστες, νότια διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων). Στην υφιστάμενη διάταξη διακινήθηκε μικρή ποσότητα ιζημάτων. Το ισοζύγιο είναι αρνητικό (διάβρωση.) Διάβρωση παρατηρείται στο κεντρικό τμήμα της ακτής. Κατά την κατασκευή των έργων το ποσόν του ιζήματος που συγκρατείται αυξάνεται σημαντικά με τελική απόθεση 69.000 cm^3 . Συνολικά, μετά την τοποθέτηση των κυματοθραυστών, ο όγκος που «κερδήθηκε» είναι $\sim 82.000\text{ cm}^3$. Στην υφιστάμενη κατάσταση, παρά το ότι η ακτή δέχεται την υψηλότερη κυματική ενέργεια. Δεν παρατηρείται έντονη διάβρωση. Επομένως, μετά την κατασκευή των κυματοθραυστών ακτή προστατεύεται ικανοποιητικά. Τέλος, διαφαίνεται ο σχηματισμός κωδωνοειδών αποθέσεων (salients) πίσω από τους κυματοθραύστες.

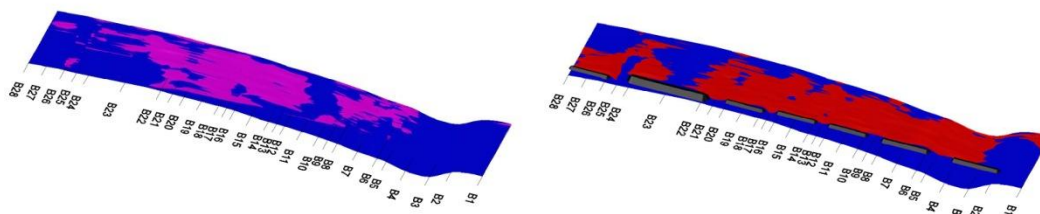
Δ1.3 - Δ3.3



ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΘΗΚΕ (cm^3)	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΔΙΑΒΡΩΘΗΚΕ (cm^3)	ΔΙΑΦΟΡΑ (cm^3)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΚΙΝΗΘΗΚΕ (cm^3)
Δ1.3	32.434	45.335	-12.901	77.769
Δ3.3	80.811	34.557	46.254	115.368
		ΑΘΡΟΙΣΜΑ	59.155	

Συγκρίνονται, οι διατάξεις Δ1.3 (υφιστάμενη διάταξη, νότια διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων) και Δ3.3 (διάταξη με κυματοθραύστες, χωρίς προβλήτα, νότια διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων). Στην υφιστάμενη διάταξη διακινήθηκε μικρή ποσότητα ιζημάτων. Το ισοζύγιο είναι αρνητικό (διάβρωση.) Διάβρωση παρατηρείται στο κεντρικό τμήμα της ακτής. Κατά την κατασκευή των έργων το ποσόν του ιζήματος που συγκρατείται αυξάνεται σημαντικά με τελική απόθεση 46.000 cm^3 . Συνολικά, μετά την τοποθέτηση των κυματοθραυστών, ο όγκος που «κερδήθηκε» είναι $\sim 60.000\text{ cm}^3$. Στην υφιστάμενη κατάσταση, παρά το ότι η ακτή δέχεται την υψηλότερη κυματική ενέργεια, δεν παρατηρείται έντονη διάβρωση. Επομένως, μετά την κατασκευή των κυματοθραυστών ακτή προστατεύεται ικανοποιητικά. Τέλος, διαφαίνεται ο σχηματισμός κωδωνοειδών αποθέσεων (salients) πίσω από τους κυματοθραύστες.

Δ4.1 - Δ5.1

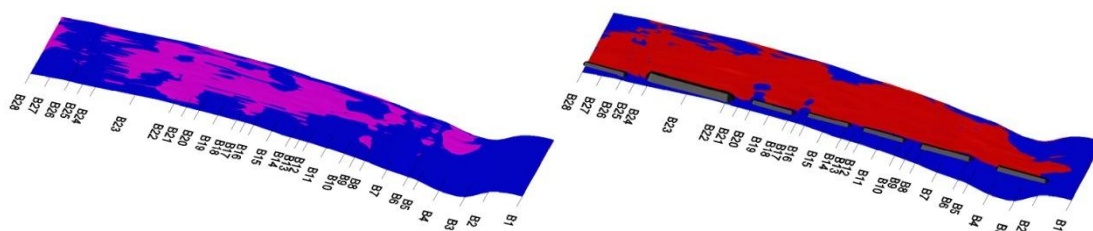


ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΘΗΚΕ (cm^3)	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΔΙΑΒΡΩΘΗΚΕ (cm^3)	ΔΙΑΦΟΡΑ (cm^3)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΚΙΝΗΘΗΚΕ (cm^3)
Δ.4.1	8.504	149.480	-140.976	157.984
Δ.5.1	107.617	35.682	71.935	143.299
		ΑΘΡΟΙΣΜΑ	212.911	

Συγκρίνονται, οι διατάξεις Δ4.1 (χωρίς κυματοθραύστες, ανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων) και Δ5.1 (με κυματοθραύστες, ανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων).

Στην διάταξη χωρίς έργα απωλέσθηκε μεγάλη ποσότητα ιζημάτων ενώ αποτέθηκε πολύ μικρή ποσότητα, ιδιαίτερα στο κεντρικό τμήμα της ακτής. Η περιοχή στην οποία παρατηρείται μεγάλη διάβρωση στην πραγματικότητα εμφανίζεται και εδώ υπό διάβρωση. Στη διάταξη χωρίς έργα, ο όγκος ιζήματος που απωλέσθηκε, είναι κατά πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με τον αντίστοιχο όγκο της διάταξης με έργα. Το αντίστροφο ισχύει για τον όγκο ιζήματος που αποτέθηκε. Συνολικά, μετά την τοποθέτηση των κυματοθραυστών, ο όγκος που «κερδήθηκε» είναι $\sim 210.000 \text{ cm}^3$. Τέλος, διαφαίνεται ο σχηματισμός κωδωνοειδών αποθέσεων (salients) πίσω από τους κυματοθραύστες. Η περιοχή πίσω από τον K7 μεγάλο κυματοθραύστη η οποία και βρίσκεται υπό διάβρωση δεν προστατεύεται ικανοποιητικά. Απαιτείται ανύψωση της στάθμης στέψης του K7 .

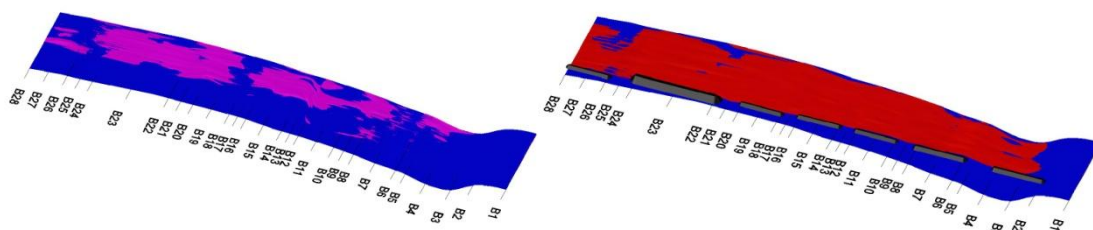
Δ4.2 - Δ5.2



ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΘΗΚΕ (cm^3)	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΔΙΑΒΡΩΘΗΚΕ (cm^3)	ΔΙΑΦΟΡΑ (cm^3)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΚΙΝΗΘΗΚΕ (cm^3)
Δ.4.2	14.190	138.284	-124.094	152.474
Δ.5.2	58.007	39.379	18.628	97.386
		ΑΘΡΟΙΣΜΑ	142.722	

Συγκρίνονται, οι διατάξεις Δ4.2 (διάταξη χωρίς κυματοθραύστες, νοτιοανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων) και Δ5.2 (διάταξη με κυματοθραύστες, νοτιοανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων). Στη διάταξη χωρίς έργα, ο όγκος ιζήματος που απωλέσθηκε, είναι κατά πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με τον αντίστοιχο όγκο της διάταξης με έργα. Το αντίστροφο ισχύει για τον όγκο ιζήματος που αποτέθηκε. Συνολικά, μετά την τοποθέτηση των κυματοθραυστών, ο όγκος που «κερδήθηκε» είναι $\sim 142.000 \text{ cm}^3$. Επομένως, μετά την κατασκευή των κυματοθραυστών ακτή προστατεύεται ικανοποιητικά. Η γωνία πρόσπτωσης των κυμάτων με την ακτή είναι σχεδόν 90° κατά συνέπεια υπάρχει έντονη κάθετη στερεομεταφορά. Στη διάταξη Δ5.2 λόγω των κυματοθραυστών, η στερεομεταφορά αυτή περιορίζεται σημαντικά. Τέλος, διαφαίνεται ο σχηματισμός κωδωνοειδών αποθέσεων (salients) πίσω από τους κυματοθραύστες. Στην υφιστάμενη διάταξη η περιοχή με την μεγαλύτερη διάβρωση στην πραγματικότητα και εδώ παρουσιάζεται προβληματική. Ακόμη και μετά την κατασκευή του Κ7 δεν προστατεύεται ικανοποιητικά. Απαιτείται ανύψωση της στάθμης στέψης του Κ7.

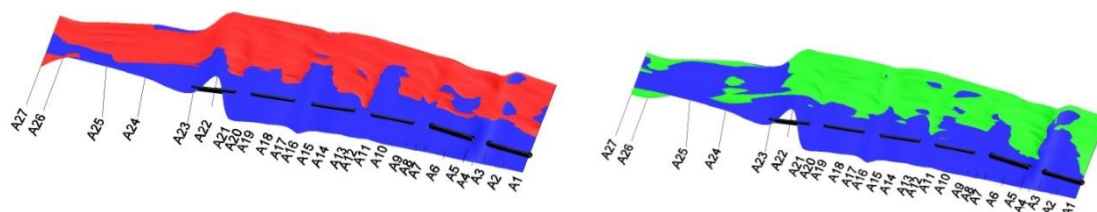
Δ4.3 - Δ5.3



ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΘΗΚΕ (cm^3)	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΔΙΑΒΡΩΘΗΚΕ (cm^3)	ΔΙΑΦΟΡΑ (cm^3)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΚΙΝΗΘΗΚΕ (cm^3)
Δ.4.3	8.764	89.624	-80.860	98.388
Δ.5.3	76.533	35.273	41.260	111.806
		ΑΘΡΟΙΣΜΑ	122.120	

Συγκρίνονται, οι διατάξεις Δ4.3 (χωρίς κυματοθραύστες, νότια διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων) και Δ5.2 (με κυματοθραύστες, νότια διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων). Στη διάταξη χωρίς έργα, ο όγκος ιζήματος που απωλέσθηκε, είναι κατά πολύ μεγαλύτερος σε σχέση με τον αντίστοιχο όγκο της διάταξης με έργα. Το αντίστροφο ισχύει για τον όγκο ιζήματος που αποτέθηκε. Συνολικά, μετά την τοποθέτηση των κυματοθραυστών, ο όγκος που «κερδήθηκε» είναι $\sim 122.000 \text{ cm}^3$. Επομένως, μετά την κατασκευή των κυματοθραυστών ακτή προστατεύεται ικανοποιητικά. Τέλος, διαφάνεται ο σχηματισμός κωδωνοειδών αποθέσεων (salients) πίσω από τους κυματοθραύστες.

Δ2.1 – Δ3.1

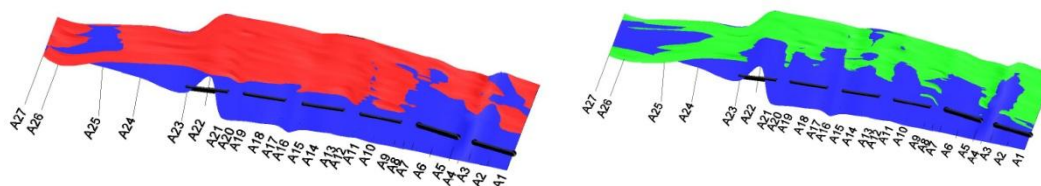


ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΘΗΚΕ (cm^3)	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΔΙΑΒΡΩΘΗΚΕ (cm^3)	ΔΙΑΦΟΡΑ (cm^3)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΚΙΝΗΘΗΚΕ (cm^3)
Δ2.1	86.676	35.368	51.308	122.044
Δ3.1	75.645	32.207	43.438	107.852

Συγκρίνονται, οι διατάξεις Δ2.1 (με κυματοθραύστες, ανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων) και Δ3.1 (με κυματοθραύστες, χωρίς προβλήτα, ανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων). Παρατηρείται, ότι ο προβλήτας, δεν επηρεάζει σημαντικά τους όγκους ιζημάτων που αποτίθενται και διαβρώνονται. Τόσο ο όγκος ιζημάτων που διαβρώθηκε όσο και ο όγκος ιζημάτων που αποτέθηκε είναι ελαφρά μειωμένος στην Διάταξη Δ3.1 ως προς την Δ2.1. Από την σύγκριση της κυματικής διαταραχής για την Διάταξη Δ3.1 και η κυματική διαταραχή ήταν ελαφρά μειωμένη σε σύγκριση με την κυματική διαταραχή της Δ2.1.

Η επίδραση του προβλήτα εμφανίζεται στην περιοχή των διατομών Δ22 ως και Δ27, όπου κατά την διάταξη Δ31, παρατηρείται διάβρωση λόγω της αποξήλωσης του προβλήτα και μεταφορά των ιζημάτων προς τα δυτικά.

Δ2.3 – Δ3.3



ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΘΗΚΕ (cm^3)	ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΔΙΑΒΡΩΘΗΚΕ (cm^3)	ΔΙΑΦΟΡΑ (cm^3)	ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ ΠΟΥ ΜΕΤΑΚΙΝΗΘΗΚΕ (cm^3)
Δ.2.3	97.293	28.166	69.127	125.459
Δ.3.3	80.811	34.557	46.254	115.368

Συγκρίνονται, οι διατάξεις Δ2.3 (με κυματοθραύστες, νότια διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων) και Δ3.3 (με κυματοθραύστες, χωρίς προβλήτα, νότια διεύθυνση πρόσπτωσης κυμάτων). Παρατηρείται, ότι στη διάταξη που υπάρχει ο προβλήτας, ο όγκος ιζήματος που αποτίθεται είναι αυξημένος, και ο όγκος ιζήματος που διαβρώνεται είναι μειωμένος. Επομένως, ο συνολικός όγκος που συγκρατείται, αυξάνεται όταν υπάρχει προβλήτα.

9.4 ΜΕΘΟΔΟΣ CERC

Η κατά μήκος ακτής στερεοπαροχή, υπολογίστηκε με τη μέθοδο CERC. Για την καλύτερη προσομοίωση τα δύο τμήματα του μοντέλου, χωρίστηκαν σε 3 επιμέρους τμήματα με κοινές κλίσεις ως προς το βορά (αζιμούθιο). Τα τμήματα αυτά παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί:

Τμήμα		Αζιμούθιο (°)	Μήκος (m)
Τμήμα Α	A1	218	427
	A2	213	332
	A3	205	67
Τμήμα Β	B1	231	532
	B2	315	202
	B3	320	336

Στη συνέχεια για καθένα από τα επιμέρους τμήματα, υπολογίστηκε η στερεοπαροχή προς το επόμενο τμήμα σε $\frac{m^3}{sec}$ ανά μέτρο μήκους ακτής. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Τμήμα Α Ανατολική Διεύθυνση Κυμάτων

Τμήμα	β_o (°)	H_o (m)	Q_i $(\frac{m^3}{sec}/m)$
A1	38	2,24	0,45
A2	33	2,24	0,43
A3	25	2,24	0,36

Τμήμα Α Νοτιοανατολική Διεύθυνση Κυμάτων

Τμήμα	β_o (°)	H_o (m)	Q_i $(\frac{m^3}{sec}/m)$
A1	-7	2,26	-0,12
A2	-12	2,26	-0,20
A3	-20	2,26	-0,32

Τμήμα Α
Νότια Διεύθυνση Κυμάτων

Τμήμα	β_o ($^\circ$)	H_o (m)	Q_l ($\frac{m^3}{sec}/m$)
A1	-52	2,34	-0,47
A2	-57	2,34	-0,43
A3	-65	2,34	-0,34

Τμήμα Β
Ανατολική Διεύθυνση Κυμάτων

Τμήμα	β_o ($^\circ$)	H_o (m)	Q_l ($\frac{m^3}{sec}/m$)
B1	51	2,24	0,43
B2	45	2,24	0,45
B3	40	2,24	0,36

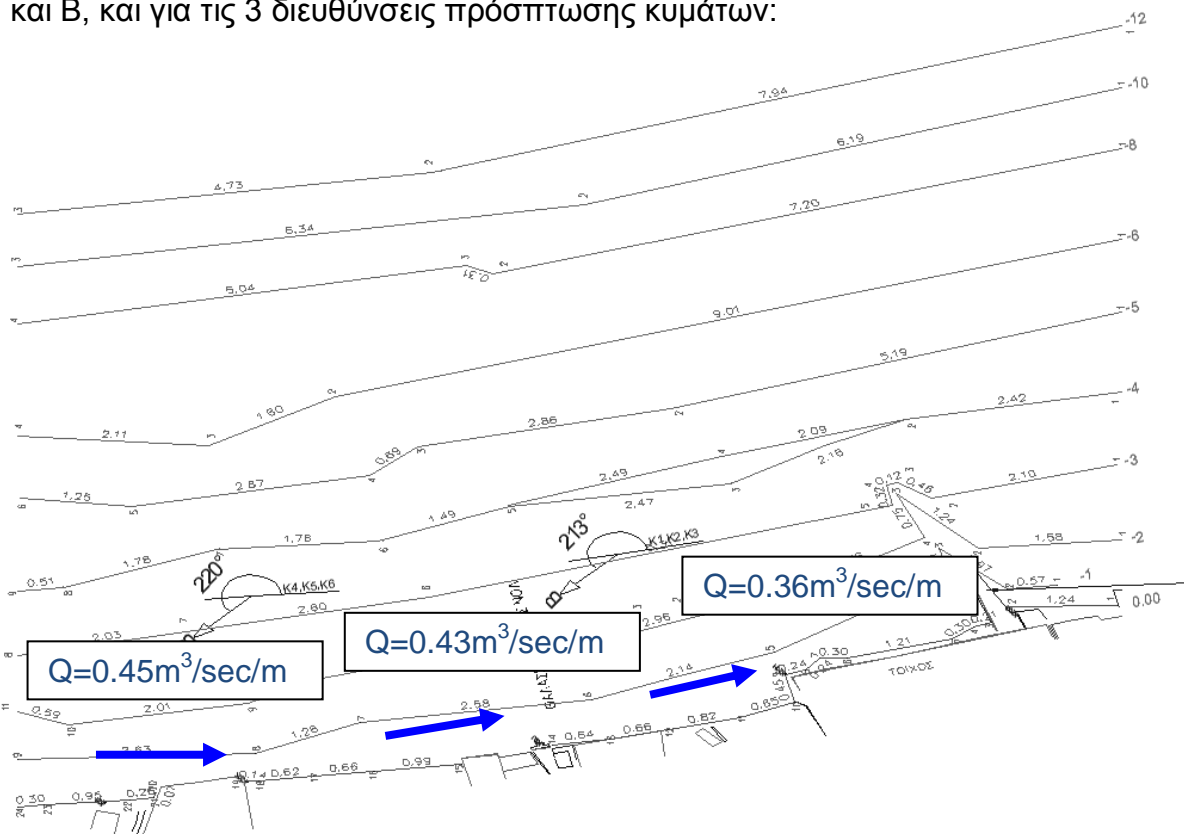
Τμήμα Β
Νοτιοανατολική Διεύθυνση Κυμάτων

Τμήμα	β_o ($^\circ$)	H_o (m)	Q_l ($\frac{m^3}{sec}/m$)
B1	-6	2,26	-0,10
B2	-90	2,26	-0,00
B3	-85	2,26	-0,05

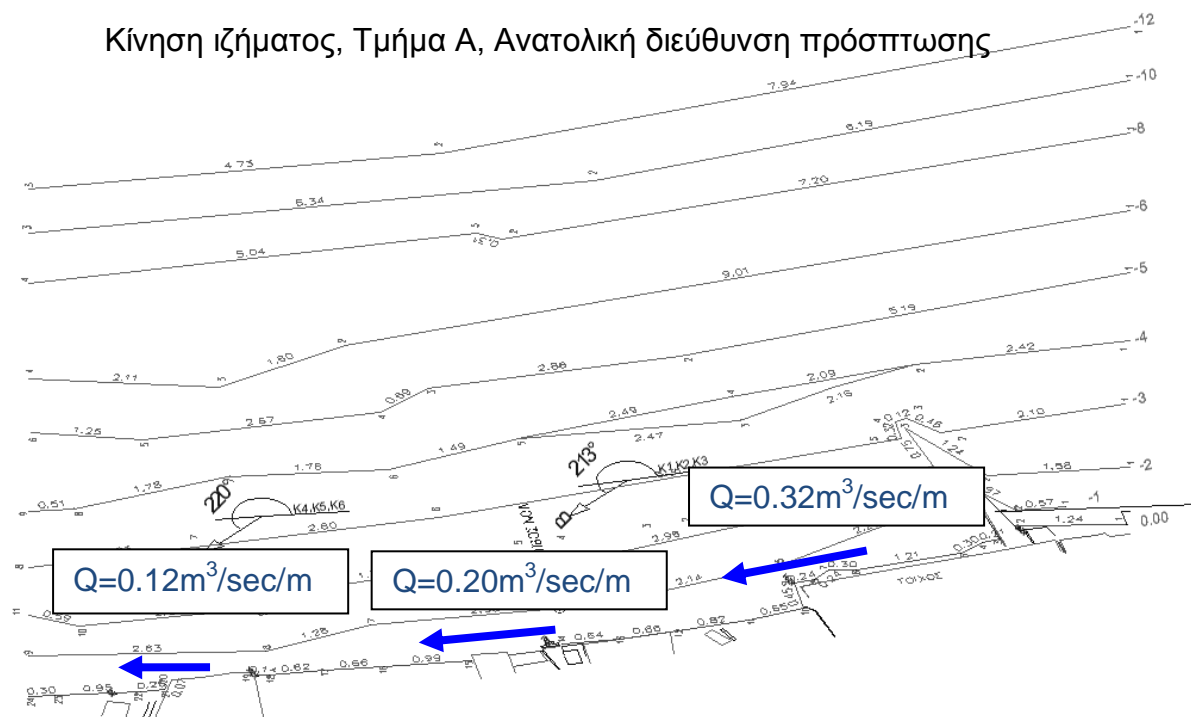
Τμήμα Β
Νότια Διεύθυνση Κυμάτων

Τμήμα	β_o ($^\circ$)	H_o (m)	Q_l ($\frac{m^3}{sec}/m$)
B1	-39	2,34	-0,50
B2	-45	2,34	-0,00
B3	-50	2,34	-0,48

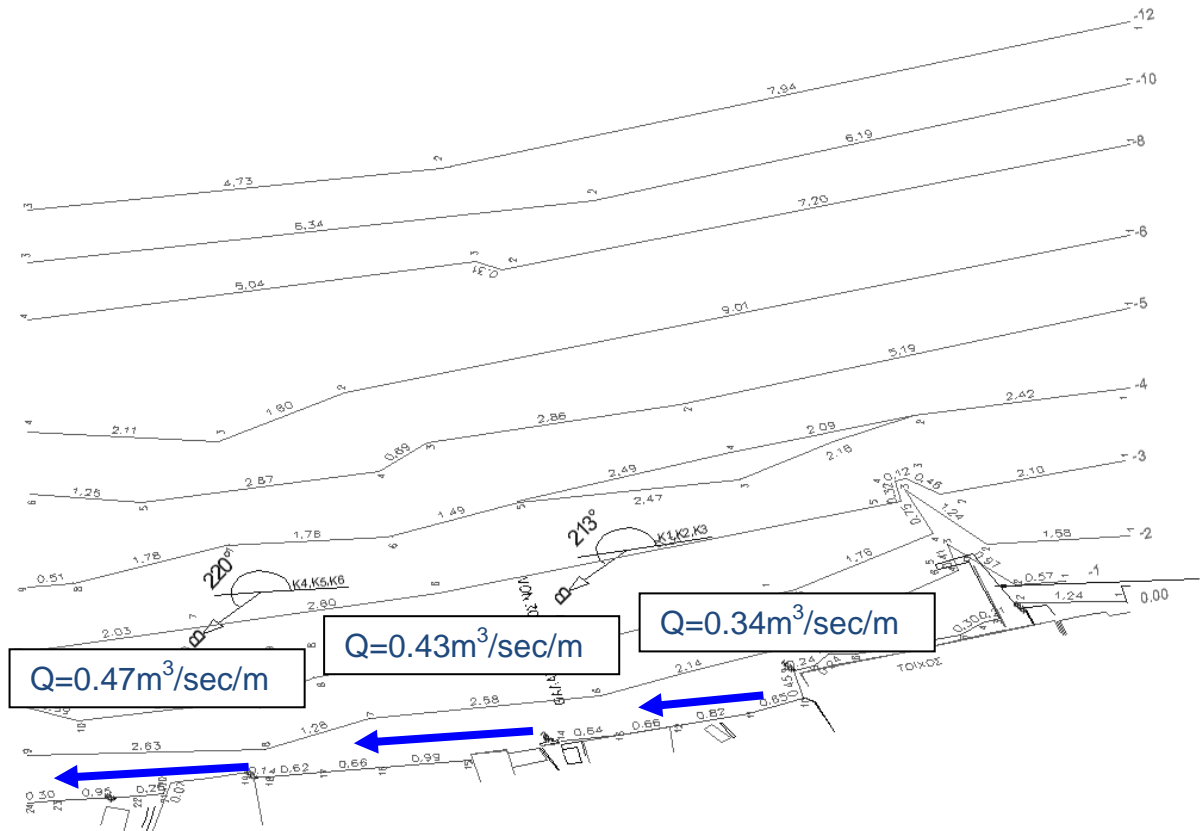
Παρατίθεται σχηματικά, η κατά μήκος ακτής στερεοπαροχή για τα τμήματα Α και Β, και για τις 3 διευθύνσεις πρόσπτωσης κυμάτων:



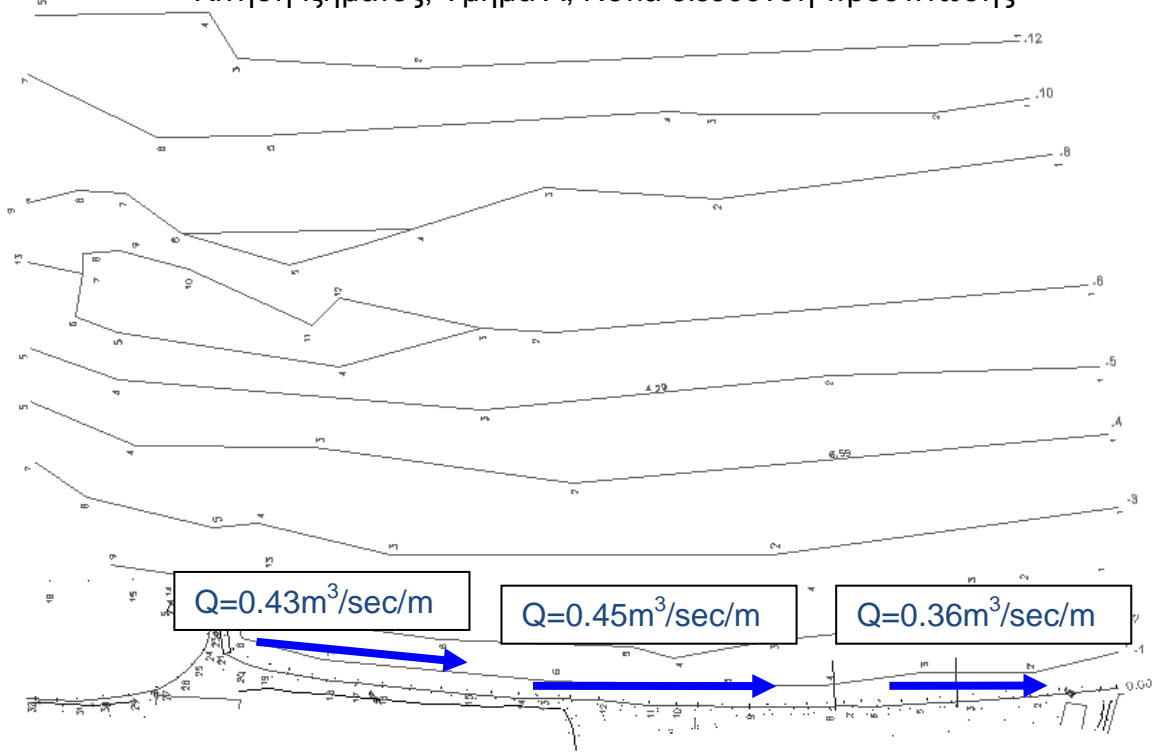
Κίνηση ιζήματος, Τμήμα Α, Ανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης



Κίνηση ιζήματος, Τμήμα Α, Νοτιοανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης

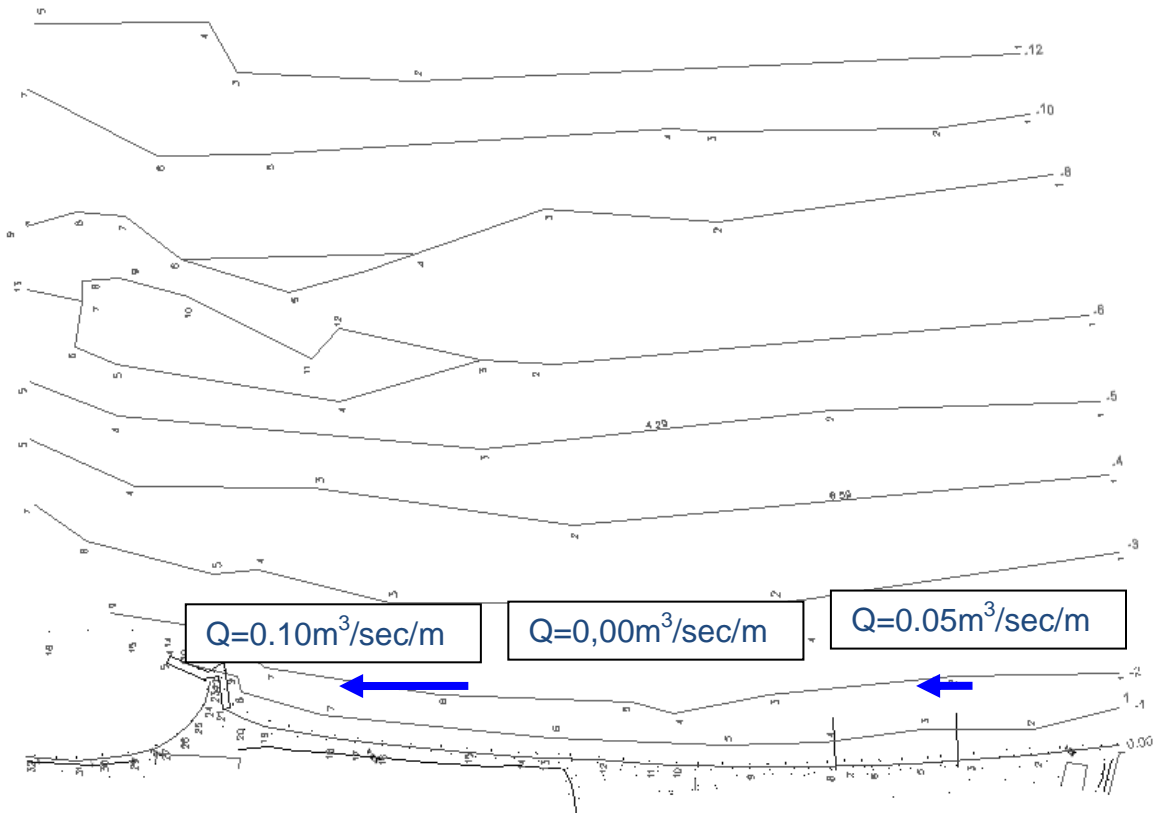


Κίνηση ιζήματος, Τμήμα Α, Νότια διεύθυνση πρόσπτωσης

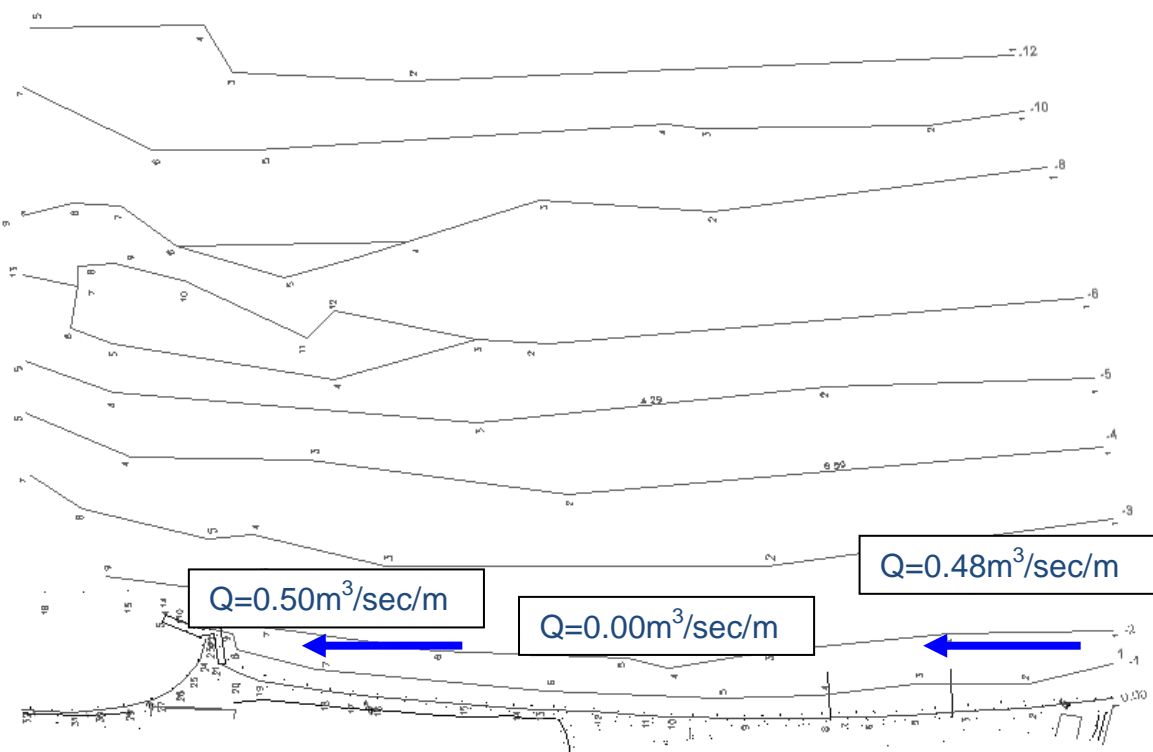


Κίνηση ιζήματος, Τμήμα Β, Ανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης

9. ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ



Κίνηση ιζήματος, Τμήμα Β, Νοτιοανατολική διεύθυνση πρόσπτωσης



Κίνηση ιζήματος, Τμήμα Β, Νότια διεύθυνση πρόσπτωσης

Από τα παραπάνω παρατηρείται, ότι η στερεομεταφορά, κυμαίνεται από $0.00\text{m}^3/\text{sec}/\text{m}$, έως $0.48\text{m}^3/\text{sec}/\text{m}$.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί, πως η μέθοδος CERC, υπολογίζει μόνο την κατά μήκος ακτής στερεομεταφορά, και όχι την στερεομεταφορά κάθετα στην ακτογραμμή.

Τέλος, καθώς η κατά μήκος ακτής στερεομεταφορά, εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης κυμάτων, υπήρξαν τμήματα όπου η αριθμητική τιμή της, όπως υπολογίστηκε από τη μέθοδο CERC, ήταν μηδενική.

Στα σημεία που σύμφωνα με την μέθοδο CERC αναμένεται διάβρωση ή απόθεση, πράγματι παρατηρήθηκε διάβρωση ή αντίστοιχα απόθεση και στο φυσικό προσομοίωμα. Ιδιαίτερα τονίζεται το τμήμα της ακτής, εσωτερικά του κυματοθραύστη K7, όπου παρατηρούνται έντονες διαβρώσεις στην φύση, και αυτό παρατηρήθηκε τόσο στο φυσικό προσομοίωμα, όσο και στα αποτελέσματα της μεθόδου CERC.

10.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά συμπεράσματα για την κυματική διαταραχή που καταγράφηκε και για την αποτύπωση της εξέλιξης της ακτογραμμής.

Η κυματική διαταραχή μετά την κατασκευή των έργων προστασίας μειώνεται σημαντικά στην περιοχή μεταξύ της ακτογραμμής και του συστήματος κυματοθραυστών, τόσο στα διάκενα των κυματοθραυστών, όσο και όπισθεν των κυματοθραυστών. Αντίθετα, στην περιοχή βαθέων υδάτων δεν παρατηρήθηκε μεταβολή της κυματικής διαταραχής εξαιτίας των κυματοθραυστών.

Για την υφιστάμενη σήμερα κατάσταση (χωρίς τους κυματοθραύστες) επιβεβαιώνεται στο προσομοίωμα η τάση διάβρωσης της ακτογραμμής, για όλες τις διευθύνσεις πρόσπτωσης κυματισμών. Επίσης επιβεβαιώνονται στο προσομοίωμα οι περιοχές έντονης διάβρωσης, που παρατηρούνται στη φύση. Πλέον επιβαρυσμένο παρουσιάζεται το ανατολικό τμήμα της ακτής.

Με την κατασκευή των κυματοθραυστών, η ακτογραμμή προστατεύεται σημαντικά, και ανακτάται μέρος της διαβρωθείσας ακτής.

Μετά την περαιτέρω έρευνα με την αποτύπωση της μεταβολής του πυθμένα μετά την κυματική δράση συνάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μέτρηση του όγκου ιζημάτων που μεταφέρεται, συμφωνούν με την εξέλιξη της ακτογραμμής. Δηλαδή, στις διατάξεις όπου η ακτογραμμή προελαύνει σημαντικά παρατηρείται απόθεση ιζήματος στην ύφαλη περιοχή (ανυψώνεται ο πυθμένας), καθώς και σχηματισμός κωδωνοειδών αποθέσεων (salients).

Σε όλες τις διατάξεις με κυματοθραύστες, παρατηρείται απόθεση και συγκράτηση του διακινούμενου ιζήματος. Ανάλογα με τις διευθύνσεις πρόσπτωσης των κυμάτων διαφοροποιούνται και οι περιοχές που διαβρώνονται ή προσχώνονται. Παρατηρούνται κωδωνοειδείς αποθέσεις πίσω από τους κυματοθραύστες, ενώ στα ανοίγματα μεταξύ των κυματοθραυστών παρατηρούνται μικρότερες αποθέσεις έως και διαβρώσεις ιζήματος. Γενικότερα, με την τοποθέτηση των κυματοθραυστών, παρατηρείται ότι περιορίζεται σημαντικά η διάβρωση του πυθμένα, ενώ συγκρατείται μεγάλος όγκος ιζήματος.

Η στάθμη στέψης των κυματοθραυστών φαίνεται να είναι ικανοποιητική. Μόνον στην περιοχή του Τμήματος Β όπου παρατηρούνται έντονες διαβρώσεις και βρίσκεται πίσω από τον κυματοθραύστη με το μεγαλύτερο μήκος παρατηρείται ανεπαρκής προστασία. Για τον λόγο αυτό προτείνεται η ανύψωση της στάθμης στέψης του εν λόγω κυματοθραύστη.

Από την ποσοτικοποίηση των όγκων ιζημάτων που διακινήθηκαν, προέκυψε για όλες τις διευθύνσεις πρόσπτωσης κυματισμών για την υφιστάμενη κατάσταση, διάβρωση της περιοχής.

Μετά την κατασκευή των έργων προστασίας παρατηρείται όχι μόνον η ανακοπή της διάβρωσης αλλά και η συγκράτηση του ιζήματος.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε το τρισδιάστατο Autocad για να σχεδιασθεί η μεταβολή του πυθμένα και να υπολογισθούν συνολικά οι όγκοι των διακινήθέντων ιζημάτων.

Με τη χρήση της μεθόδου CERC, υπολογίστηκε η κατά μήκος ακτής στερεομεταφορά. Η στερεομεταφορά που υπολογίστηκε, στο φυσικό προσομοίωμα, με τα πειράματα, ήταν κατά μήκος ακτής στερεομεταφορά, αλλά και κάθετη στην ακτογραμμή στερεομεταφορά. Επομένως, δεν ήταν δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων της μεθόδου CERC, με τα αποτελέσματα των πειραμάτων. Εντούτοις, παρατηρήθηκε σύγκληση των αποτελεσμάτων της μεθόδου CERC, με τα πειραματικά αποτελέσματα και την παρατηρούμενη στην φύση κατάσταση.

Με τα υπάρχοντα στοιχεία και με τα δεδομένα των κυμάτων δίνεται η δυνατότητα για περαιτέρω διερεύνηση του προβλήματος και υπολογισμού των διακινούμενων όγκων ανά διατομή, έτσι ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων του φυσικού προσομοιώματος με αριθμητικές προσομοιώσεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Μουτζούρης Κ.Ι. (2005), ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα

Μουτζούρης Κ.Ι. (2000), ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα

Steven A. Hughes (1995), Physical models and laboratory techniques in coastal engineering, World Scientific Publishing

Ερευνητικό Πρόγραμμα “Μελέτη προστασίας και βελτίωσης του παραλιακού μετώπου λιμανιού Λάρνακας - Διυλιστηρίων - Ορόκλινη”, Τεχνική Έκθεση (2011), Εργαστήριο Λιμενικών Έργων Ε.Μ.Π.

İsmail Hakki Ozolcer (2008), An experimental study on geometric characteristics of beach erosion profiles, Ocean Engineering 35

Atila Bayram, Magnus Larson, Hans Hanson (2007), A new formula for the total longshore sediment transport rate, Coastal Engineering 54

Russo V, Allsop W, Sutherland J, Obhrai C, Arena F (2010), Physical modeling of mobile beach material to study short-term beach dynamics, Proceedings of 3rd International Conference on the Application of Physical Modeling to Port and Coastal Protection

Raquel Silva, Fernando Veloso Gomes, Francisco Taveira Pinto (2010), 3D Movable bed model of an eroding beach, Coastlab 2010

Steven A. Hughes (2000), Simulation of Current-Induced Scour in Movable-Bed Inlet Models

Servet Karasu, Paul A. Work, M. Kemal Cambazoğlu, Ömer Yüksek (2008), Coupled Longshore and Cross-Shore Models for Beach Nourishment Evolution at Laboratory Scale, Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering

Steven A. Hughes (1983), Movable-bed modeling law for coastal dune erosion, U.S. Army Corps of Engineers

Kazumasa Mishimura, Naofumi Shiraishi (1981), Laboratory study on the shoreline changes behind a coastal structure, Coastal Engineering 5

David G. Hamilton, Bruce A. Ebersole, Ernest R. Smith, Ping Wang (2001), Development of a Large-Scale Laboratory Facility for Sediment Transport Research, U.S. Army Corps of Engineers

Tiffany M. Roberts, Ping Wang, Nicholas C. Kraus (2010), Limits of Wave Runup and Corresponding Beach-Profile Change from Large-Scale Laboratory Data, *Journal of Coastal Research* 26

Paul E. Russell (1993), Mechanisms for beach erosion during storms, *Continental Shelf Research*, Vol. 13

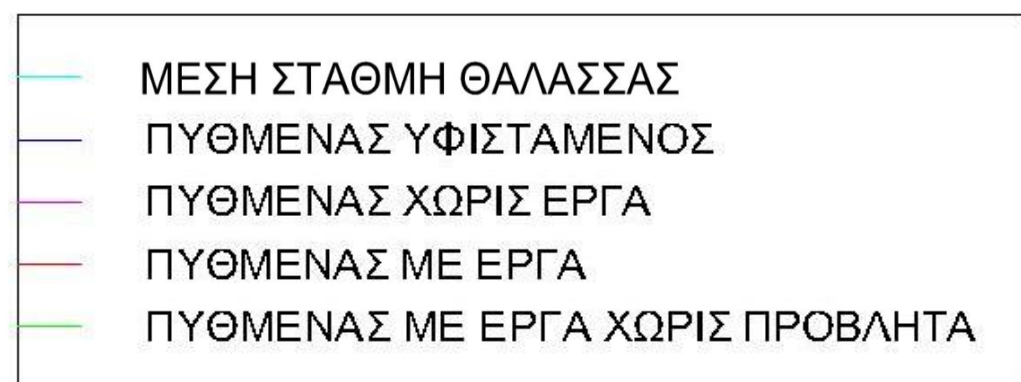
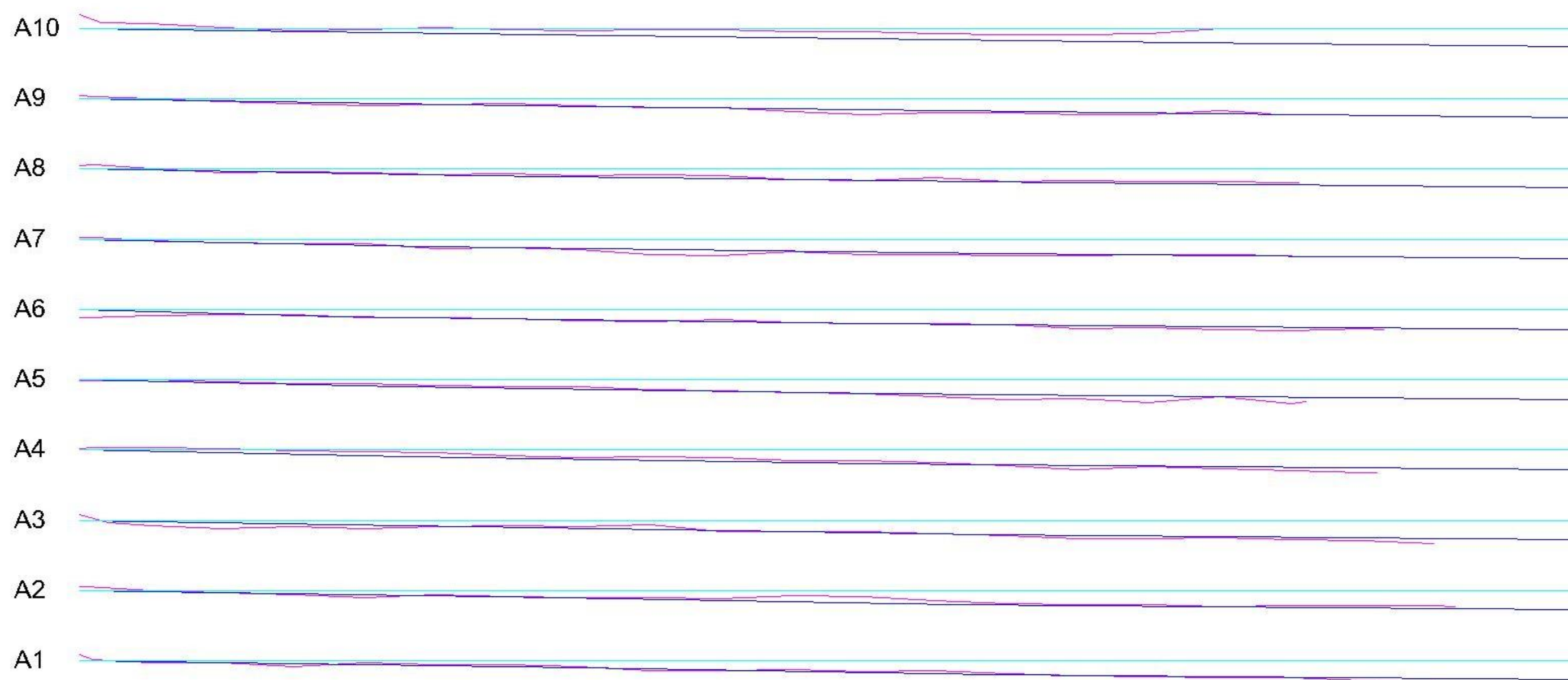
M.R.A. van Gent, J.S.M. van Thiel de Vries, E.M. Coeveld, J.H. de Vroeg, J. van de Graaff (2008), Large-scale dune erosion tests to study the influence of wave periods

CERC (1977), Shore protection manual, Vol. 2

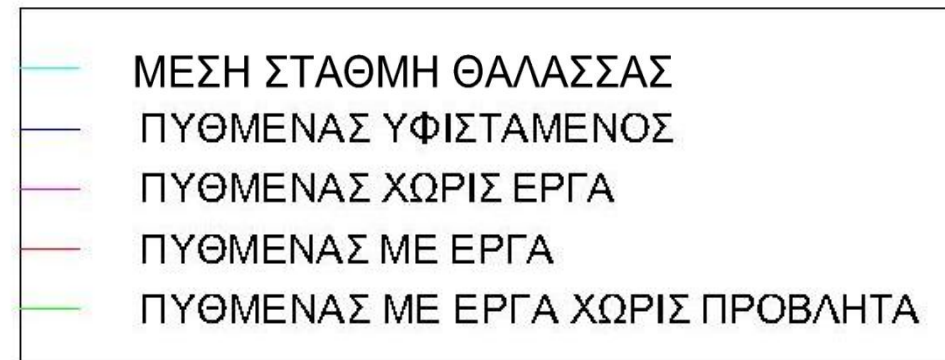
Autodesk (2012) Autocad 2012 Manual

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

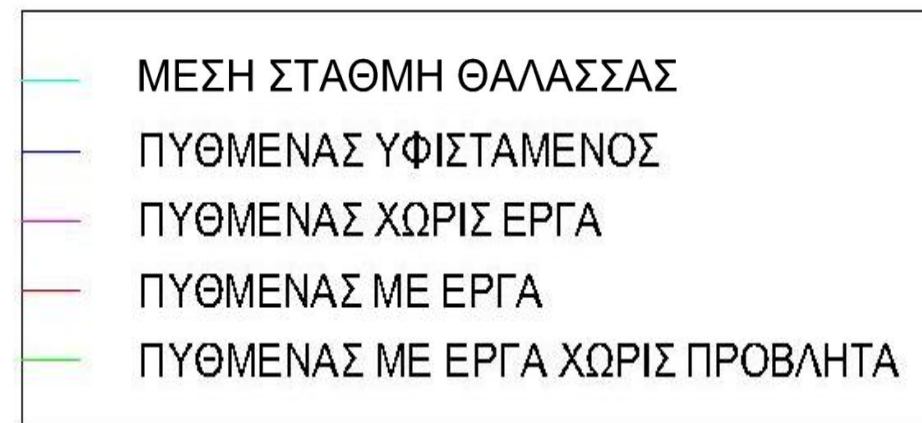
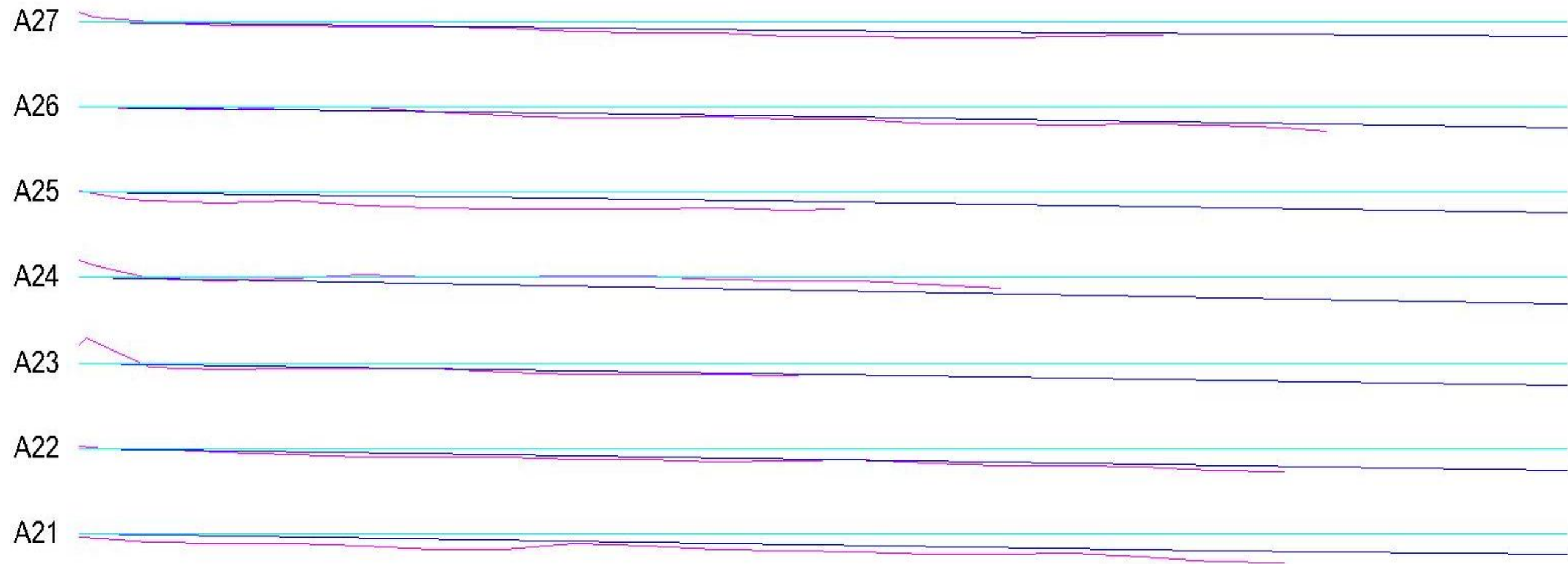
Στις σελίδες που ακολουθούν, παρουσιάζονται ανά 10, οι διατομές που ελήφθησαν.

Δ1.1 (Τμήμα Α, Χωρίς Κυματοθραύστες, Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26\text{m}$ και $T_p=6,4\text{sec}$) ΔΙΑΤΟΜΕΣ 1-10

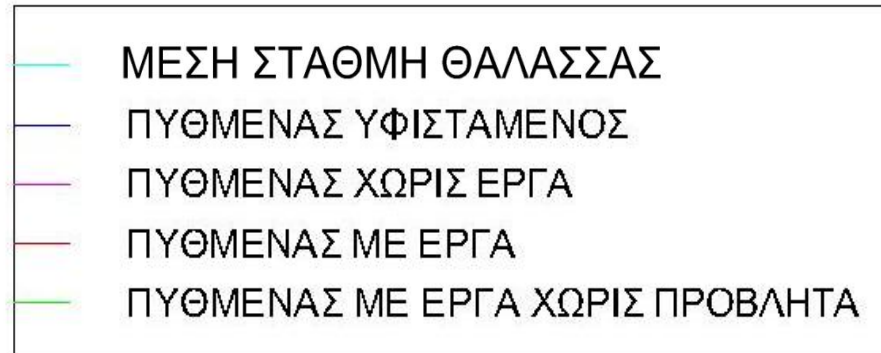
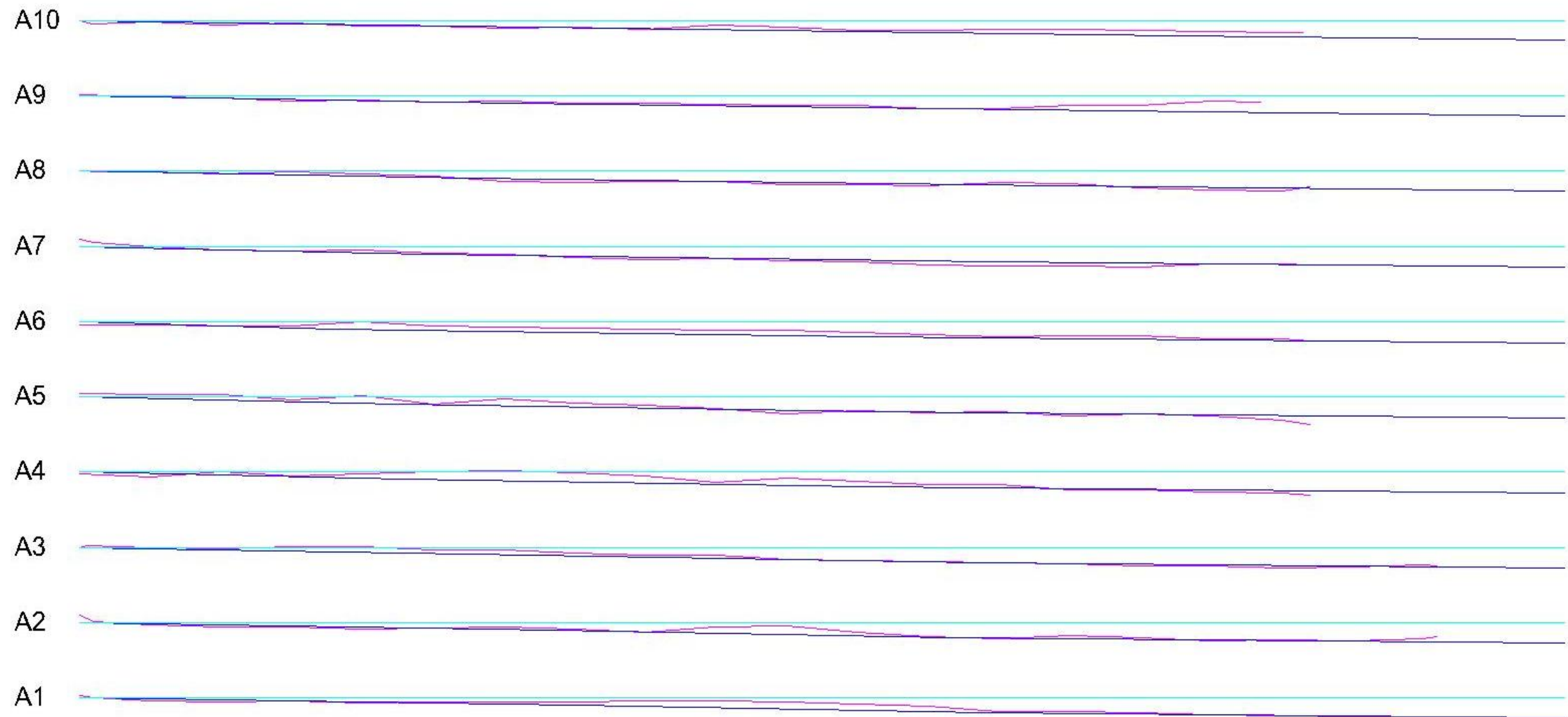
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ1.1 (Τμήμα Α, Χωρίς Κυματοθραύστες, Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26\text{m}$ και $T_p=6,4\text{sec}$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 11-20**

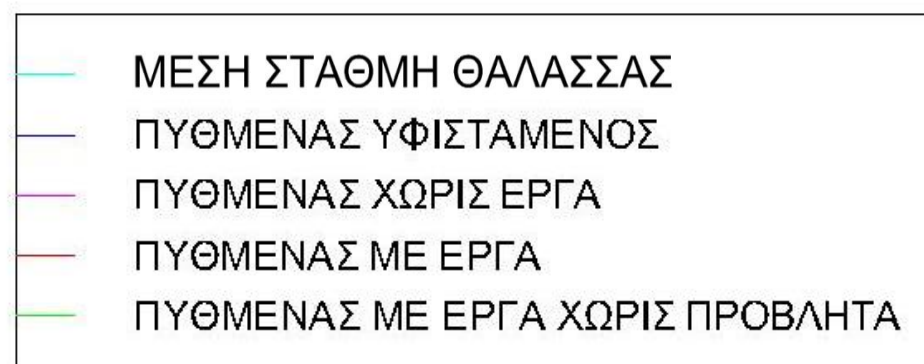
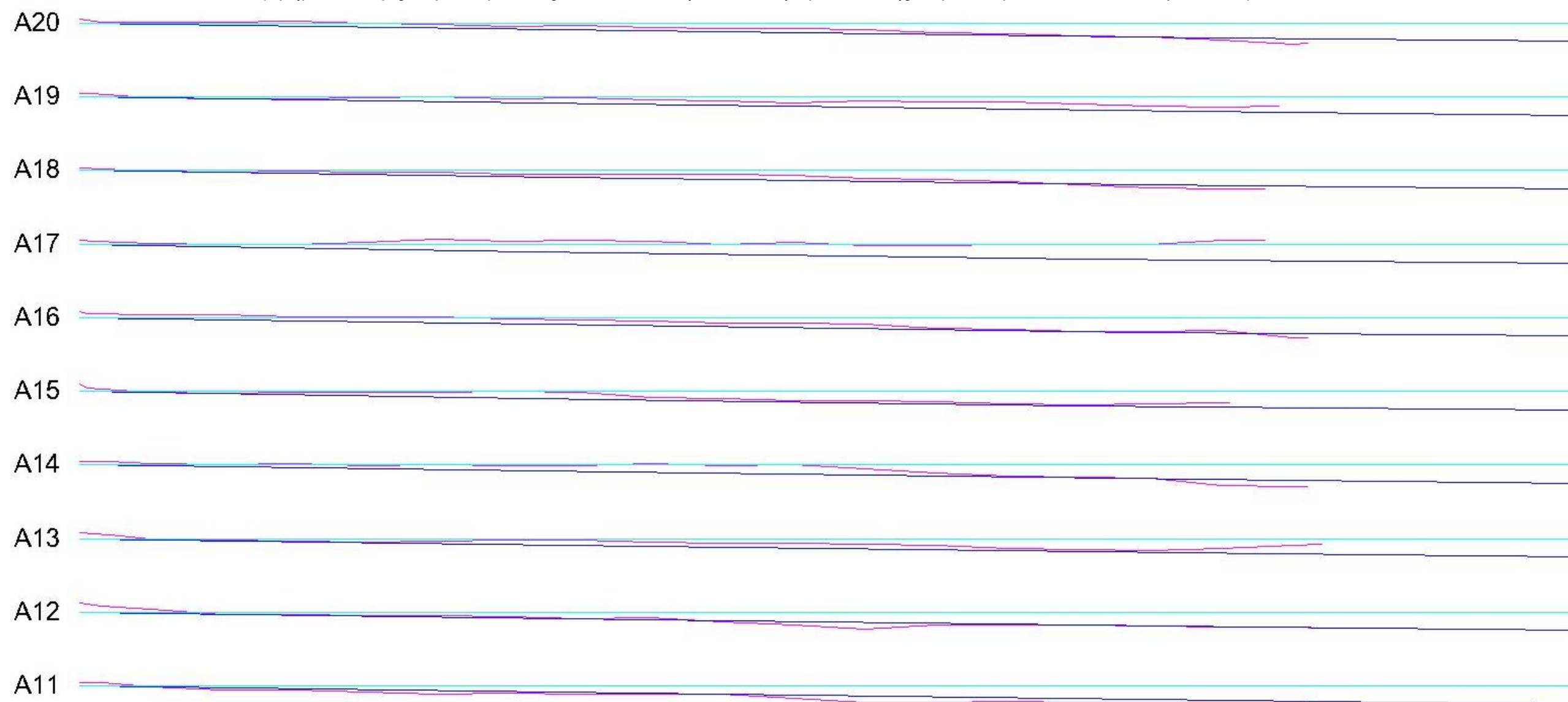
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ1.1 (Τμήμα Α, Χωρίς Κυματοθραύστες, Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26\text{m}$ και $T_p=6,4\text{sec}$) ΔΙΑΤΟΜΕΣ 20-27

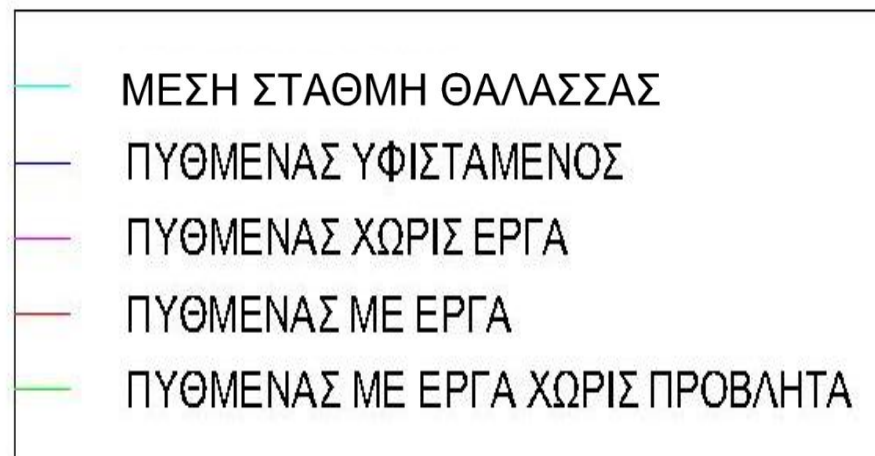
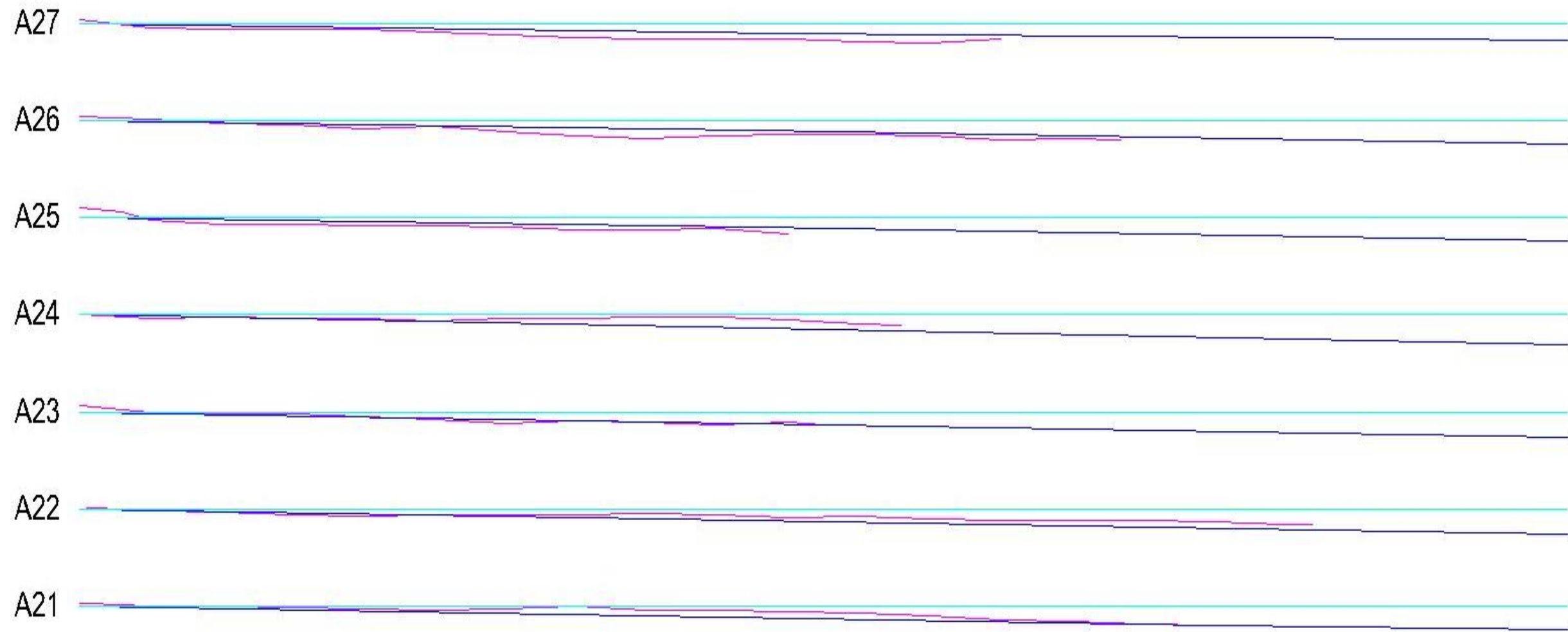
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ1.2 (Τμήμα Α, Χωρίς Κυματοθραύστες, Νοτιονατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26m$ και $T_p=6,4sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 1-10**

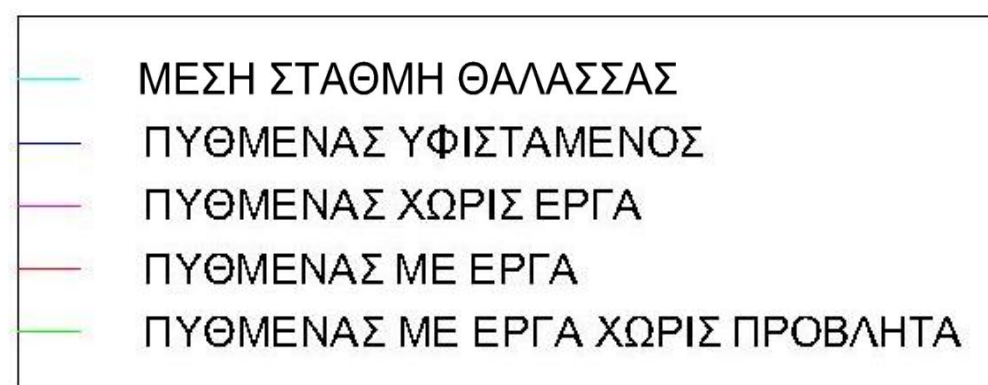
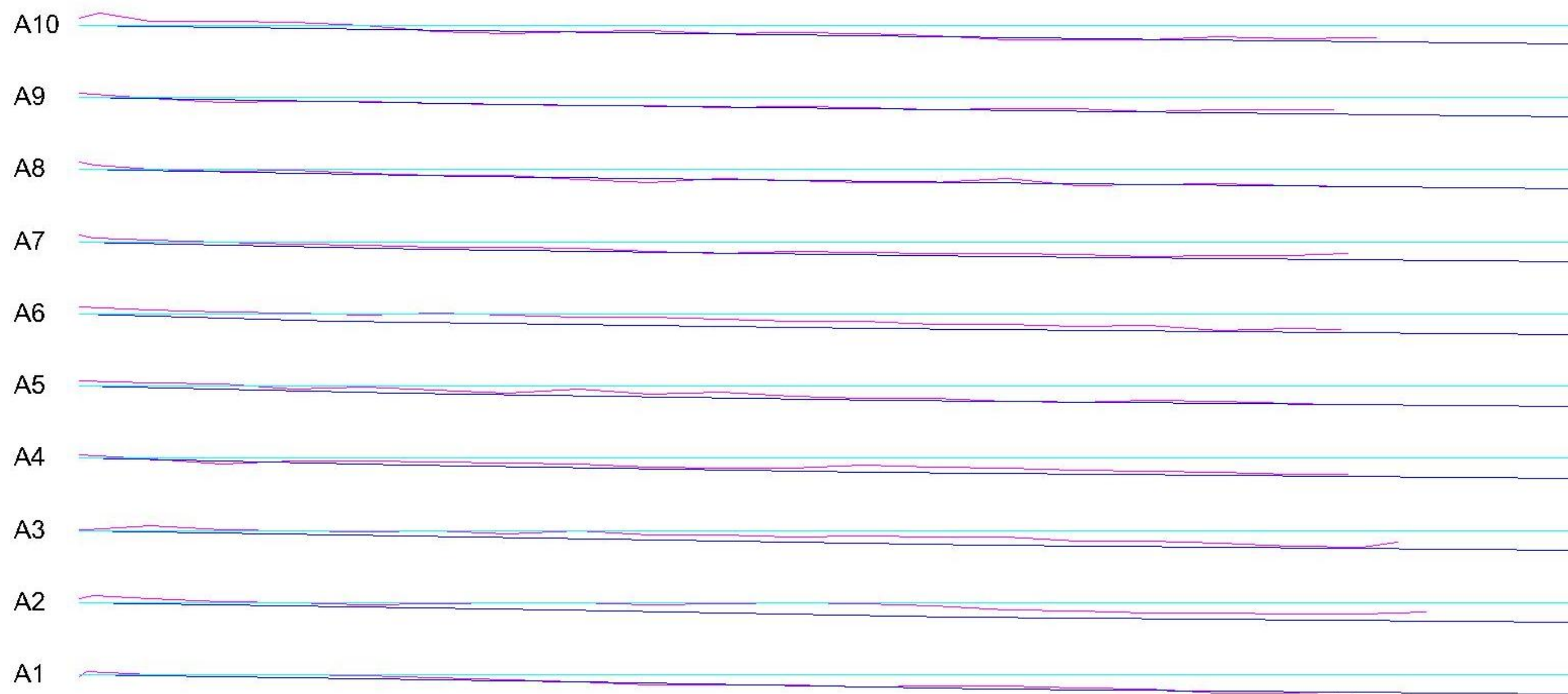
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ1.2 (Τμήμα Α, Χωρίς Κυματοθραύστες, Νοτιοανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26m$ και $T_p=6,4sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 11-20**

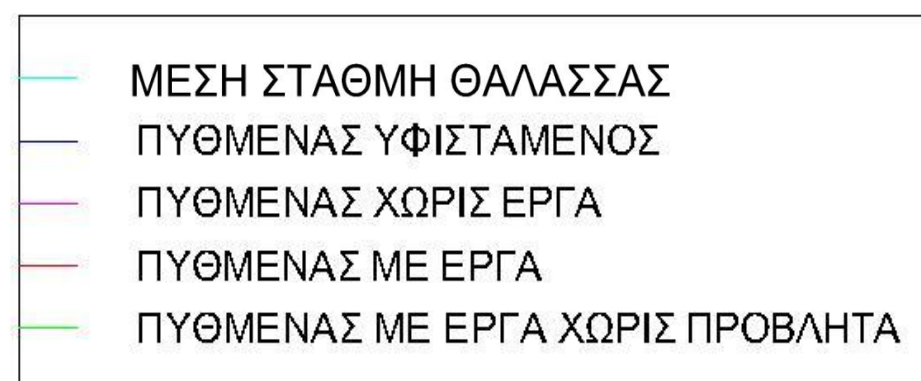
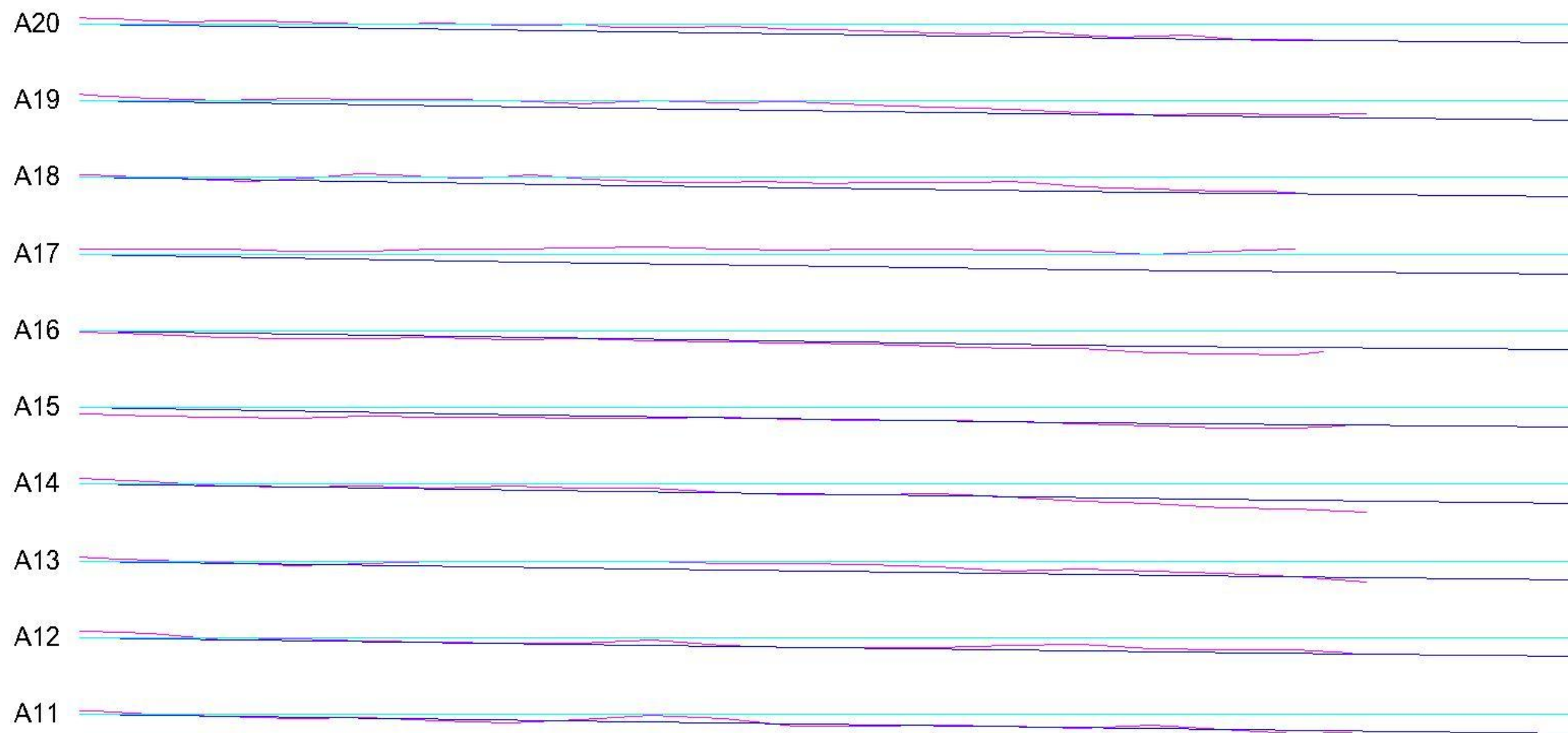
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ1.2 (Τμήμα Α, Χωρίς Κυματοθραύστες, Νοτιονατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26\text{m}$ και $T_p=6,4\text{sec}$) ΔΙΑΤΟΜΕΣ 21-27

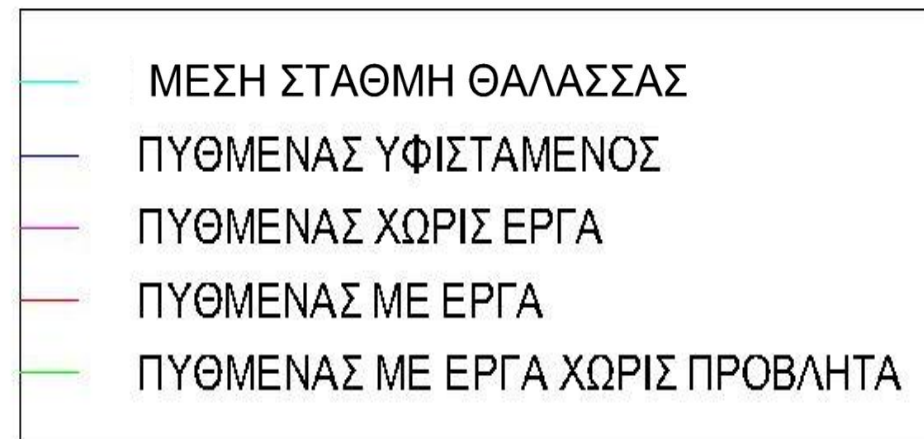
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ1.3 (Τμήμα Α, Χωρίς Κυματοθραύστες, Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,34m$ και $T_p=6,59sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 1-10**

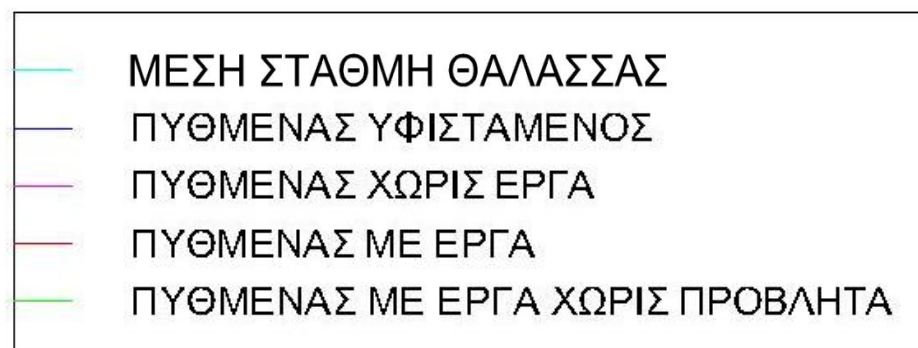
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ1.3 (Τμήμα Α, Χωρίς Κυματοθραύστες, Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,34m$ και $T_p=6,59sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 11-20**

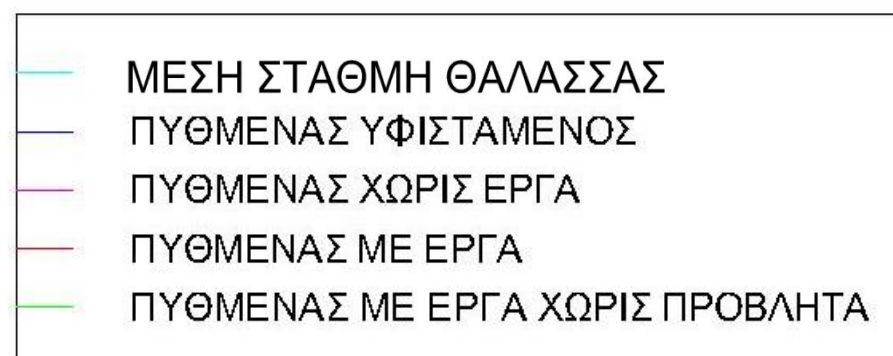
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ1.3 (Τμήμα Α, Χωρίς Κυματοθραύστες, Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,34m$ και $T_p=6,59sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 21-27**

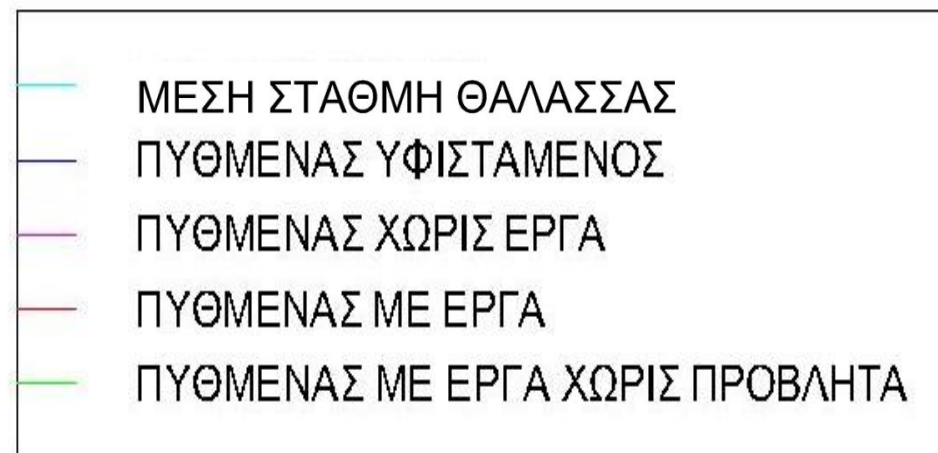
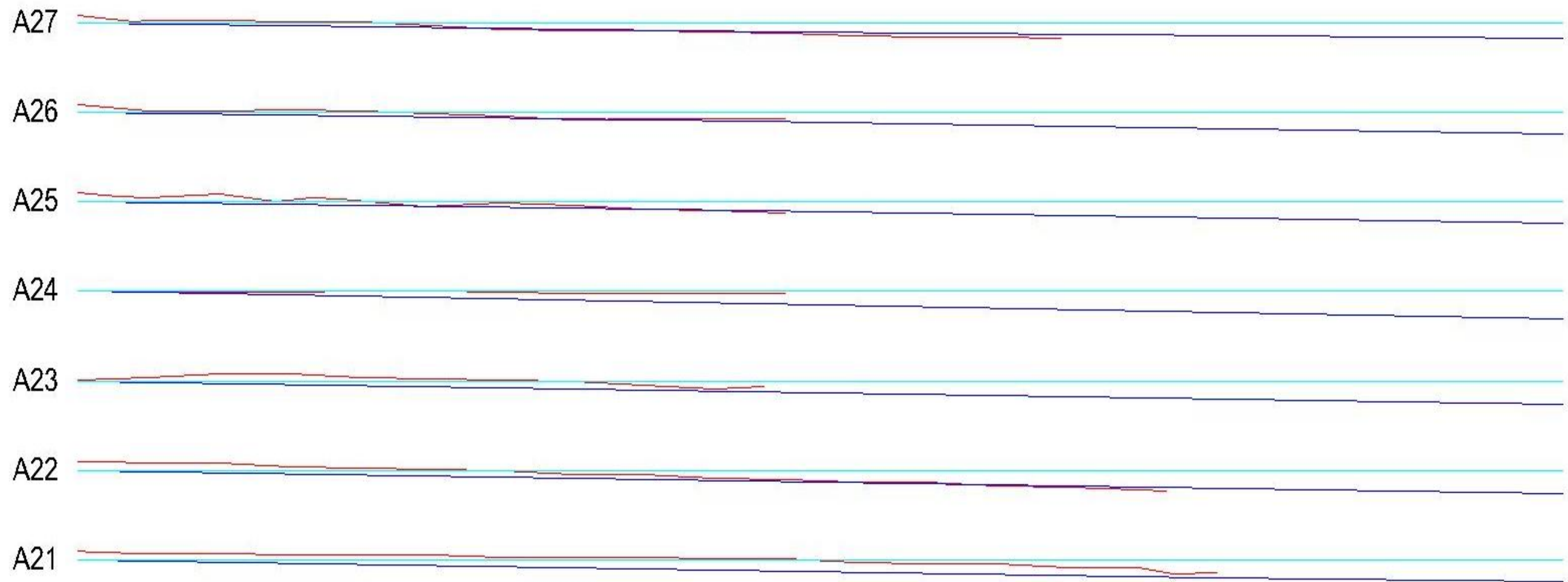
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ2.1 (Τμήμα Α, Με Κυματοθραύστες, Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26\text{m}$ και $T_p=6,4\text{sec}$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 1-10**

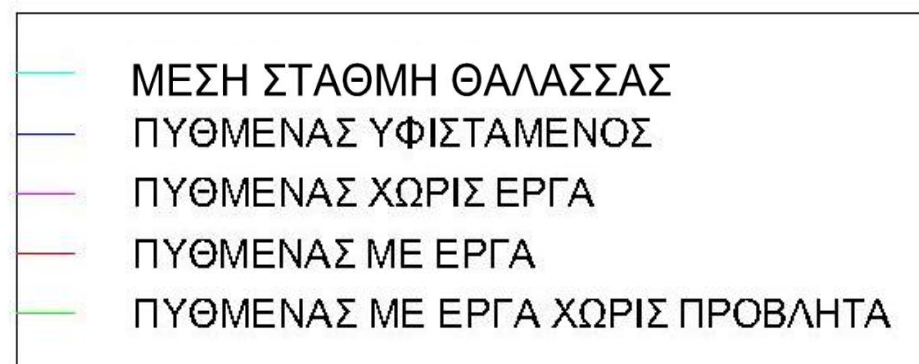
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ2.1 (Τμήμα Α, Με Κυματοθραύστες, Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26m$ και $T_p=6,4sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 11-20**

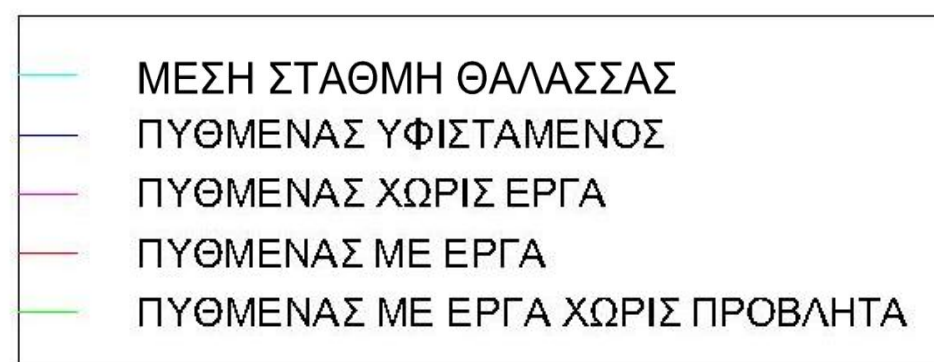
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ2.1 (Τμήμα Α, Με Κυματοθραύστες, Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26\text{m}$ και $T_p=6,4\text{sec}$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 11-27**

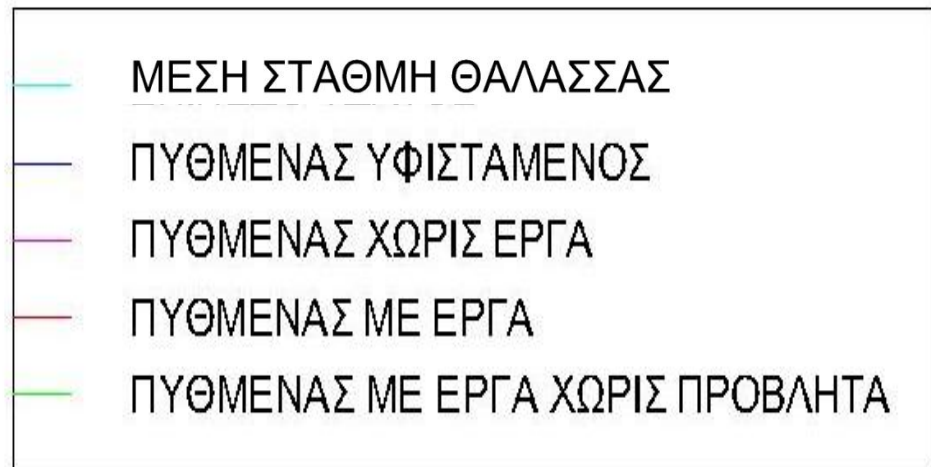
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ2.2 (Τμήμα Α, Με Κυματοθραύστες, Νοτιοανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26\text{m}$ και $T_p=6,4\text{sec}$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 1-10**

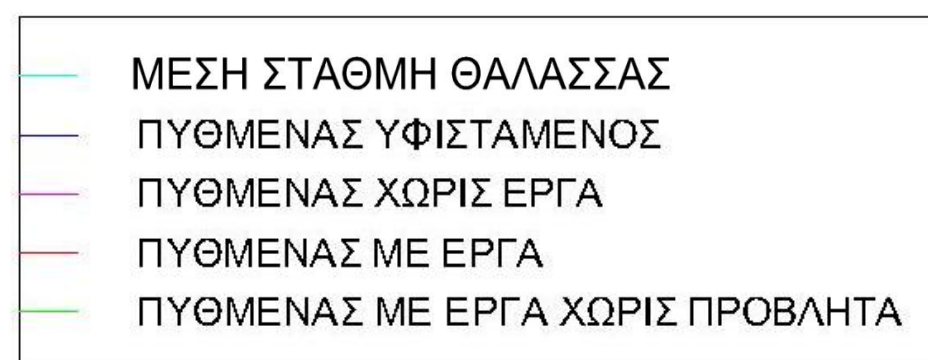
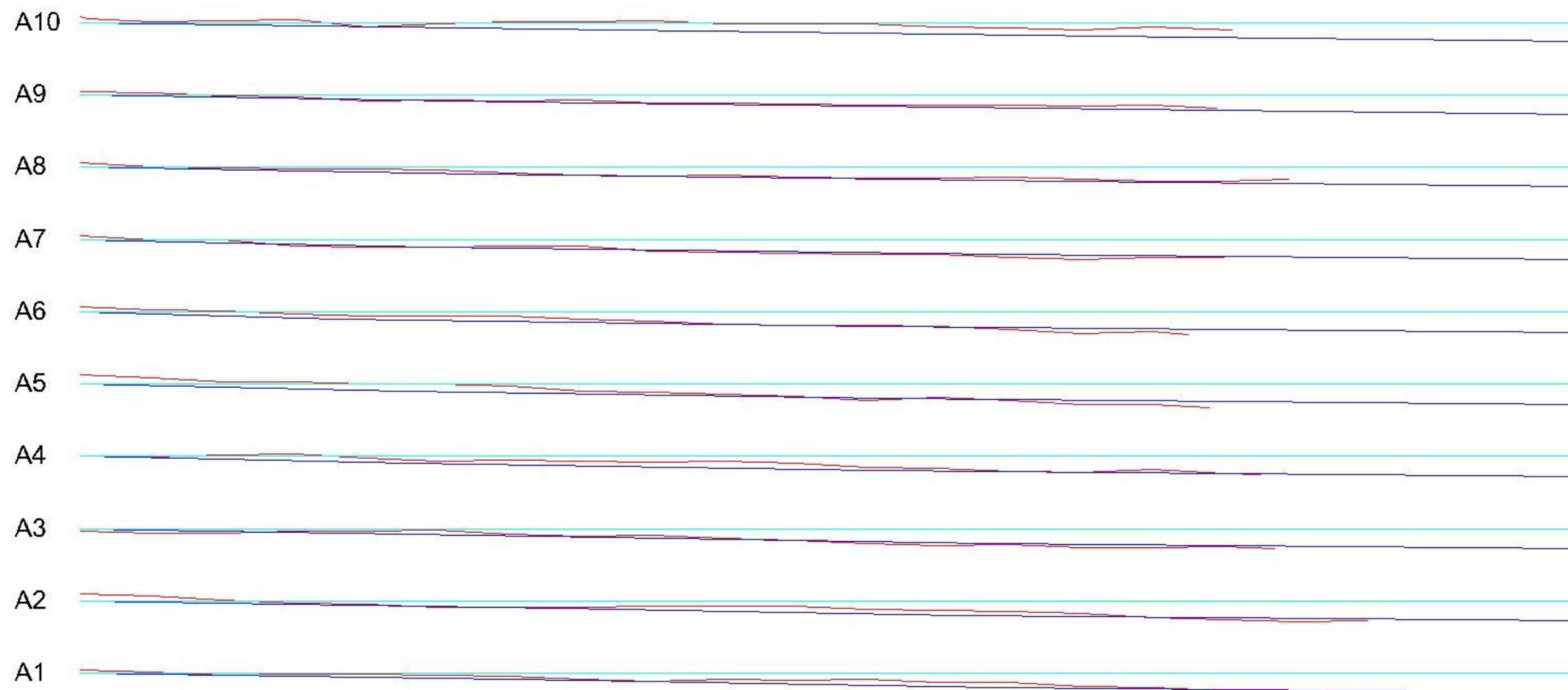
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ2.2 (Τμήμα Α, Με Κυματοθραύστες, Νοτιοανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26m$ και $T_p=6,4sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 11-20**

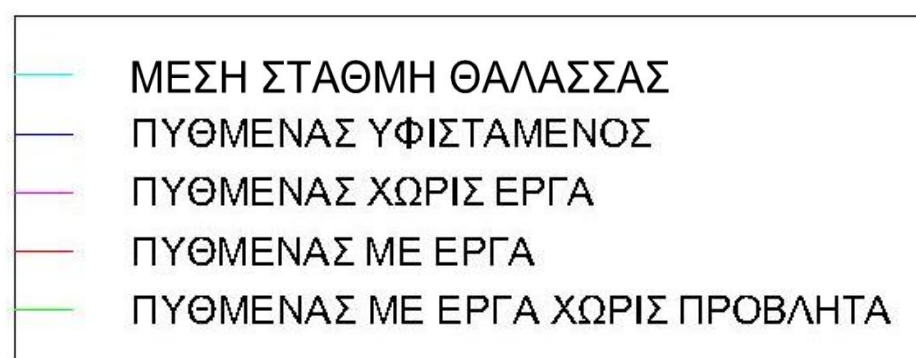
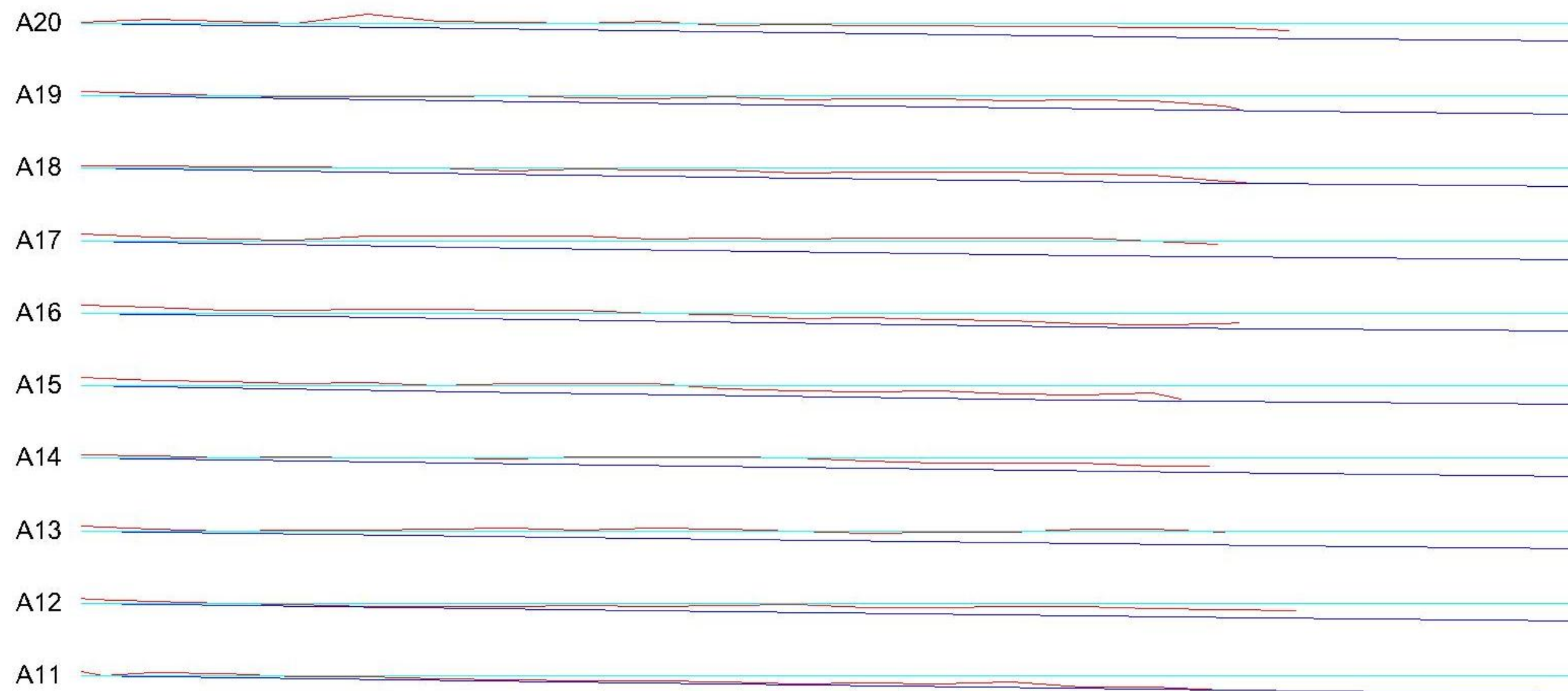
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ2.2 (Τμήμα Α, Με Κυματοθραύστες, Νοτιοανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26m$ και $T_p=6,4sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 20-27**

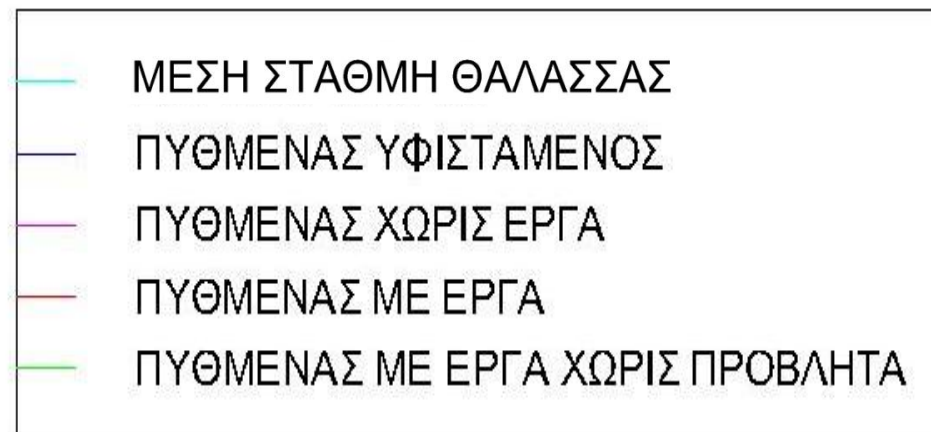
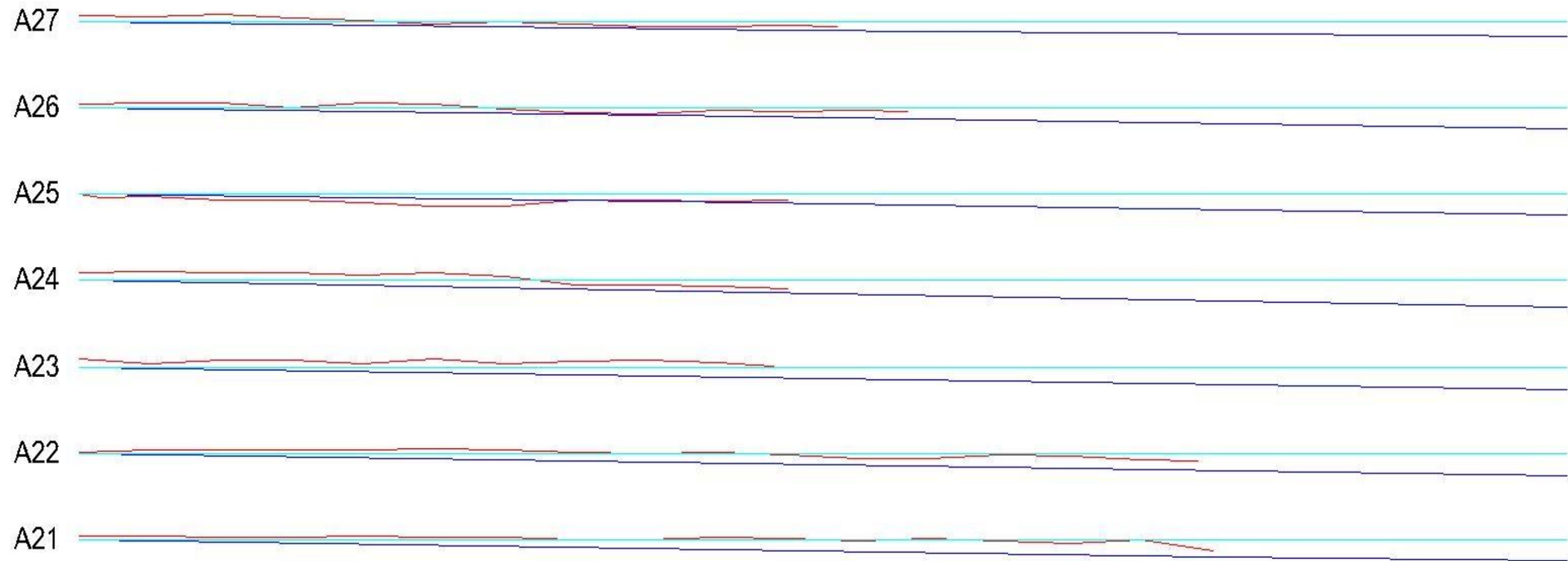
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ2.3 (Τμήμα Α, Με Κυματοθραύστες, Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,34m$ και $T_p=6,59sec$) ΔΙΑΤΟΜΕΣ 1-10

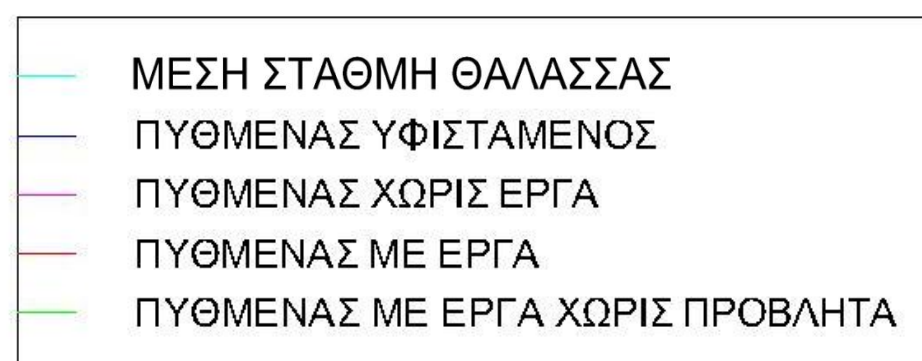
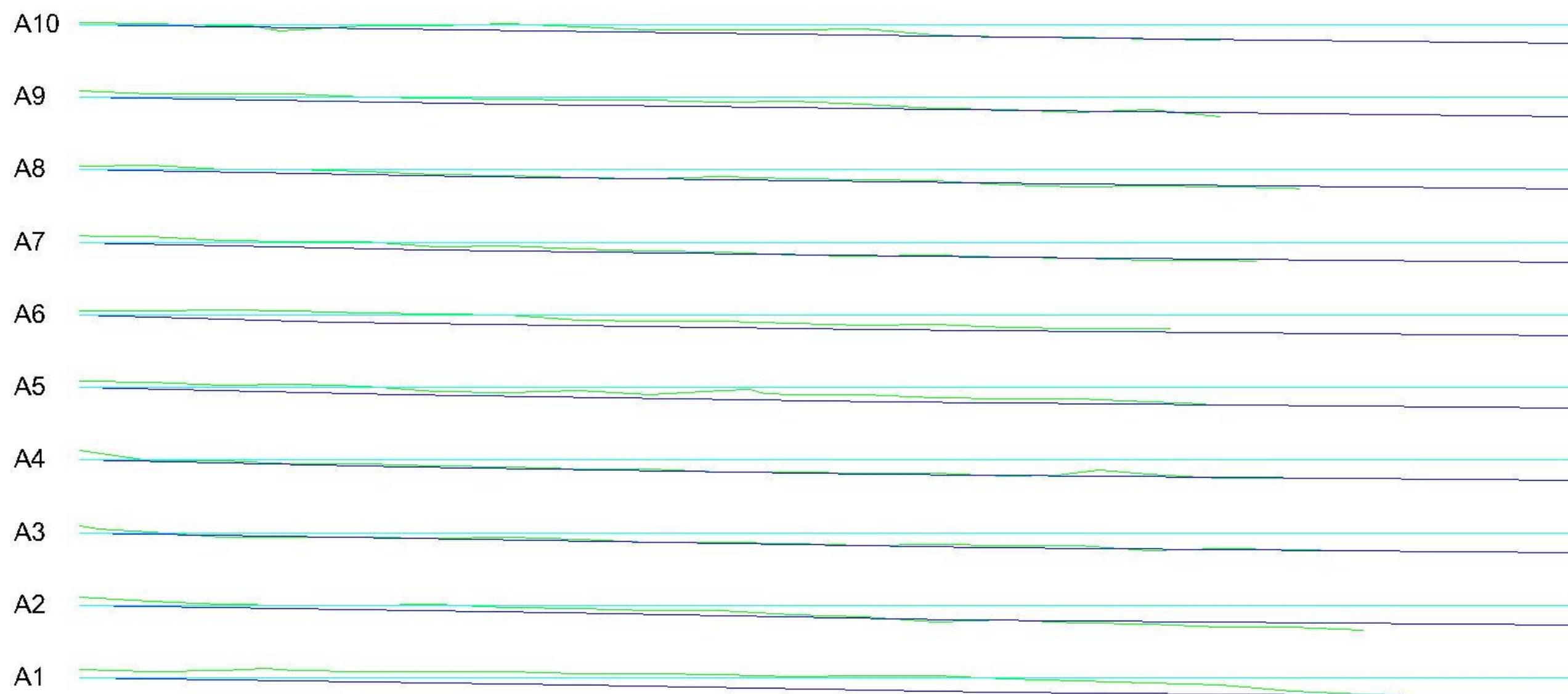
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ2.3 (Τμήμα Α, Με Κυματοθραύστες, Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,34m$ και $T_p=6,59sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 11-20**

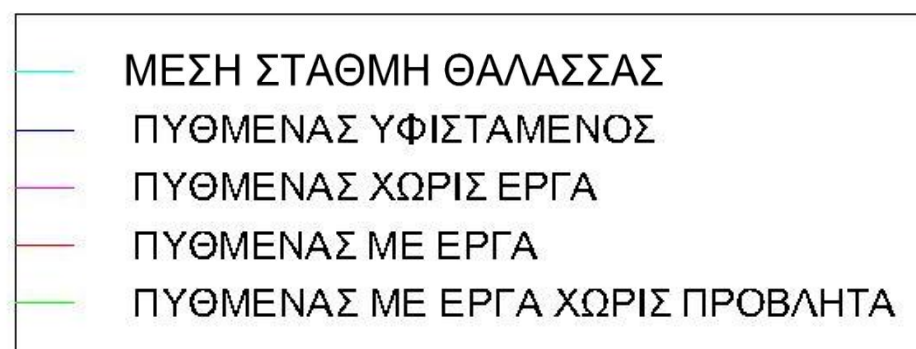
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ2.3 (Τμήμα Α, Με Κυματοθραύστες, Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,34m$ και $T_p=6,59sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 21-27**

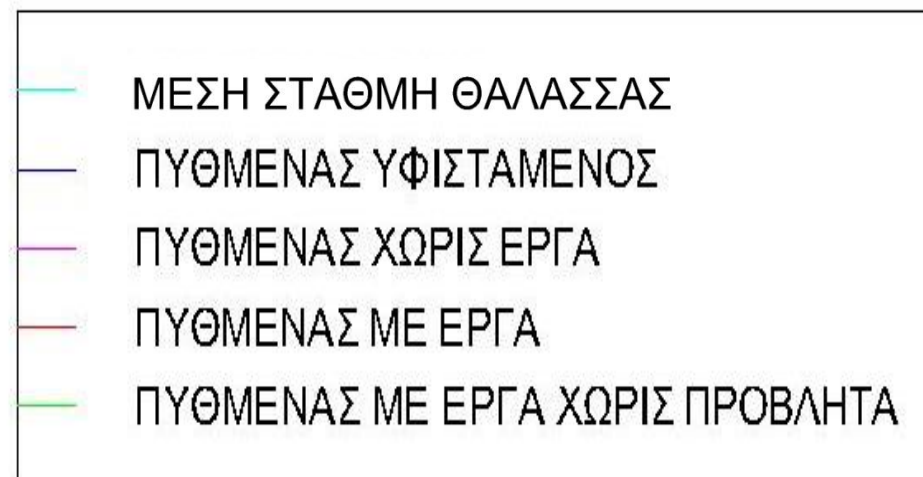
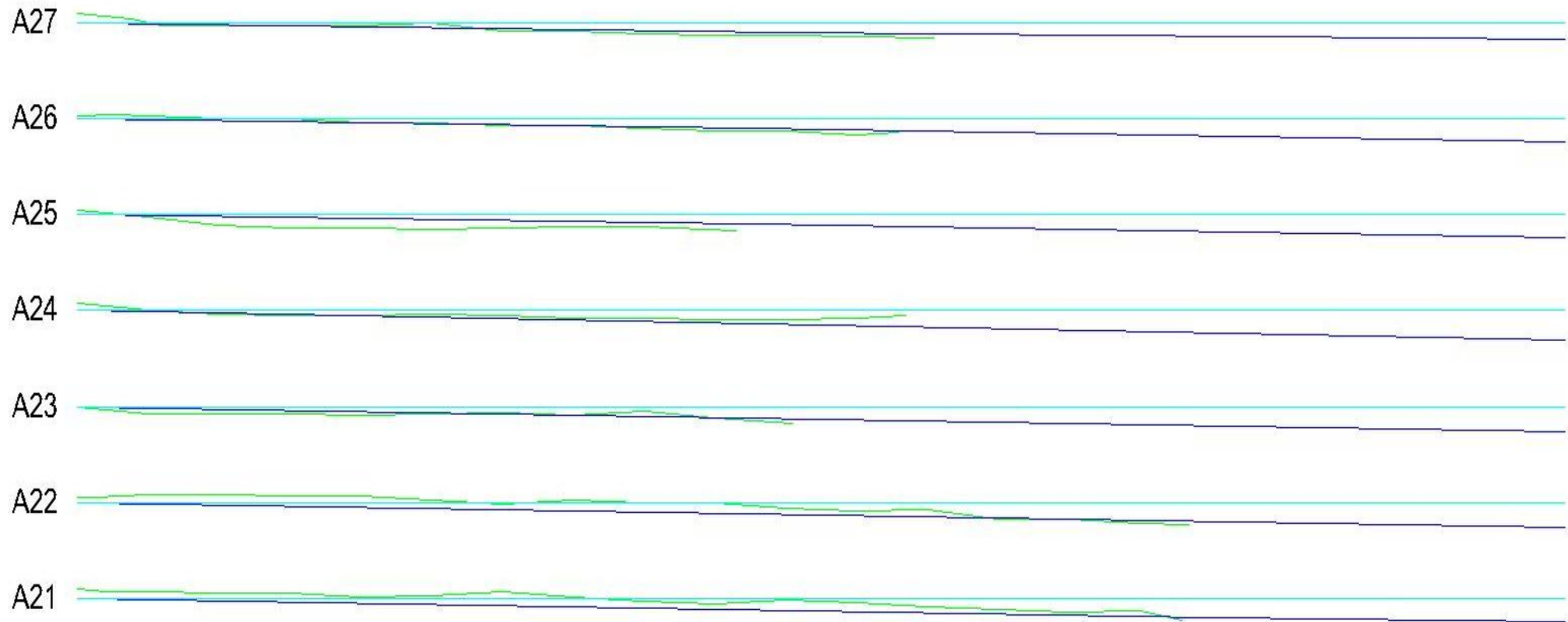
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ3.1 (Τμήμα Α, Με Κυματοθραύστες Χωρίς Προβλήτα, Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26\text{m}$ και $T_p=6,4\text{sec}$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 1-10**

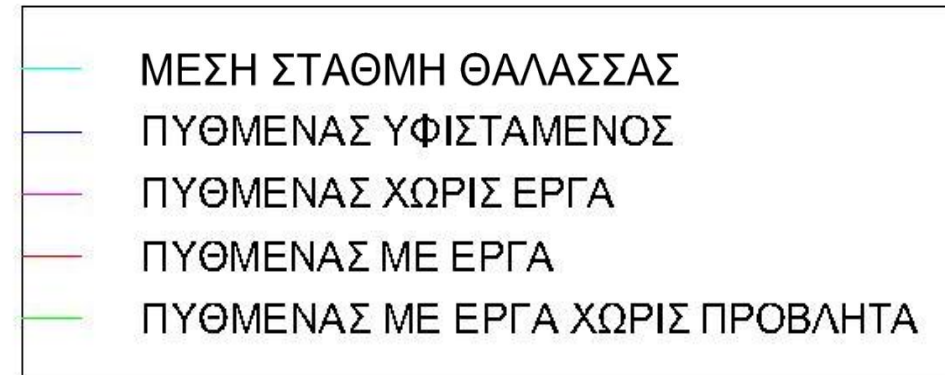
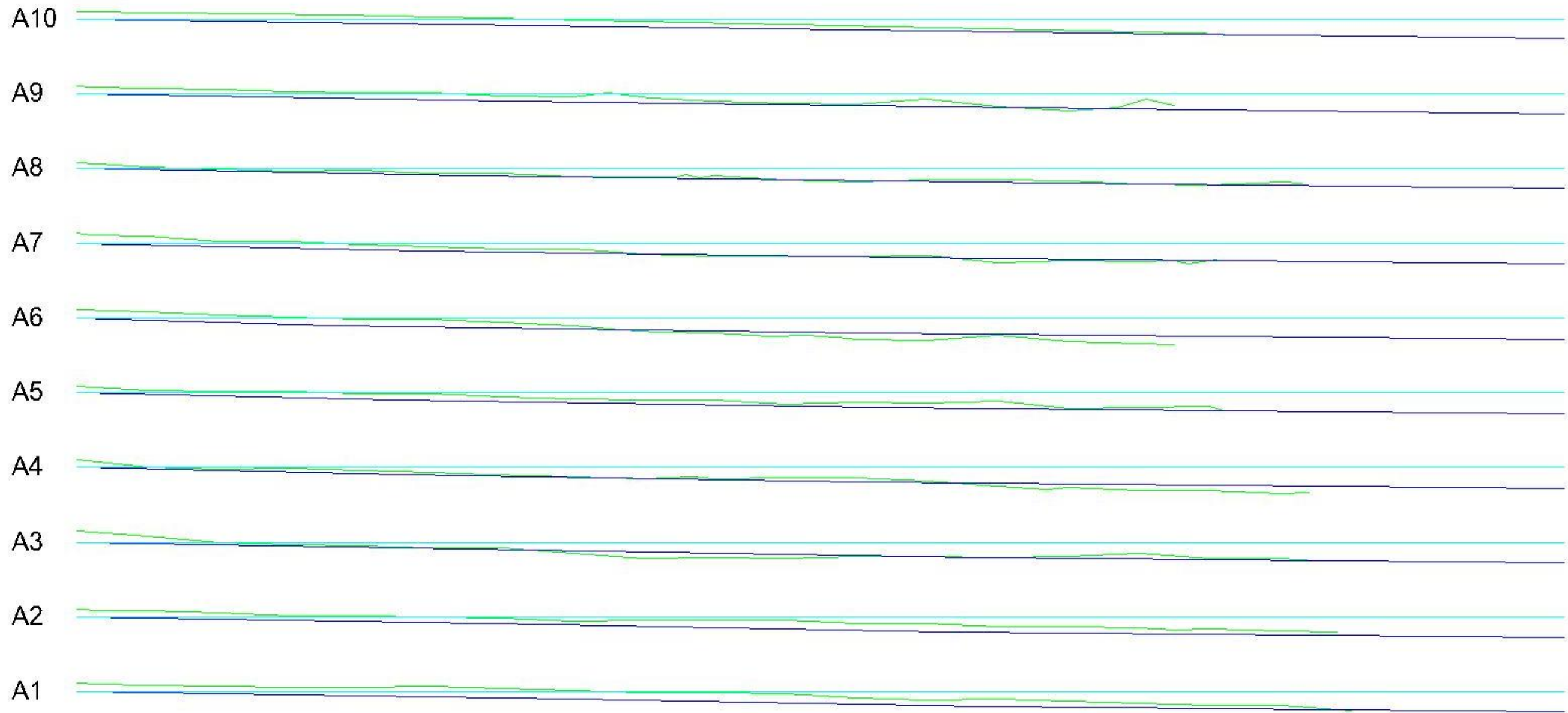
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ3.1 (Τμήμα Α, Με Κυματοθραύστες Χωρίς Προβλήτα, Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26m$ και $T_p=6,4sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 11-20**

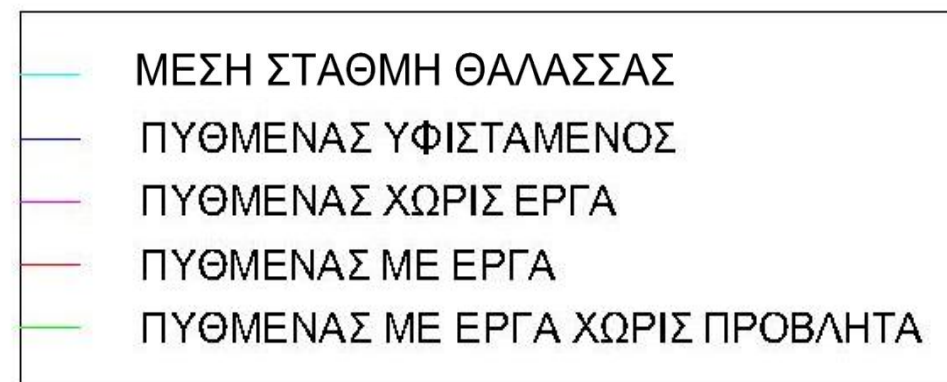
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ3.1 (Τμήμα Α, Με Κυματοθραύστες Χωρίς Προβλήτα, Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26\text{m}$ και $T_p=6,4\text{sec}$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 21-27**

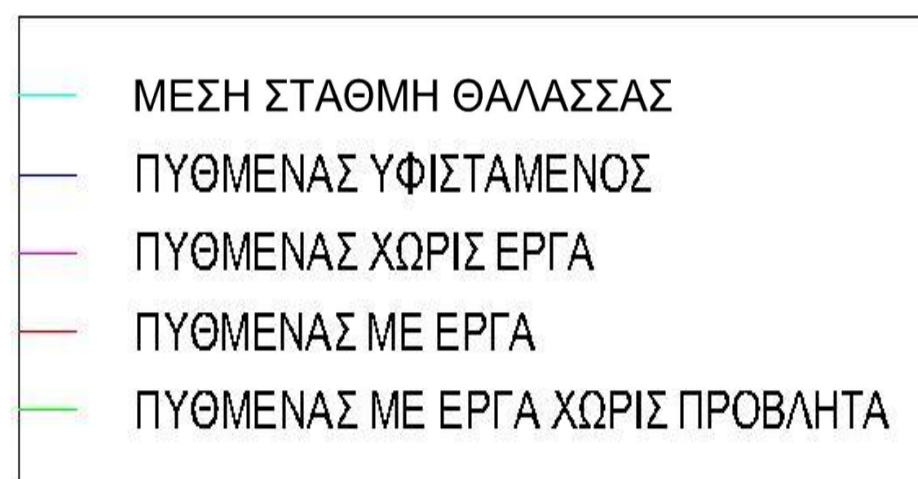
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ3.3 (Τμήμα Α, Με Κυματοθραύστες Χωρίς Προβλήτα, Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,34m$ και $T_p=6,59sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 1-10**

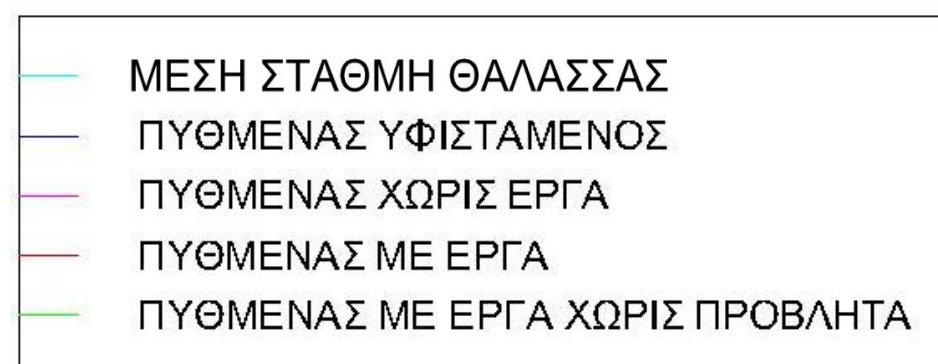
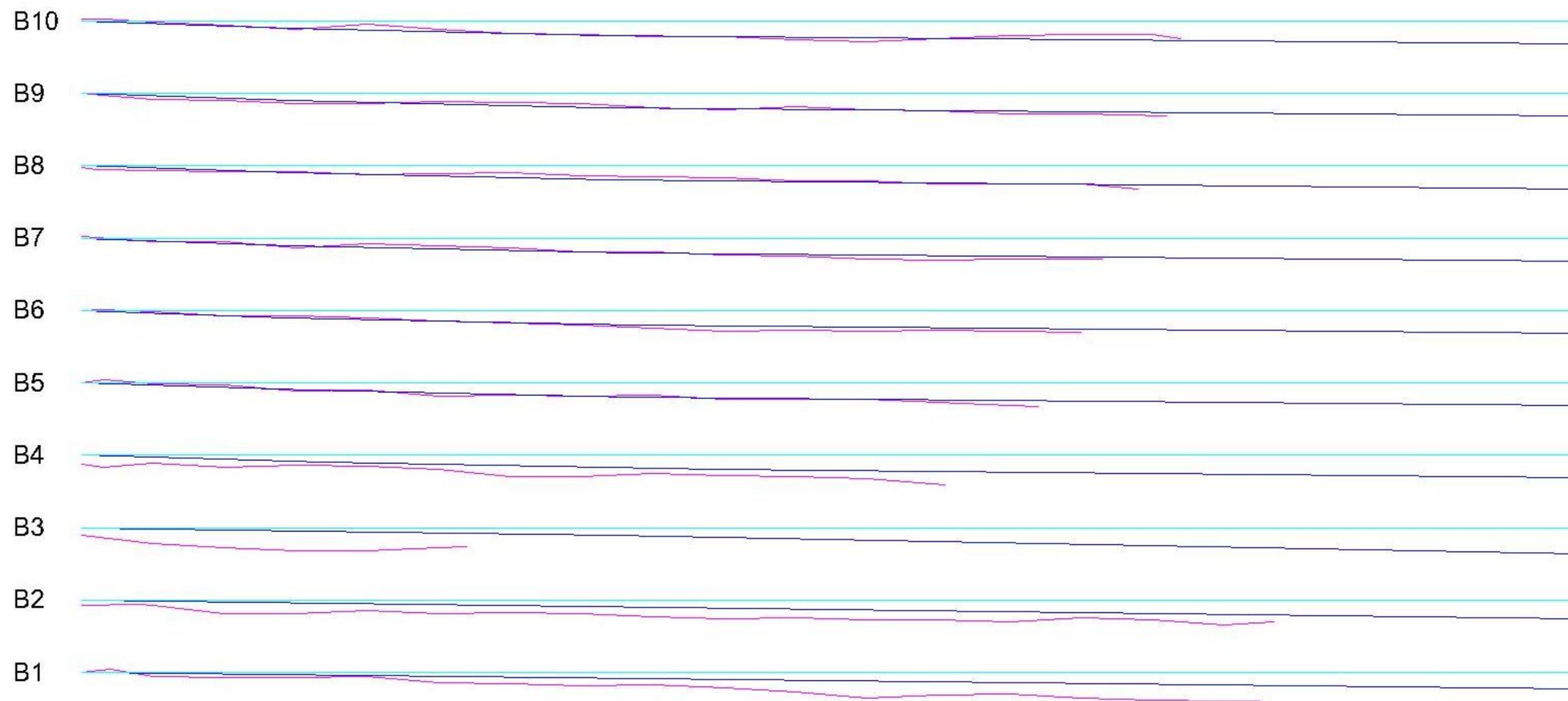
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ3.3 (Τμήμα Α, Με Κυματοθραύστες Χωρίς Προβλήτα, Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,34m$ και $T_p=6,59sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 11-20**

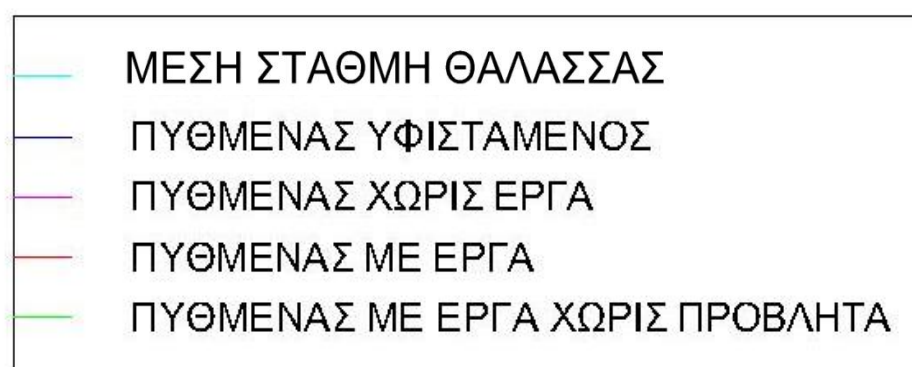
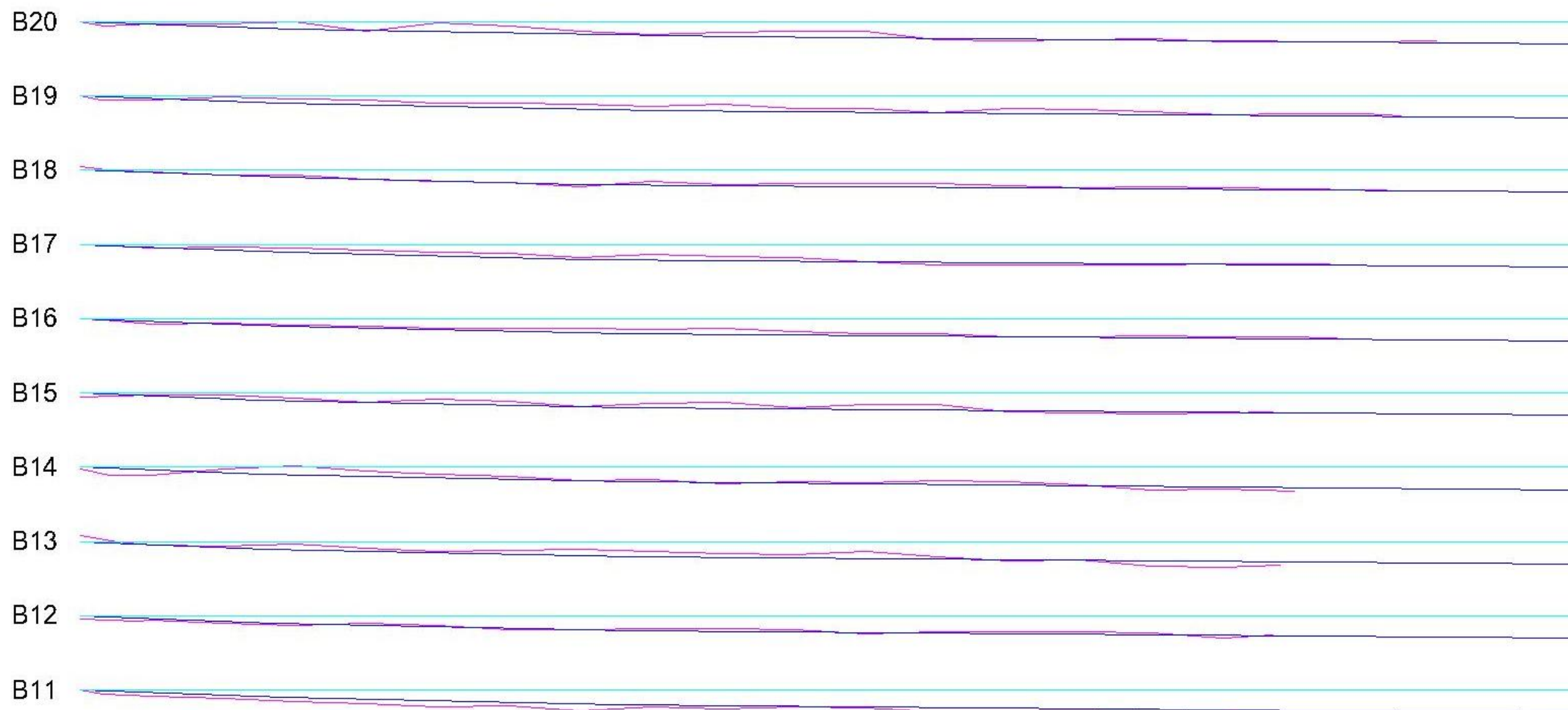
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ3.3 (Τμήμα Α, Με Κυματοθραύστες Χωρίς Προβλήτα, Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,34m$ και $T_p=6,59sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 20-27**

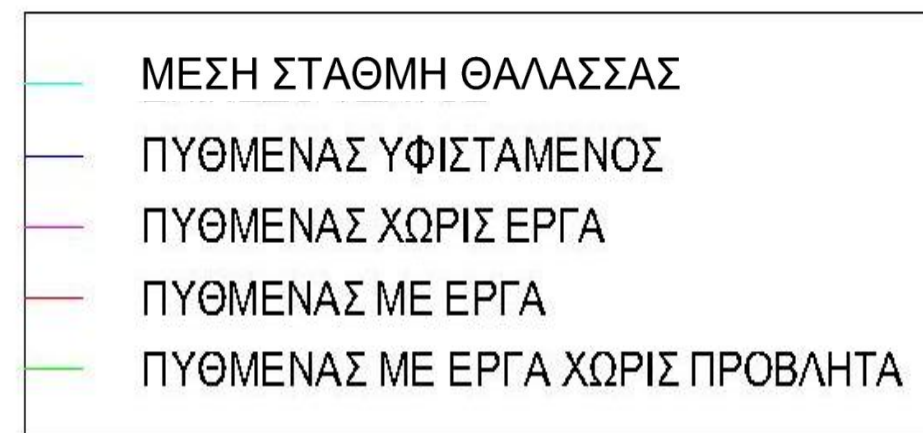
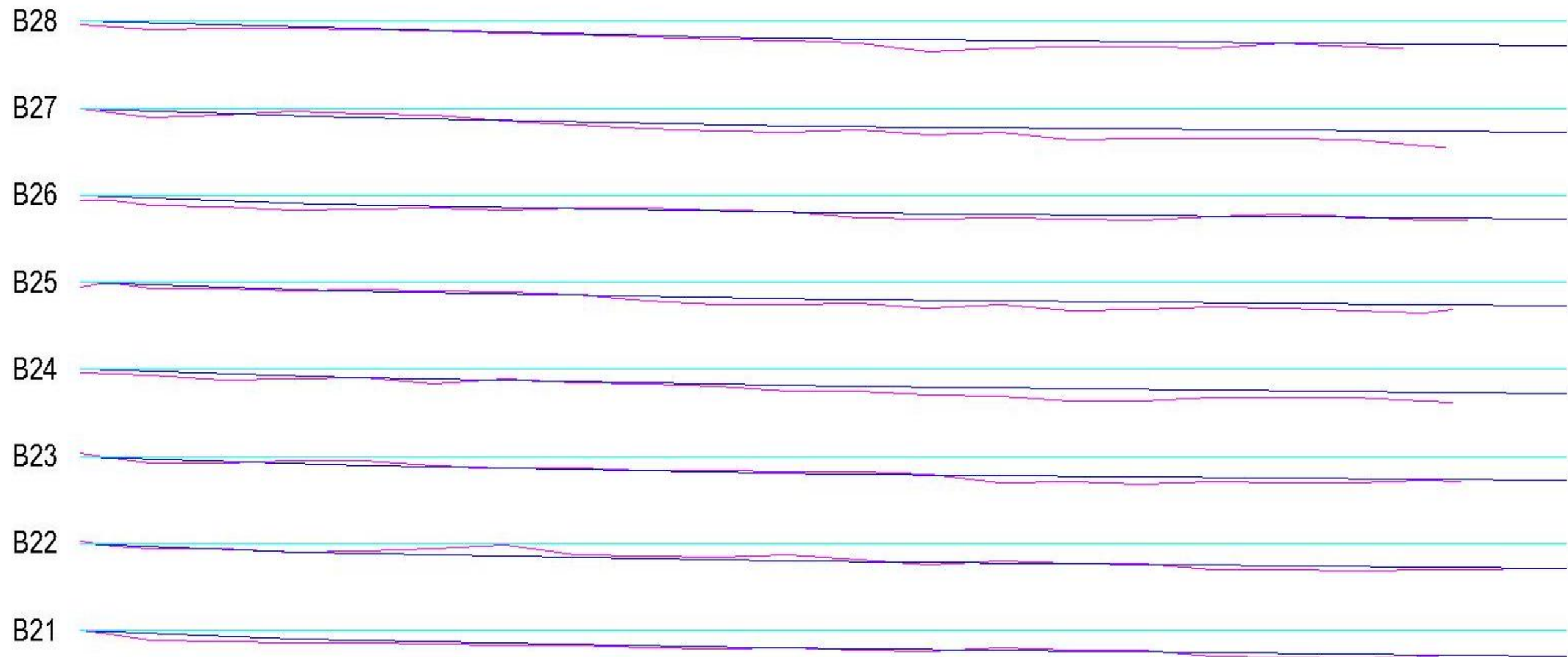
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ4.1 (Τμήμα Β, Χωρίς Κυματοθραύστες, Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26\text{m}$ και $T_p=6,4\text{sec}$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 1-10**

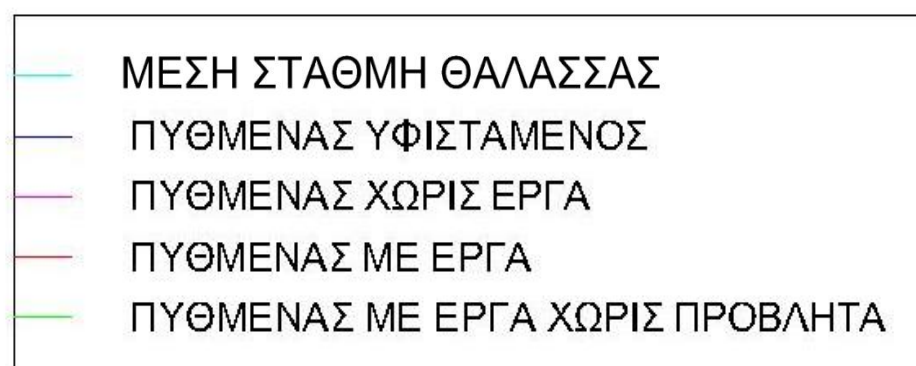
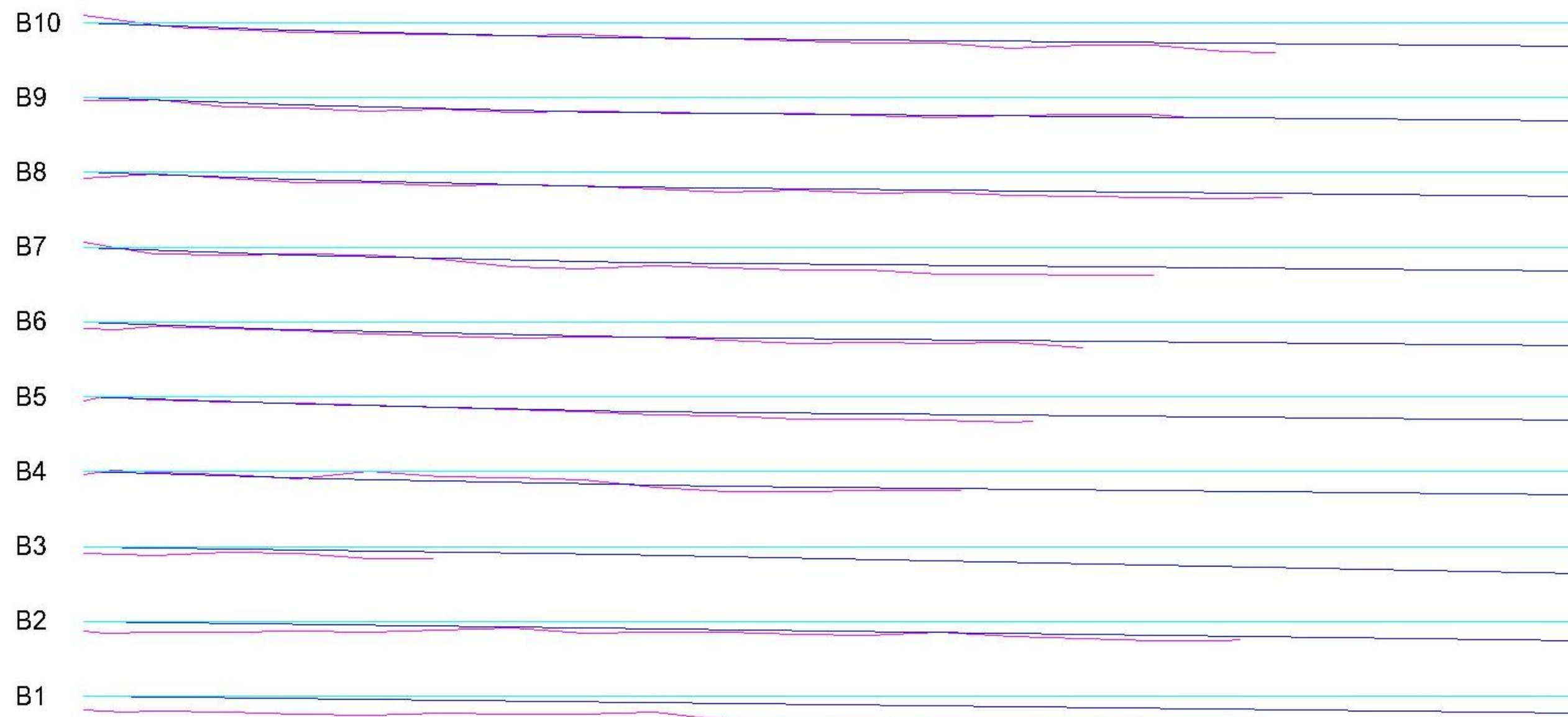
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ4.1 (Τμήμα Β, Χωρίς Κυματοθραύστες, Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26\text{m}$ και $T_p=6,4\text{sec}$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 11-20**

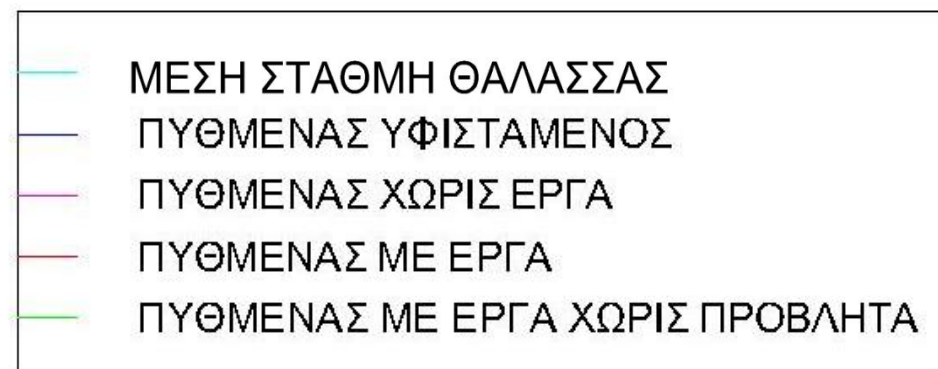
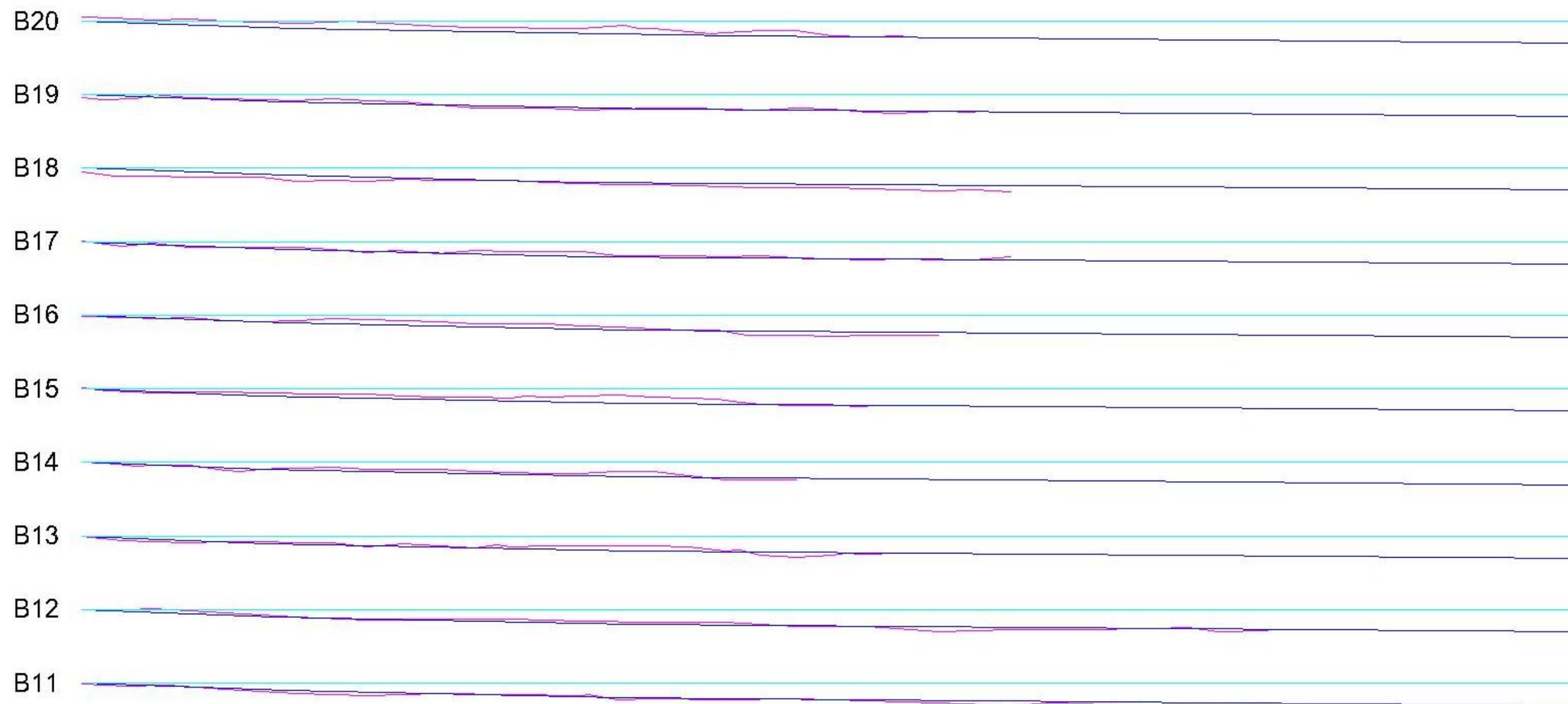
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ4.1 (Τμήμα Β, Χωρίς Κυματοθραύστες, Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26\text{m}$ και $T_p=6,4\text{sec}$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 21-28**

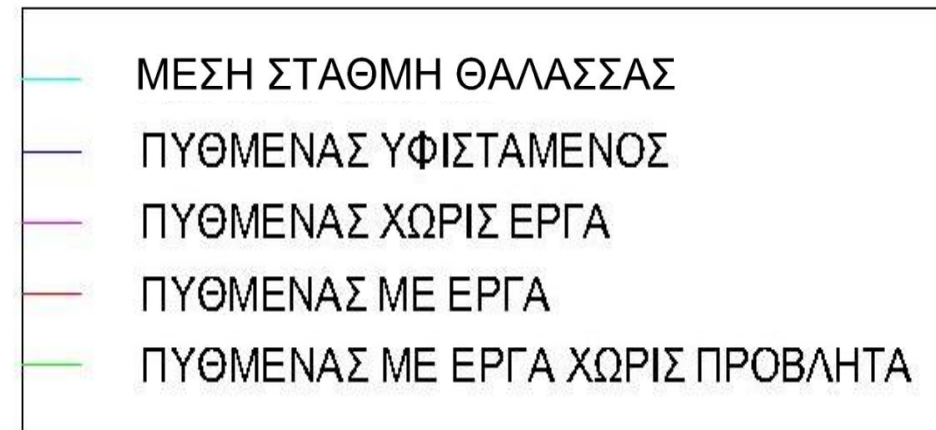
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ4.2 (Τμήμα Β, Χωρίς Κυματοθραύστες, Νοτιοανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26m$ και $T_p=6,4sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 1-10**

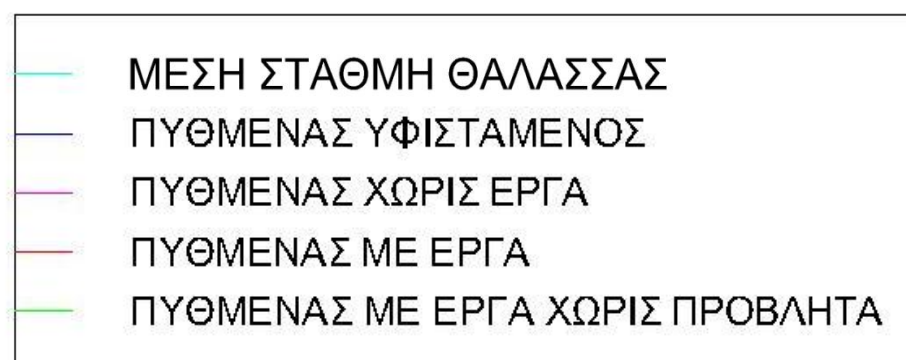
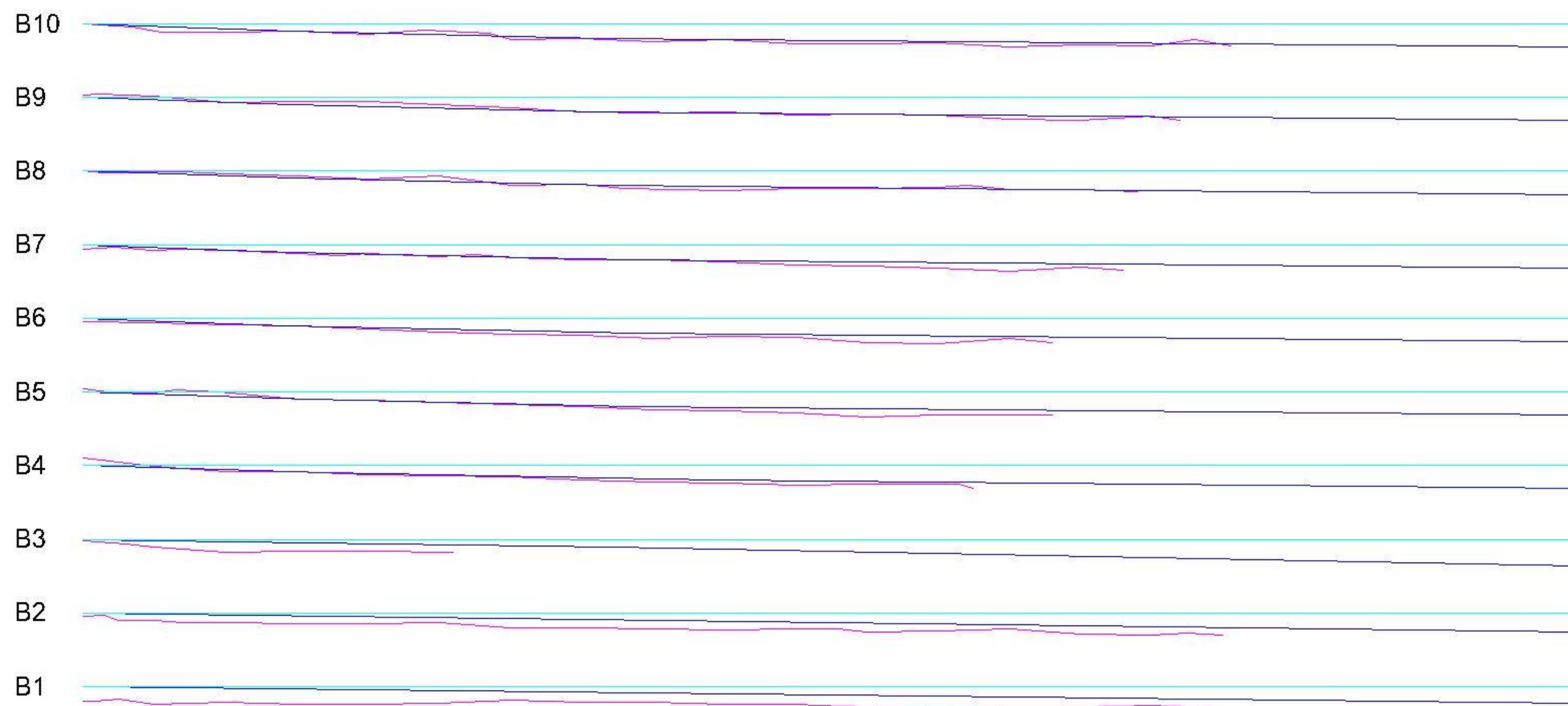
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ4.2 (Τμήμα Β, Χωρίς Κυματοθραύστες, Νοτιοανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26\text{m}$ και $T_p=6,4\text{sec}$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 11-20**

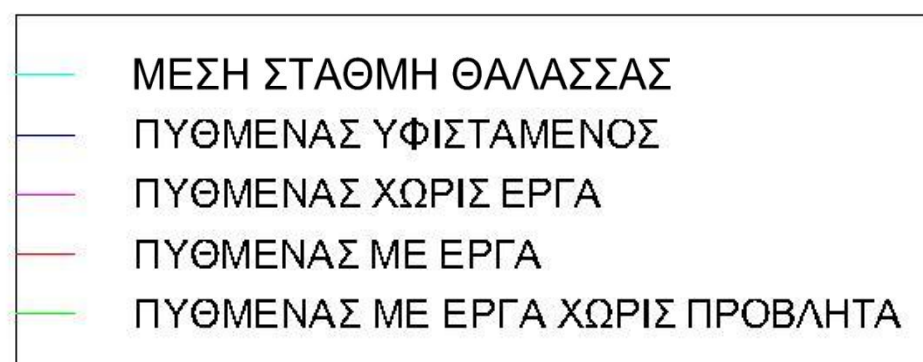
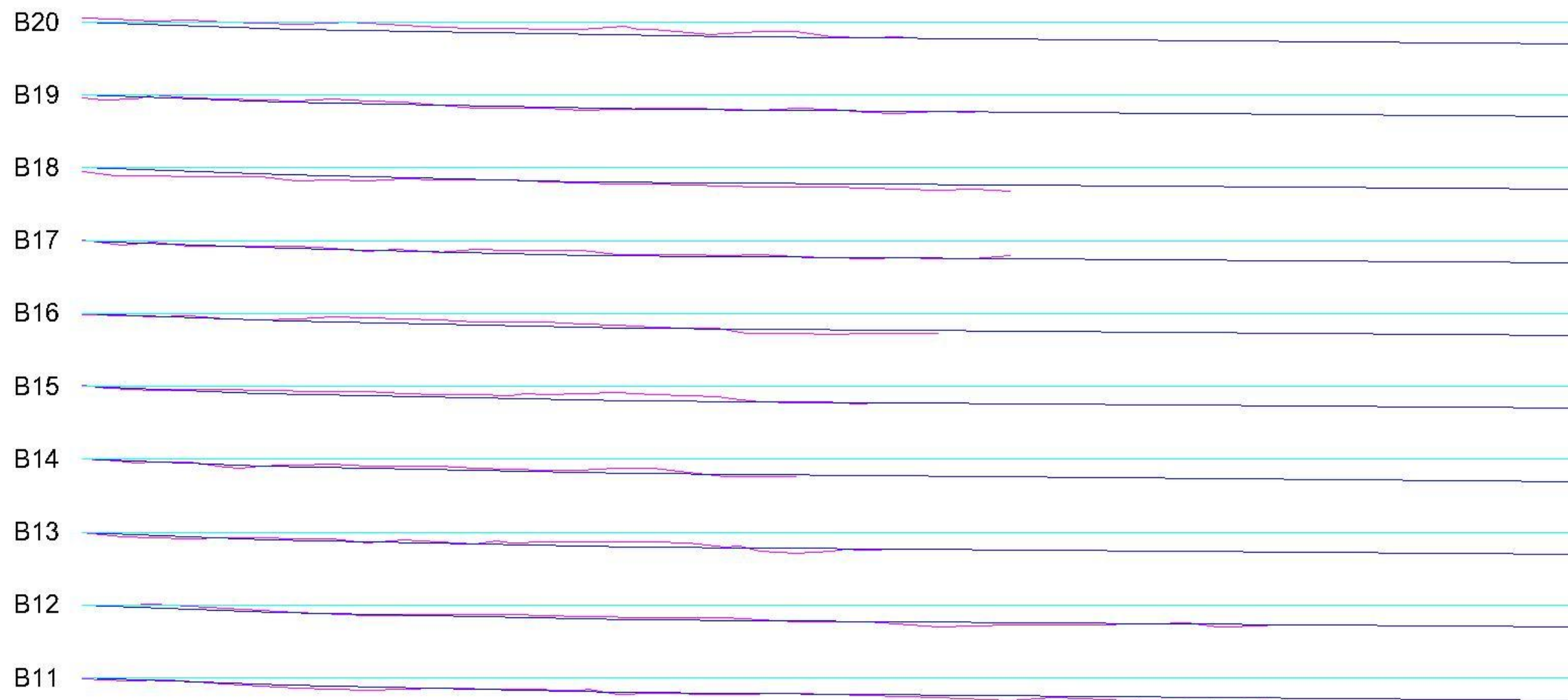
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ4.2 (Τμήμα Β, Χωρίς Κυματοθραύστες, Νοτιοανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26\text{m}$ και $T_p=6,4\text{sec}$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 21-28**

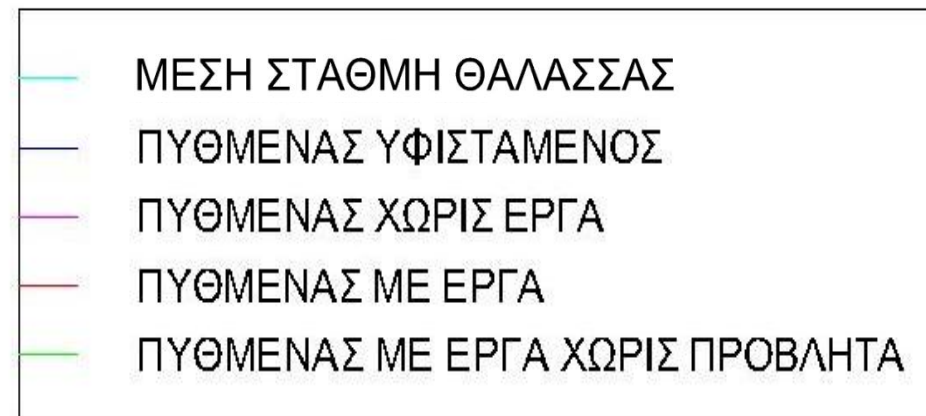
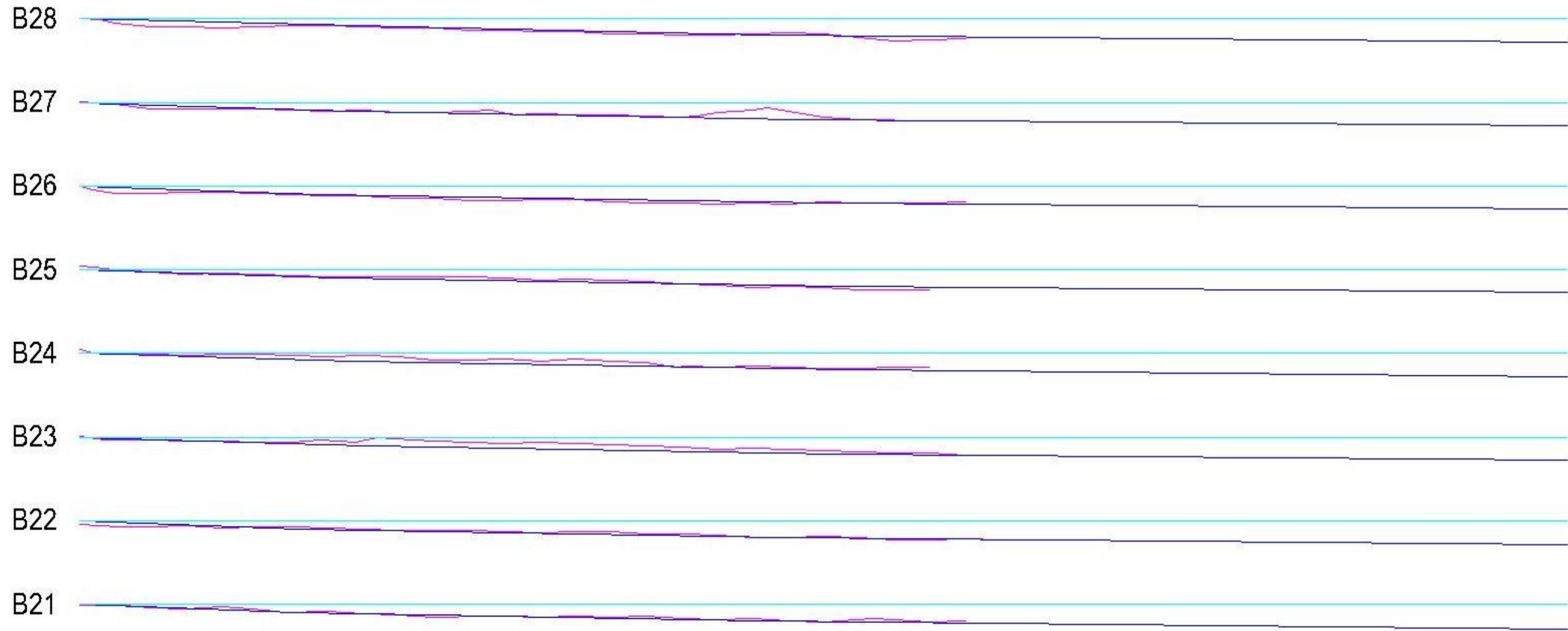
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ4.3 (Τμήμα Β, Χωρίς Κυματοθραύστες, Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,34m$ και $T_p=6,59sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 1-10**

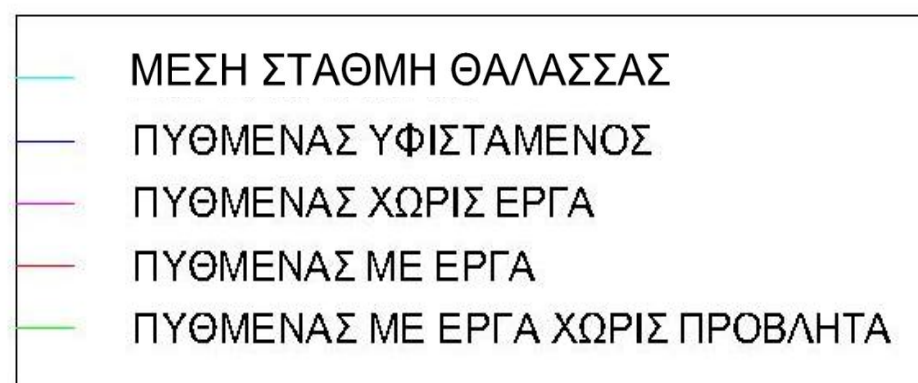
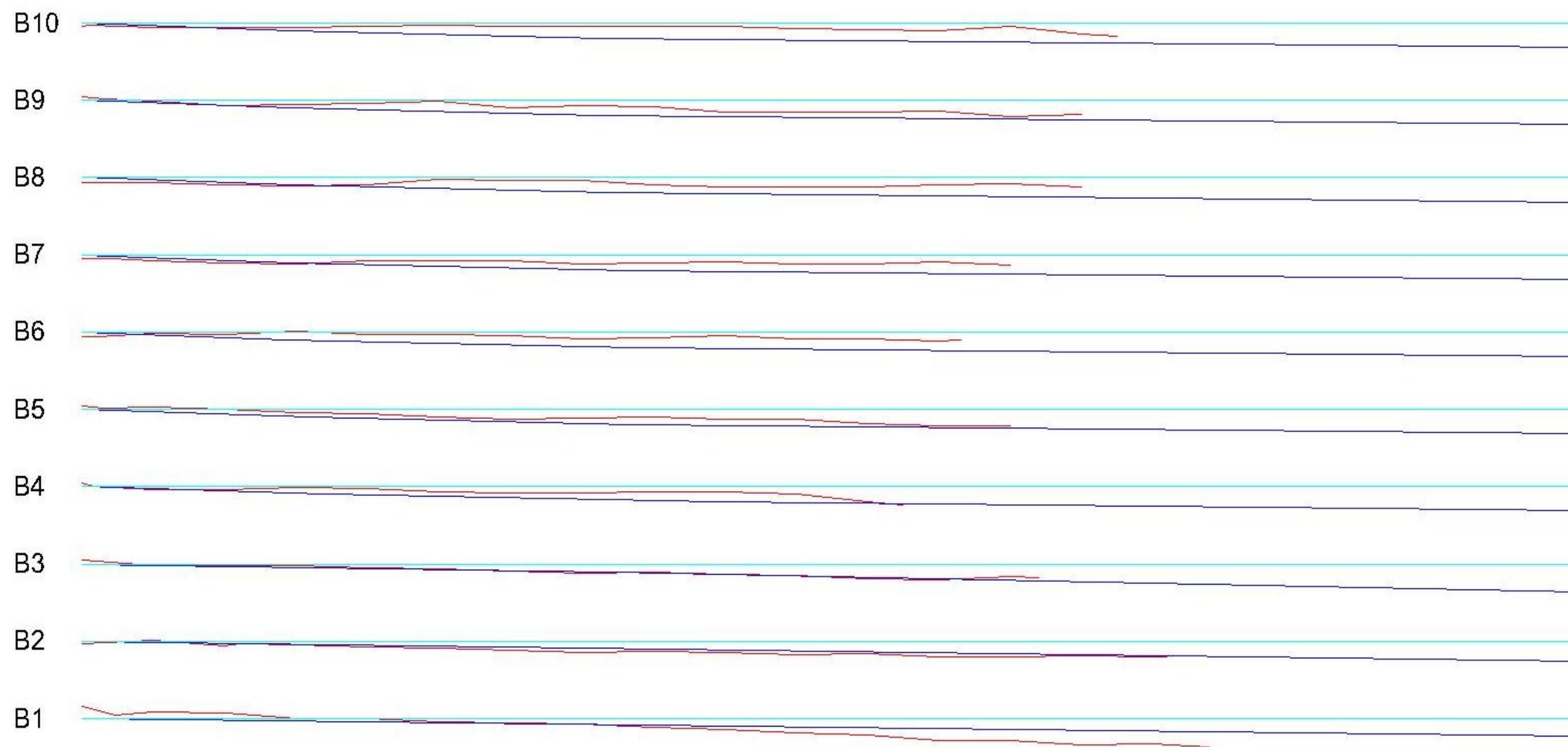
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ4.3 (Τμήμα Β, Χωρίς Κυματοθραύστες, Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,34m$ και $T_p=6,59sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 11-20**

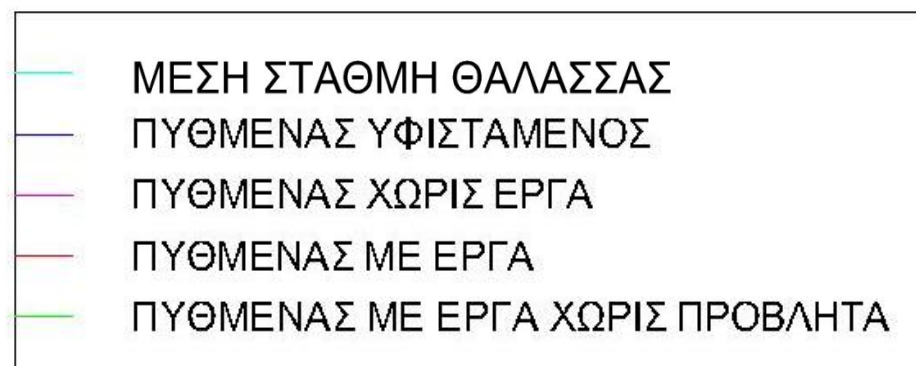
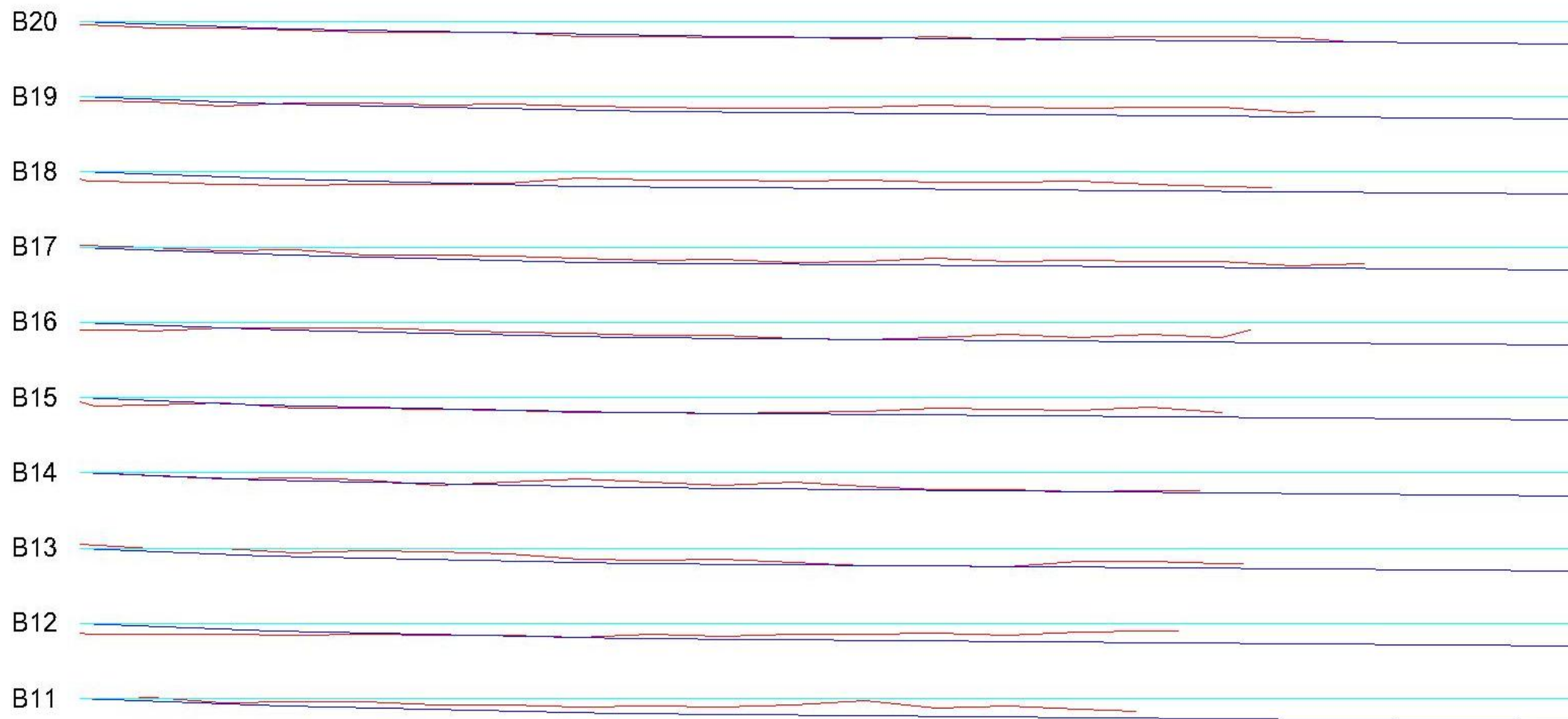
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ4.3 (Τμήμα Β, Χωρίς Κυματοθραύστες, Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,34m$ και $T_p=6,59sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 21-28**

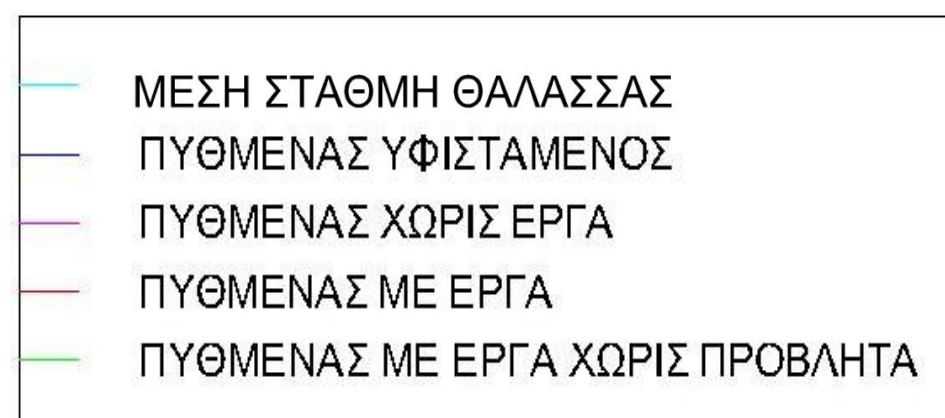
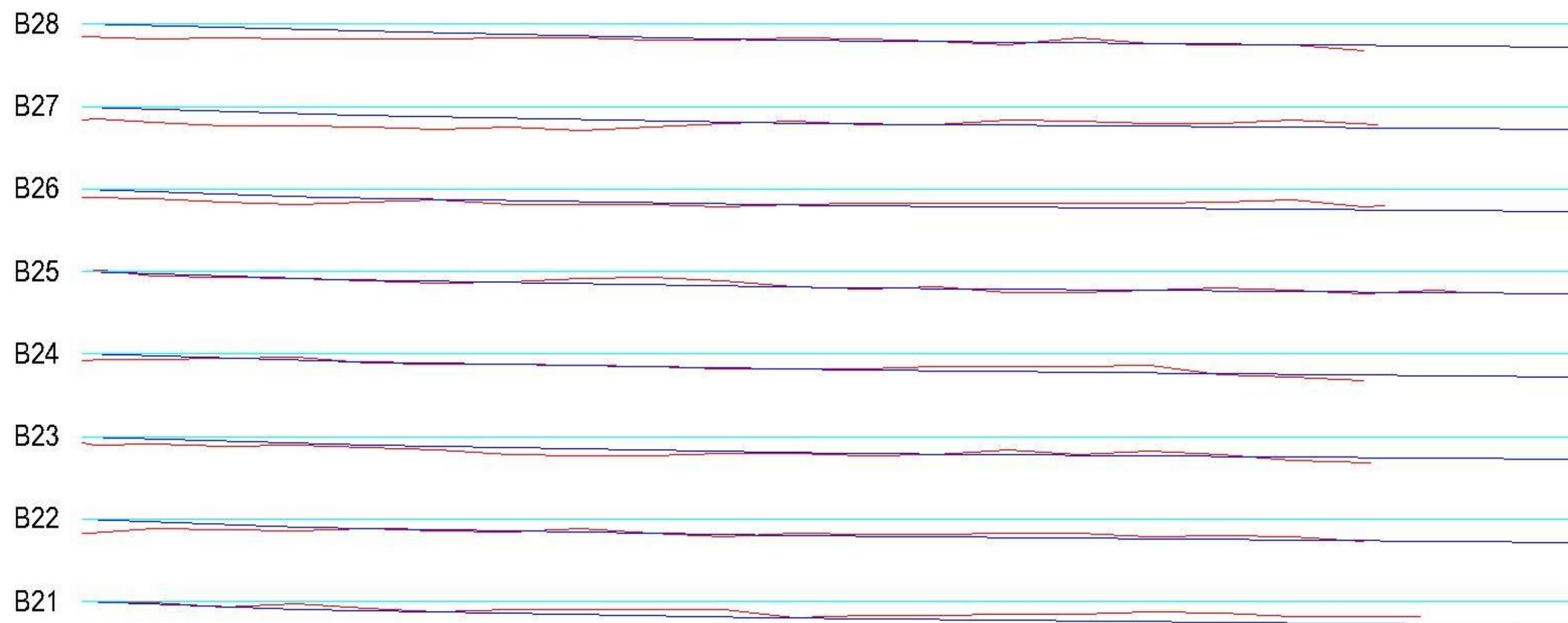
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ5.1 (Τμήμα Β, Με Κυματοθραύστες, Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26\text{m}$ και $T_p=6,4\text{sec}$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 1-10**

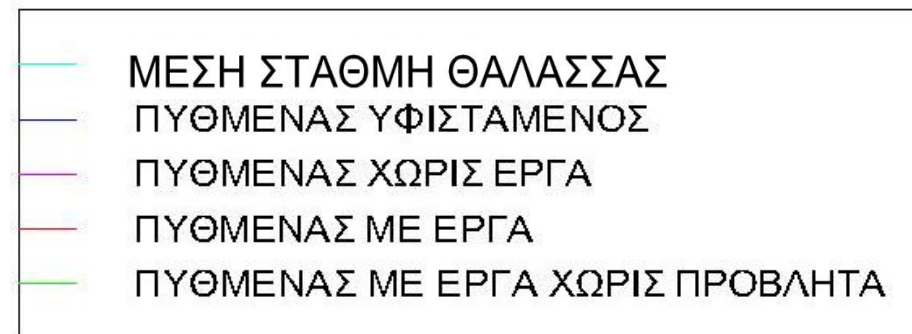
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ5.1 (Τμήμα Β, Με Κυματοθραύστες, Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26m$ και $T_p=6,4sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 11-20**

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

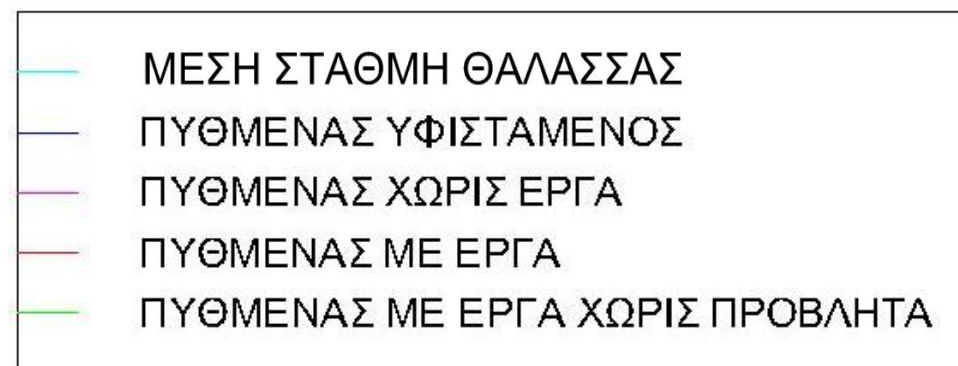
Δ5.1 (Τμήμα Β, Με Κυματοθραύστες, Ανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26\text{m}$ και $T_p=6,4\text{sec}$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 21-28**

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

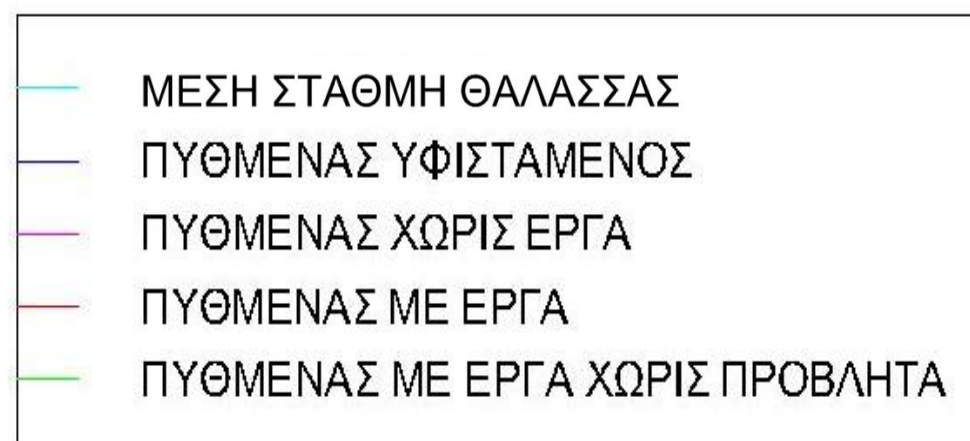
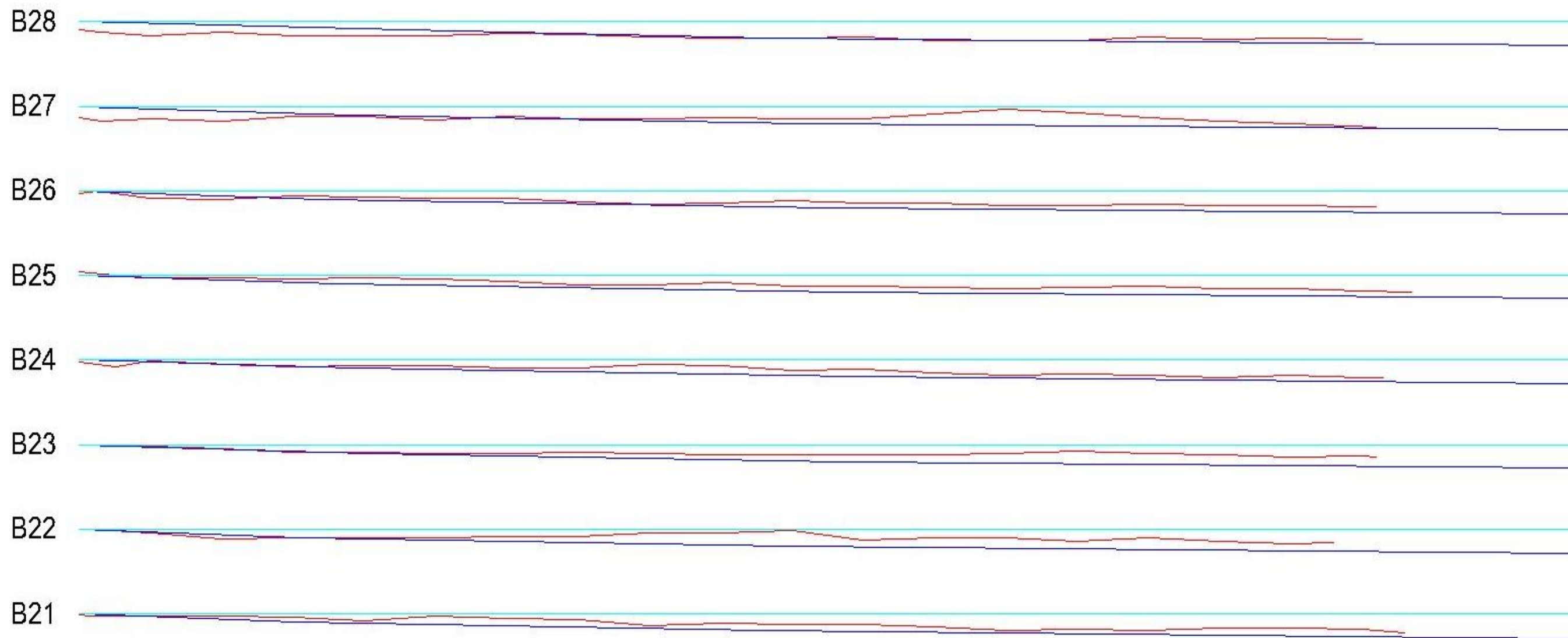
Δ5.2 (Τμήμα Β, Με Κυματοθραύστες, Νοτιοανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26m$ και $T_p=6,4sec$) ΔΙΑΤΟΜΕΣ 1-10

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

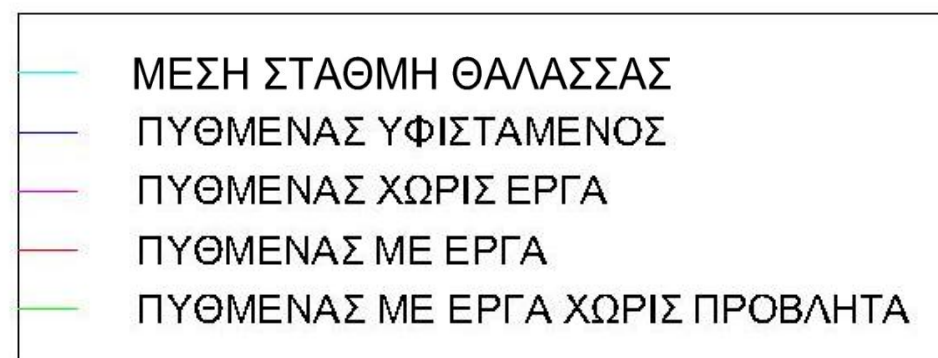
Δ5.2 (Τμήμα Β, Με Κυματοθραύστες, Νοτιοανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26m$ και $T_p=6,4sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 11-20**



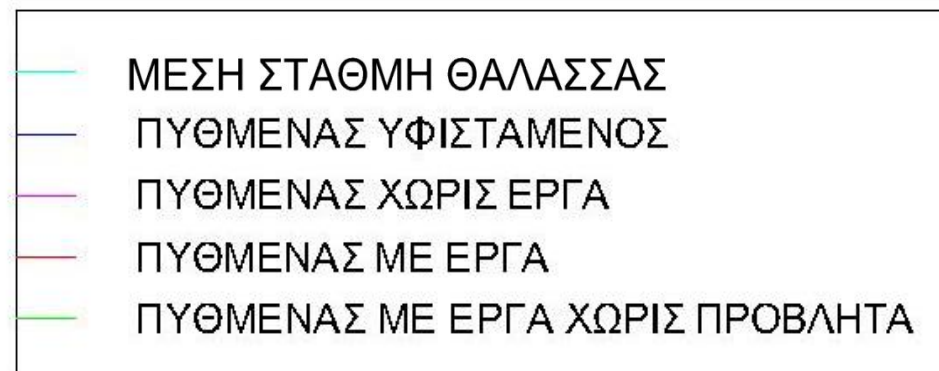
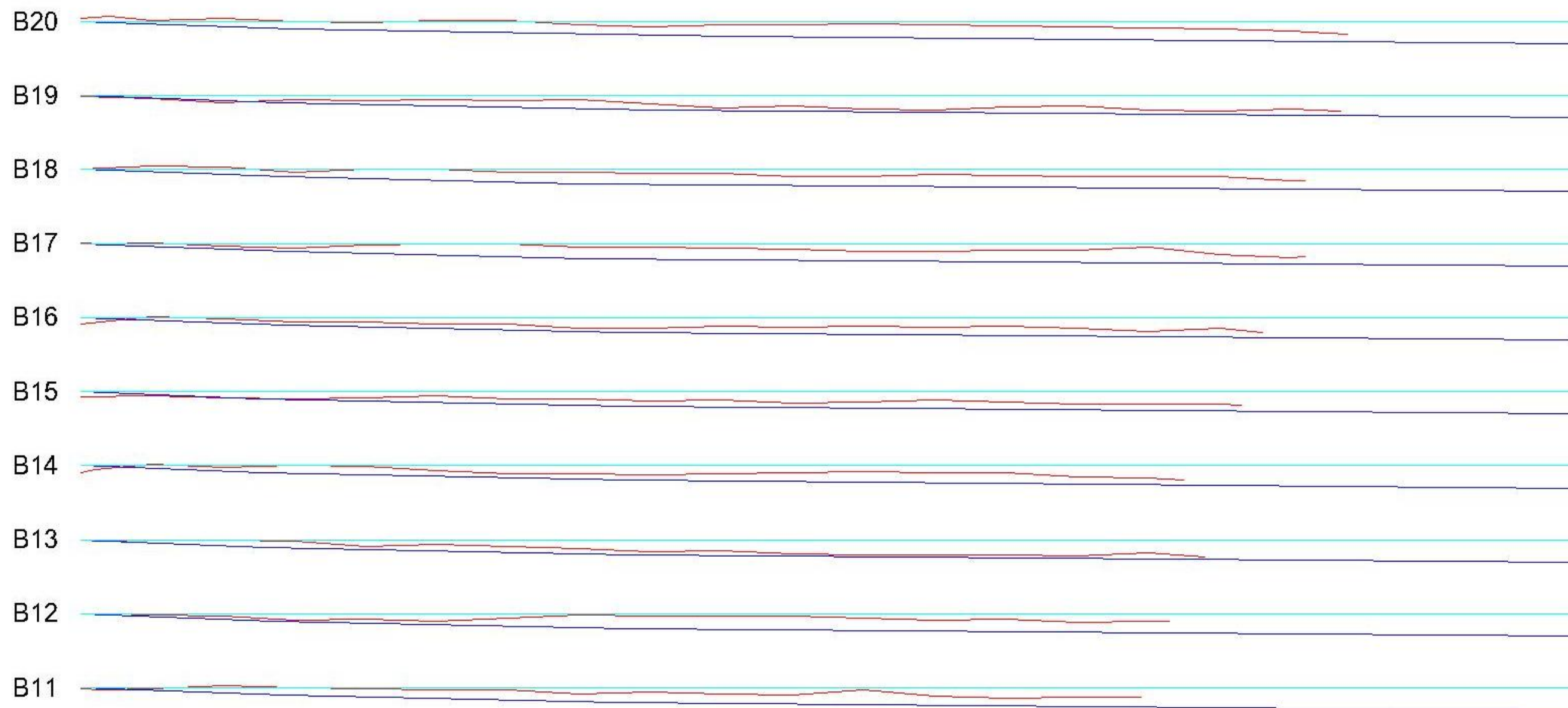
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ5.2 (Τμήμα Β, Με Κυματοθραύστες, Νοτιοανατολική Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,26m$ και $T_p=6,4sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 21-28**

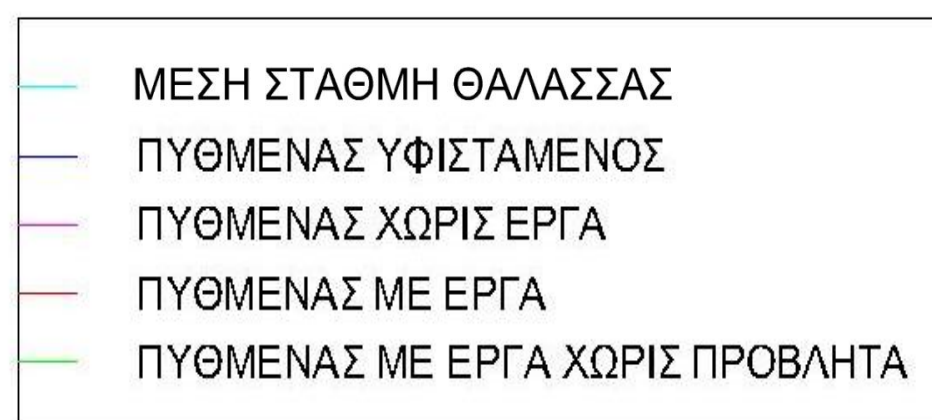
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ5.3 (Τμήμα Β, Με Κυματοθραύστες, Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,34m$ και $T_p=6,59sec$) ΔΙΑΤΟΜΕΣ 1-10

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ5.3 (Τμήμα Β, Με Κυματοθραύστες, Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,34m$ και $T_p=6,59sec$) **ΔΙΑΤΟΜΕΣ 11-20**

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

Δ5.3 (Τμήμα Β, Με Κυματοθραύστες, Νότια Διεύθυνση Πρόσπτωσης Κυμάτων με $H_s=2,34m$ και $T_p=6,59sec$) ΔΙΑΤΟΜΕΣ 21-28

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100