



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

**ΘΕΣΗ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ
ΜΕ ΤΟ ΝΕΟ
ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ
ΚΥΜΑΤΟΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ**

Εμμανουήλ Ι. Παπαδοσπυριδάκης

**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»**

Αθήνα, Οκτώβριος 2011

Επιβλέπων : Καθηγητής Κων/νος Μουτζούρης

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία, εκπονήθηκε στα πλαίσια της Κατεύθυνσης Γ: Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης του Δ.Π.Μ.Σ. : ‘Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων’. Συγκεκριμένα εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Λιμενικών Έργων (Ε.Λ.Ε.) της Σχολής των Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Αποτελεί το τελευταίο στάδιο πριν από την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο συγκεκριμένο Δ.Π.Μ.Σ. Σε όλο το χρονικό διάστημα εκπόνησης της εργασίας, υπήρξαν πολλά πρόσωπα τα οποία βοήθησαν για την επιτυχή ολοκλήρωση της και τα οποία αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω.

Καταρχήν, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Καθηγητή Ε.Μ.Π. κύριο Κωνσταντίνο Μουτζούρη, για τις πολύτιμες συμβουλές και τις οδηγίες του σε όλο το χρονικό διάστημα της εκπόνησης της εργασίας τόσο σε πρακτικά όσο και σε θεωρητικά θέματα.

Νιώθω επίσης την ανάγκη να ευχαριστήσω την κυρία Γιαντσή Θεοδώρα, Πολιτικό Μηχανικό και ερευνητικό συνεργάτη του εργαστηρίου, αλλά και την κυρία Παπαθανασίου Βαρβάρα, Πολιτικό Μηχανικό, για την προσωπική επικοινωνία και τις πολύτιμες πληροφορίες που μου παρείχαν αναφορικά τόσο με την διεξαγωγή των πειραμάτων όσο και με την διάρθρωση της παρούσας μελέτης. Επιπλέον οφείλω ένα ευχαριστώ στον Τσουνή Ευστάθιο ΙΔΑΧ και στον Μαργαρώνη Παναγιώτη ΕΤΕΠ για την βοήθειά τους τόσο στην τοποθέτηση, όσο και στην λειτουργία των μετρητών.

Βεβαίως, ευχαριστώ ιδιαίτερα τα μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής, για το ενδιαφέρον που επέδειξαν, καθώς και για τις χρήσιμες παρατηρήσεις τους.

Τέλος, μέσα από την παρούσα εργασία θα ήθελα να πω ένα «ευχαριστώ» πάνω απ’ όλα στους γονείς μου Ιωάννη και Σοφία Παπαδοσπυριδάκη, καθώς και στην αδερφή μου Κάλλια για την αμέριστη υποστήριξη τους καθ’ όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Ακόμα, ευχαριστώ ιδιαίτερος την κοπέλα μου Ελένη για όλη την υποστήριξη που μου παρείχε, αλλά και την βοήθειά της στην περάτωση της εργασίας.

Με Εκτίμηση
Παπαδοσπυριδάκης Ι. Εμμανουήλ
Αθήνα, Οκτώβριος 2011

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας έρευνας είναι η θέση σε λειτουργία του νέου εργαστηριακού ηχοβολιστικού συστήματος κυματομετρήσεων και η πρώτη του εφαρμογή με την συλλογή και επεξεργασία μετρήσεων στο φυσικό προσομοίωμα της επέκτασης του επιβατικού λιμένα Πειραιά. Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα στο Εργαστήριο Λιμενικών Έργων (Ε.Λ.Ε.) της Σχολής των Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Τα πειράματα διεξήχθησαν στην τρισδιάστατη Δεξαμενή Δοκιμών 2 του εργαστηρίου. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις κυμάτων στις νέες νηοδόχους και λιμενολεκάνες μετά την κατασκευή έργων επέκτασης του επιβατικού λιμένα Πειραιά για τέσσερις διαφορετικές κυματικές συνθήκες από νοτιοδυτική διεύθυνση πρόσπτωσης κυματισμών. Ελέγχθηκαν δύο διατάξεις έργων, μία με διάταξη απορροφητικού και μία με διάταξη κατακόρυφου μετώπου.

Οι μετρήσεις επεξεργάστηκαν με χρήση κατάλληλων λογισμικών και προέκυψαν υδροδυναμικά μεγέθη των κυμάτων στις θέσεις μέτρησης. Επίσης, υπολογίστηκε ο συντελεστής μετάδοσης ως ο λόγος του μεταδιδόμενου προς τον προσπίπτοντα κυματισμό.

Αξιοποιώντας τους συντελεστές μετάδοσης με χρήση κατάλληλου λογισμικού παρήχθησαν ισοπαραμετρικές καμπύλες σε δισδιάστατη μορφή.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε η καταγραφή και παρουσίαση των συμπερασμάτων της παρούσας έρευνας.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The purpose of the present study is to activate the new sonar wave measuring system and to take measurements at the physical model of the extension of Piraeus harbour. The measurements took place at the Laboratory of Harbor Works (LHW) of the Civil Engineer Department, in the National Technical University of Athens.

The experiments took place in the 3D wave basin no 2 of the laboratory. More specifically, wave measurements were taken at the port installations which were created after the construction of expansion works in Piraeus harbour. Four different wave conditions from the southwest direction were tested. Two different layouts were examined, one with absorbent quay wall and one with vertical quay wall.

Remarks on the operation of the sonar wave measuring system

- The sonar wave measuring system has the ability to measure from 3 to 25 cm “eye”-water level distance (optimum distance of approximately 15 cm). Resistance meters can not be calibrated in so small depths (~ 2cm).
- The high-precision sound measurement sensor, which fits the amplifier should be linked closely to the sensors and be safe from possible interference, to properly record the speed of the sound and the sensors to be correctly calibrated.
- In some cases, the measurement was not adequately taken either due to the fact that some of the eight meters in one location could not take measurement, or there was an interruption during an experiment. Therefore, an insulating material was placed around of the meters’ “eyes” and a rather large removal between each other was sought. Generally, meters have proved sensitive to interference.
- The recording of the measurements established that in some of the measurements appeared “noise” and hence the need to limit the time of the experiment.

- The record frequency for the taken measurements was 50Hz. For high wave speed or higher measurement resolution the record frequency is often 100Hz.

Experimental setup

The basic experimental installation was the 3D wave basin no 2 of the Laboratory of Harbor Works at National Technical University of Athens, which has internal dimensions 35,20 x 27,75m and depth to 1,0 m (Figure 2.1).

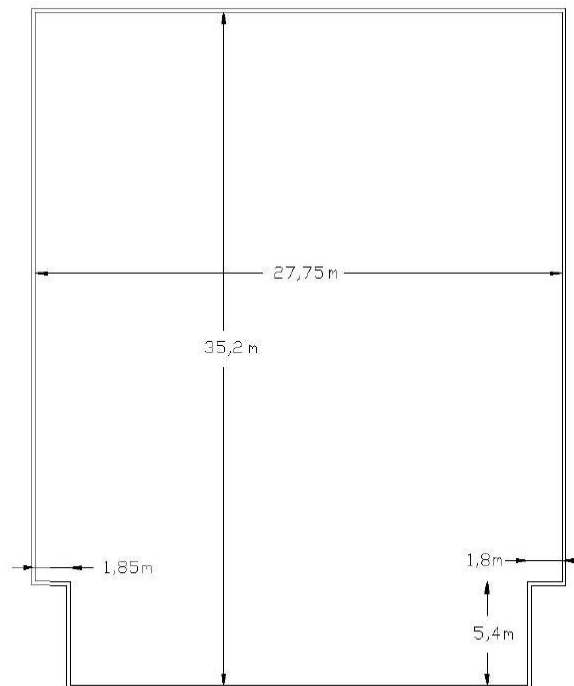


Figure 1: wave basin of the Laboratory of Harbor Works

The output random waves system is installed in the tank. Dampening walls of ballast were built in order to absorb the incident waves in the walls of the tank.

The output random waves system moves hydraulic and consists of the following parts:

1. Hydraulic machinery-engine
2. Hydraulic pistons
3. Three wave paddles
4. Control system
5. Appropriate software

The commands for the operation of the hydraulic system are provided through a computer using the appropriate software on the control system.

The software used for the production of the wave packet is “WAVEGEN SD” of the English Company “H.R Wallingford”, which has the capability to produce monochromatic (sinusoidal) ripples and spectral disruptions of various forms – random waves.

Similarity scales

For the choice of the appropriate similarity scale we have taken into account the following parameters:

- The dimensions of the installation in relation to the dimensions of the area, which was simulated, and
- The ability to satisfactorily simulate the ripples in the location of the structures.

The punctual simulation of mechanisms (reflection, refraction, diffraction) requires the model to have the same similarity scale to the three dimensions. The scale, according to which the linear dimensions of the model are simulated, is known as geometric simulation scale (λ).

Having defined the geometric simulation scale, the scales for the hydrodynamic parameters can be calculated according to the laws of similarity. In this model we have $\lambda = 125$.

The similarity ratio values of the various parameters are shown in the following table:

Parameter	Scale	Value
Length	$\lambda = \lambda$	125
Time	$\lambda_p = \lambda^{1/2}$	11,18
Velocity	$\lambda_v = \lambda^{1/2}$	11,18
Force	$\lambda_\Delta = \lambda^3$	1.953.125,00
Volume	$\lambda_o = \lambda^3$	1.953.125,00
Mass	$\lambda_\mu = \lambda^3 \times (M_p/M_m)$	2.031.250,00
Acceleration	1	1

Table 1 : Similarity ratio values of the various parameters

The physical model was constructed with lightweight concrete and the slope of the gradients was chosen so that the reflection coefficient is very small.

Provisions layout

Two constructed layouts were checked, one with absorbent and one with vertical quay wall.



Figure 2 : Layout with vertical quay wall (simulated with smooth iron plate)



Figure 3 : Layout with absorbent quay wall (simulated with perforated iron plate)

The extension of the Piraeus port is carried out in three stages:

- In the first stage facilities for cruise ships are being constructed.
- In the second stage facilities of servicing coastal ships are being constructed.
- In the third stage facilities of servicing tourist ships are being constructed.

Measurements processing

The sonar wave sensors measure the distance from the location of sensor's "eye" up to the free surface of the water on all the selected locations within the physical model. These measurements with the use of the software HF108TOWVD are transformed in a change of the middle level, and in such a form that they can undergo further process.

Thereafter, the measurements are edited, with the help of the program "H.R.Wavedata", the spectrum of waves and a number of parameters is calculated.

After we have defined all parameters for the processing, we take the output files, which contain tabular attributes of the following sizes:

- Characteristic wave height H_s (mm)
- Maximum wave height H_{max} (mm)
- Average of 10% of the highest waves $H_{1/10}$ (mm)
- Average of 33.3% of the highest waves $H_{1/3}$ (mm)
- Maximum spectrum period T_p (sec)
- Average spectrum period T_m (sec)

Based on the above, tables were created, such as the one shown in the picture below, with the counters information separated, per counter and per number of test.

Test number 8						
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)	Tp (sec)	Tm (sec)
probe1	13.64	24.33	17.10	13.28	0.64	0.55
probe2	11.99	21.26	14.94	11.72	0.54	0.56
probe3	11.43	25.27	14.44	11.10	0.60	0.57
probe4	10.46	20.49	13.37	10.23	0.60	0.54
probe5	11.14	22.36	13.83	10.91	0.57	0.54
probe8	9.83	20.31	12.38	9.69	0.57	0.55
Test number 6						
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)	Tp (sec)	Tm (sec)
probe1	36.10	59.40	44.30	35.50	0.64	0.56
probe2	26.70	51.00	33.10	26.20	0.64	0.58
probe3	23.60	43.90	29.50	23.20	0.64	0.56

Table 2 : Test results per counter

Due to the fact the measurements were not simultaneous, we calculated the transmission coefficient, as the ratio of the size (e.g. wave height) which occurs at a specific location within the port of Piraeus, to the size (e.g. wave height) on a specific checkpoint.

$$K_t = \frac{H_{ti} \text{ (transmitted wave)}}{H_{in} \text{ (incident wave)}}$$

The following illustration shows a table that contains transmission coefficients.

K _t (H _s)	K _t (H _{max})	K _t (H ₁₀)	K _t (H ₃)
0.51	0.48	0.52	0.51
0.45	0.42	0.45	0.45
0.43	0.50	0.44	0.42
0.39	0.40	0.40	0.39
0.42	0.44	0.42	0.42
0.37	0.40	0.37	0.37

Table 3 : Transmission coefficients for the hydrodynamic sizes

In the context of processing, display diagrams of all featured sizes were created for the four wave situations, for both absorbent quay wall layout and vertical quay wall layout.

Isometric curves

The “gridding” method which was used to create the grid, is the “Kriging” method which consists of a linear variogram.

The “Kriging” method’, uses map points to export data for areas that don't have data. This leads to the minimum and maximum values of Z in the grid that is beyond the values in the data file.

Indicatively, an isometric curves map is given by the following figure:

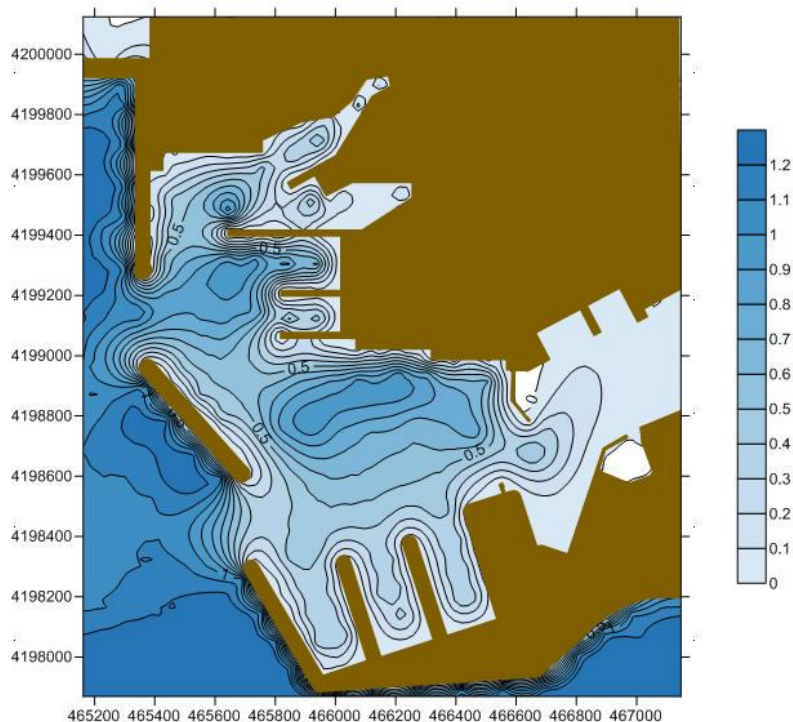


Figure 4: Isometric curves for the transmission coefficient H_s

Measurement results

This chapter refers to the presentation of the results based on the tables of transmission coefficients per measuring subarea and per wave disturbance in relation to both the absorbent and vertical quay wall layout.

These results are confirmed by the isometric curves maps, created by Surfer software.

Conclusions

In this chapter, the conclusions reached by this study are being presented, in the context of experimental measurements using the new sonar wave measuring system.

➤ From the counters' operation the following conclusions are reached:

- The new sonar wave measuring system makes possible the wave measurement even at a very low water depth (~ 2cm).
- The sonar counters take very accurate experimental measurements.
- For relatively low wave speed the 50Hz frequency is recommended in a measurement, while for high wave speed or higher measurements' resolution a 100Hz frequency is recommended.
- The high-precision sound measurement sensor should be placed near the counters and be safe from possible interference, in order to correctly record the speed of the sound.
- During the measurements' recording "noise" appeared in certain measurements and hence it was needed to limit the time of the experiment.
- The counters have proved to be very sensitive and reliable measuring waves instruments.

➤ By measurements processing, the following conclusions were concluded:

- By careful examination of the transmission coefficients' tables, it was concluded that the differences found between vertical and absorbent quay wall is important. In particular:
 - In the southern part of the constructions' expansion of the Piraeus port, (cruise ships area, south channel and south coastal platforms) it is noticed that there is an encumbrance of the order of 8% of the vertical quay wall.
 - In the central part of the port (leeward dock side and coasters) there is is an encumbrance ~ 7%
- The isometric curves' maps, show satisfactorily the wave disturbance within the new constructions. In particular:
 - In the subsistent port , the incoming wave disturbance is small.
 - In the cruise ships area the western dock is more biased.
 - The area in front of coastal platforms is very wave biased.
 - The north coastal constructions' dock is also significantly biased.
 - The wave disturbance in the marina area is high.
- The influence of the vertical quay wall is obvious in the maps, from the appearance of higher rated transmission curves, particularly in the southern and central part of the port.
- Largest measurements' number using the sonar counter meters would lead to a more precise result.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
EXTENDED ABSTRACT	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΤΩΝ ΚΥΜΑΤΟΣ	15
1.1 Γενικά.....	15
1.2 Κατηγορίες ηχοβολιστικών συστημάτων.....	15
1.3 Θέση των μετρητών σε λειτουργία.....	16
1.4 Παρατηρήσεις για την λειτουργία του συστήματος.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΙΑ	18
2.1 Πειραματική εγκατάσταση.....	18
2.2 Φυσικό μοντέλο.....	20
2.2.1 Εισαγωγή.....	20
2.2.2 Κλίμακες ομοιότητας.....	20
2.3 Μετρήσεις στο φυσικό μοντέλο.....	22
2.4 Πρόγραμμα πειραματικών μετρήσεων.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	34
3.1 Γενικά.....	34
3.2 Διαγράμματα απεικόνισης υψών κύματος.....	38
3.3 Διαγράμματα απεικόνισης περιόδων.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΙΣΟΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ	50
4.1 Ισοπαραμετρικές καμπύλες.....	50
4.1.1 Ισοπαραμετρικές καμπύλες για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_0 = 2.40m$	51

4.1.2 Ισοπαραμετρικές καμπύλες για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_0 = 2.80m$	53
4.1.3 Ισοπαραμετρικές καμπύλες για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_0 = 3.50m$	55
4.1.4 Ισοπαραμετρικές καμπύλες για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_0 = 3.90m$	57
4.1.5 Ισοπαραμετρικές καμπύλες για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_0 = 2.40m$	59
4.1.6 Ισοπαραμετρικές καμπύλες για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_0 = 2.80m$	61
4.1.7 Ισοπαραμετρικές καμπύλες για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_0 = 3.50m$	63
4.1.8 Ισοπαραμετρικές καμπύλες για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_0 = 3.90m$	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	76
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	78
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 : Περιγραφή Λογισμικού Πακέτου HF108TOWVD.....	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 : Περιγραφή Λειτουργίας Ενισχυτή ULTRALAB_ULS.....	85
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 : Περιγραφή Λογισμικού Πακέτου H.R. WAVEDATA.....	89
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 : Περιγραφή Λογισμικού Πακέτου SURFER.....	93
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5 : Πίνακες Συντελεστών Μετάδοσης.....	101
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6 : Φωτογραφίες Πειραμάτων.....	127

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των σπουδών μου στο Δ.Π.Μ.Σ. του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου ‘Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων’. Το θέμα που πραγματεύεται είναι το παρακάτω:

<< Θέση σε λειτουργία και μετρήσεις με το νέο ηχοβολιστικό σύστημα κυματομετρήσεων του εργαστηρίου λιμενικών έργων >>

Στα πλαίσια της εργασίας, αρχικά πραγματοποιήθηκε η θέση σε λειτουργία των μετρητών αλλά και η πρώτη τους εφαρμογή με την συλλογή και επεξεργασία μετρήσεων στο φυσικό προσομοίωμα της επέκτασης του επιβατικού λιμένα Πειραιά.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν παρέχουν υψηλή ακρίβεια στα πειράματα, καθώς βασίζονται στην μέτρηση της χρονικής διάρκειας που χρειάζεται το εκπεμπόμενο ηχητικό κύμα για να διανύσει κατά την κατακόρυφο την απόσταση μετρητή-στάθμη ύδατος. Επίσης, η ακρίβεια αυτού του συστήματος οφείλεται στην μεγάλη συχνότητα δειγματοληψίας και στο γεγονός ότι δεν έχει παρεμβολές από τις βάσεις στήριξης των οργάνων.

Η διπλωματική εργασία διαρθρώνεται σε 6 κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο, περιγράφεται και αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας του νέου ηχοβολιστικού συστήματος μετρητών κύματος καθώς και η συνδεσμολογία των μετρητών με τον υπολογιστή, όπου καταγράφονται οι μετρήσεις.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, περιγράφονται αρχικά οι πειραματικές εγκαταστάσεις του εργαστηρίου, όπου έλαβαν χώρα οι μετρήσεις. Ακόμα, περιγράφεται το φυσικό μοντέλο του λιμένα Πειραιά και παρουσιάζεται σε μορφή πίνακα το αναλυτικό πρόγραμμα των πειραματικών μετρήσεων.

Στο τρίτο κεφάλαιο, περιγράφεται αναλυτικά η επεξεργασία των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκε, ούτως ώστε να προσδιοριστούν τα υδροδυναμικά μεγέθη και οι συντελεστές μετάδοσης, και παρουσιάζονται διαγράμματα απεικόνισης των υψών κύματος και των περιόδων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, αναλύεται η μεθοδολογία σχεδίασης ισοπαραμετρικών καμπυλών και παρουσιάζονται οι χάρτες που προέκυψαν.

Τέλος, στο πέμπτο και στο έκτο κεφάλαιο, αφενός σχολιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων και αφετέρου παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΤΩΝ ΚΥΜΑΤΟΣ

1.1 Γενικά

Τα ηχοβολιστικά συστήματα βασίζονται στη μέτρηση της χρονικής διάρκειας που χρειάζεται το εκπεμπόμενο ηχητικό κύμα για να διανύσει κατά την κατακόρυφο την απόσταση μετρητή – στάθμη ύδατος με επιστροφή. Ο χρόνος αυτός μεταφράζεται αυτομάτως σε απόσταση.

1.2 Κατηγορίες ηχοβολιστικών μετρητών

Οι δύο κύριες κατηγορίες ηχοβολιστικών συστημάτων που υπάρχουν είναι τα παθητικά και τα ενεργητικά.

- Τα παθητικά που είναι και τα απλούστερα χρησιμοποιούν μία συσκευή ανίχνευσης ηχητικών δονήσεων. Τα συστήματα αυτά αν και απλά στην υλοποίηση έχουν δύο βασικά μειονεκτήματα.
 - Αφενός δεν έχουν τη δυνατότητα να εντοπίσουν στόχους που είναι "αθόρυβοι" στο φάσμα λήψης τους και αφετέρου
 - Με δεδομένο ότι η ένταση του προσλαμβανόμενου σήματος εξαρτάται τόσο από την απόσταση της πηγής, όσο και από την φύση της πηγής, δεν παρέχουν σαφή στοιχεία παρά μόνο ως προς τη διεύθυνση προέλευσης.
- Τα ενεργά συστήματα ηχοβολισμού αντίθετα, χρησιμοποιούν πιεζοηλεκτρικούς ή και άλλους μετατροπείς για να εκπέμπουν βραχείς υπερηχητικούς παλμούς που διαδίδονται έως ότου προσκρούσουν σε κάποιο εμπόδιο. Οι ανακλάσεις των παλμών που επιστρέφουν στον μετατροπέα γίνονται ηλεκτρικά σήματα ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για τον περιβάλλοντα χώρο. Στα συμπεράσματα αυτά συμπεριλαμβάνεται εκτός από την διεύθυνση, που εξαρτάται από την κατευθυντικότητα του μετατροπέα, η απόσταση του στόχου και πλήθος παραμέτρων που αφορούν στη μάζα το μέγεθος και τη κινητική κατάσταση των υλικών που ανακλούν τις υπερηχητικές εκπομπές.

1.3 Θέση των μετρητών σε λειτουργία

Το ηχοβολιστικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα ανήκει στην κατηγορία των ενεργητικών συστημάτων. Σημαντικό πλεονέκτημα του συστήματος είναι ότι καθιστά δυνατή την μέτρηση των κυμάτων ακόμα και σε πολύ μικρό βάθος νερού (~2cm).

Όσο αφορά την λειτουργία των ηχοβολιστικών μετρητών, αφού επιλεγθεί μία θέση που πρόκειται να τοποθετηθούν, συνδέονται τα καλώδια στον ενισχυτή και δημιουργείται ένα τοπικό δίκτυο με έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ο ενισχυτής είναι εξοπλισμένος με 8 ανεξάρτητα και συγχρονισμένα κανάλια – εισόδους που επιτρέπουν την ταυτόχρονη καταγραφή δεδομένων.

Οι μετρητές έχουν την δυνατότητα να λαμβάνουν μετρήσεις σε δύο συχνότητες. Η συχνότητα των 50Hz συνίσταται για χαμηλή σχετική ταχύτητα κύματος, ενώ για υψηλή ταχύτητα κύματος ή για υψηλότερη ανάλυση μετρήσεων συνίσταται συχνότητα 100Hz.

Στο σύστημα περιλαμβάνεται και ο υψηλής ακρίβειας αισθητήρας μέτρησης ήχου, ο οποίος εκπέμπει τους ήχους κατά μήκος μίας διόδου ιδανικά παράλληλης στο μετρήσιμο κανάλι, σε μία καθορισμένη απόσταση και έτσι πραγματοποιείται η εσωτερική βαθμονόμηση των δεδομένων.

Τα ‘‘πρωτογενή’’ δεδομένα από τους μετρητές εμφανίζονται σε έναν πίνακα στην οθόνη του υπολογιστή και καταγράφονται σε αρχεία κειμένου (.txt), όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.

Αρχείο	Επεξεργασία	Μορφή	Προβολή	Βοήθεια																	
-1	219.32	180.51	124.87	132.99	176.84	153.93	137.09	110.51	341.89												
-1	219.40	180.17	124.87	132.99	176.84	153.93	137.52	110.85	341.89												
-1	219.40	180.09	124.87	132.90	176.84	153.93	137.52	110.85	341.89												
-1	219.40	180.09	125.21	132.56	176.84	153.93	137.52	110.94	341.89												
-1	219.40	180.09	125.21	132.56	176.92	153.93	137.52	111.19	341.89												
-1	213.42	176.41	126.41	132.99	178.46	155.21	137.43	112.05	341.89												
-1	213.59	177.26	125.98	134.19	178.46	155.13	137.09	111.28	341.89												
-1	213.85	178.12	125.73	134.87	178.12	154.87	136.67	110.85	341.89												
-1	214.27	179.32	125.90	135.04	178.03	154.61	136.32	110.00	341.89												
-1	214.96	180.51	125.64	135.13	177.95	154.36	136.32	109.57	341.89												
-1	216.07	181.80	125.55	135.47	177.69	154.27	136.32	109.23	341.89												
-1	216.92	183.42	125.55	135.47	177.61	154.10	136.32	108.89	341.89												
-1	217.86	184.96	125.21	135.47	177.26	153.85	136.41	108.72	341.89												
-1	219.57	185.47	124.78	135.47	177.18	153.59	136.58	108.37	341.89												
-1	219.92	186.24	124.36	135.38	176.92	153.50	136.32	108.37	341.89												
-1	220.94	187.01	123.93	135.04	176.75	153.50	136.32	108.37	341.89												
-1	221.11	187.18	123.59	134.61	176.41	153.50	136.75	108.37	341.89												
-1	221.45	186.84	123.25	133.84	176.32	153.50	137.18	108.37	341.89												
-1	221.54	186.24	123.16	132.99	176.07	153.50	137.52	108.37	341.89												
-1	221.88	185.56	122.82	132.48	176.07	153.59	137.52	108.46	341.89												
-1	221.88	184.87	122.82	131.11	175.98	153.93	137.52	108.80	341.89												
-1	221.88	184.53	123.16	130.51	175.73	154.36	137.43	109.57	341.89												
-1	221.88	185.30	123.25	129.83	175.98	154.79	137.09	110.00	341.89												
-1	221.54	182.82	123.59	129.66	175.98	155.13	136.67	110.34	341.89												
-1	221.45	182.14	124.02	129.40	175.98	155.55	136.24	110.43	341.89												
-1	221.03	181.37	125.13	129.31	176.07	156.32	135.81	110.77	341.89												
-1	220.26	180.94	125.30	129.66	176.32	156.84	135.47	110.85	341.89												
-1	219.83	180.09	125.73	131.45	176.50	157.26	135.04	110.85	341.89												
-1	219.83	178.89	126.32	130.08	176.84	157.61	134.79	110.85	341.89												
-1	219.40	177.78	126.41	130.51	177.26	157.86	134.96	110.85	341.89												
-1	219.32	177.18	126.58	130.94	177.69	157.61	135.13	110.85	341.89												
-1	218.72	176.50	127.18	131.45	178.03	157.61	135.81	110.51	341.89												

Εικόνα 1.1 : Καταγραφή δεδομένων από τους ηχοβολιστικούς μετρητές

Στην παραπάνω εικόνα η πρώτη στήλη αναφέρεται στην τιμή της σφραγίδας χρόνου, ή οποία ορίζεται στην τιμή -1. Οι οκτώ επόμενες στήλες αναφέρονται στις μετρήσεις των οκτώ μετρητών και η τελευταία στήλη παρουσιάζει την ταχύτητα του ήχου, η οποία καταγράφεται από τον μετρητή αναφοράς.

1.4 Παρατηρήσεις για την λειτουργία του συστήματος

- Το συγκεκριμένο σύστημα έχει την δυνατότητα να μετρά από 3 έως 25 εκατοστά απόσταση “οφθαλμού” - στάθμη ύδατος (βέλτιστη απόσταση περίπου 15 εκατοστά). Οι μετρητές αντίστασης δεν μπορούν να βαθμονομηθούν σε τόσο μικρά βάθη (~2cm).
- Ο υψηλής ακρίβειας αισθητήρας μέτρησης ήχου, με τον οποίο είναι εξοπλισμένος ο ενισχυτής πρέπει να συνδέεται κοντά στους αισθητήρες και προφυλαγμένος από πιθανές παρεμβολές, για να καταγράφει σωστά την ταχύτητα του ήχου και να βαθμονομούνται σωστά οι αισθητήρες.
- Σε ορισμένες μετρήσεις είτε δεν λάμβαναν μέτρηση και οι οκτώ μετρητές σε μία θέση, είτε παρατηρούνταν διακοπή μίας μέτρησης κατά την διάρκεια ενός πειράματος. Έτσι, χρειάστηκε να τοποθετηθεί μονωτικό υλικό περίξ των “οφθαλμών” των μετρητών και επιδιώχθηκε η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απομάκρυνση των μετρητών μεταξύ τους. Γενικώς απεδείχθησαν ευαίσθητοι σε παρεμβολές.
- Από την καταγραφή των μετρήσεων διαπιστώθηκε ότι εμφανιζόταν “θόρυβος” σε ορισμένες μετρήσεις και έτσι προέκυψε η ανάγκη περιορισμού του χρόνου επεξεργασίας του αντίστοιχου πειράματος.
- Για τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην συνέχεια ως συχνότητα καταγραφής επελέγησαν τα 50Hz. Για υψηλή ταχύτητα κύματος ή για υψηλότερη ανάλυση μετρήσεων συνίσταται συχνότητα 100Hz.

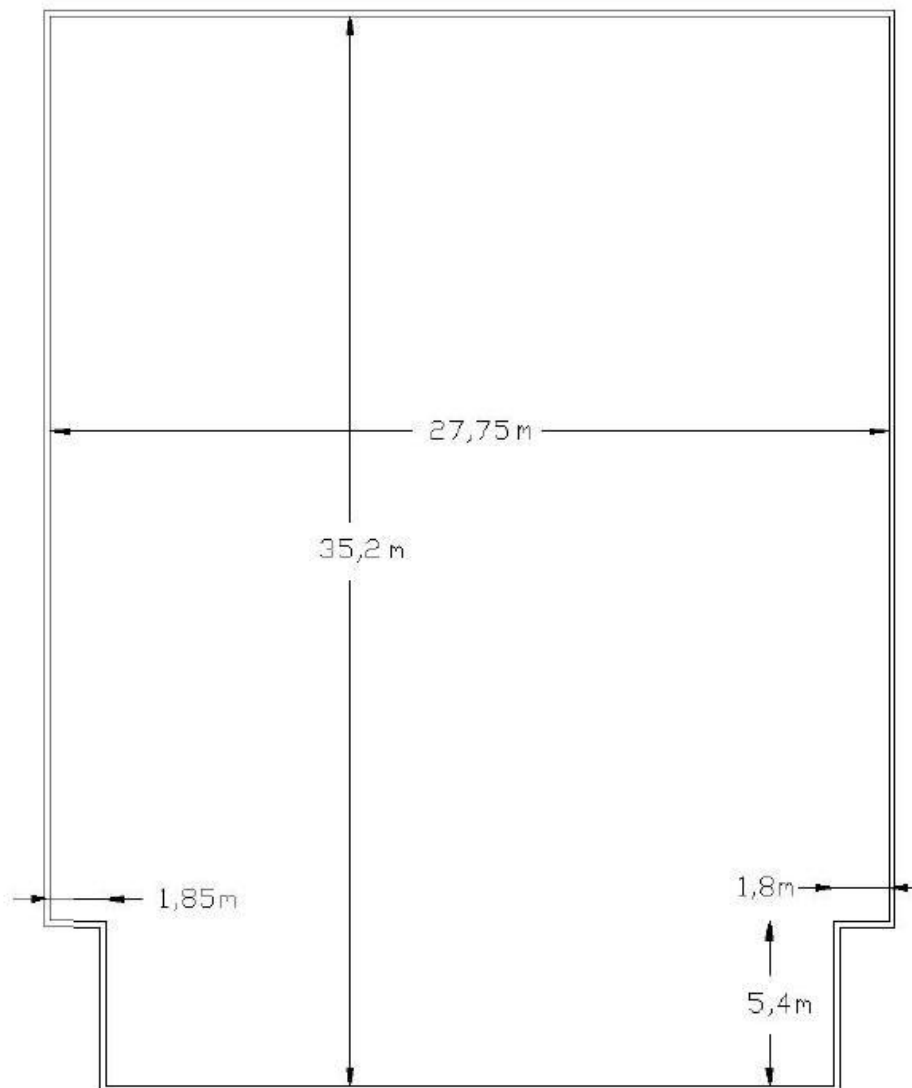


Εικόνα 1.2 : Αισθητήρας μέτρησης ήχου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

2.1 Πειραματική εγκατάσταση

Βασική πειραματική εγκατάσταση ήταν η τρισδιάστατη Δεξαμενή Δοκιμών 2 του Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων του Ε.Μ.Π. , η οποία έχει εσωτερικές διαστάσεις 35,20 x 27,75m και βάθος έως 1,0m (βλ. Σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1: Δεξαμενή Δοκιμών του Ε.Λ.Ε.

Στην δεξαμενή είναι εγκατεστημένο σύστημα παραγωγής τυχαίων κυματισμών. Για την απορρόφηση των προσπιπτόντων κυμάτων στα τοιχώματα της δεξαμενής κατασκευάστηκαν αποσβεστικές επενδύσεις από λιθορριπή.

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

1. Υδραυλικό μηχανισμό-κινητήρα
2. Υδραυλικά έμβολα
3. Τρεις κυματιστήρες
4. Σύστημα ελέγχου
5. Κατάλληλο λογισμικό

Ο υδραυλικός μηχανισμός αποτελείται από μία αντλία και ένα δοχείο λαδιού, το οποίο κινεί τα έμβολα. Τα έμβολα είναι εγκατεστημένα επί των κυματιστήρων και κινούν τους βραχίονες των γεννητριών, οι οποίοι με τη σειρά τους κινούν το κατακόρυφο μέτωπο των κυματιστήρων και παράγονται τα κύματα. Το μέτωπο έκαστου κυματιστήρα έχει πλάτος 8,0m. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τρεις κυματιστήρες, τα μέτωπα των οποίων καλύπτουν συνολικό μήκος 24,00m στη δεξαμενή. Το ύψος έκαστου μετώπου είναι 0,80m. Στα πλαίσια της συγκεκριμένης μελέτης η διεύθυνση πρόσπτωσης των κυμάτων ορίστηκε η νοτιοδυτική με αζιμούθιο 225°.

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’’, το οποίο έχει την δυνατότητα παραγωγής μονοχρωματικών (ημιτονοειδών) κυματισμών και φασματικών διαταραχών διαφόρων μορφών – τυχαίων κυματισμών.

2.2 Φυσικό μοντέλο

2.2.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται το φυσικό προσομοίωμα της επέκτασης του λιμένα μελέτης (λιμένας Πειραιάς) και αναφέρονται στοιχεία για τις κλίμακες ομοιότητας που ελήφθησαν υπόψη για την πραγματοποίηση των μετρήσεων.

2.2.2 Κλίμακες ομοιότητας

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

- Οι διαστάσεις της εγκαταστάσεως σε σχέση με τις διαστάσεις της περιοχής, η οποία προσομοιώθηκε, καθώς και
- Η δυνατότητα να προσομοιωθούν ικανοποιητικά οι κυματισμοί στην περιοχή των έργων.

Η ορθή προσομοίωση των μηχανισμών (ανάκλαση, διάθλαση, περίθλαση) απαιτεί το μοντέλο να έχει την ίδια κλίμακα ομοιότητας ως προς και τις τρεις διαστάσεις. Η κλίμακα, με την οποία προσομοιώνονται οι γραμμικές διαστάσεις του μοντέλου είναι γνωστή ως γεωμετρική κλίμακα προσομοιώσεως (λ).

Αφού ορισθεί λοιπόν η γεωμετρική κλίμακα προσομοιώσεως, οι κλίμακες για τις υδροδυναμικές παραμέτρους μπορούν να υπολογισθούν σύμφωνα με τους νόμους ομοιότητας. Στο προκείμενο μοντέλο ισχύει $\lambda=125$.

Οι τιμές των λόγων ομοιότητας διαφόρων παραμέτρων δίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Παράμετρος	Κλίμακα	Τιμή
Μήκος	$\lambda = \lambda$	125
χρόνος	$\lambda_p = \lambda^{1/2}$	11,18
Ταχύτητα	$\lambda_v = \lambda^{1/2}$	11,18
Δύναμη	$\lambda_\Delta = \lambda^3$	1.953.125,00
Όγκος	$\lambda_o = \lambda^3$	1.953.125,00
Μάζα	$\lambda_\mu = \lambda^3 \times (M_p/M_m)$	2.031.250,00
Επιτάχυνση	1	1

Πίνακας 2.1 : Τιμές λόγων ομοιότητας διαφόρων παραμέτρων

Το φυσικό μοντέλο κατασκευάστηκε με ελαφρύ σκυρόδεμα και η κλίση των πρανών των επενδύσεων ήταν τέτοια ώστε ο συντελεστής ανακλάσεως να είναι πολύ μικρός.

2.3 Μετρήσεις στο φυσικό μοντέλο

Μετά την αρχική θέση σε λειτουργία των ηχοβολιστικών μετρητών πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο φυσικό προσομοίωμα της επέκτασης του επιβατικού λιμένα Πειραιά.

Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις κυμάτων στις νέες νηοδόχους και λιμενολεκάνες μετά την κατασκευή έργων επέκτασης του επιβατικού λιμένα για τέσσερις διαφορετικές κυματικές συνθήκες για νοτιοδυτική διεύθυνση πρόσπτωσης κυματισμών. Ελέγχθηκαν δύο διατάξεις έργων, μία με διάταξη απορροφητικού και μία με διάταξη κατακόρυφου μετώπου.



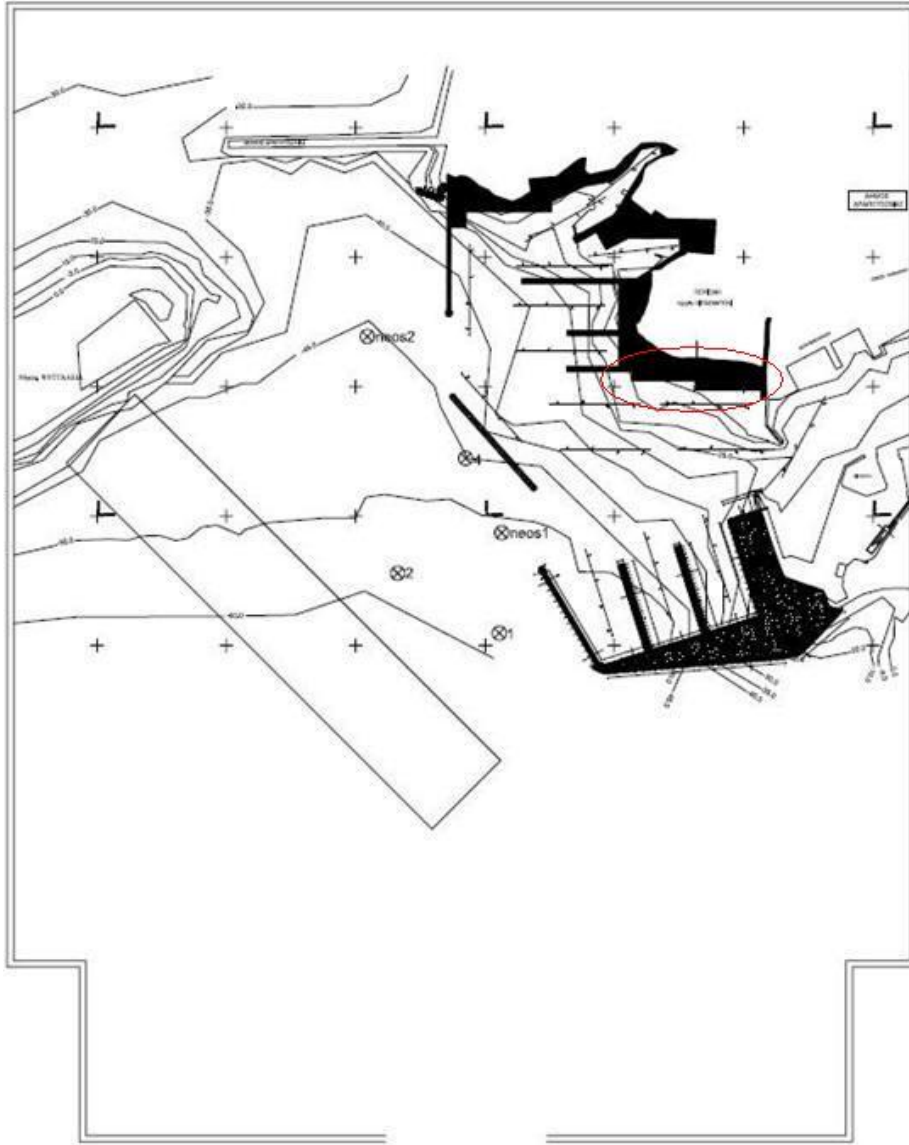
Εικόνα 2.3 : Διάταξη κατακόρυφου μετώπου



Εικόνα 2.4 : Διάταξη απορροφητικού μετώπου

Η επέκταση του επιβατικού λιμένα Πειραιά πρόκειται να πραγματοποιηθεί σε τρία στάδια:

- Στο 1^ο στάδιο θα κατασκευαστούν οι εγκαταστάσεις των κρουαζιεροπλοίων.
- Στο 2^ο στάδιο θα κατασκευαστούν οι εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης πλοίων ακτοπλοΐας.
- Στο 3^ο στάδιο θα κατασκευαστούν εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης τουριστικών σκαφών.



Εικόνα 2.5 : Φυσικό μοντέλο επέκτασης του επιβατικού λιμένα Πειραιά και θέσεις μετρήσεως κυμάτων

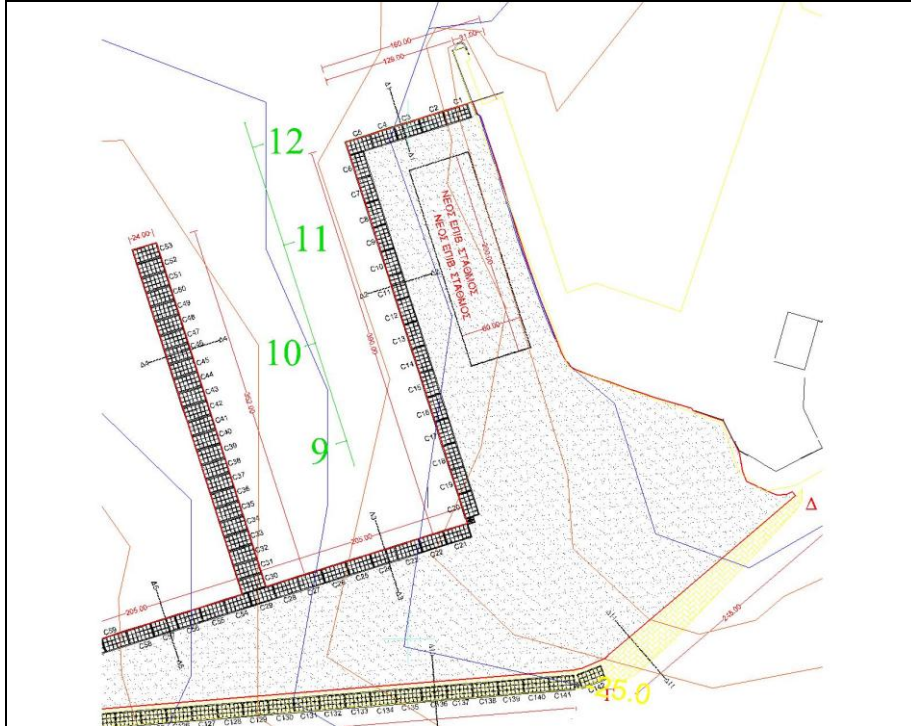
Ελέχθησαν δύο διατάξεις έργων: (βλ. παραπάνω εικόνα)

- απορροφητικό μέτωπο σε τμήμα των κρηπιδωμάτων ακτοπλοΐας (περιοχή πρώην λιπασμάτων). Προσομοιώθηκε με διάτρητη λαμαρίνα.
- κατακόρυφο μέτωπο σε τμήμα των κρηπιδωμάτων ακτοπλοΐας (περιοχή πρώην λιπασμάτων). Προσομοιώθηκε με λεία λαμαρίνα.

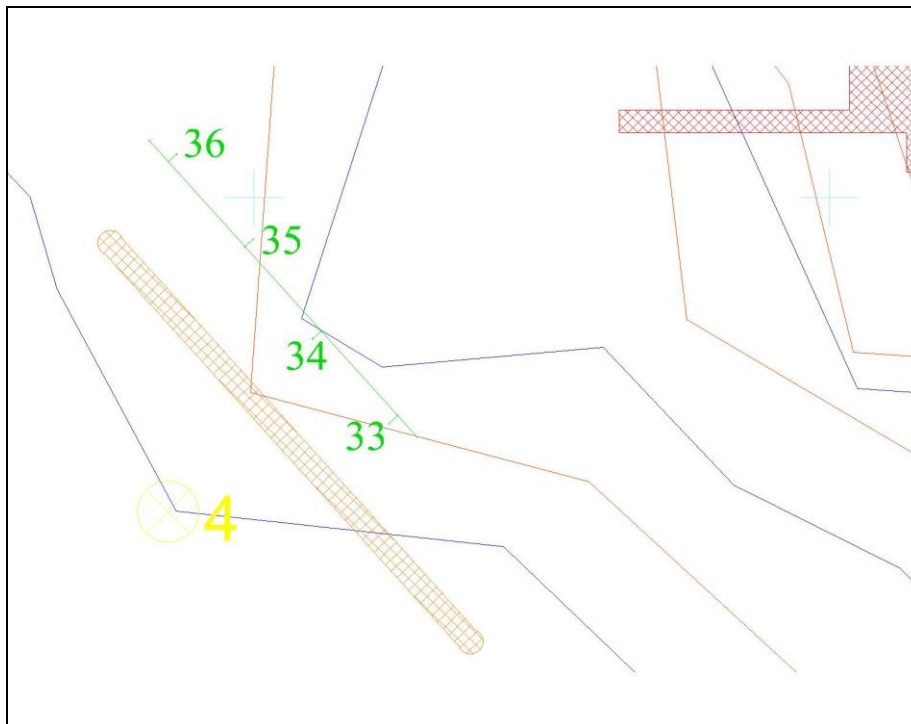
Επειδή οι ηχοβολιστικοί μετρητές είναι οκτώ, η περιοχή μοιράστηκε σε υποπεριοχές, (που φαίνονται στις παρακάτω εικόνες) προκειμένου να ληφθούν μετρήσεις σε όλη την έκταση της λιμενολεκάνης.

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

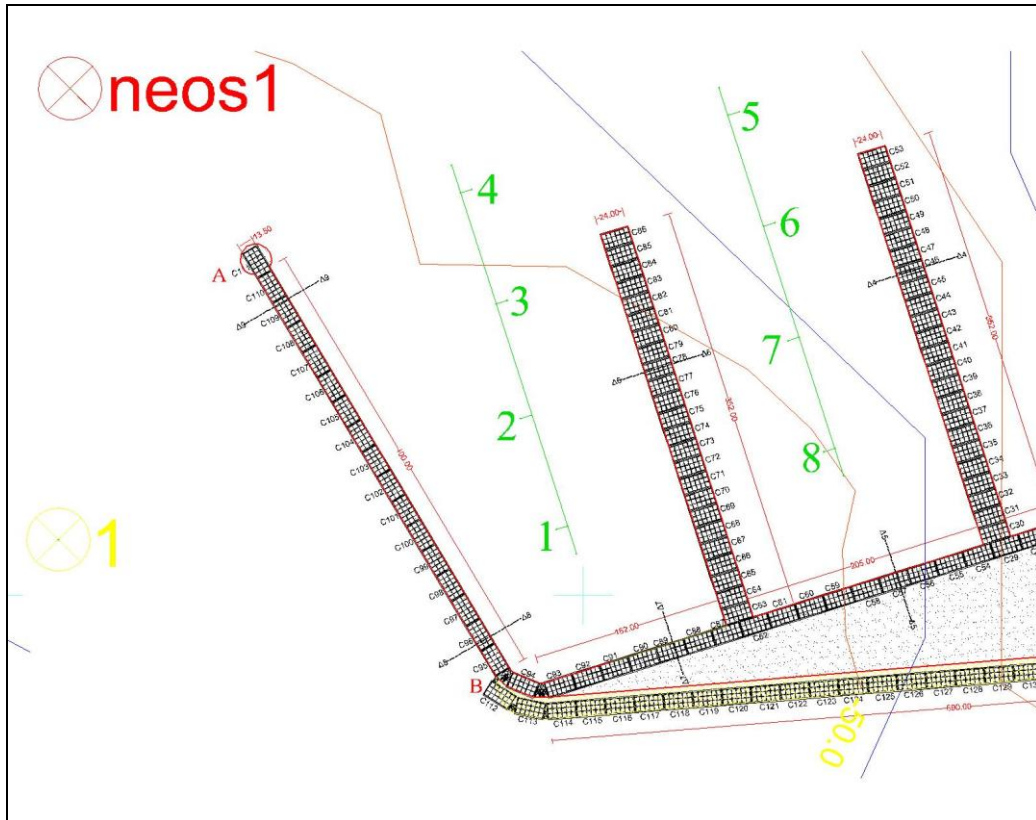
Σε κάθε μέτρηση πραγματοποιούνταν καταγραφή των αποτελεσμάτων των 8 ηχοβολιστικών αισθητήρων και ταυτόχρονη καταγραφή αποτελεσμάτων από τους 3 μετρητές αντίστασης. Οι θέσεις των μετρητών αντίστασης παρέμειναν σταθερές σε όλες τις μετρήσεις.



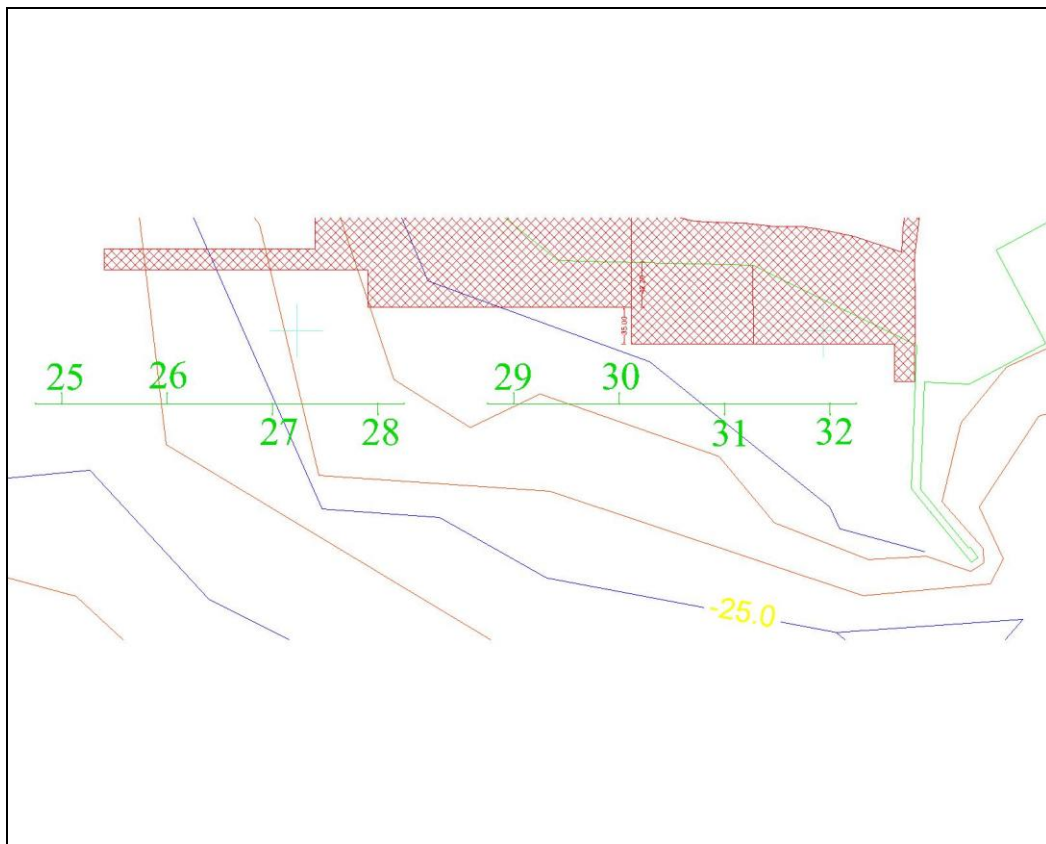
Εικόνα 2.6 : 1^η Υποπεριοχή μετρητών (τμήμα Α)



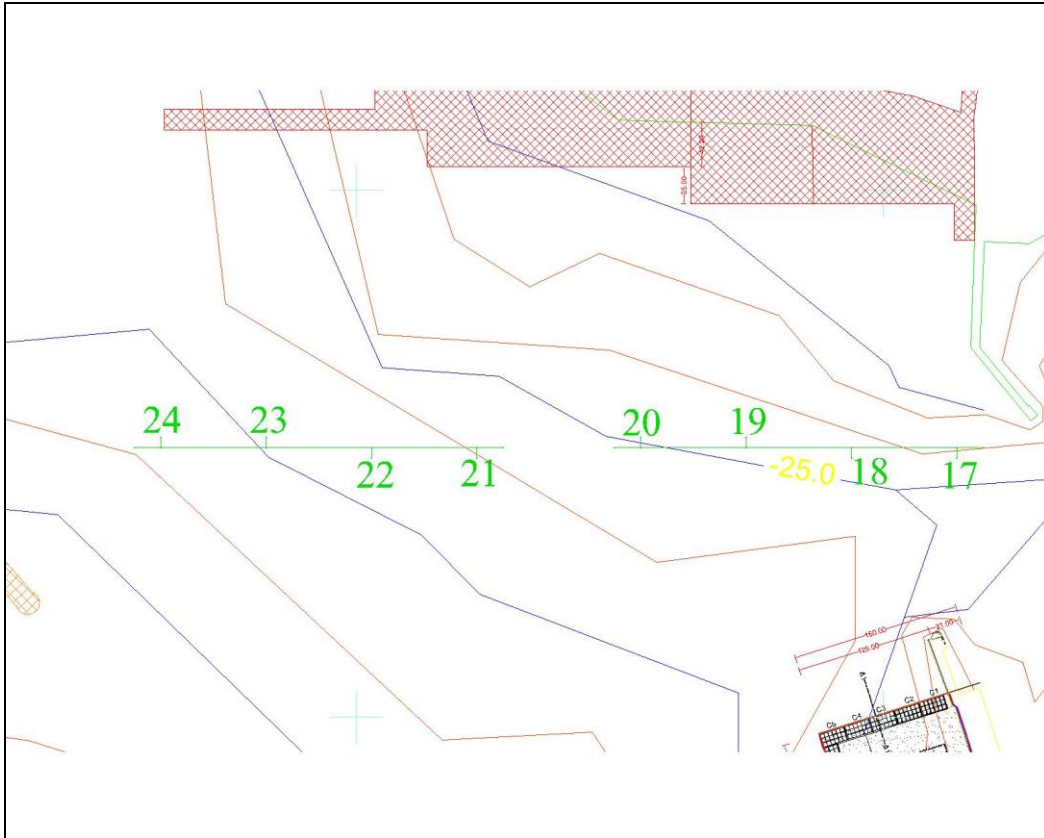
Εικόνα 2.7 : 1^η Υποπεριοχή μετρητών (τμήμα Β)



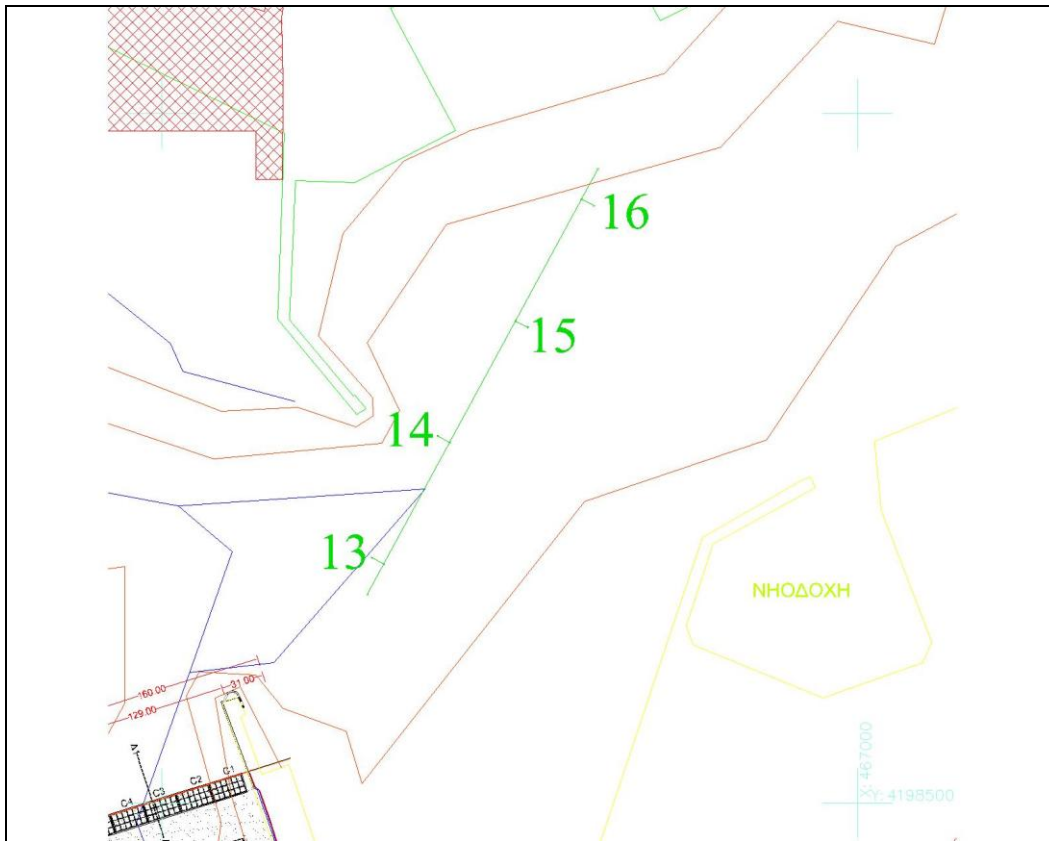
Εικόνα 2.8 : 2^η Υποπεριοχή μετρητών



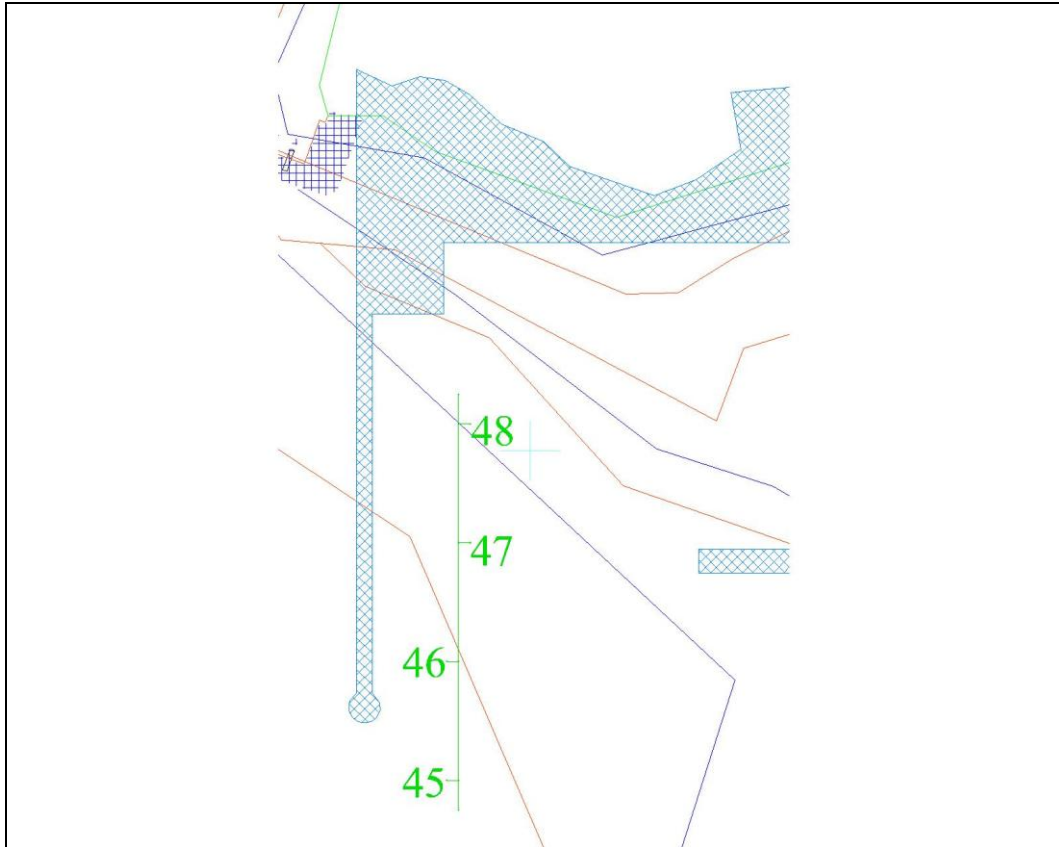
Εικόνα 2.9 : 3^η Υποπεριοχή μετρητών



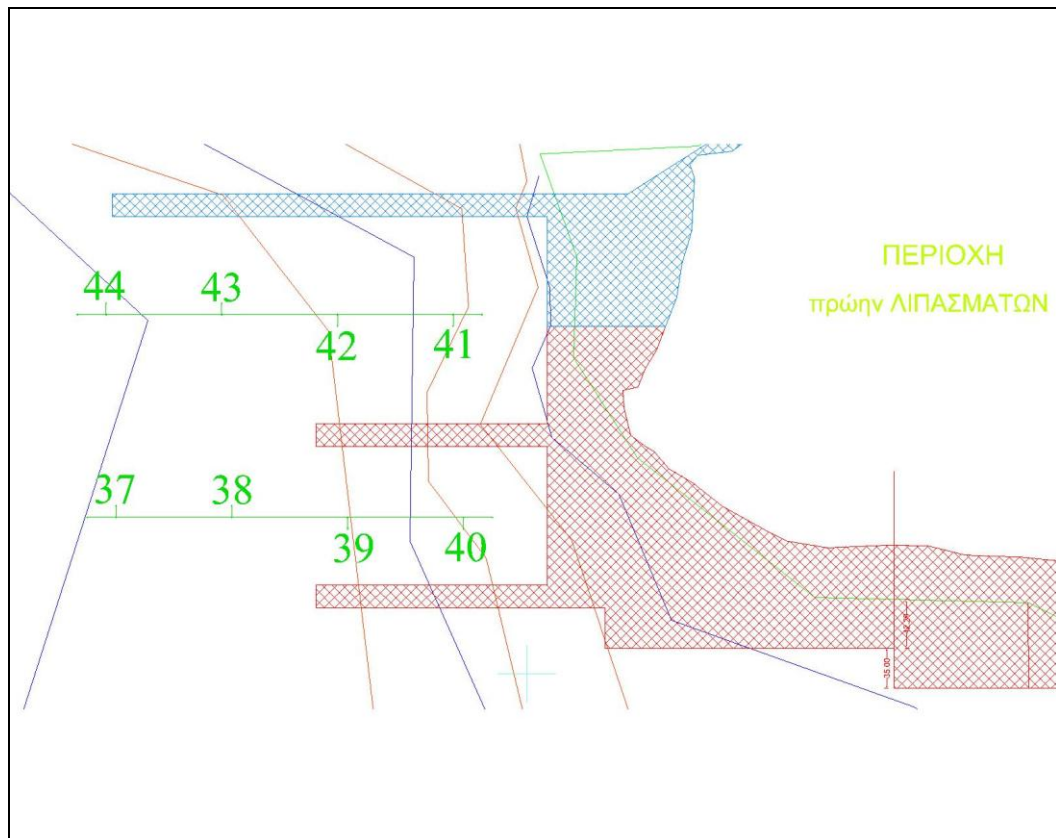
Εικόνα 2.10 : 4^η Υποπεριοχή μετρητών



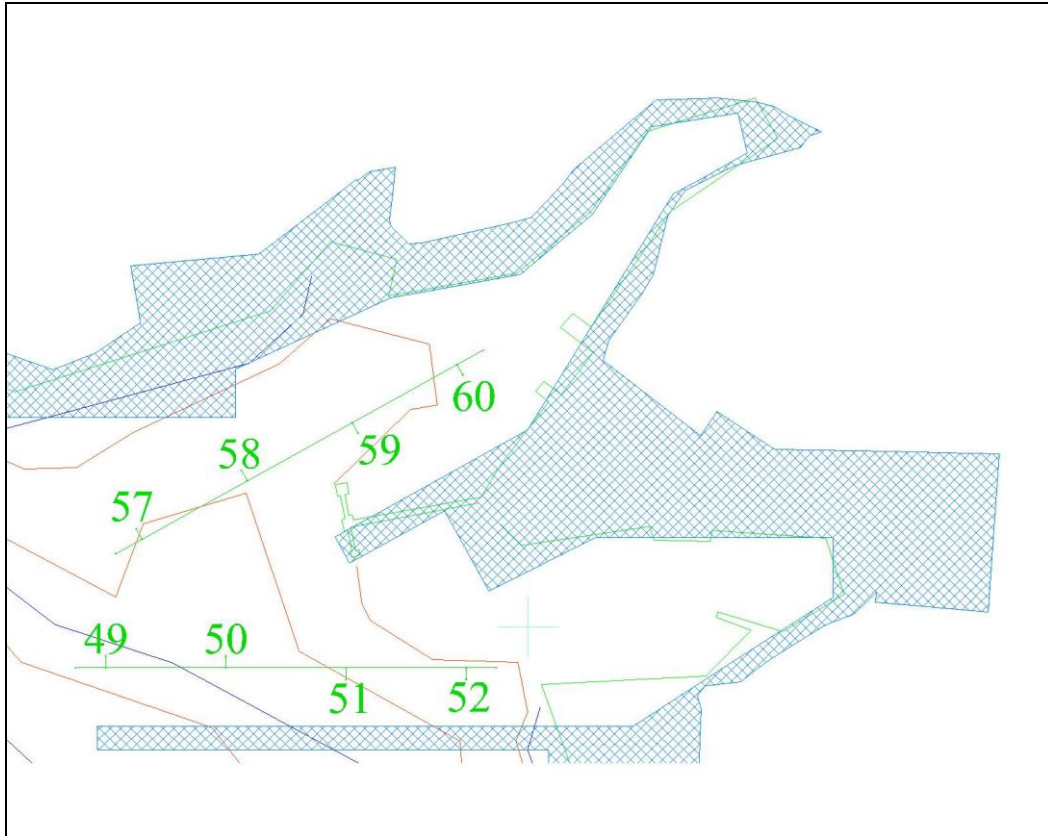
Εικόνα 2.11 : 5^η Υποπεριοχή μετρητών (τμήμα Α)



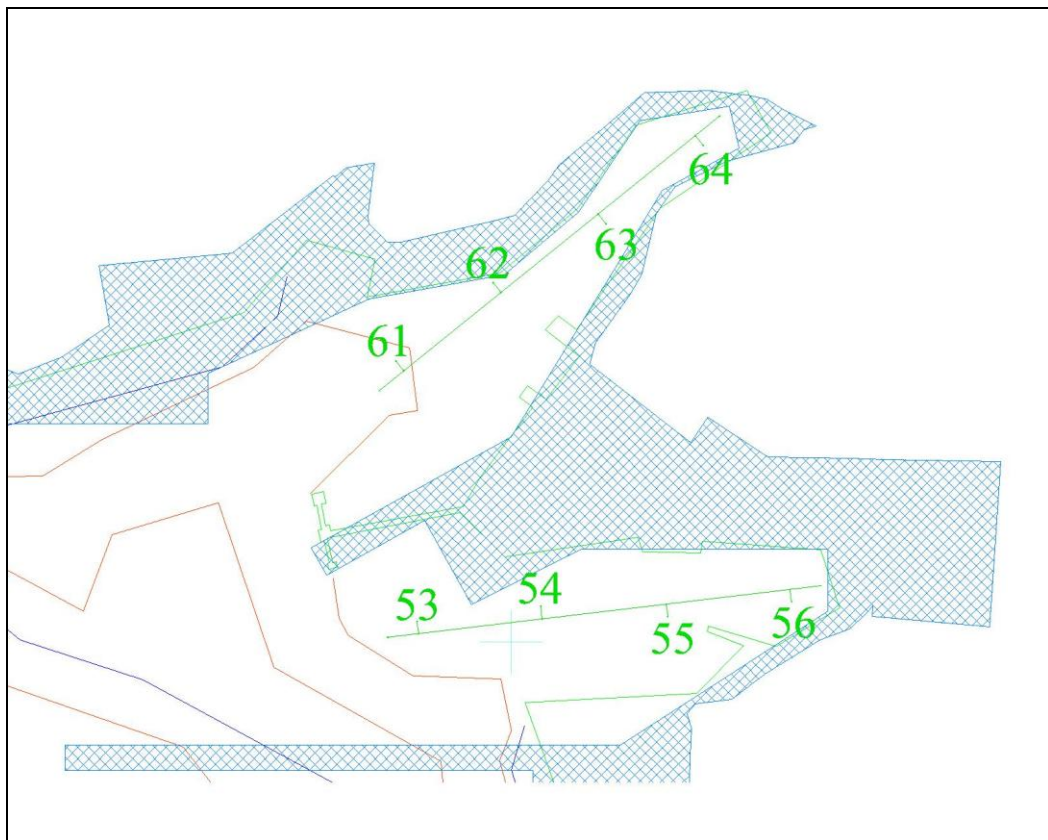
Εικόνα 2.12 : 5^η Υποπεριοχή μετρητών (τμήμα Β)



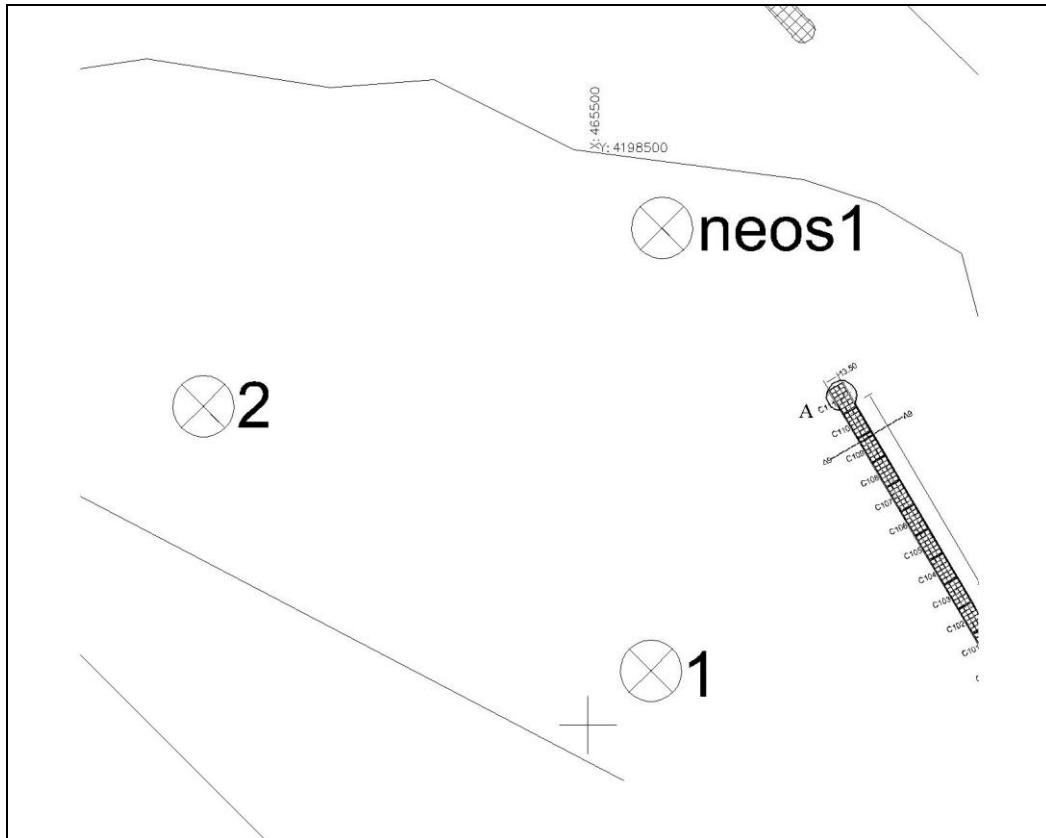
Εικόνα 2.13 : 6^η Υποπεριοχή μετρητών



Εικόνα 2.14 : 7^η Υποπεριοχή μετρητών



Εικόνα 2.15 : 8^η Υποπεριοχή μετρητών



Εικόνα 2.16 : Θέσεις μετρητών αντίστασης

2.4 Πρόγραμμα πειραματικών μετρήσεων

Πίνακας 2.2 : Πρόγραμμα πειραματικών μετρήσεων

α/α	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΔΙΑΤΑΞΗ	ΑΖΙΜΟΥΘΙΟ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΡΟΣΠΤΩΣΕΩΣ ΚΥΜΑΤΩΝ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΩΝ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟ		ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ		ΥΠΟΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΡΗΤΩΝ	ΑΡΙΘΜΗΣΗ ΜΕΤΡΗΤΩΝ
					Hs(m)	Tp(sec)	H(cm)	Tp(sec)		
1	1.1.1	ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ ΜΕΤΩΠΟ	225°	ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.40	6.671	1.920	0.597	1	A/B/Γ,36,35,34,33,12,9
2	1.1.2			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.80	7.205	2.240	0.644		A/B/Γ,36,35,34,33,12,10,9
3	1.1.3			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.50	8.056	2.800	0.721		A/B/Γ,36,35,34,33,12,10,9
4	1.1.4			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.90	8.504	3.120	0.761		A/B/Γ,36,35,34,33,12,9
5	1.2.1	ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ ΜΕΤΩΠΟ	225°	ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.40	6.671	1.920	0.597	2	A/B/Γ,1,2,3,4,5,6,7,8
6	1.2.2			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.80	7.205	2.240	0.644		A/B/Γ,1,2,3,4,5,6,7,8
7	1.2.3			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.50	8.056	2.800	0.721		A/B/Γ,1,2,3,4,5,6,7,8
8	1.2.4			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.90	8.504	3.120	0.761		A/B/Γ,1,2,3,4,5,6,7,8
9	1.3.1	ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ ΜΕΤΩΠΟ	225°	ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.40	6.671	1.920	0.597	3	A/B/Γ,25,26,27,28,29,30,31,32
10	1.3.2			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.80	7.205	2.240	0.644		A/B/Γ,25,26,27,28,29,30,31,32
11	1.3.3			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.50	8.056	2.800	0.721		A/B/Γ,25,26,27,28,29,30,31,32
12	1.3.4			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.90	8.504	3.120	0.761		A/B/Γ,25,26,27,28,29,30,31,32
13	1.4.1	ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ ΜΕΤΩΠΟ	225°	ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.40	6.671	1.920	0.597	4	A/B/Γ,24,23,22,21,20,19,18
14	1.4.2			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.80	7.205	2.240	0.644		A/B/Γ,24,23,22,21,20,19,18
15	1.4.3			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.50	8.056	2.800	0.721		A/B/Γ,24,23,22,21,20,19,18
16	1.4.4			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.90	8.504	3.120	0.761		A/B/Γ,24,23,22,21,20,19,18

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

17	1.5.1	ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ ΜΕΤΩΠΟ	225°	ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.40	6.671	1.920	0.597	5	A/B/Γ,48,47,46,45,16,15,14,13
18	1.5.2			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.80	7.205	2.240	0.644		A/B/Γ,48,47,46,45,16,15,14,13
19	1.5.3			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.50	8.056	2.800	0.721		A/B/Γ,48,47,46,45,16,15,14,13
20	1.5.4			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.90	8.504	3.120	0.761		A/B/Γ,48,47,46,45,16,15,14,13
21	1.6.1	ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ ΜΕΤΩΠΟ	225°	ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.40	6.671	1.920	0.597	6	A/B/Γ/41,42,43,44,40,39,38,37
22										
23	1.6.3			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.50	8.056	2.800	0.721		A/B/Γ/41,42,43,44,40,38,37
24	1.6.4			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.90	8.504	3.120	0.761		A/B/Γ/41,42,43,44,40,38,37
25	1.7.1	ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ ΜΕΤΩΠΟ	225°	ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.40	6.671	1.920	0.597	7	A/B/Γ,60,59,58,57,52,51,49
26	1.7.2			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.80	7.205	2.240	0.644		A/B/Γ,60,59,58,57,52,51,49
27	1.7.3			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.50	8.056	2.800	0.721		A/B/Γ,60,59,58,57,51,49
28	1.7.4			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.90	8.504	3.120	0.761		A/B/Γ,60,59,58,57,52,51,49
29	1.8.1	ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟ ΜΕΤΩΠΟ	225°	ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.40	6.671	1.920	0.597	8	A/B/Γ,64,63,62,61,56,54,53
30	1.8.2			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.80	7.205	2.240	0.644		A/B/Γ,64,63,62,61,56,54,53
31	1.8.3			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.50	8.056	2.800	0.721		A/B/Γ,64,63,62,61,56,54,53
32	1.8.4			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.90	8.504	3.120	0.761		A/B/Γ,64,63,62,61,56,54,53
33	2.1.1	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΜΕΤΩΠΟ	225°	ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.40	6.671	1.920	0.597	1	A/B/Γ,36,35,34,33,12,9
34	2.1.2			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.80	7.205	2.240	0.644		A/B/Γ,36,35,34,33,12,11,10,9
35	2.1.3			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.50	8.056	2.800	0.721		A/B/Γ,36,35,34,33,12,10,9
36	2.1.4			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.90	8.504	3.120	0.761		A/B/Γ,36,35,34,33,12,10,9

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

37	2.2.1	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΜΕΤΩΠΟ	225°	ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.40	6.671	1.920	0.597	2	A/B/Γ,1,2,3,4,5,6,7,8
38	2.2.2			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.80	7.205	2.240	0.644		A/B/Γ,1,2,3,4,5,6,8
39	2.2.3			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.50	8.056	2.800	0.721		A/B/Γ,1,2,3,4,5,6,8
40	2.2.4			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.90	8.504	3.120	0.761		A/B/Γ,1,2,3,4,5,6,8
41	2.3.1	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΜΕΤΩΠΟ	225°	ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.40	6.671	1.920	0.597	3	A/B/Γ,25,26,27,28,29,30,31,32
42	2.3.2			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.80	7.205	2.240	0.644		A/B/Γ,25,26,27,28,29,30,31,32
43	2.3.3			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.50	8.056	2.800	0.721		A/B/Γ,25,26,27,28,29,30,31,32
44	2.3.4			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.90	8.504	3.120	0.761		A/B/Γ,25,26,27,28,29,30,31,32
45	2.4.1	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΜΕΤΩΠΟ	225°	ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.40	6.671	1.920	0.597	4	A/B/Γ,24,23,22,21,20,19,18
46	2.4.2			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.80	7.205	2.240	0.644		A/B/Γ,24,23,22,21,20,19,17
47	2.4.3			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.50	8.056	2.800	0.721		A/B/Γ,24,23,22,21,20,19,17
48	2.4.4			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.90	8.504	3.120	0.761		A/B/Γ,24,23,22,21,20,19,17
49	2.5.1	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΜΕΤΩΠΟ	225°	ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.40	6.671	1.920	0.597	5	A/B/Γ,48,47,46,45,16,15,14,13
50	2.5.2			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	2.80	7.205	2.240	0.644		A/B/Γ,48,47,46,45,16,15,14,13
51	2.5.3			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.50	8.056	2.800	0.721		A/B/Γ,48,47,46,45,16,15,14,13
52	2.5.4			ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ	3.90	8.504	3.120	0.761		A/B/Γ,48,47,46,45,16,15,14,13

Ο παραπάνω πίνακας με το πρόγραμμα των πειραματικών μετρήσεων που διεξήχθησαν στο εργαστήριο αποτελείται από εννέα στήλες.

Συγκεκριμένα:

- Στην πρώτη στήλη εμφανίζεται ο αύξοντας αριθμός των πειραμάτων.
- Στην δεύτερη στήλη εμφανίζεται ένας κωδικός αριθμός για το κάθε πείραμα ξεχωριστά. Ειδικότερα, εξηγώντας για παράδειγμα τον πρώτο κωδικό (1.1.1) έχουμε :
 - Ο πρώτος αριθμός – ψηφίο εναλλάσσεται μεταξύ 1 και 2 και αναφέρεται στο απορροφητικό και στο κατακόρυφο μέτωπο αντίστοιχα.
 - Το δεύτερο ψηφίο αναφέρεται στην περιοχή μέτρησης.
 - Το τρίτο ψηφίο αναφέρεται σε κύμα. Εναλλάσσεται μεταξύ 1 και 4 για τις τέσσερις διαφορετικές κυματικές καταστάσεις που μελετώνται, δηλαδή $H_s(m) = 2,40 / 2,80 / 3,50 / 3,90$.
- Η τρίτη στήλη αναφέρεται στο αζιμούθιο, το οποίο ορίζεται σταθερό στις 225° και είναι η γωνία σε μοίρες που σχηματίζεται από την κατεύθυνση του Βορρά και την διεύθυνση της θέσης των τριών κυματιστήρων, κατά την φορά των δεικτών του ρολογιού.
- Η τέταρτη στήλη του παραπάνω πίνακα αναφέρεται στην διεύθυνση προσπτώσεως των κυμάτων η οποία παρέμεινε σταθερή στην νοτιοδυτική διεύθυνση.
- Οι τέσσερις επόμενες στήλες αναφέρονται στα χαρακτηριστικά των προσπιπτόντων κυμάτων, δηλαδή το χαρακτηριστικό ύψος κύματος και την περίοδο αιχμής, τόσο για το πρωτότυπο, όσο και για το προσομοίωμα.
- Η όγδοη στήλη του πίνακα αριθμεί τις υποπεριοχές των μετρητών στις οποίες αναφέρονται τα πραγματοποιούμενα πειράματα και τέλος στην τελευταία στήλη εμφανίζεται μία αρίθμηση τόσο για τους συμβατικούς, όσο και για τους ηχοβολιστικούς μετρητές που χρησιμοποιήθηκαν.

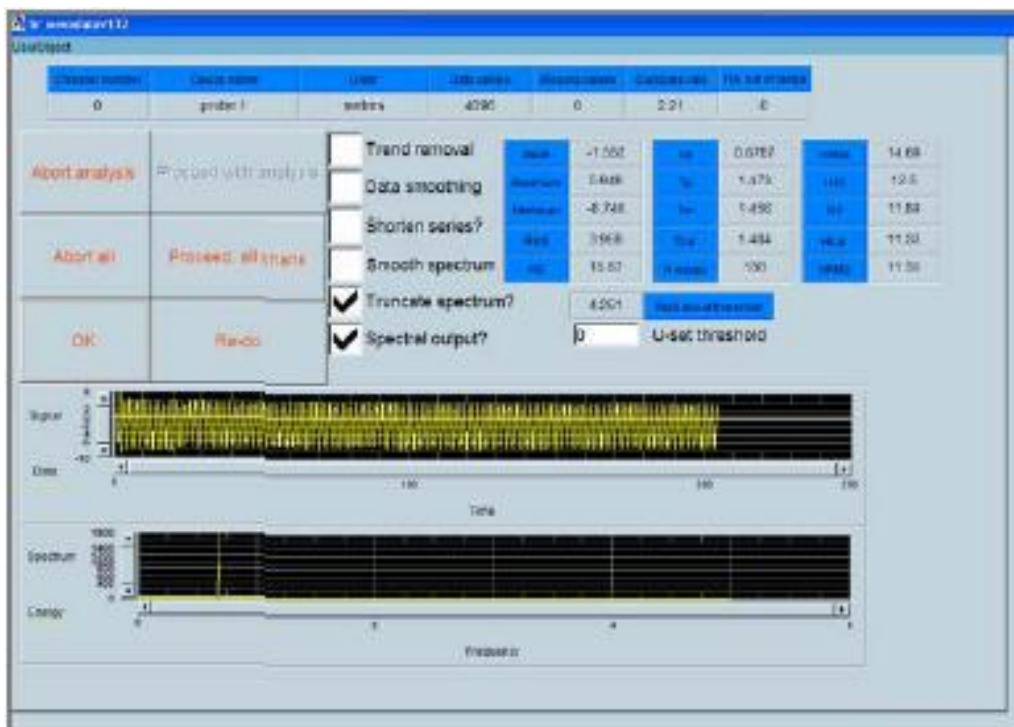
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

3.1 Γενικά

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο αναφέρεται στην επεξεργασία των μετρήσεων που ελήφθησαν από τους ηχοβολιστικούς αισθητήρες.

Οι ηχοβολιστικοί αισθητήρες μετρούν την απόσταση από την θέση του “οφθαλμού” μέχρι την ελεύθερη επιφάνεια του νερού σε όλες τις επιλεγμένες θέσεις μέσα στο φυσικό μοντέλο και με την χρήση του λογισμικού HF108TOWVD μετατρέπονται σε μεταβολή της μέσης στάθμης και σε τέτοια μορφή ώστε να μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω.

Έπειτα, αφού επεξεργαστούν με την βοήθεια του προγράμματος “H.R.Wavedata”, υπολογίζεται το φάσμα κυμάτων καθώς και μια σειρά από παραμέτρους.



Εικόνα 3.1 : Βασικό φύλλο με το οποίο γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων

Αφού οριστούν όλες οι παράμετροι για την επεξεργασία, προκύπτουν αρχεία αποτελεσμάτων, τα οποία περιέχουν πινακοποιημένα όλα τα χαρακτηριστικά μεγέθη και φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

C:\HR Wavedata\sound_P1\anres_T0008_C01_2011May13h13m37.csv	
C:\HR WaveData\sound_p1\	
13/May/2011 13:37	
C:\HR Wavedata\sound_P1\Test_0008_2011May13h13m23.wvd	
C:\HR Wavedata\sound_P1\calib_0003_2011May13h11m22.wvd	
Job number: sound_p1	
Test number 8	
Channel 1, 64 channels, numbered from one	
probe 1	
metres	
Scale unspecified	
No scaling applied to results	
Values expressed in model terms	
0.02 second scanning interval.	
32768 data values test length.	
256 data values, recording block length.	
32768 values in series.	
1.3876411315 data points missing.	
0 data points duplicate.	
0 data points out of range	
From inspection of data ...	
655.34 second time-span.	
0.02 second start time.	
655.36 second end time.	
All recorded data analysed	
No trend removal.	
No smoothing of data	
No smoothing of spectrum	
4.73E+06	metres, mean value.
5.01E+07	metres, maximum value
-3.86E+07	metres, minimum value
1.13E+07	metres, standard deviation
4.52E+07	metres, HS
1.22E+07	metres, RMS about threshold 0
1.37E+06	hertz, Fp
7.31E-05	seconds, Tp
6.49E+05	seconds, Tm (spectral calc)
9.85E+08	number, waves recorded
6.65E-05	seconds, Tbar (wave count)
7.91E+07	metres, Hmax
5.45E+07	metres, H10
4.36E+07	metres, H3
2.83E+07,	metres, Hbar
3.14E+07	metres, HRMS

Εικόνα 3.2 : Τμήμα του εξαγόμενου αρχείου αποτελεσμάτων από το λογισμικό πρόγραμμα ‘‘H.R.Wavedata’’

Τα υδροδυναμικά μεγέθη που χρησιμοποιήθηκαν από τα παραπάνω αρχεία με σκοπό την περαιτέρω επεξεργασία τους για την δημιουργία των ισοπαραμετρικών καμπυλών είναι τα παρακάτω :

- Χαρακτηριστικό ύψος κύματος H_s (mm)
- Μέγιστο ύψος κύματος H_{max} (mm)
- Μέσος όρος του 10% των υψηλότερων κυμάτων $H_{1/10}$ (mm)
- Μέσος όρος του 33,3% των υψηλότερων κυμάτων $H_{1/3}$ (mm)
- Μέγιστη περίοδος φάσματος T_p (sec)
- Μέση περίοδος φάσματος T_m (sec)

Με βάση τα παραπάνω, δημιουργήθηκαν πίνακες, όπως αυτός που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα με τα στοιχεία των μετρητών χωρισμένα, ανά μετρητή και ανά αριθμό πειράματος.

Test number 8						
	H_s (mm)	H_{max} (mm)	H_{10} (mm)	H_3 (mm)	T_p (sec)	T_m (sec)
probe1	13.64	24.33	17.10	13.28	0.64	0.55
probe2	11.99	21.26	14.94	11.72	0.54	0.56
probe3	11.43	25.27	14.44	11.10	0.60	0.57
probe4	10.46	20.49	13.37	10.23	0.60	0.54
probe5	11.14	22.36	13.83	10.91	0.57	0.54
probe8	9.83	20.31	12.38	9.69	0.57	0.55
Test number 6						
	H_s (mm)	H_{max} (mm)	H_{10} (mm)	H_3 (mm)	T_p (sec)	T_m (sec)
probe1	36.10	59.40	44.30	35.50	0.64	0.56
probe2	26.70	51.00	33.10	26.20	0.64	0.58
probe3	23.60	43.90	29.50	23.20	0.64	0.56

Εικόνα 3.3 : Αποτελέσματα πειραμάτων ανά μετρητή

Επειδή οι μετρήσεις δεν ήταν ταυτόχρονες κρίθηκε σκόπιμο να υπολογισθεί ο συντελεστής μετάδοσης, ως ο λόγος του μεγέθους (π.χ. ύψος κύματος) που παρατηρείται σε ένα συγκεκριμένο σημείο μέσα στον λιμένα Πειραιά, προς το μέγεθος (π.χ. ύψος κύματος) σε ένα συγκεκριμένο σημείο ελέγχου.

$$K_t = \frac{H_{t_i}}{H_{in}} \frac{\text{(μεταδιδόμενος κυματισμός)}}{\text{(προσπίπτων κυματισμός στα βαθιά)}}$$

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένας πίνακας που περιέχει συντελεστές μετάδοσης.

$K_t (H_s)$	$K_t (H_{max})$	$K_t (H_{10})$	$K_t (H_3)$
0.51	0.48	0.52	0.51
0.45	0.42	0.45	0.45
0.43	0.50	0.44	0.42
0.39	0.40	0.40	0.39
0.42	0.44	0.42	0.42
0.37	0.40	0.37	0.37

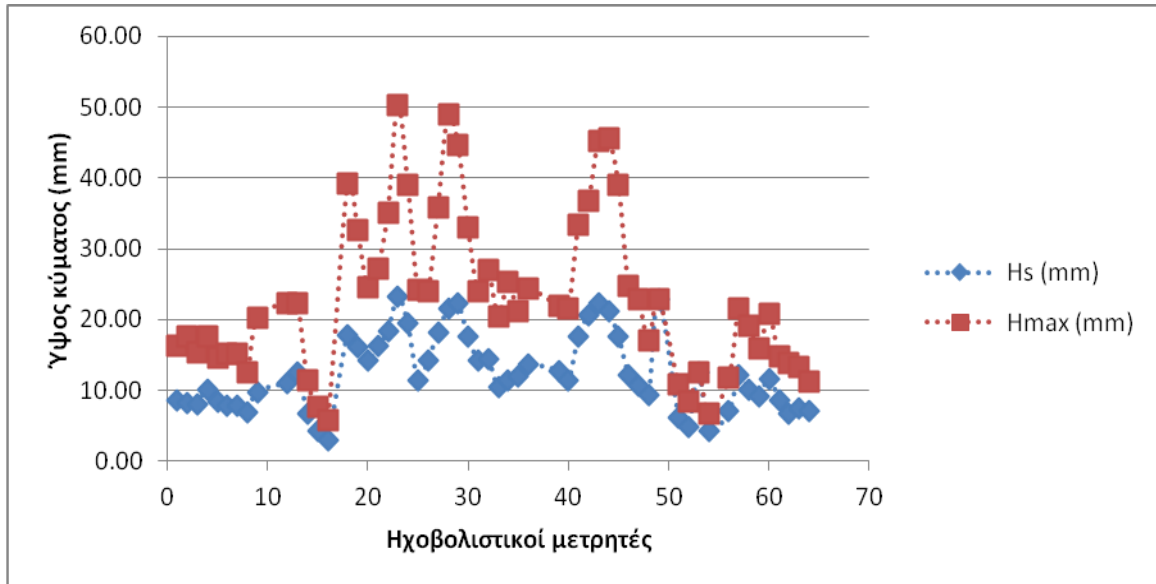
Εικόνα 3.4 : Συντελεστές μετάδοσης για τα υδροδυναμικά μεγέθη

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων που περιέχουν τους υπολογισμένους συντελεστές μετάδοσης μετά την διεξαγωγή όλων των πειραμάτων δίδονται στο Παράρτημα 5. (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5 : Πίνακες Συντελεστών Μετάδοσης)

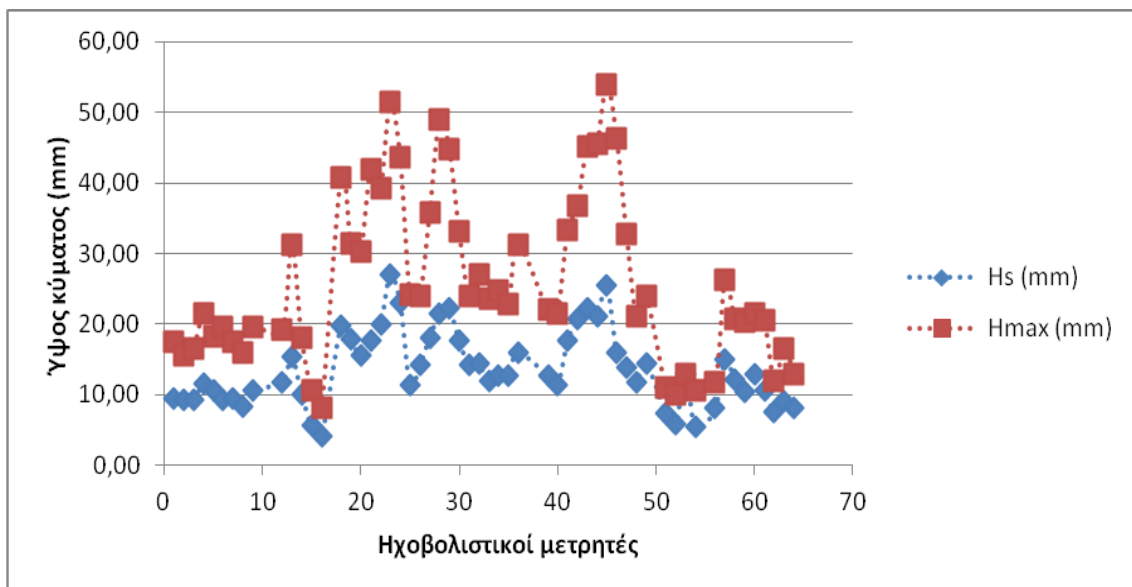
Με βάση τους συντελεστές μετάδοσης σχεδιάστηκαν οι ισοπαραμετρικές καμπύλες στο λογισμικό πρόγραμμα ‘‘Surfer’’.

3.2 Διαγράμματα απεικόνισης υψών κύματος

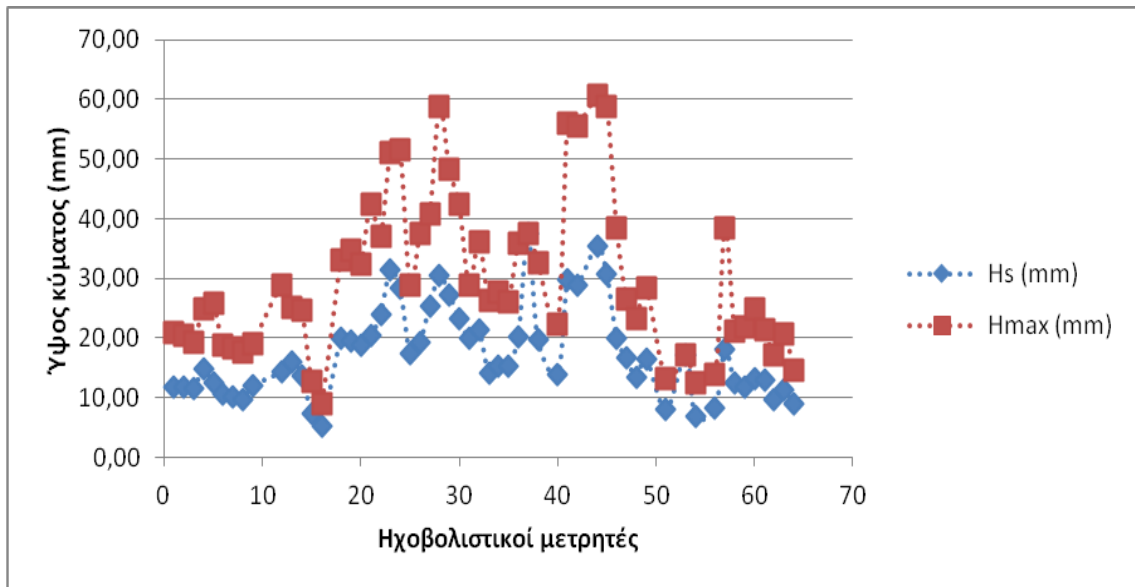
Αρχικά παρουσιάζονται τα διαγράμματα απεικόνισης των χαρακτηριστικών και των μέγιστων υψών κύματος για τις τέσσερις κυματικές καταστάσεις, τόσο για διάταξη απορροφητικού, όσο και για διάταξη κατακόρυφου μετώπου.



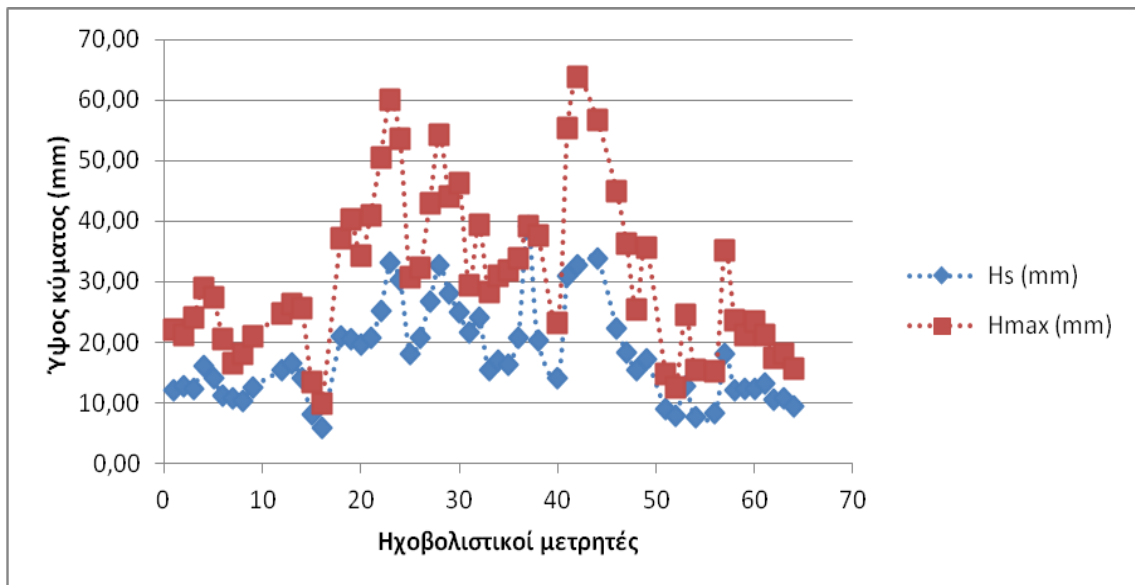
Διάγραμμα 3.1 : Χαρακτηριστικά και μέγιστα ύψη κύματος για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_o = 2.40m$



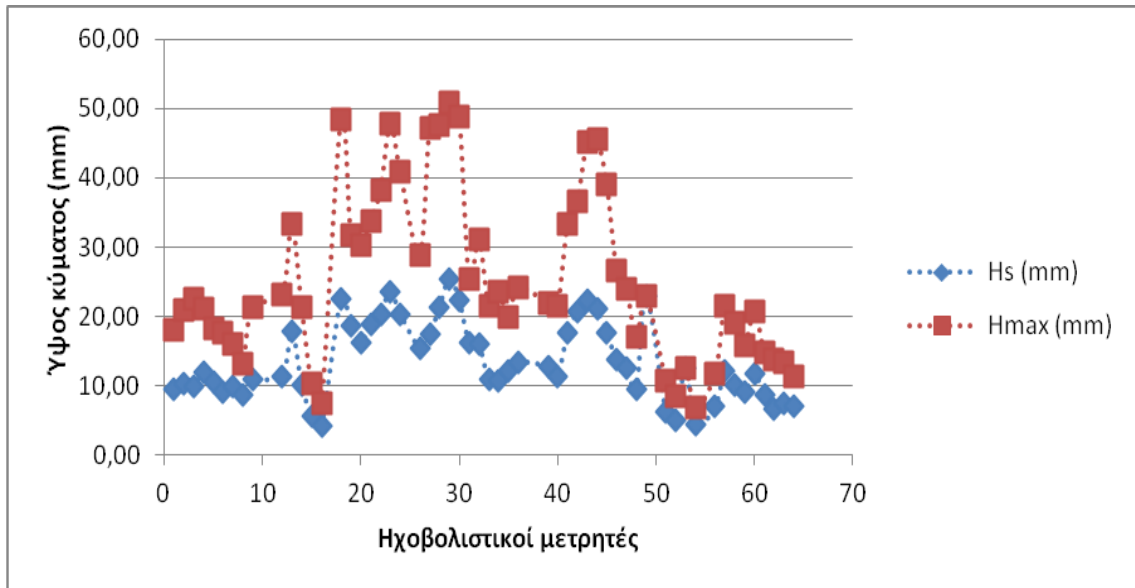
Διάγραμμα 3.2 : Χαρακτηριστικά και μέγιστα ύψη κύματος για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_o = 2.80m$



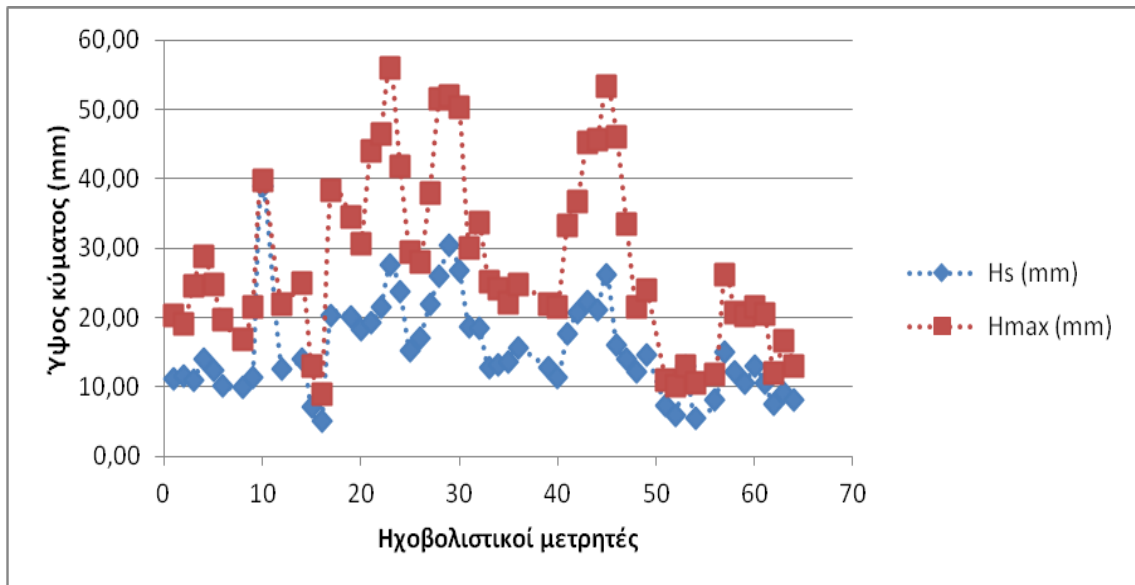
Διάγραμμα 3.3 : Χαρακτηριστικά και μέγιστα ύψη κύματος για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_o = 3.50m$



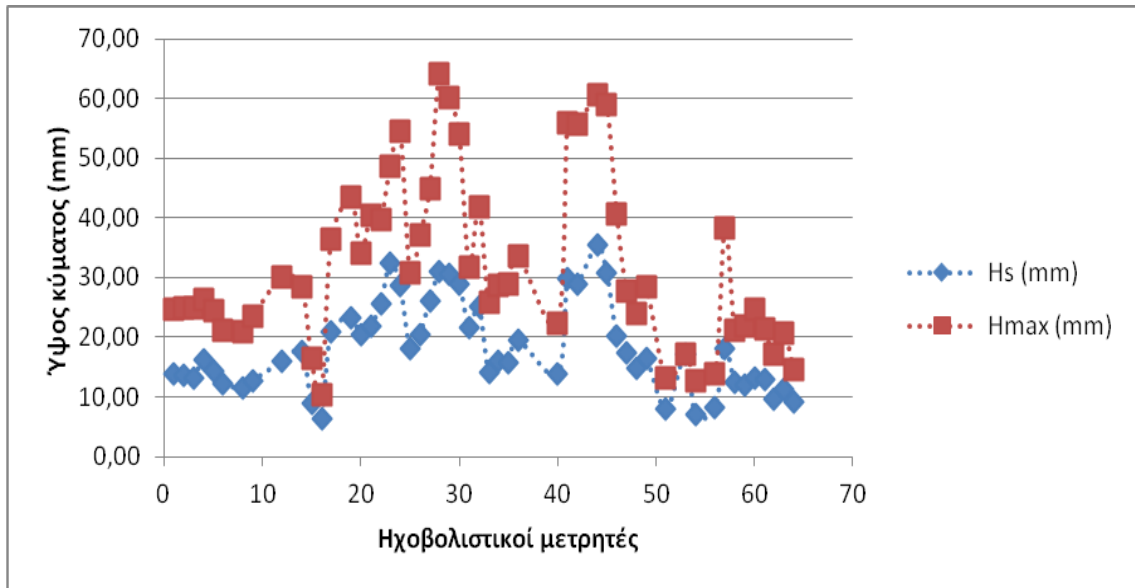
Διάγραμμα 3.4 : Χαρακτηριστικά και μέγιστα ύψη κύματος για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_o = 3.90m$



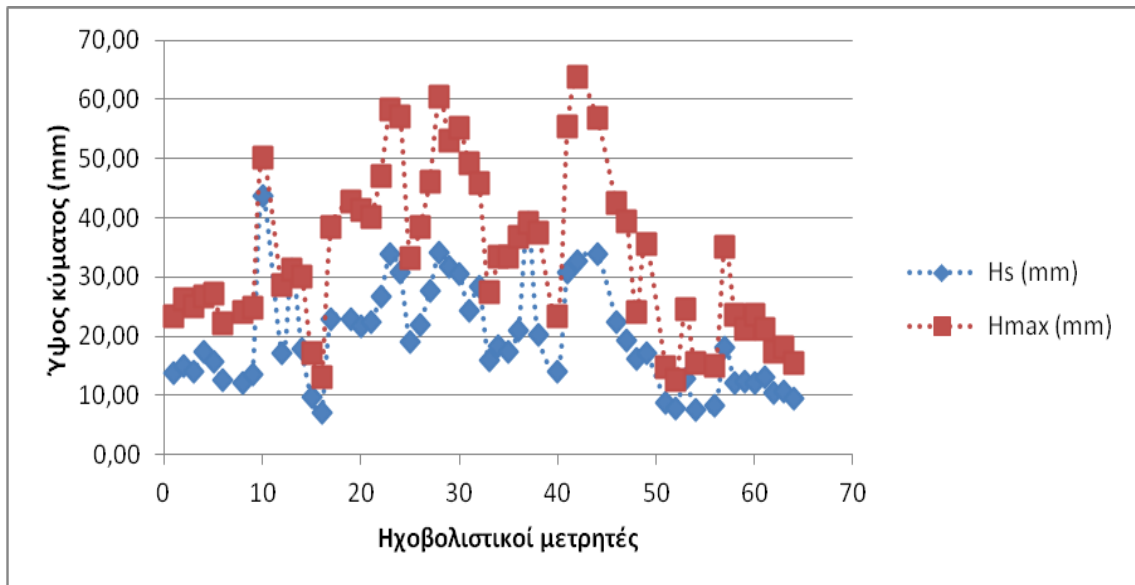
Διάγραμμα 3.5 : Χαρακτηριστικά και μέγιστα ύψη κύματος για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_o = 2.40m$



Διάγραμμα 3.6 : Χαρακτηριστικά και μέγιστα ύψη κύματος για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_o = 2.80m$

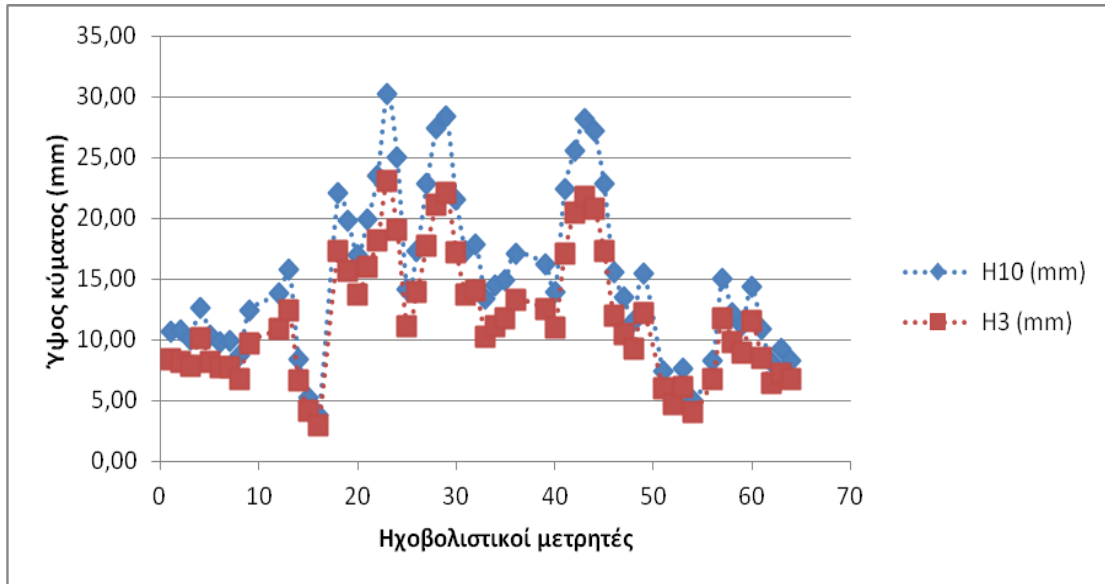


Διάγραμμα 3.7 : Χαρακτηριστικά και μέγιστα ύψη κύματος για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_o = 3.50m$

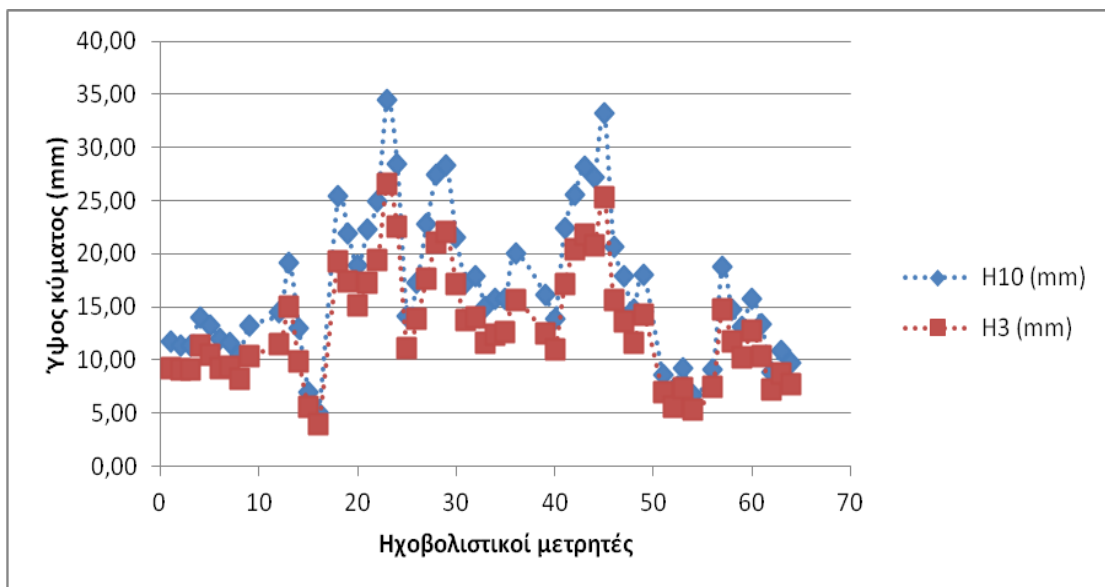


Διάγραμμα 3.8 : Χαρακτηριστικά και μέγιστα ύψη κύματος για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_o = 3.90m$

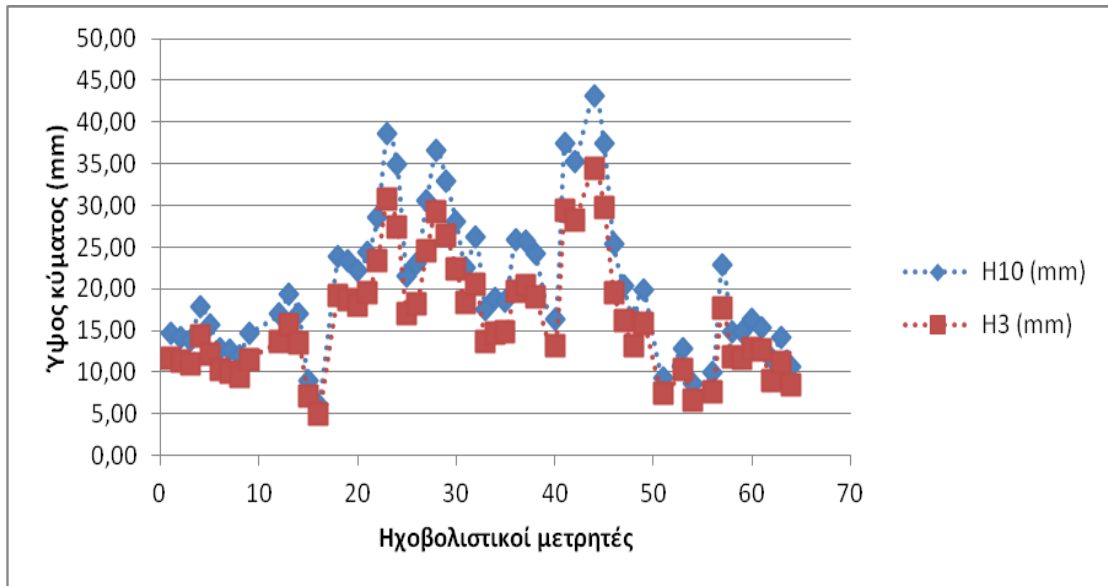
Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα απεικόνισης του $H_{1/10}$ (mm) (Μέσος όρος του 10% των υψηλότερων κυμάτων) καθώς και του $H_{1/3}$ (mm) (Μέσος όρος του 33,3% των υψηλότερων κυμάτων) για τις τέσσερις κυματικές καταστάσεις, τόσο για διάταξη απορροφητικού, όσο και για διάταξη κατακόρυφου μετώπου.



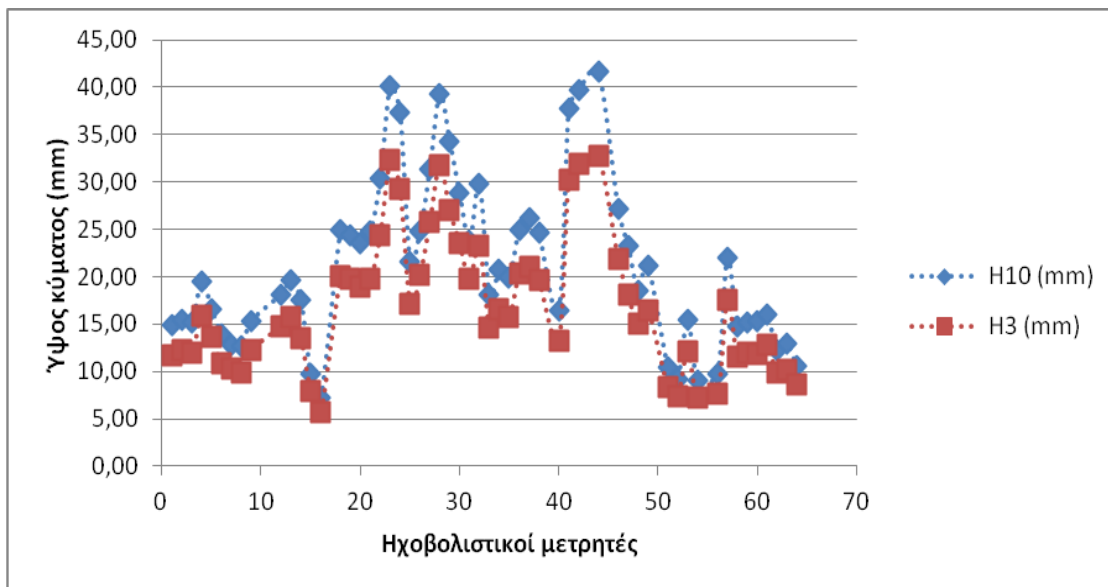
Διάγραμμα 3.9 : Απεικόνιση του $H_{1/10}$ και του $H_{1/3}$ για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_o = 2.40m$



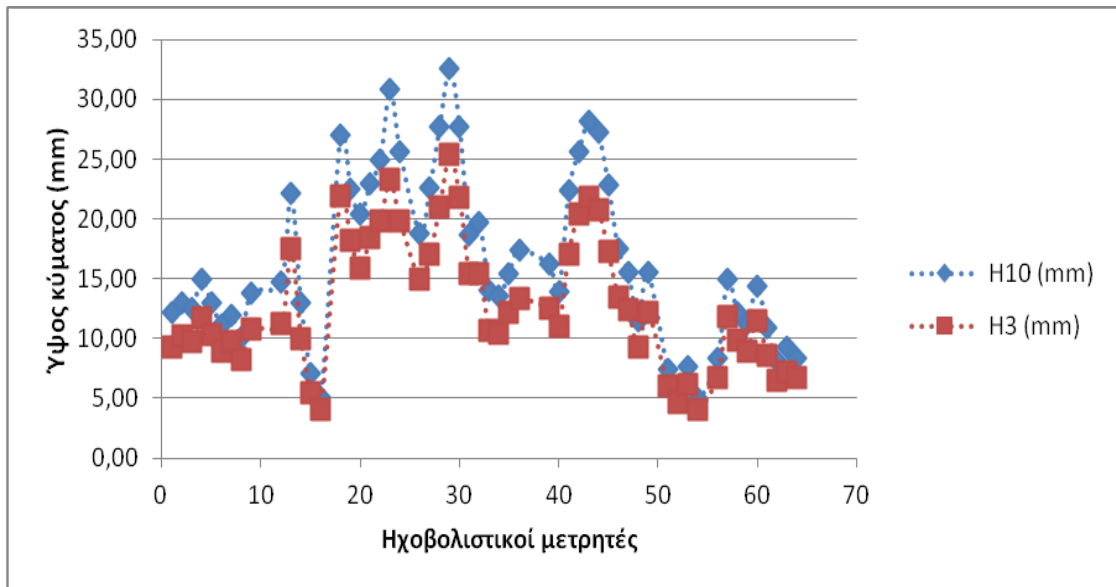
Διάγραμμα 3.10 : Απεικόνιση του $H_{1/10}$ και του $H_{1/3}$ για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_o = 2.80m$



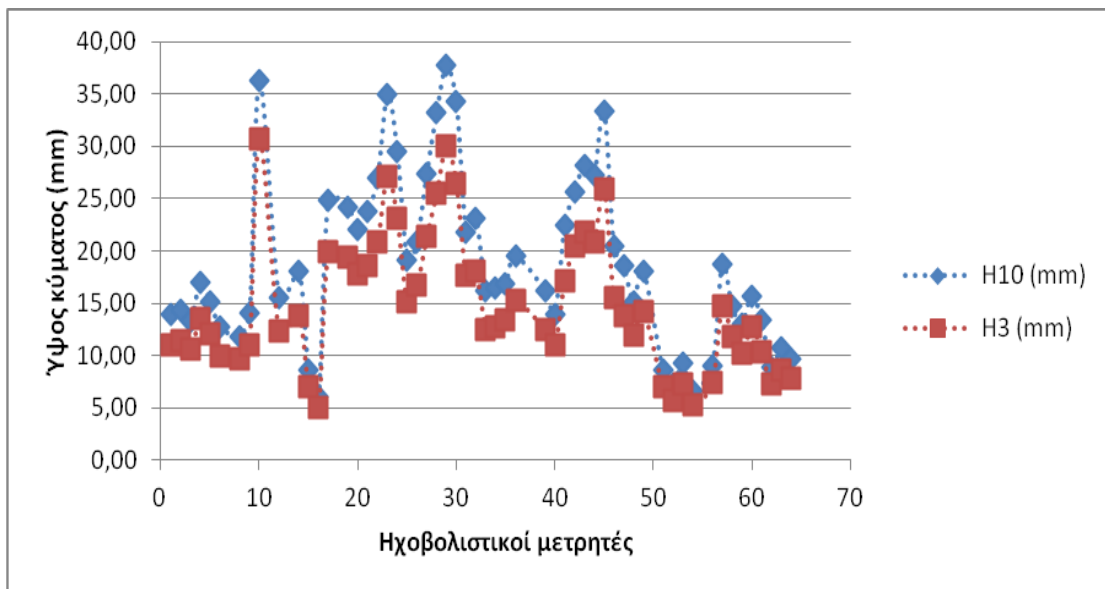
Διάγραμμα 3.11 : Απεικόνιση του $H_{1/10}$ και του $H_{1/3}$ για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_0 = 3.50m$



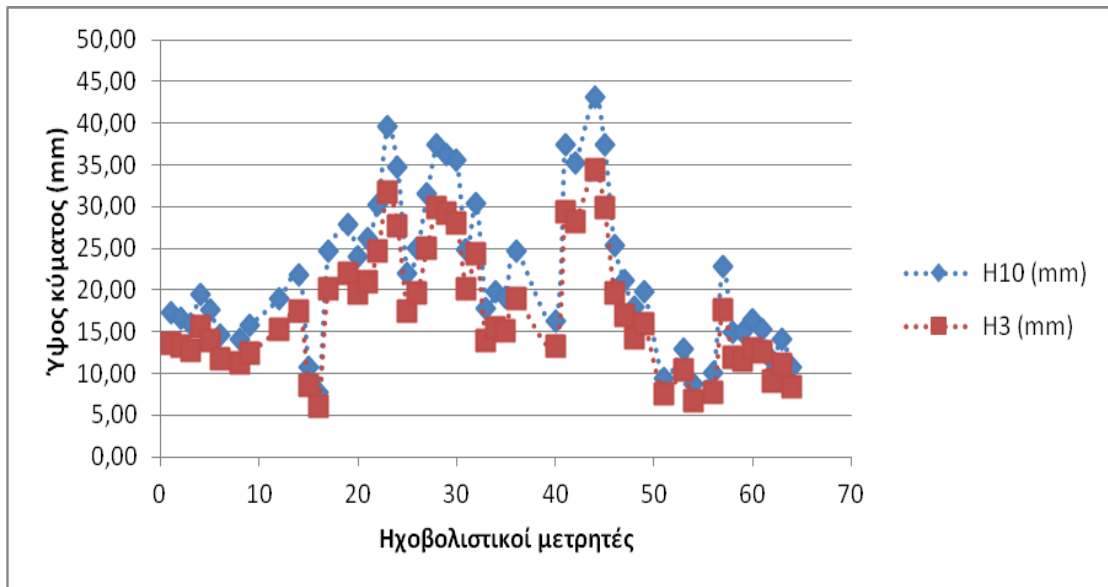
Διάγραμμα 3.12 : Απεικόνιση του $H_{1/10}$ και του $H_{1/3}$ για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_0 = 3.90m$



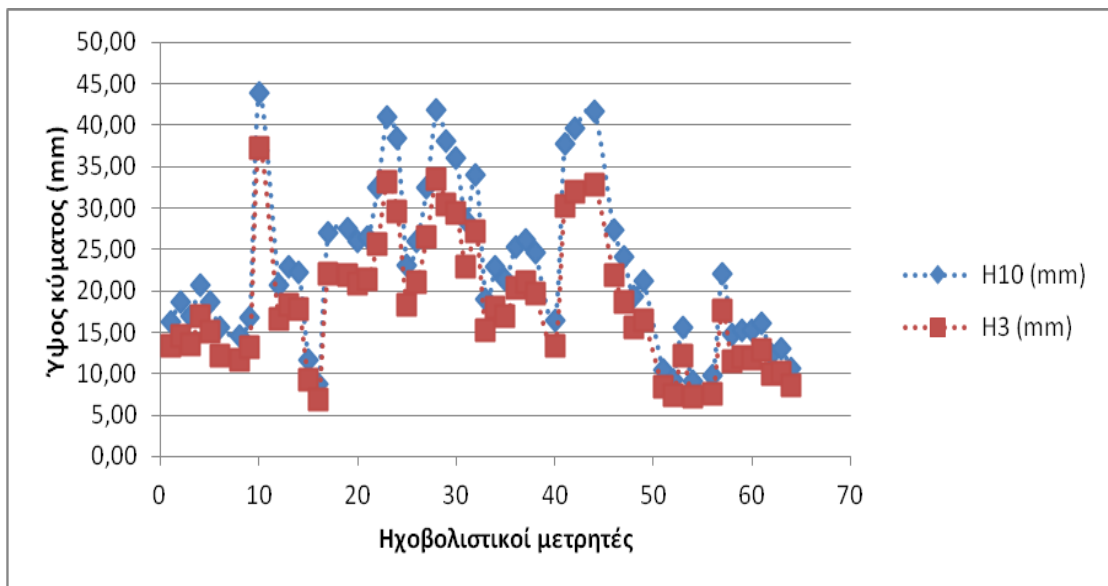
Διάγραμμα 3.13 : Απεικόνιση του $H_{1/10}$ και του $H_{1/3}$ για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_0 = 2.40m$



Διάγραμμα 3.14 : Απεικόνιση του $H_{1/10}$ και του $H_{1/3}$ για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_0 = 2.80m$



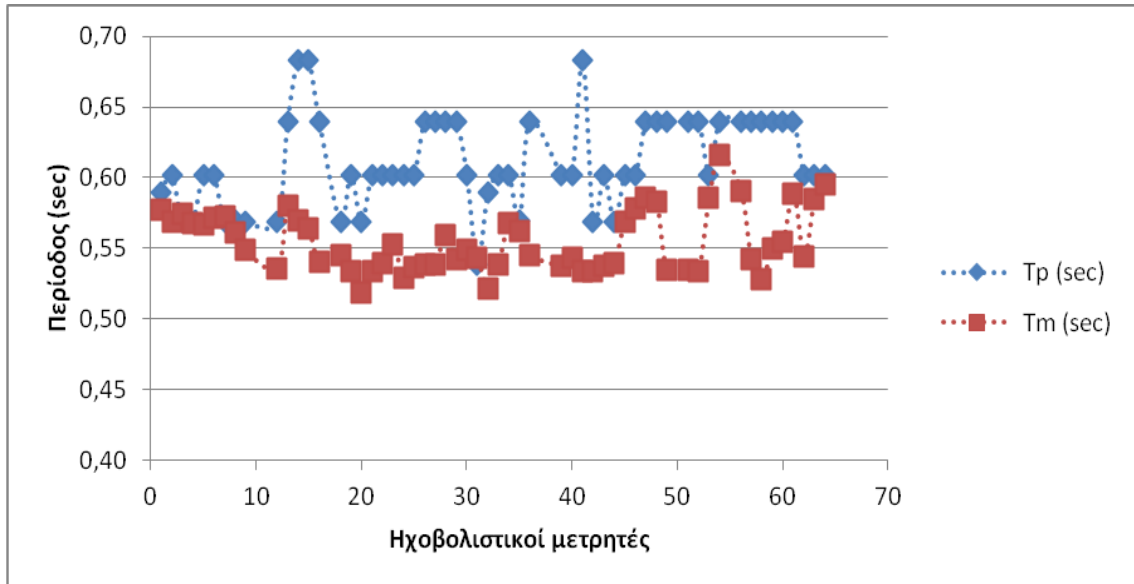
Διάγραμμα 3.15 : Απεικόνιση του $H_{1/10}$ και του $H_{1/3}$ για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_o = 3.50\text{m}$



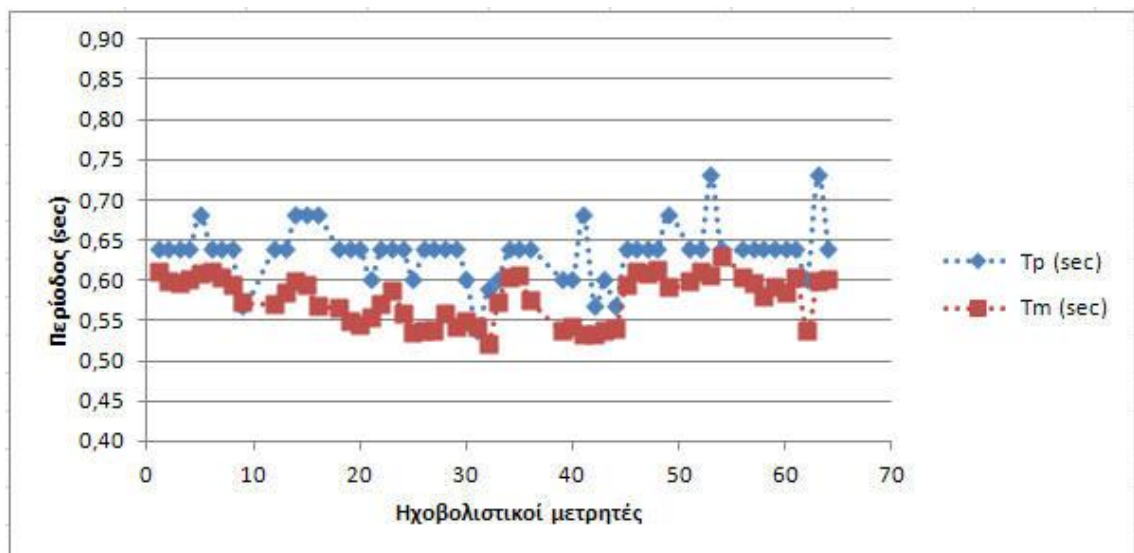
Διάγραμμα 3.16 : Απεικόνιση του $H_{1/10}$ και του $H_{1/3}$ για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_o = 3.90\text{m}$

3.3 Διαγράμματα απεικόνισης περιόδων

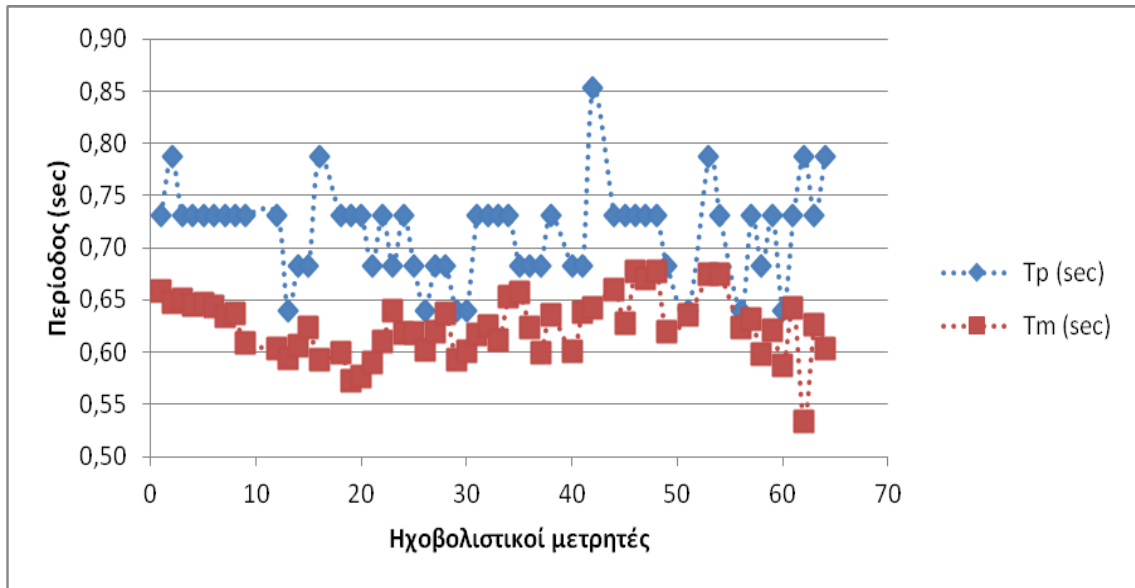
Στο συγκεκριμένο υποκεφάλαιο παρουσιάζονται τα διαγράμματα απεικόνισης των τιμών των περιόδων για τις τέσσερις διαφορετικές κυματικές καταστάσεις, τόσο για διάταξη απορροφητικού, όσο και για διάταξη κατακόρυφου μετώπου.



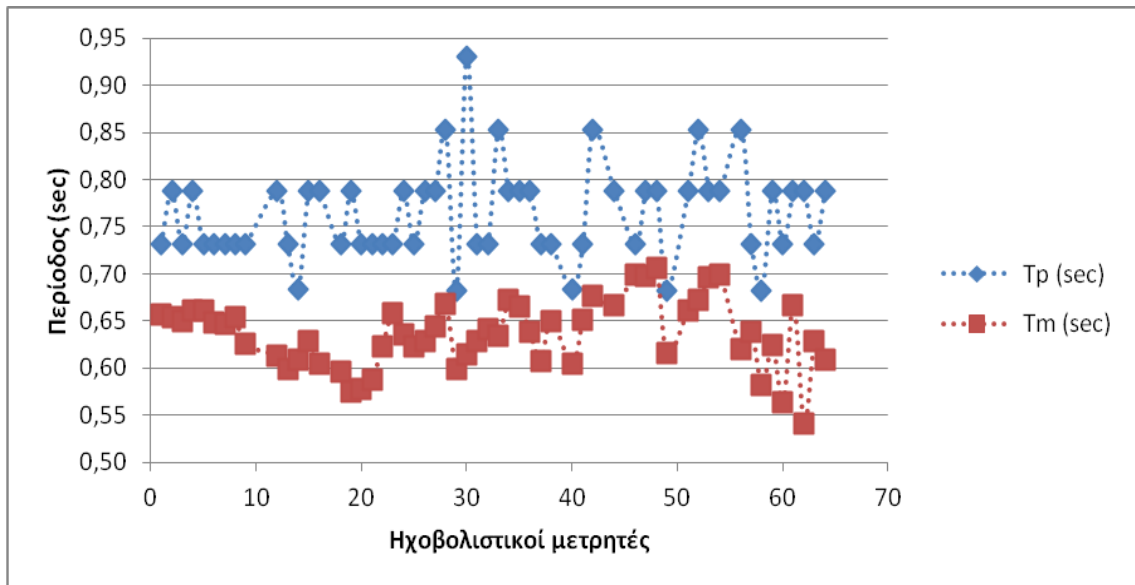
Διάγραμμα 3.17 : Περσδος αιχμής και μέση περσδος για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_o = 2.40m$



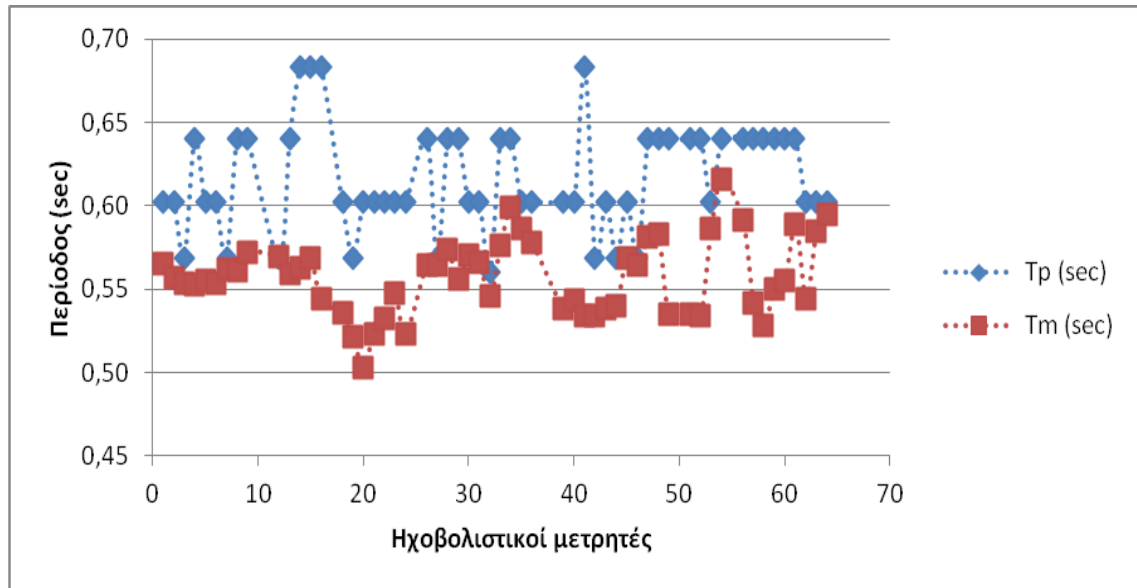
Διάγραμμα 3.18 : Περσδος αιχμής και μέση περσδος για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_o = 2.80m$



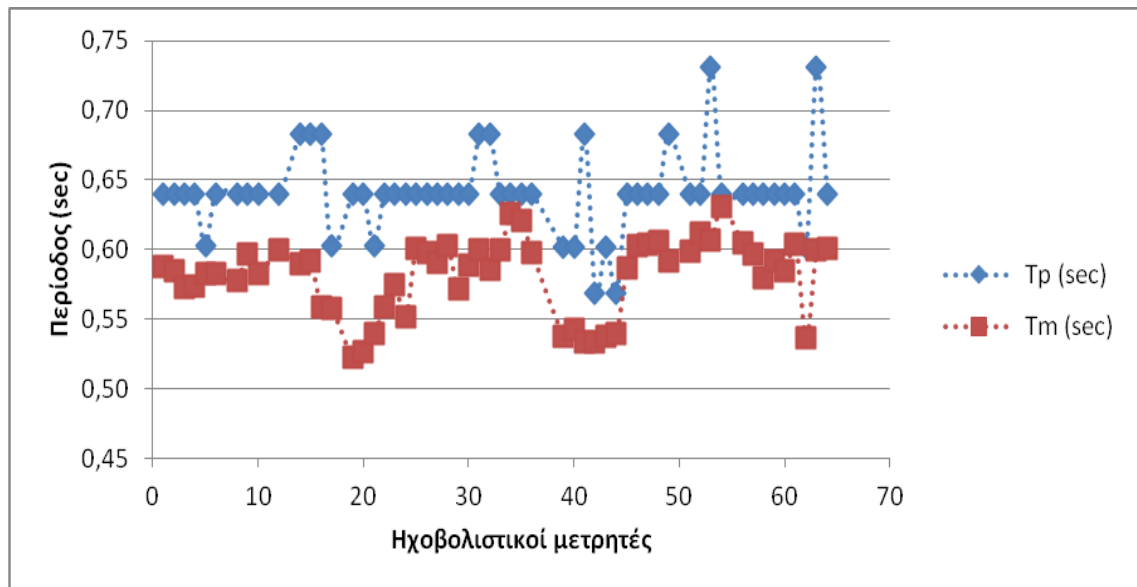
Διάγραμμα 3.19 : Περίοδος αιχμής και μέση περίοδος για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_o = 3.50m$



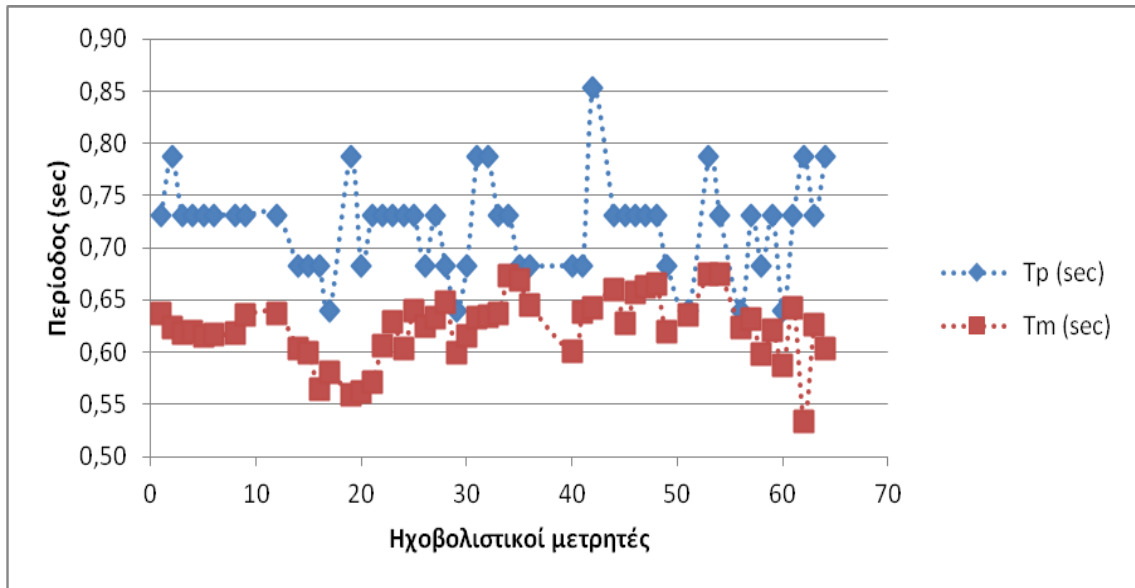
Διάγραμμα 3.20 : Περίοδος αιχμής και μέση περίοδος για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_o = 3.90m$



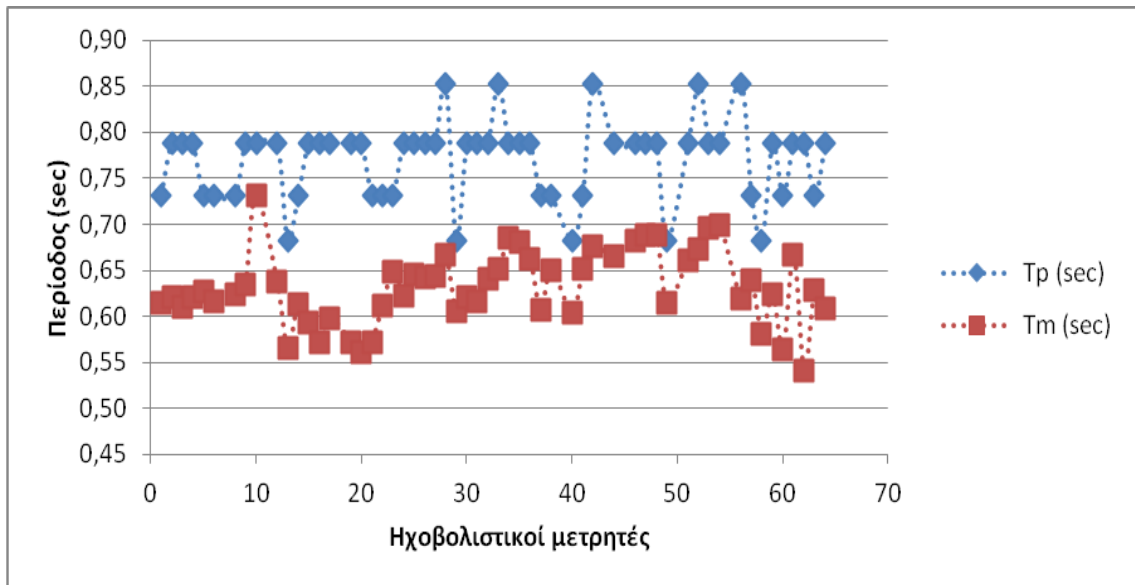
Διάγραμμα 3.21 : Πериодος αιχμής και μέση περίοδος για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_o = 2.40m$



Διάγραμμα 3.22 : Πериодος αιχμής και μέση περίοδος για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_o = 2.80m$



Διάγραμμα 3.23 : Περίοδος αιχμής και μέση περίοδος για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_o = 3.50m$



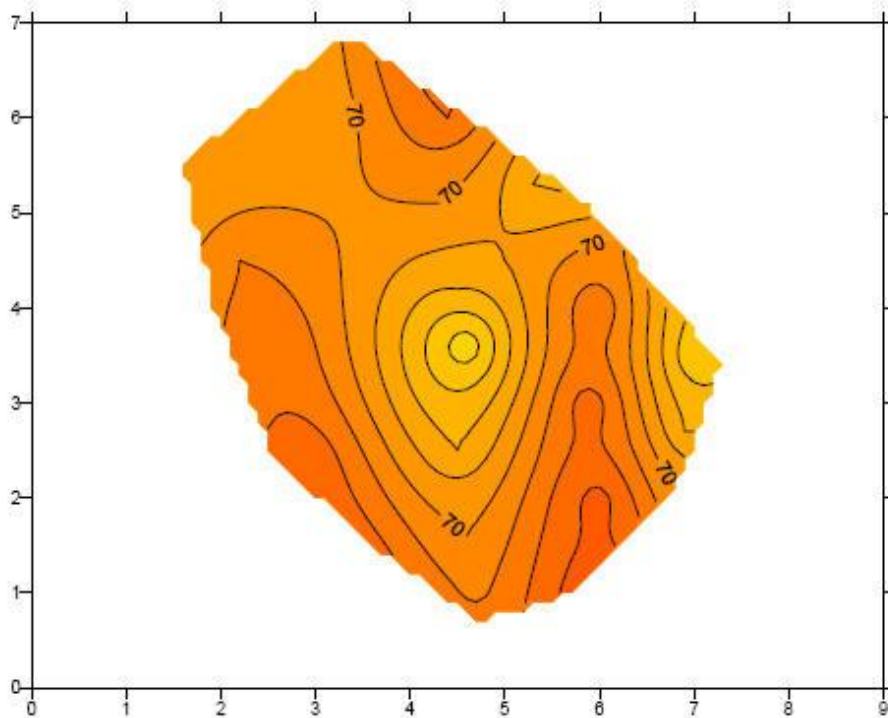
Διάγραμμα 3.24 : Περίοδος αιχμής και μέση περίοδος για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_o = 3.90m$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΙΣΟΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

4.1 Ισοπαραμετρικές καμπύλες

Η μέθοδος ‘gridding’ που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να δημιουργηθεί το πλέγμα, είναι η ‘Kriging’ η οποία αποτελείται από ένα γραμμικό βαριόγραμμα.

Η μέθοδος ‘Kriging’, χρησιμοποιεί σημεία του χάρτη για να εξάγει στοιχεία για περιοχές που δεν έχουν δεδομένα. Έτσι καταλήγει στις ελάχιστες και μέγιστες τιμές του Z μέσα στο πλέγμα που είναι πέρα από τις τιμές στο αρχείο δεδομένων.



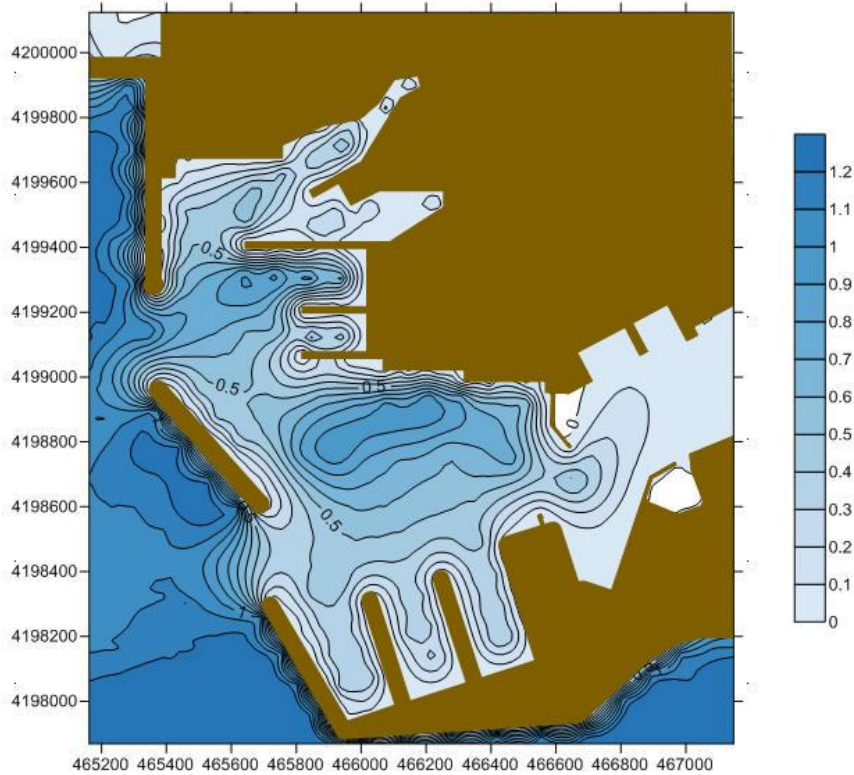
Εικόνα 4.1 : Χάρτης ισοπαραμετρικών καμπυλών στο πρόγραμμα ‘Surfer’

Οι παραδοχές που έγιναν για την δημιουργία των ισοπαραμετρικών καμπυλών στο λογισμικό πρόγραμμα ‘Surfer’ είναι οι παρακάτω:

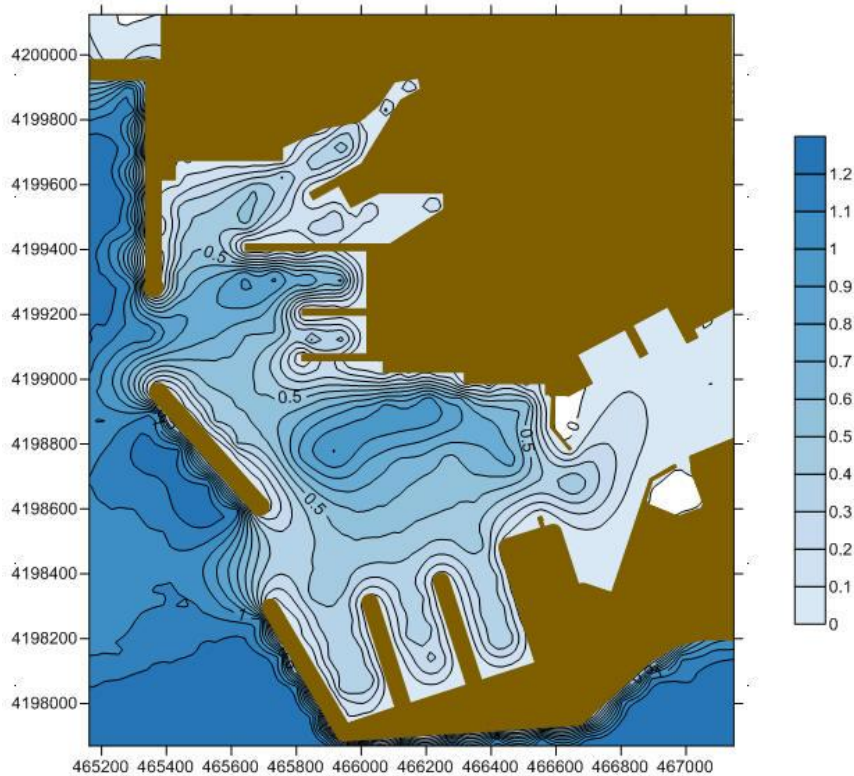
- Στον εξωτερικό θαλάσσιο χώρο δόθηκαν σταθερές τιμές σε ορισμένα σημεία (εξωτερικοί μετρητές).
- Στα στερεά όρια δόθηκε η τιμή μηδέν.
- Η ισοδιάσταση επιλέχθηκε να έχει την τιμή 0.1
- Ο κάρναβος σχεδίασης ορίστηκε από το πρόγραμμα.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι χάρτες με τις ισοπαραμετρικές καμπύλες που δημιουργήθηκαν με την βοήθεια του λογισμικού προγράμματος ‘Surfer’.

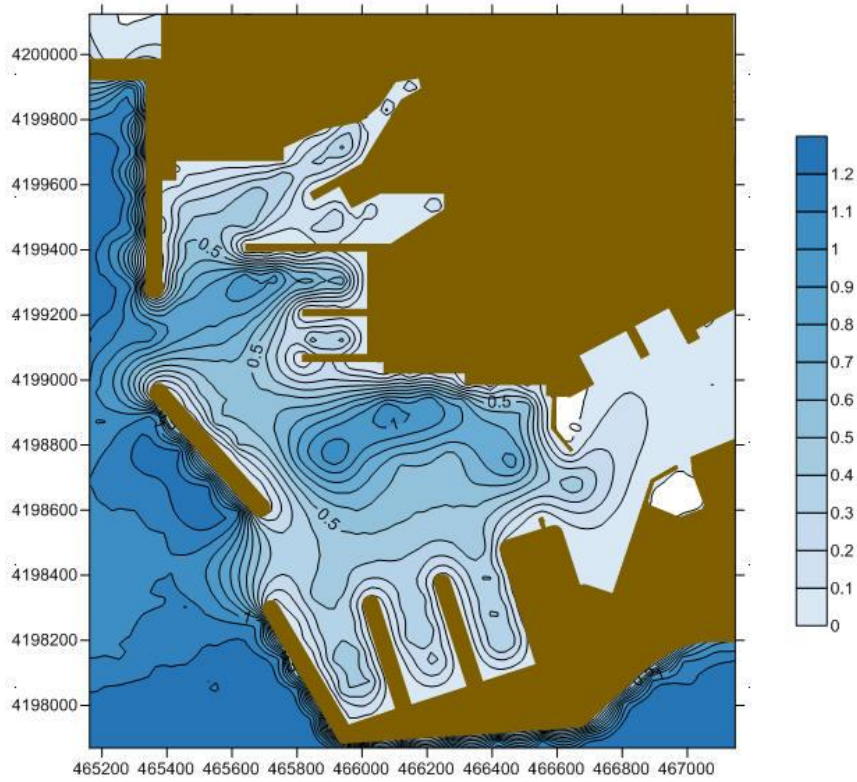
4.1.1 Ισοπαραμετρικές καμπύλες για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_0 = 2.40m$



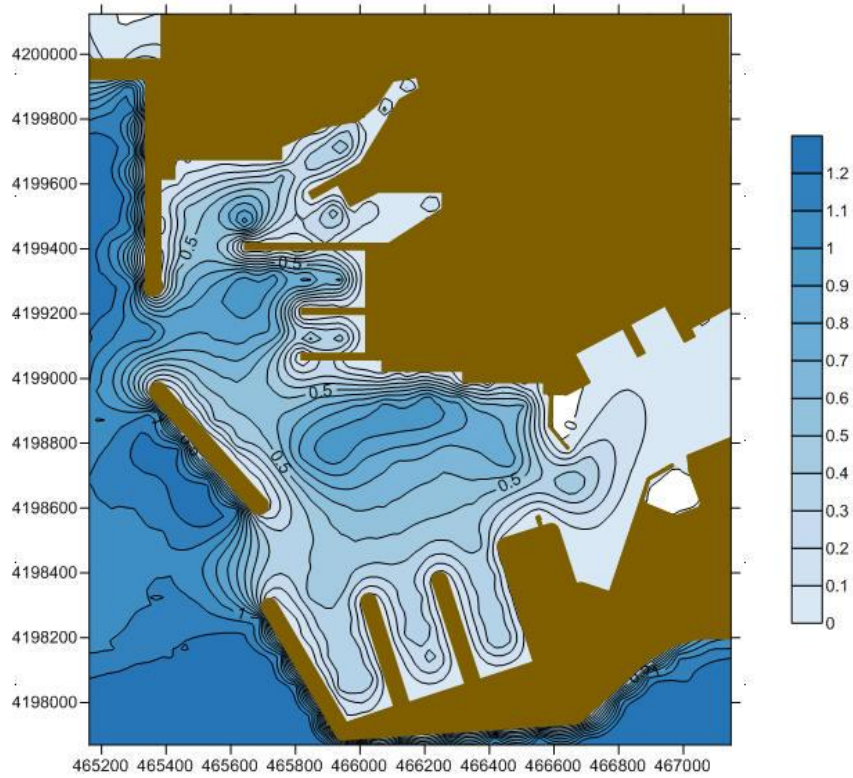
Χάρτης 4.1 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του $H_{1/3}$



Χάρτης 4.2 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του $H_{1/10}$

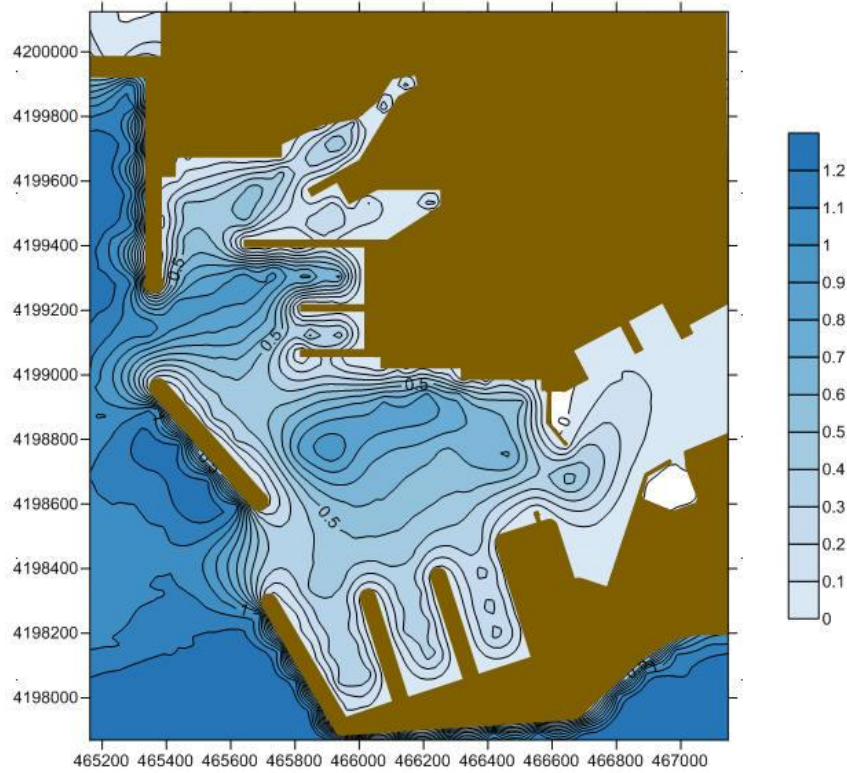


Χάρτης 4.3 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του H_{max}

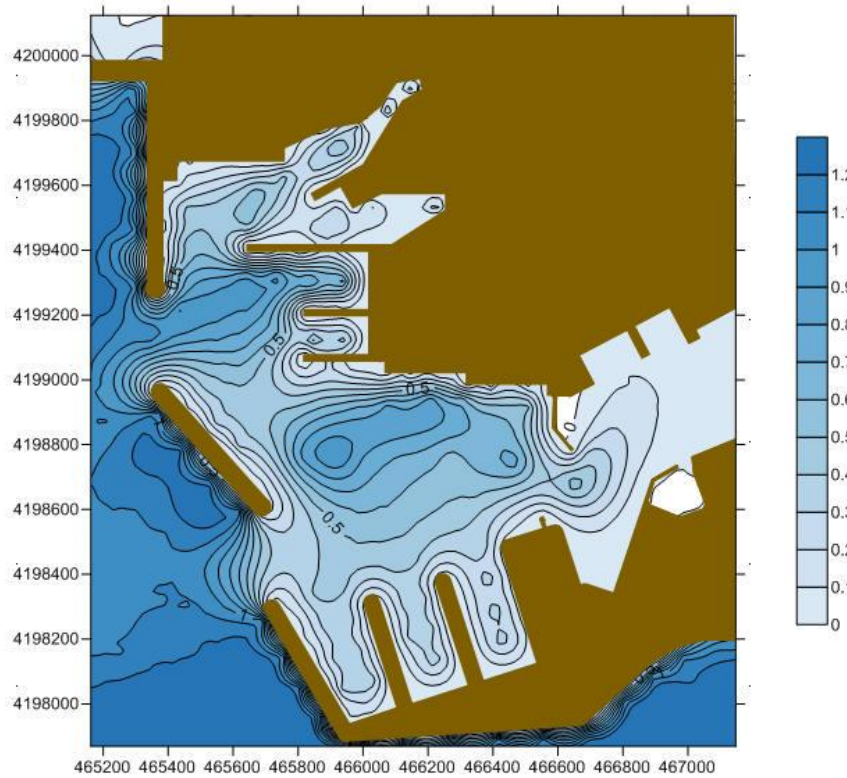


Χάρτης 4.4 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του H_s

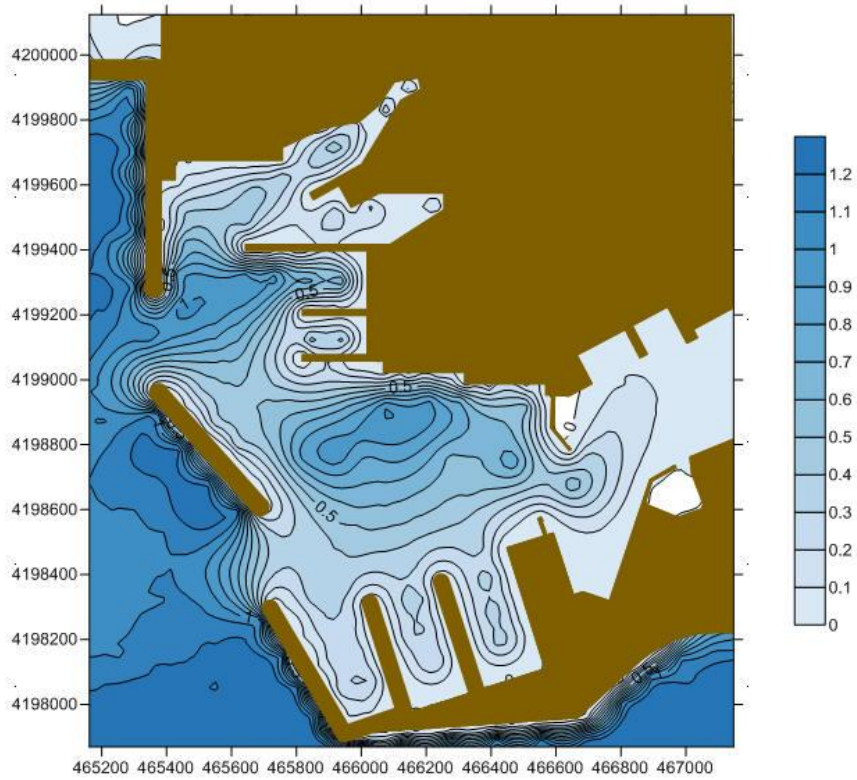
4.1.2 Ισοπαραμετρικές καμπύλες για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_0 = 2.80m$



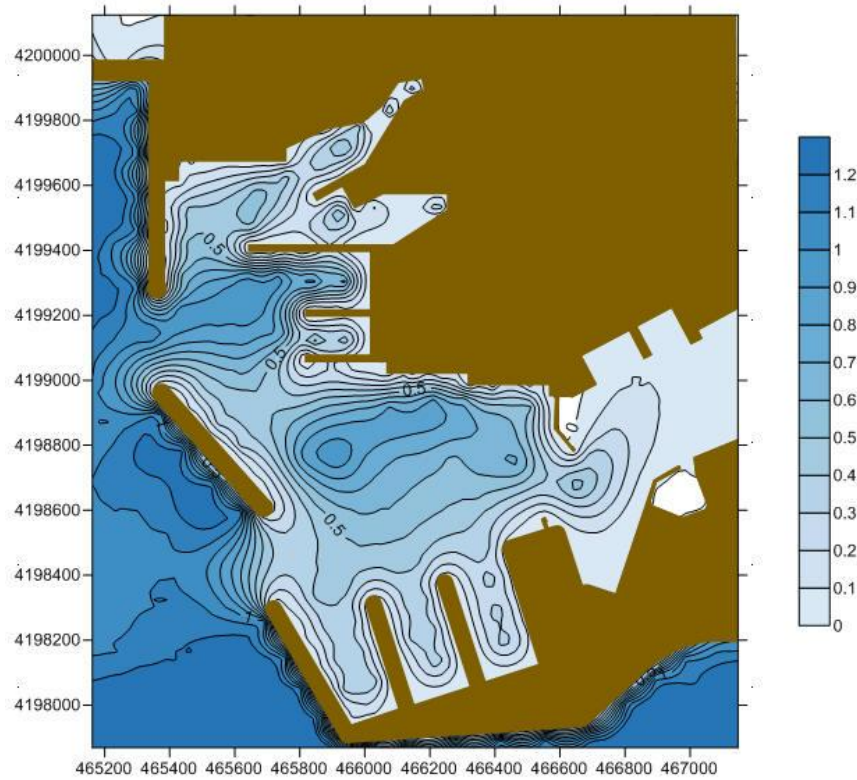
Χάρτης 4.5 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του $H_{1/3}$



Χάρτης 4.6 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του $H_{1/10}$

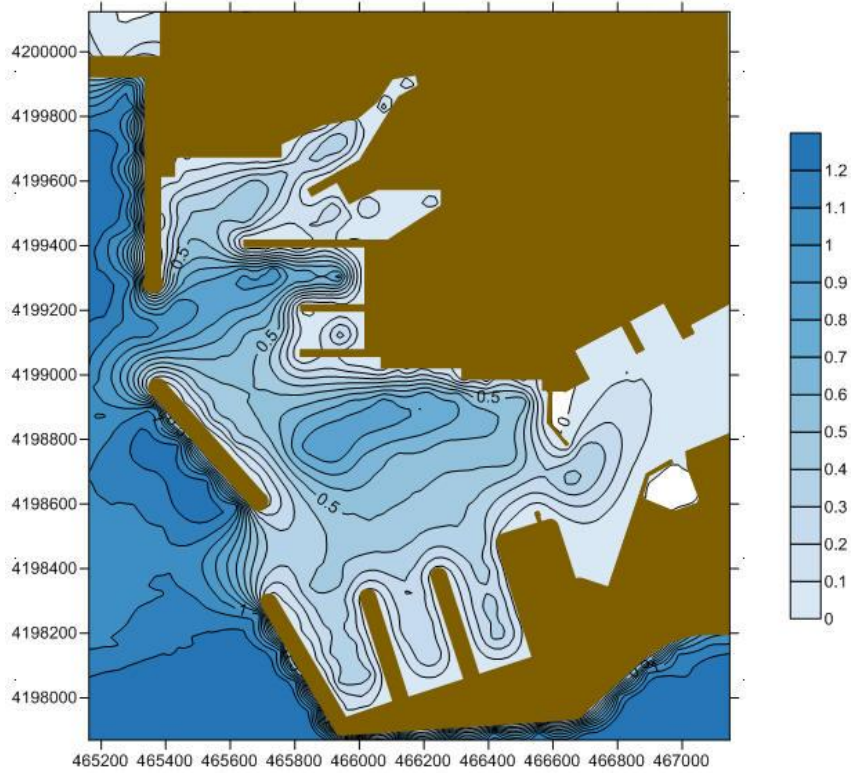


Χάρτης 4.7 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του H_{max}

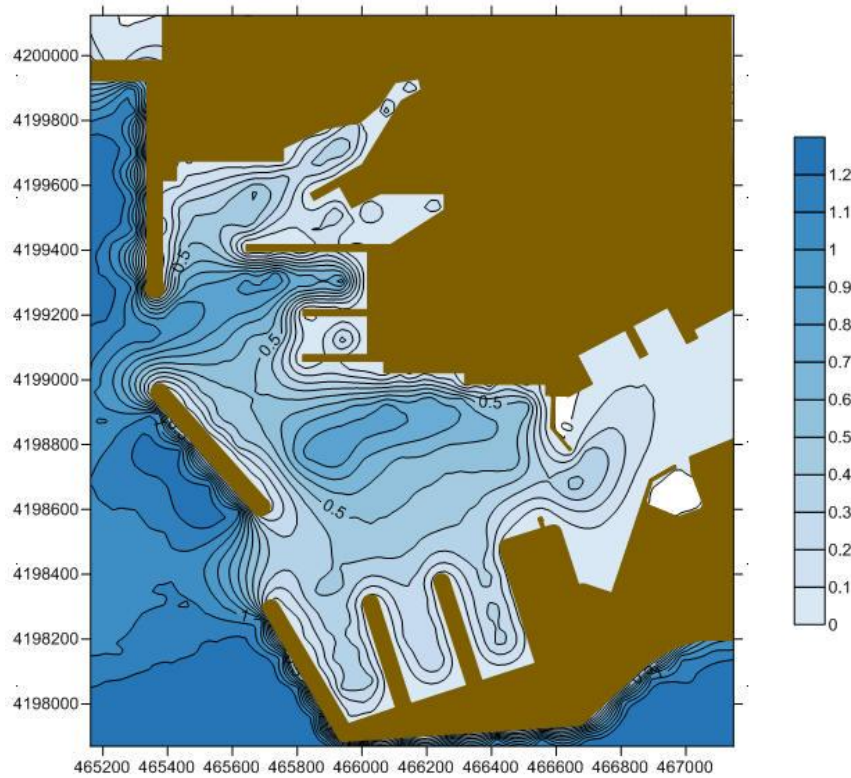


Χάρτης 4.8 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του H_s

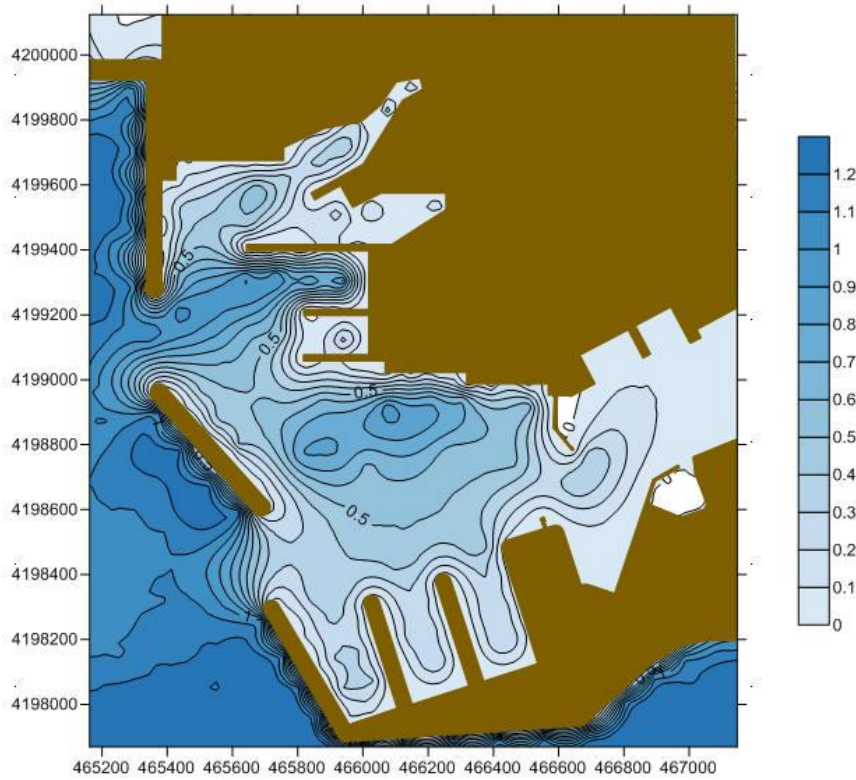
4.1.3 Ισοπαραμετρικές καμπύλες για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_0 = 3.50m$



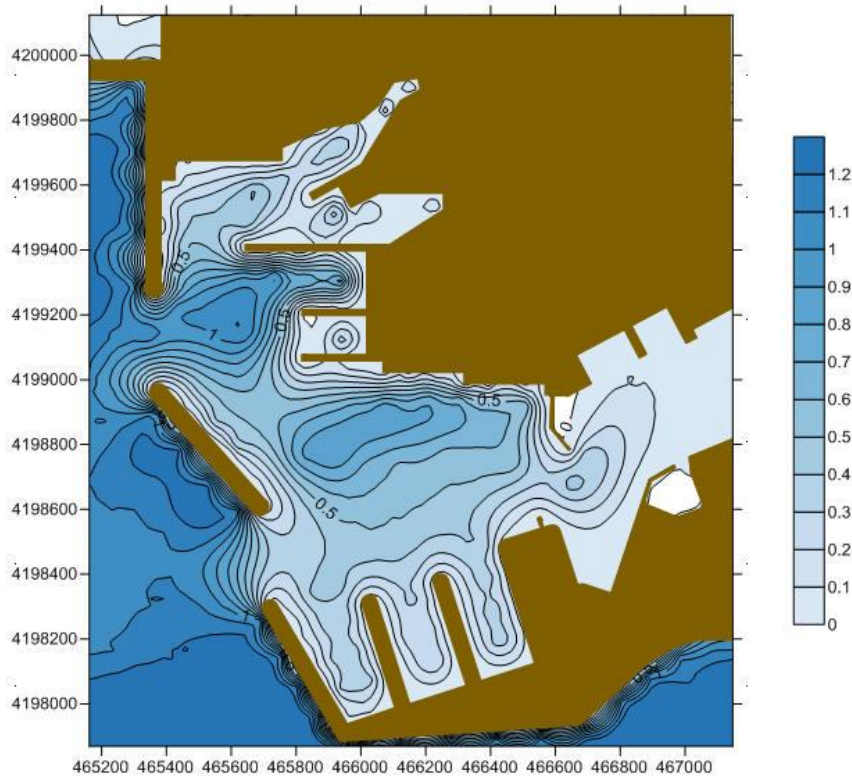
Χάρτης 4.9 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του $H_{1/3}$



Χάρτης 4.10 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του $H_{1/10}$

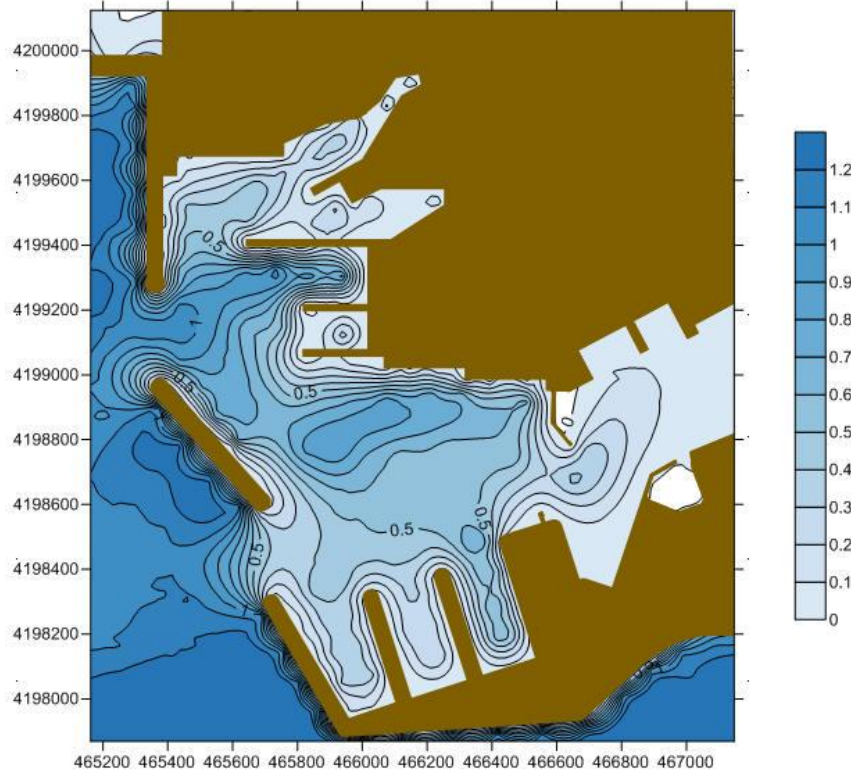


Χάρτης 4.11 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του H_{max}

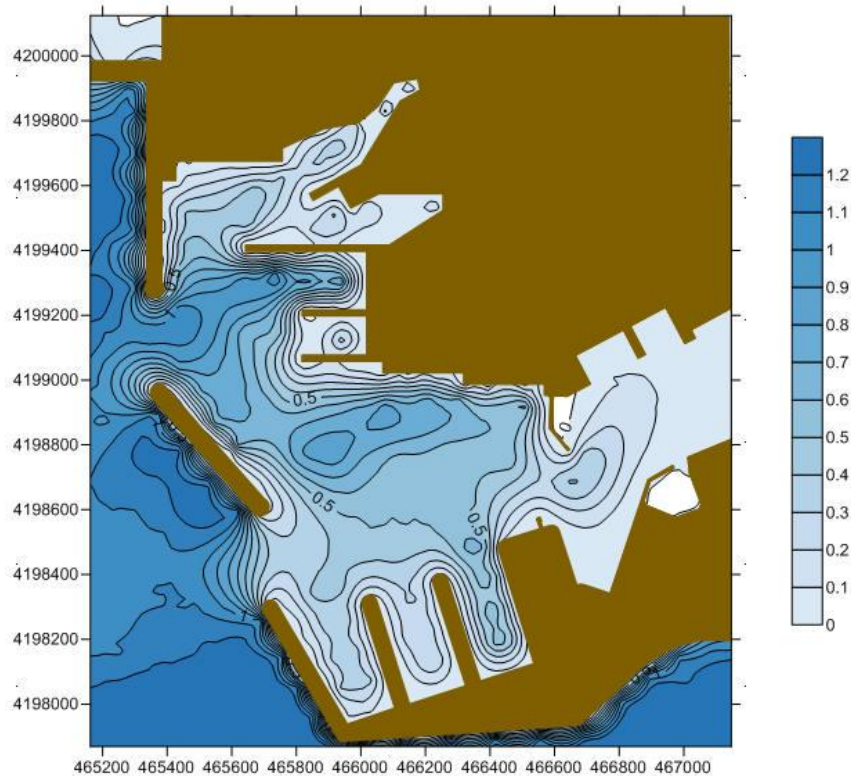


Χάρτης 4.12 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του H_s

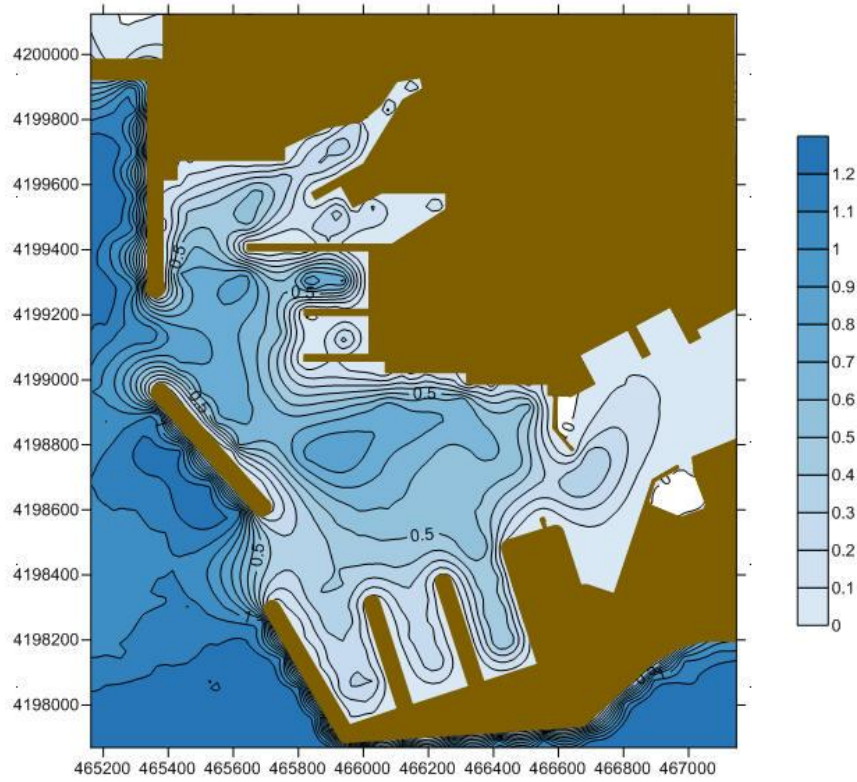
4.1.4 Ισοπαραμετρικές καμπύλες για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_0 = 3.90m$



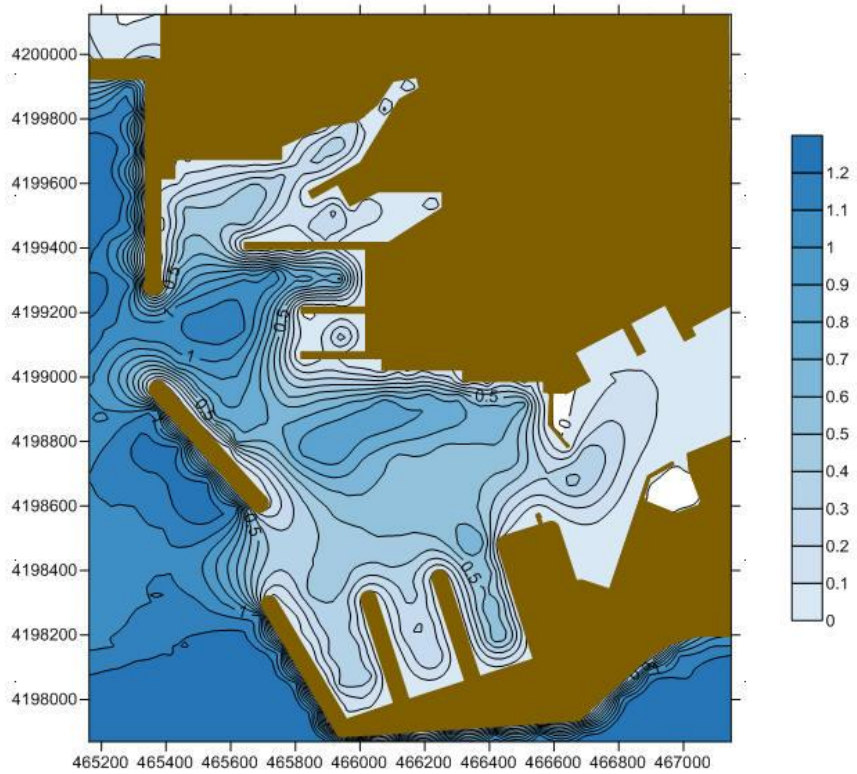
Χάρτης 4.13 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του $H_{1/3}$



Χάρτης 4.14 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του $H_{1/10}$

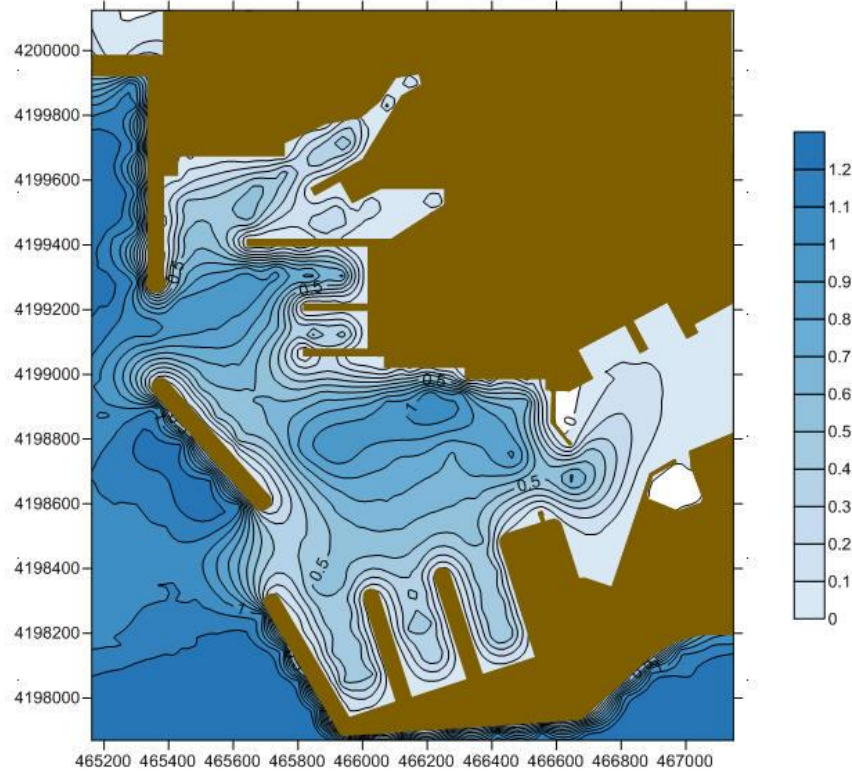


Χάρτης 4.15 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του H_{max}

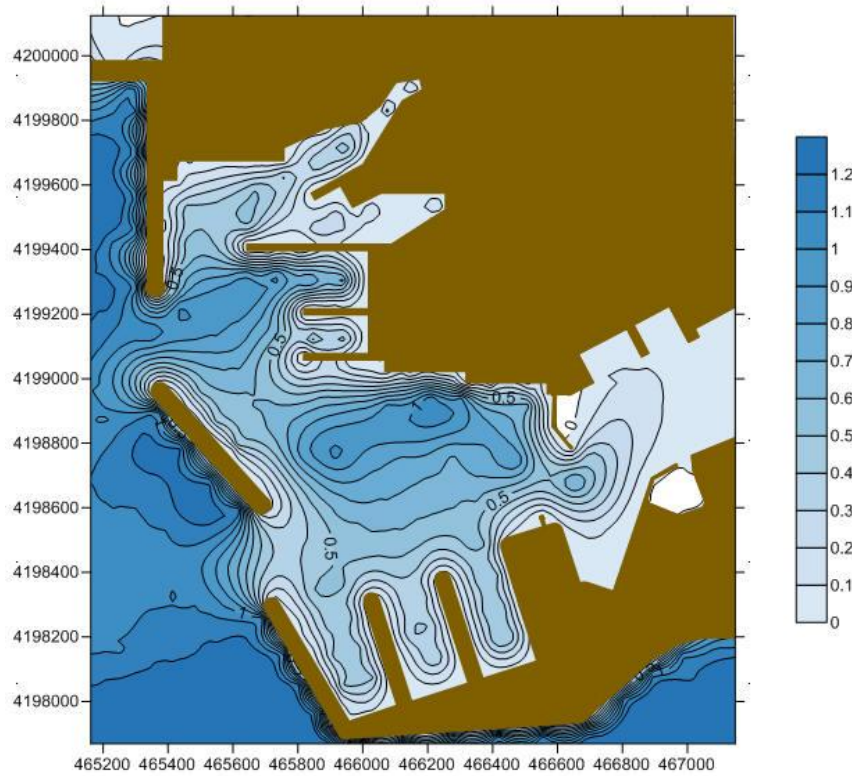


Χάρτης 4.16 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του H_s

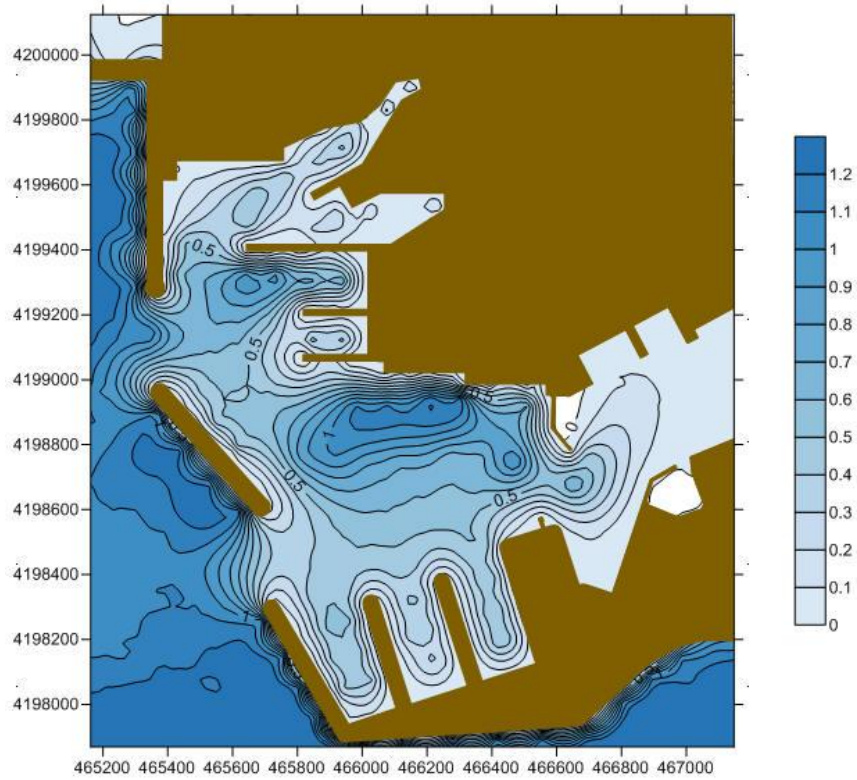
4.1.5 Ισοπαραμετρικές καμπύλες για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_0 = 2.40m$



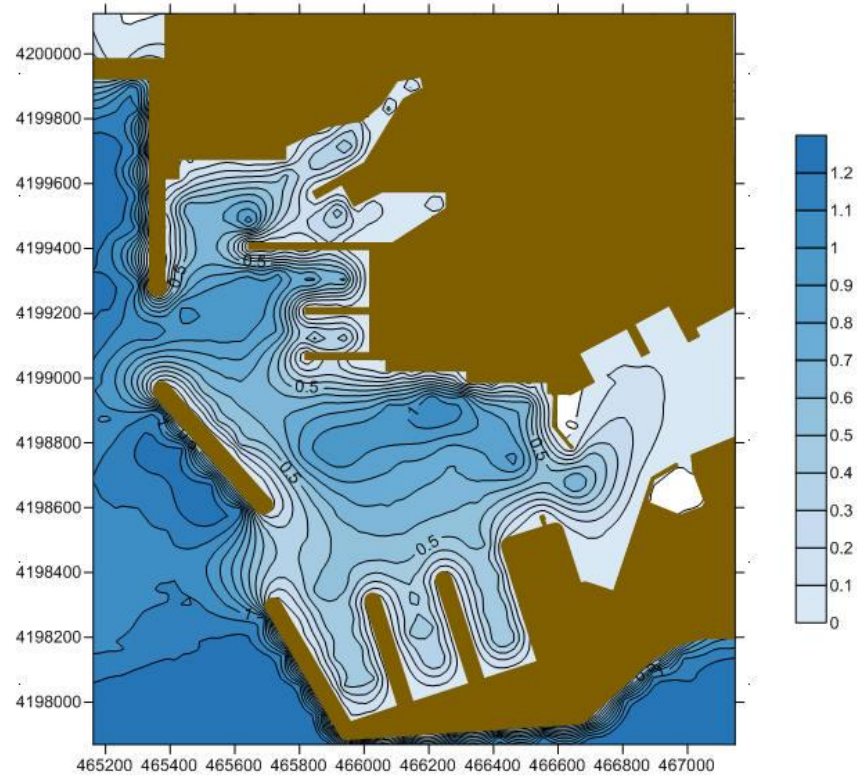
Χάρτης 4.17 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του $H_{1/3}$



Χάρτης 4.18 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του $H_{1/10}$

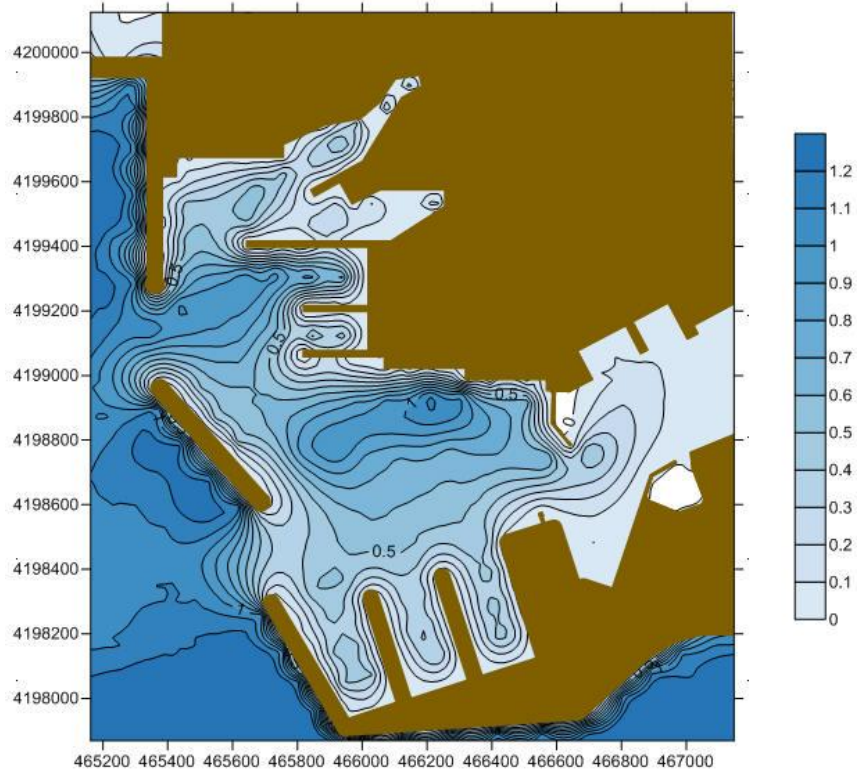


Χάρτης 4.19 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του H_{max}

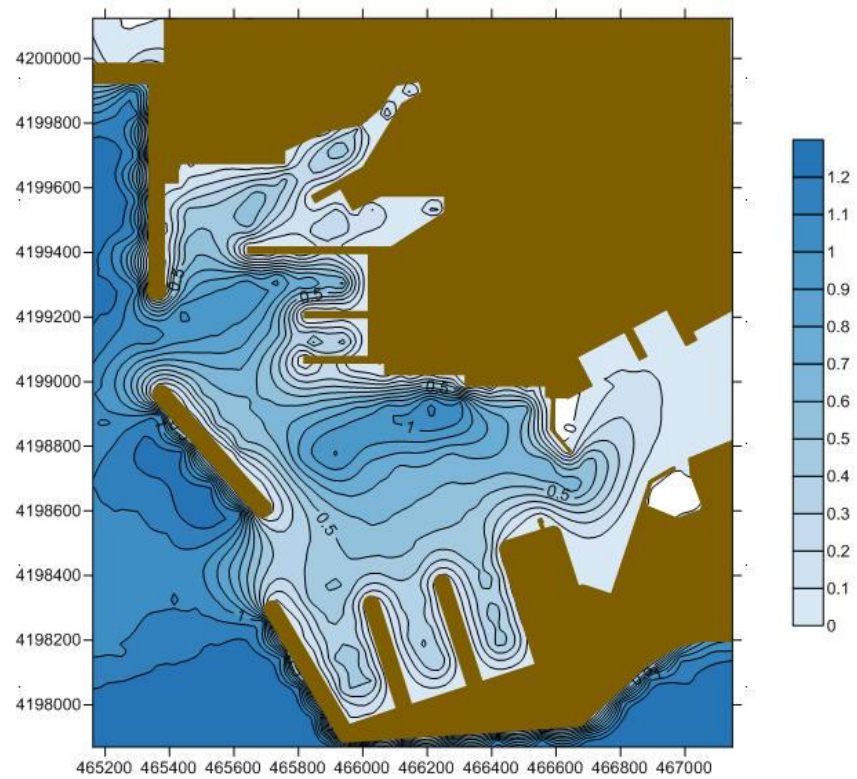


Χάρτης 4.20 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του H_s

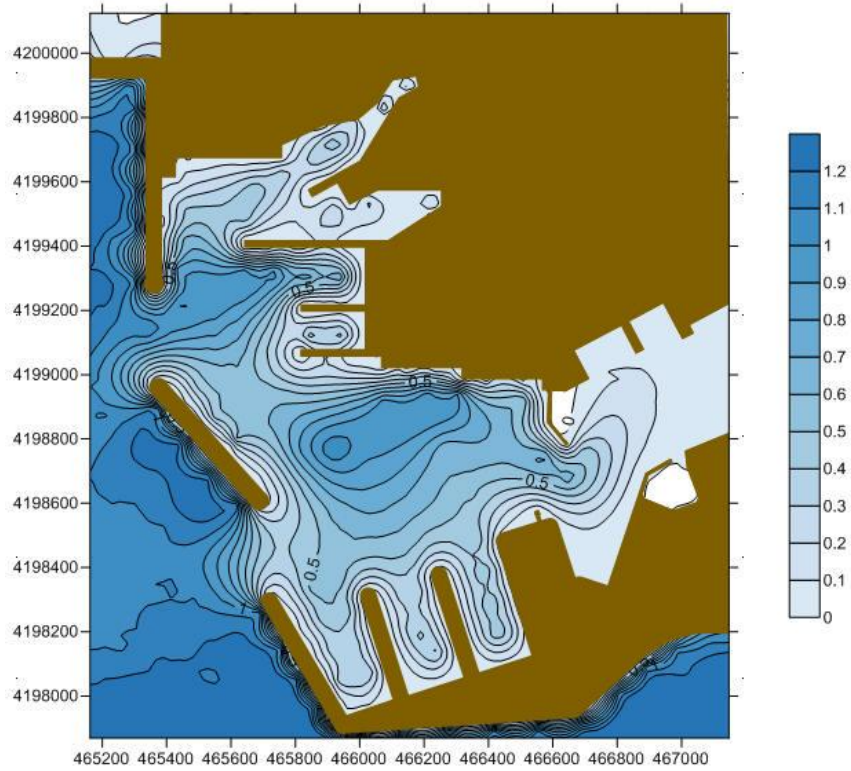
4.1.6 Ισοπαραμετρικές καμπύλες για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_0 = 2.80m$



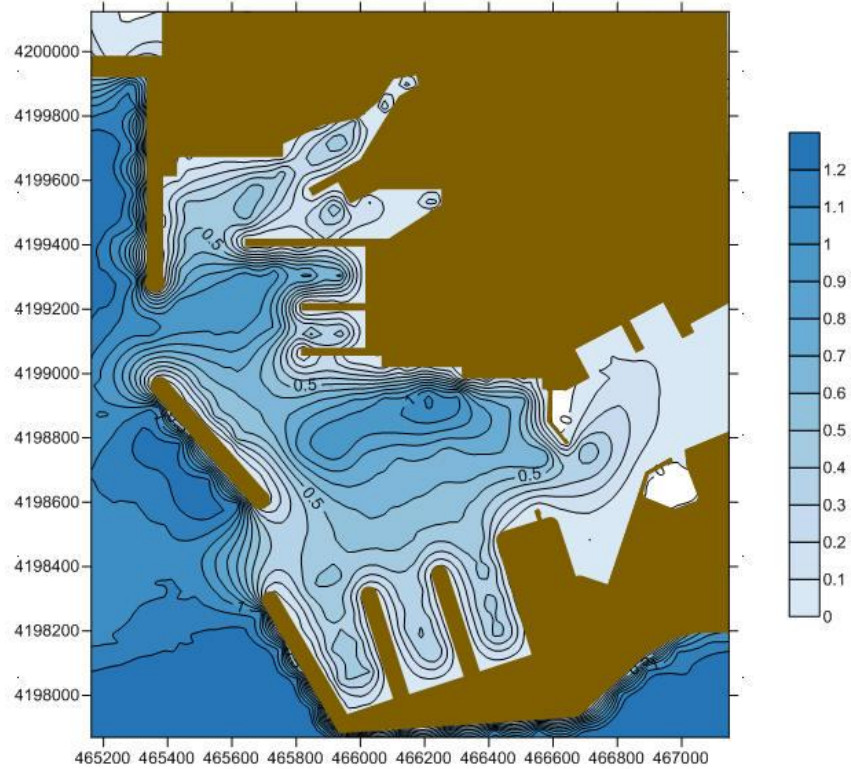
Χάρτης 4.21 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του $H_{1/3}$



Χάρτης 4.22 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του $H_{1/10}$

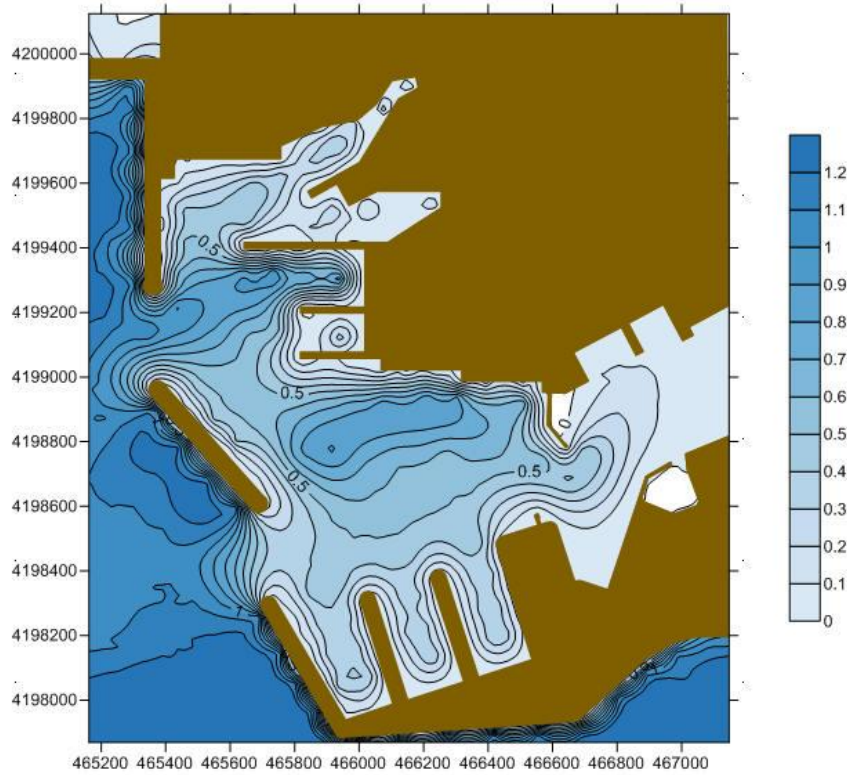


Χάρτης 4.23 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του H_{max}

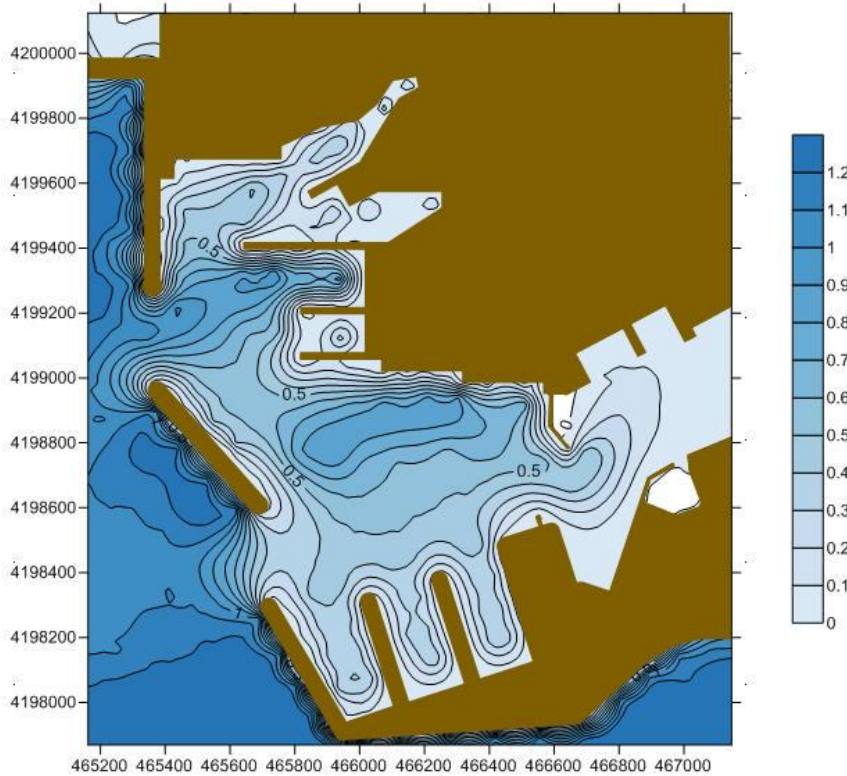


Χάρτης 4.24 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του H_s

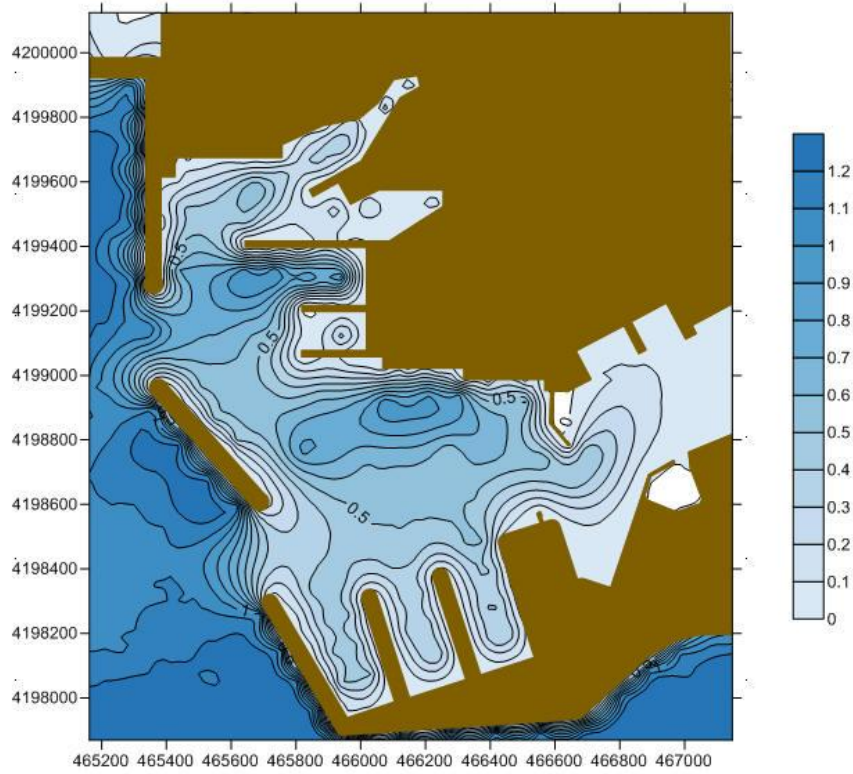
4.1.7 Ισοπαραμετρικές καμπύλες για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_0 = 3.50m$



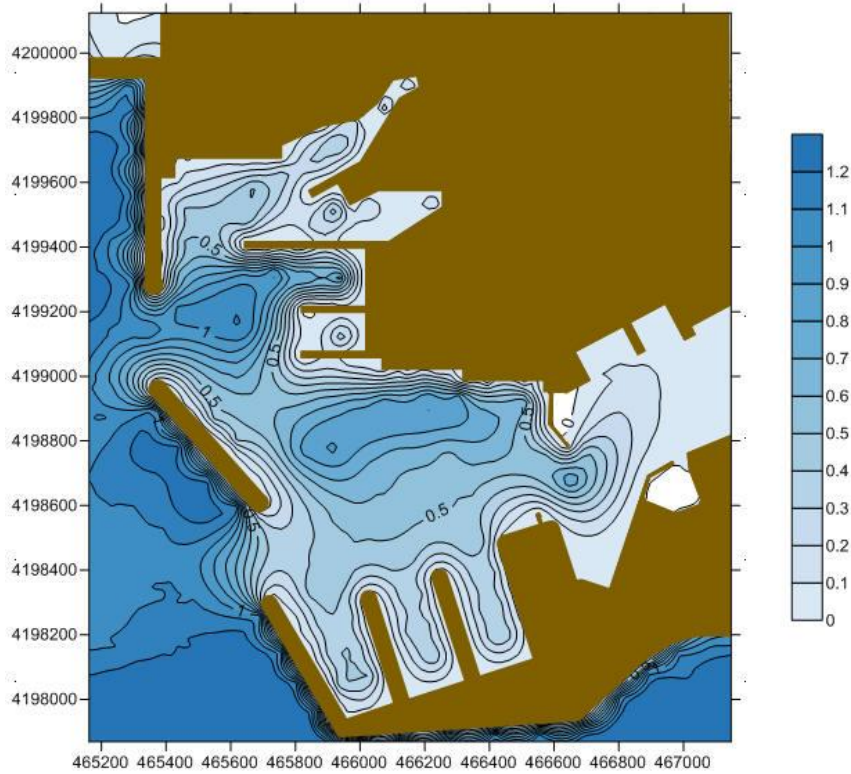
Χάρτης 4.25 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του $H_{1/3}$



Χάρτης 4.26 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του $H_{1/10}$

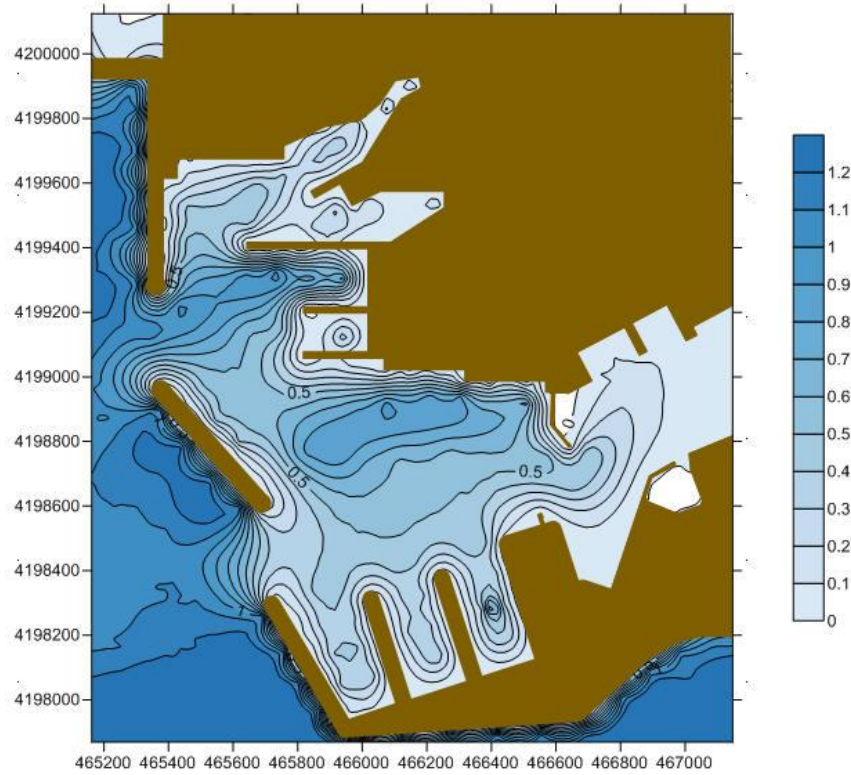


Χάρτης 4.27 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του H_{max}

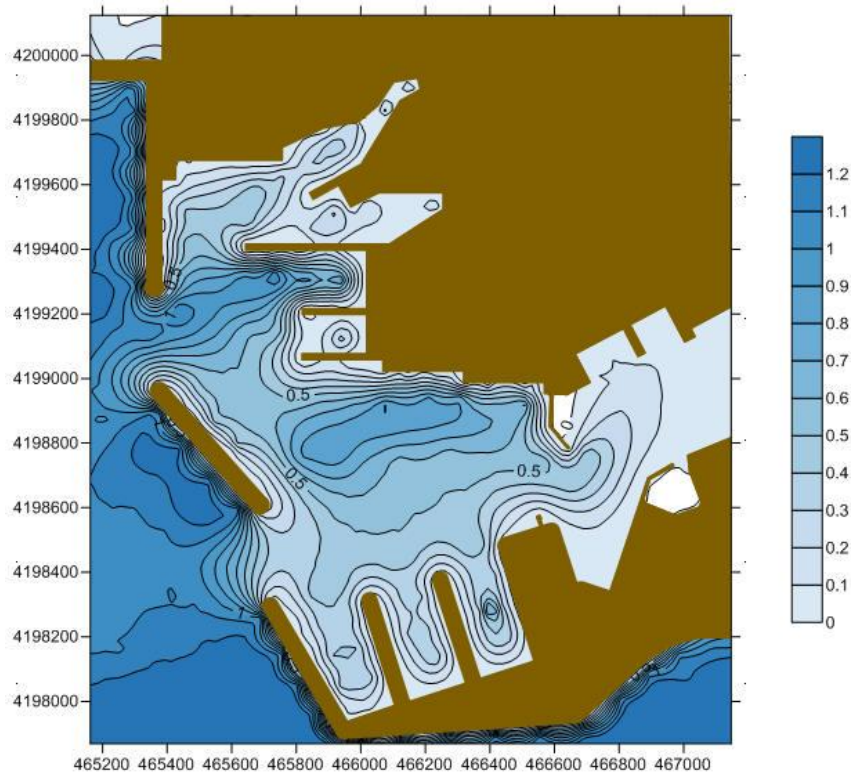


Χάρτης 4.28 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του H_s

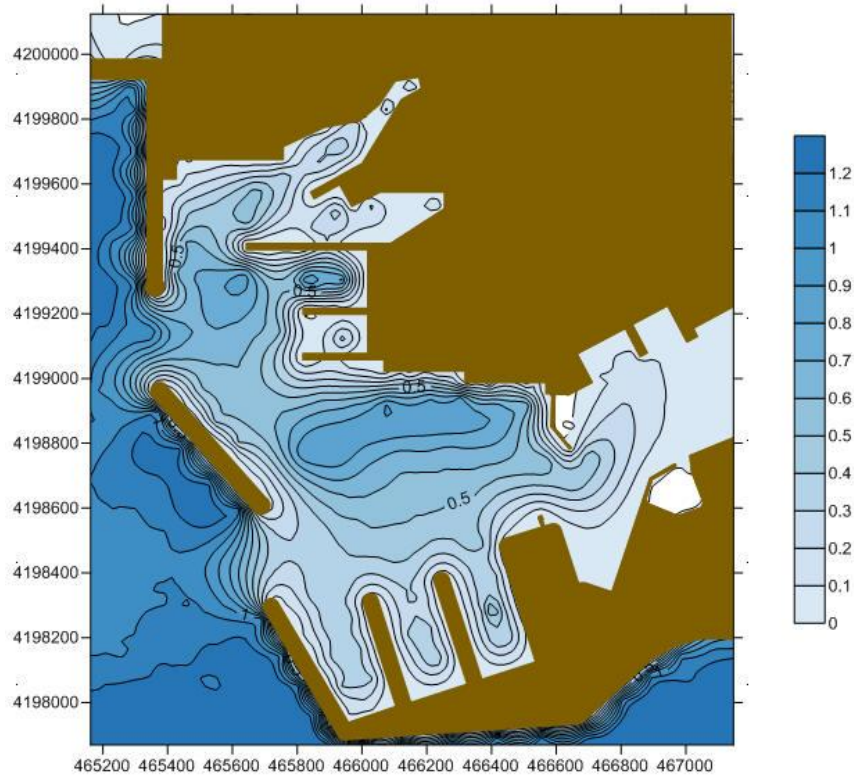
4.1.8 Ισοπαραμετρικές καμπύλες για διάταξη απορροφητικού μετώπου και $H_0 = 3.90m$



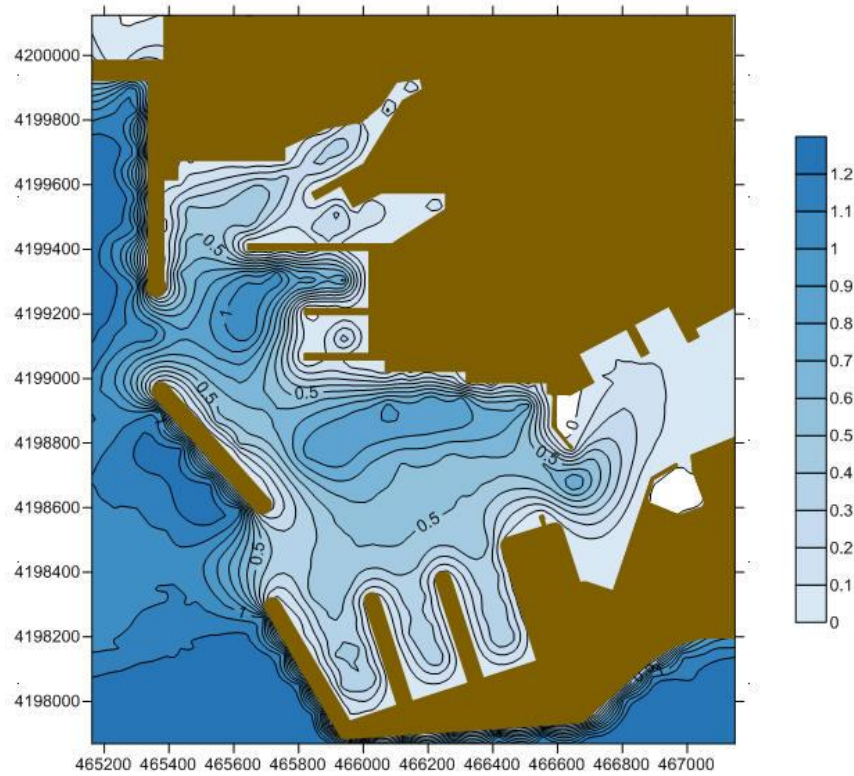
Χάρτης 4.29 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του $H_{1/3}$



Χάρτης 4.30 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του $H_{1/10}$



Χάρτης 4.31 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του H_{max}



Χάρτης 4.32 : Ισοπαραμετρικές καμπύλες για τον συντελεστή μετάδοσης του H_s

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο αναφέρεται στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν με βάση τους πίνακες των συντελεστών μετάδοσης ανά υποπεριοχή μετρήσεως και ανά κυματική διαταραχή σε σχέση τόσο με το απορροφητικό όσο και με το κατακόρυφο μέτωπο.

Πίνακας 5.1 : Μέγιστες και ελάχιστες τιμές του συντελεστή μετάδοσης K_t (H_s) στην 1^η υποπεριοχή μετρήσεως ανά κυματική διαταραχή με διάταξη απορροφητικού και κατακόρυφου μετώπου

1^η Υποπεριοχή μετρητών		
	$H_o=2.40m$	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.51	0.37
Κατακόρυφο μέτωπο	0.60	0.47
	$H_o=2.80m$	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.46	0.31
Κατακόρυφο μέτωπο	0.58	0.42
	$H_o=3.50m$	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.55	0.33
Κατακόρυφο μέτωπο	0.56	0.37
	$H_o=3.90m$	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.57	0.37
Κατακόρυφο μέτωπο	0.74	0.55

Στην 1^η υποπεριοχή μετρητών αξιολογήθηκαν μετρήσεις από 6 αισθητήρες. Ο συντελεστής μετάδοσης του H_s κυμάνθηκε για απορροφητικό μέτωπο από 0.31 έως 0.57, με την μεγαλύτερη τιμή να παρατηρείται για κυματική διαταραχή $H_o=3.90m$. Για διάταξη κατακόρυφου μετώπου η μεγαλύτερη τιμή παρατηρήθηκε στην περιοχή πίσω από τον κυματοθραύστη.

Πίνακας 5.2 : Μέγιστες και ελάχιστες τιμές του συντελεστή μετάδοσης K_t (H_s) στην 2^η υποπεριοχή μετρήσεως ανά κυματική διαταραχή με διάταξη απορροφητικού και κατακόρυφου μετώπου

2^η Υποπεριοχή μετρητών		
	$H_o=2.40m$	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.46	0.31
Κατακόρυφο μέτωπο	0.53	0.38
	$H_o=2.80m$	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.44	0.32
Κατακόρυφο μέτωπο	0.51	0.36
	$H_o=3.50m$	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.43	0.28
Κατακόρυφο μέτωπο	0.47	0.34
	$H_o=3.90m$	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.45	0.29
Κατακόρυφο μέτωπο	0.48	0.33

Στην 2^η υποπεριοχή μετρητών αξιολογήθηκαν μετρήσεις από 7 – 8 αισθητήρες. Ο συντελεστής μετάδοσης του H_s κυμάνθηκε για διάταξη κατακόρυφου μετώπου από 0.33 έως 0.53. Η επιβάρυνση λόγω του κατακόρυφου μετώπου είναι ~5% αναλογικά σε κάθε κυματική διαταραχή. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται και από τους χάρτες των ισοπαραμετρικών καμπυλών που δημιουργήθηκαν.

Πίνακας 5.3 : Μέγιστες και ελάχιστες τιμές του συντελεστή μετάδοσης K_t (H_s) στην 3^η υποπεριοχή μετρήσεως ανά κυματική διαταραχή με διάταξη απορροφητικού και κατακόρυφου μετώπου

3^η Υποπεριοχή μετρητών		
	Ho=2.40m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.93	0.50
Κατακόρυφο μέτωπο	1.08	0.61
	Ho=2.80m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.83	0.43
Κατακόρυφο μέτωπο	1.11	0.56
	Ho=3.50m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.87	0.50
Κατακόρυφο μέτωπο	0.88	0.52
	Ho=3.90m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.89	0.49
Κατακόρυφο μέτωπο	0.92	0.52

Στην 3^η υποπεριοχή μετρητών αξιολογήθηκαν μετρήσεις από 8 αισθητήρες. Ο συντελεστής μετάδοσης του H_s κυμάνθηκε για διάταξη απορροφητικού μετώπου από 0.43 έως 0.93. Για διάταξη κατακόρυφου μετώπου και $H_o=2.80m$ παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή μετάδοσης στο 1.11. Αυτό συμβαίνει καθώς είναι η περιοχή ακριβώς εμπρός από το μέτωπο (απορροφητικό / κατακόρυφο) και δέχεται την μεγαλύτερη επίδραση. Η ανάκλαση επί του κατακόρυφου μετώπου είναι μεγαλύτερη για μικρά κύματα.

Πίνακας 5.4 : Μέγιστες και ελάχιστες τιμές του συντελεστή μετάδοσης K_t (H_s) στην 4^η υποπεριοχή μετρήσεως ανά κυματική διαταραχή με διάταξη απορροφητικού και κατακόρυφου μετώπου

4^η Υποπεριοχή μετρητών		
	$H_o=2.40m$	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.99	0.61
Κατακόρυφο μέτωπο	1.00	0.69
	$H_o=2.80m$	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	1.00	0.58
Κατακόρυφο μέτωπο	1.00	0.66
	$H_o=3.50m$	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.90	0.54
Κατακόρυφο μέτωπο	0.92	0.58
	$H_o=3.90m$	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.90	0.53
Κατακόρυφο μέτωπο	0.90	0.58

Στην 4^η υποπεριοχή μετρητών αξιολογήθηκαν μετρήσεις από 7 αισθητήρες. Ο συντελεστής μετάδοσης του H_s κυμάνθηκε για διάταξη απορροφητικού μετώπου από 0.53 έως 1.00. Η επιβάρυνση λόγω του κατακόρυφου μετώπου είναι ~5% αναλογικά σε κάθε κυματική διαταραχή. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται και από τους χάρτες των ισοπαραμετρικών καμπυλών που δημιουργήθηκαν μιας και εμφανίζονται καμπύλες υψηλότερου συντελεστή μετάδοσης στην διάταξη του κατακόρυφου μετώπου. Η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρείται στα χαμηλά όρια. Στα μέγιστα παρατηρείται μικρή διαφορά τιμών του συντελεστή μετάδοσης K_t (H_s).

Πίνακας 5.5 : Μέγιστες και ελάχιστες τιμές του συντελεστή μετάδοσης K_t (H_s) στην 5^η υποπεριοχή μετρήσεως ανά κυματική διαταραχή με διάταξη απορροφητικού και κατακόρυφου μετώπου

5^η Υποπεριοχή μετρητών		
	Ho=2.40m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.77	0.13
Κατακόρυφο μέτωπο	1.00	0.18
	Ho=2.80m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.95	0.15
Κατακόρυφο μέτωπο	0.96	0.19
	Ho=3.50m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	0.97	0.15
Κατακόρυφο μέτωπο	1.00	0.18
	Ho=3.90m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
Απορροφητικό μέτωπο	1.01	0.16
Κατακόρυφο μέτωπο	1.04	0.19

Στην 5^η υποπεριοχή μετρητών αξιολογήθηκαν μετρήσεις από 7 – 8 αισθητήρες. Ο συντελεστής μετάδοσης του H_s κυμάνθηκε για διάταξη κατακόρυφου μετώπου από 0.18 έως 1.04. Η μεγαλύτερη τιμή παρατηρήθηκε για το υψηλότερο κύμα.(Ho=3.90m)

Πίνακας 5.6 : Μέγιστες και ελάχιστες τιμές του συντελεστή μετάδοσης K_t (H_s) στην 6^η υποπεριοχή μετρήσεως ανά κυματική διαταραχή με διάταξη απορροφητικού μετώπου

6^η Υποπεριοχή μετρητών		
Απορροφητικό μέτωπο	Ho=2.40m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
	0.96	0.55
	Ho=2.80m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
	-	-
	Ho=3.50m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
	1.10	0.40
	Ho=3.90m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
	1.10	0.39

Στην 6^η υποπεριοχή μετρητών αξιολογήθηκαν μετρήσεις από 6 – 7 αισθητήρες. Ο συντελεστής μετάδοσης του H_s κυμάνθηκε από 0.39 έως 1.10. Για κυματική διαταραχή $H_o=2.80m$ δεν καταγράφηκαν μετρήσεις από τους αισθητήρες.

Πίνακας 5.7 : Μέγιστες και ελάχιστες τιμές του συντελεστή μετάδοσης K_t (H_s) στην 7^η υποπεριοχή μετρήσεως ανά κυματική διαταραχή με διάταξη απορροφητικού μετώπου

7 ^η Υποπεριοχή μετρητών		
Απορροφητικό μέτωπο	Ho=2.40m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
	0.53	0.22
	Ho=2.80m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
	0.54	0.22
	Ho=3.50m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
	0.48	0.23
	Ho=3.90m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
	0.50	0.22

Στην 7^η υποπεριοχή μετρητών αξιολογήθηκαν μετρήσεις από 6 – 7 αισθητήρες. Ο συντελεστής μετάδοσης του H_s κυμάνθηκε από 0.22 έως 0.54, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τους χάρτες των ισοπαραμετρικών καμπυλών που δημιουργήθηκαν.

Πίνακας 5.8 : Μέγιστες και ελάχιστες τιμές του συντελεστή μετάδοσης K_t (H_s) στην 8^η υποπεριοχή μετρήσεως ανά κυματική διαταραχή με διάταξη απορροφητικού μετώπου

8^η Υποπεριοχή μετρητών		
Απορροφητικό μέτωπο	Ho=2.40m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
	0.52	0.18
	Ho=2.80m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
	0.56	0.24
	Ho=3.50m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
	0.51	0.20
	Ho=3.90m	
	Μέγιστο	Ελάχιστο
	0.37	0.21

Στην 8^η υποπεριοχή μετρητών αξιολογήθηκαν μετρήσεις από 7 αισθητήρες. Ο συντελεστής μετάδοσης του H_s κυμάνθηκε από 0.18 έως 0.56. Ο συντελεστής μετάδοσης είναι αναμενόμενο να κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, σε σχέση με τις υπόλοιπες υποπεριοχές, καθώς η 8^η υποπεριοχή τοποθετείται στο βόρειο τμήμα του λιμένα, που λόγω θέσης δέχεται μικρά ποσοστά του μεταδιδόμενου κυματισμού. Οι ελάχιστες τιμές που καταγράφηκαν είναι απαγορευτικές για χρήση μαρίνας στην περιοχή.

Συνολικά, πρέπει να τονισθεί ότι στην 6^η, 7^η και 8^η υποπεριοχή μετρητών, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις μόνο για διάταξη απορροφητικού μετώπου μιας και θεωρήθηκε ότι το βόρειο τμήμα της επέκτασης του επιβατικού λιμένα Πειραιά, δεν επηρεάζεται από την αλλαγή της διάταξης του μετώπου στα κρηπιδώματα ακτοπλοΐας.

- Από τις ισοπαραμετρικές καμπύλες παρατηρούνται συνοπτικά τα εξής:
- Στον υφιστάμενο λιμένα η εισερχόμενη κυματική διαταραχή είναι μικρή.
 - Στην νότια περιοχή (νηοδόχοι κρουαζιεροπλοίων) πιο επιβαρυσμένη κυματικά είναι η δυτική νηοδόχος.
 - Η περιοχή εμπρός από τα κρηπιδώματα ακτοπλοΐας (νότια των λιπασμάτων) που αποτελεί διάυλο για την είσοδο στον κεντρικό λιμένα, είναι πολύ επιβαρυσμένη κυματικά.
 - Η βόρεια νηοδόχος των έργων ακτοπλοΐας είναι επίσης σημαντικά επιβαρυσμένη.
 - Η κυματική διαταραχή στην περιοχή της μαρίνας είναι υψηλή για την χρήση που προορίζεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα τα οποία εξήχθησαν από την παρούσα μελέτη, στα πλαίσια των πειραματικών μετρήσεων με την χρήση του νέου ηχοβολιστικού συστήματος μετρητών κύματος.

➤ Από την θέση σε λειτουργία των μετρητών εξήχθησαν τα παρακάτω συμπεράσματα :

- Το νέο ηχοβολιστικό σύστημα μετρητών κύματος καθιστά δυνατή την μέτρηση των κυμάτων ακόμα και σε πολύ μικρό βάθος νερού (~2cm).
- Οι ηχοβολιστικοί μετρητές λαμβάνουν πολύ καλής ακρίβειας πειραματικές μετρήσεις.
- Για χαμηλή σχετική ταχύτητα κύματος συνίσταται η συχνότητα των 50Hz σε μία μέτρηση, ενώ για υψηλή ταχύτητα κύματος ή για υψηλότερη ανάλυση μετρήσεων συνίσταται συχνότητα 100Hz.
- Ο υψηλής ακρίβειας αισθητήρας μέτρησης ήχου πρέπει να τοποθετείται κοντά στους μετρητές και προφυλαγμένος από πιθανές παρεμβολές για να καταγράφει σωστά την ταχύτητα του ήχου.
- Από την καταγραφή των μετρήσεων διαπιστώθηκε ότι εμφανιζόταν “θόρυβος” σε ορισμένες μετρήσεις και έτσι προέκυψε η ανάγκη περιορισμού του χρόνου επεξεργασίας του αντίστοιχου πειράματος.
- Απεδείχθησαν πολύ ευαίσθητα αλλά και αξιόπιστα όργανα μέτρησης κυμάτων.

- Από την επεξεργασία των μετρήσεων εξήχθησαν τα παρακάτω συμπεράσματα:
- Εξετάζοντας τους πίνακες των συντελεστών μετάδοσης, εξήχθη το συμπέρασμα ότι οι διαφορές που εντοπίζονται ανάμεσα σε κατακόρυφο και απορροφητικό μέτωπο είναι σημαντικές.
Ειδικότερα :
 - Στο νότιο τμήμα των έργων επέκτασης του επιβατικού λιμένα Πειραιά, (περιοχή κρουαζιεροπλοίων, διαύλου εισόδου νότια καθώς και νότια κρηπιδώματα ακτοπλοΐας) παρατηρείται ότι υπάρχει μία επιβάρυνση της τάξεως του 8% λόγω του κατακόρυφου μετώπου.
 - Στο κεντρικό τμήμα του λιμένα, (υπήνεμη πλευρά κυματοθραύστη και έργα ακτοπλοΐας) παρατηρείται μία επιβάρυνση ~7%.
 - Οι χάρτες των ισοπαραμετρικών καμπυλών, παρουσιάζουν ικανοποιητικά την κυματική διαταραχή εντός των νέων έργων.
Ειδικότερα:
 - Στον υφιστάμενο λιμένα η εισερχόμενη κυματική διαταραχή είναι μικρή.
 - Στην περιοχή των κρουαζιεροπλοίων πιο επιβαρυμένη είναι η δυτική νηοδόχος.
 - Η περιοχή εμπρός από τα κρηπιδώματα ακτοπλοΐας (νότια των λιπασμάτων) είναι πολύ επιβαρυμένη κυματικά.
 - Η βόρεια νηοδόχος των έργων ακτοπλοΐας είναι επίσης σημαντικά επιβαρυμένη.
 - Η κυματική διαταραχή στην περιοχή της μαρίνας είναι υψηλή.
 - Είναι εμφανής η επίδραση του κατακόρυφου μετώπου, στους χάρτες, από την εμφάνιση καμπυλών υψηλότερου συντελεστή μετάδοσης, κυρίως στο νότιο και κεντρικό τμήμα του λιμένα.
 - Μεγαλύτερο πλήθος μετρήσεων με τους ηχοβολιστικούς μετρητές θα οδηγούσε στην παραγωγή ακριβέστερου αποτελέσματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

➤ **ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Μουτζούρης Κ.Ι., Θαλάσσια Υδραυλική, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα
2. Κουτίτας Χ. Ακτομηχανική, Εκδόσεις Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη
3. Μουτζούρης Κ. Εισαγωγή στην ακτομηχανική, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα
4. Κονισπολιάτης Ν. Σημειώσεις στο μάθημα " Παράκτιο Περιβάλλον", Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα

➤ **ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ**

1. Coastal and hydraulics laboratory: <http://chl.erdc.usace.army.mil>
2. Wikipedia Encyclopedia: <http://www.wikipedia.com>
3. Google: <http://www.google.gr>
4. Yahoo: <http://www.yahoo.com>
5. Coastal portal : <http://www.coastalwiki.org/coastalwiki>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1
Περιγραφή Λογισμικού Πακέτου
HF108TOWVD

Στο παράρτημα αυτό περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν με τη χρήση του προγράμματος HF108toWVD κατά την επεξεργασία των μετρήσεων. Το πρόγραμμα αυτό είναι αναγκαίο για την μετατροπή των δεδομένων που λαμβάνονται από τους αισθητήρες σε επεξεργάσιμη μορφή.

- **Επεξεργασία δεδομένων στον ενισχυτή Ultralab ULS**

Με βοήθεια ενός μετατροπέα 232/ethernet RS ο ενισχυτής UltraLab ULS μεταδίδει τηλεγραφήματα ASCII σε έναν απομακρυσμένο υπολογιστή μέσω τοπικού δικτύου (LAN). Ένα πρόγραμμα τερματικού όπως το HyperTerminal ή το CommTerminal μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καταγραφούν τα ληφθέντα δεδομένα.

- **Δεδομένα**

Τα δεδομένα του Ultralab ULS περιέχουν 10 αριθμούς που χωρίζονται από <tab> μεταξύ της στήλης 1 και 2 και ένα κενό διάστημα μεταξύ κάθε μίας από τις άλλες στήλες. Κάθε γραμμή τελειώνει με μία <CR> <LF> ακολουθία.

Η θύρα τύπου I / O ενεργοποιεί τη σφραγίδα του χρόνου για να ξεκινήσει να μετράει τα τηλεγραφήματα και αρχίζει από 0000000, 0000001, 0000002, ..., μέχρι 9999999. Πριν ενεργοποιηθεί η σφραγίδα χρόνου ή αφού τελειώσει η μέτρηση, η τιμή της σφραγίδας χρόνου είναι -1.

Εκείνη τη στιγμή, το λογισμικό πρόγραμμα μέτρησης ξεκινάει να μετράει και η σφραγίδα χρόνου της θύρας εισόδου-εξόδου ξεκινάει ταυτόχρονα την μέτρηση. Αυτή η κατάσταση συνεχίζεται μέχρι να τελειώσει η μέτρηση.

Στη συνέχεια, μόλις τελειώσει η μέτρηση η σφραγίδα χρόνου λαμβάνει την τιμή -1. Ένα βήμα μετρητή αντιπροσωπεύει ένα χρονικό διάστημα 10 ms. Αυτό σημαίνει ότι σε 50 Hz συχνότητα δειγματοληψίας παρατηρείται μία μείωση των τιμών του μετρητή στα μισά. Ανεξαρτήτως της τιμής της σφραγίδας χρόνου οι ενσωματωμένοι αισθητήρες στέλνουν συνεχώς δεδομένα στον συνδεδεμένο υπολογιστή. Το καλώδιο του trigger TTL συνδέεται σε ένα BNC δίκτυο στον πίνακα ελέγχου.

Ένα παράδειγμα ενός αρχείου δεδομένων είναι το εξής :

```
// ULTRALAB ULS HF108
// Ver. 2.33
// GENERAL ACOUSTICS 2009
//
//Count  CH1  CH2  CH3  CH4  CH5  CH6  CH7  CH8  C-REF
-1 077.15 068.61 080.48 046.90 077.58 090.31 056.73 073.90 341.78
-1 077.15 068.61 080.48 046.90 077.58 090.31 056.73 073.90 341.78
-1 077.15 068.61 080.48 046.90 077.58 090.31 056.73 073.90 341.78
-1 077.15 068.61 080.48 046.90 077.58 090.31 056.73 073.90 341.78
-1 077.15 068.61 080.48 046.90 077.58 090.31 056.73 073.90 341.78
0000000 077.15 068.61 080.48 046.90 077.66 090.31 056.73 073.90 341.78
0000001 077.24 068.61 080.48 046.90 077.92 090.31 056.73 073.90 341.78
0000002 077.24 068.61 080.48 046.90 078.01 090.31 056.73 073.90 341.78
0000003 077.24 068.61 080.48 046.90 077.92 090.31 056.73 073.90 341.78
0000004 077.24 068.61 080.48 046.90 077.66 090.31 056.73 073.90 341.78
0000005 077.24 068.61 080.74 046.90 077.66 090.31 056.73 073.90 341.78
0000006 077.24 068.61 080.91 046.90 077.66 090.31 056.73 073.90 341.78
0000007 077.24 068.61 080.57 046.90 077.66 090.31 056.73 073.90 341.78
0000008 077.24 068.61 080.48 046.90 077.66 090.31 056.73 073.90 341.78
0000009 077.24 068.61 080.48 046.90 077.66 090.31 056.73 073.90 341.78
0000010 077.24 068.61 080.48 046.90 077.66 090.31 056.73 073.90 341.78
0000011 077.24 068.61 080.48 046.90 077.66 090.31 056.73 073.90 341.78
0000012 077.24 068.61 080.48 046.90 077.66 090.31 056.73 073.90 341.78
0000013 077.24 068.61 080.48 046.90 077.66 090.31 056.73 073.90 341.78
0000014 077.24 068.61 080.48 046.90 077.75 090.31 056.73 073.90 341.78
0000015 077.15 068.61 080.48 046.90 077.92 090.31 056.73 073.90 341.78
0000016 077.15 068.61 080.48 046.90 077.92 090.31 056.73 073.90 341.78
```

Εικόνα 3.1 : Παράδειγμα αρχείου δεδομένων

- **Σειριακή μετάδοση δεδομένων**

Για να επιτευχθεί τοπική μετάδοση δεδομένων χρειάζεται να συνδεθεί στον ενισχυτή μία σειριακή θύρα. Για να διατηρηθεί η μέγιστη ροή δεδομένων σε συχνότητα 100Hz χρησιμοποιείται ένας σταθερός ρυθμός 230400 Baud.

- **Αρχείο εισόδου και κατάλογος εξόδου**

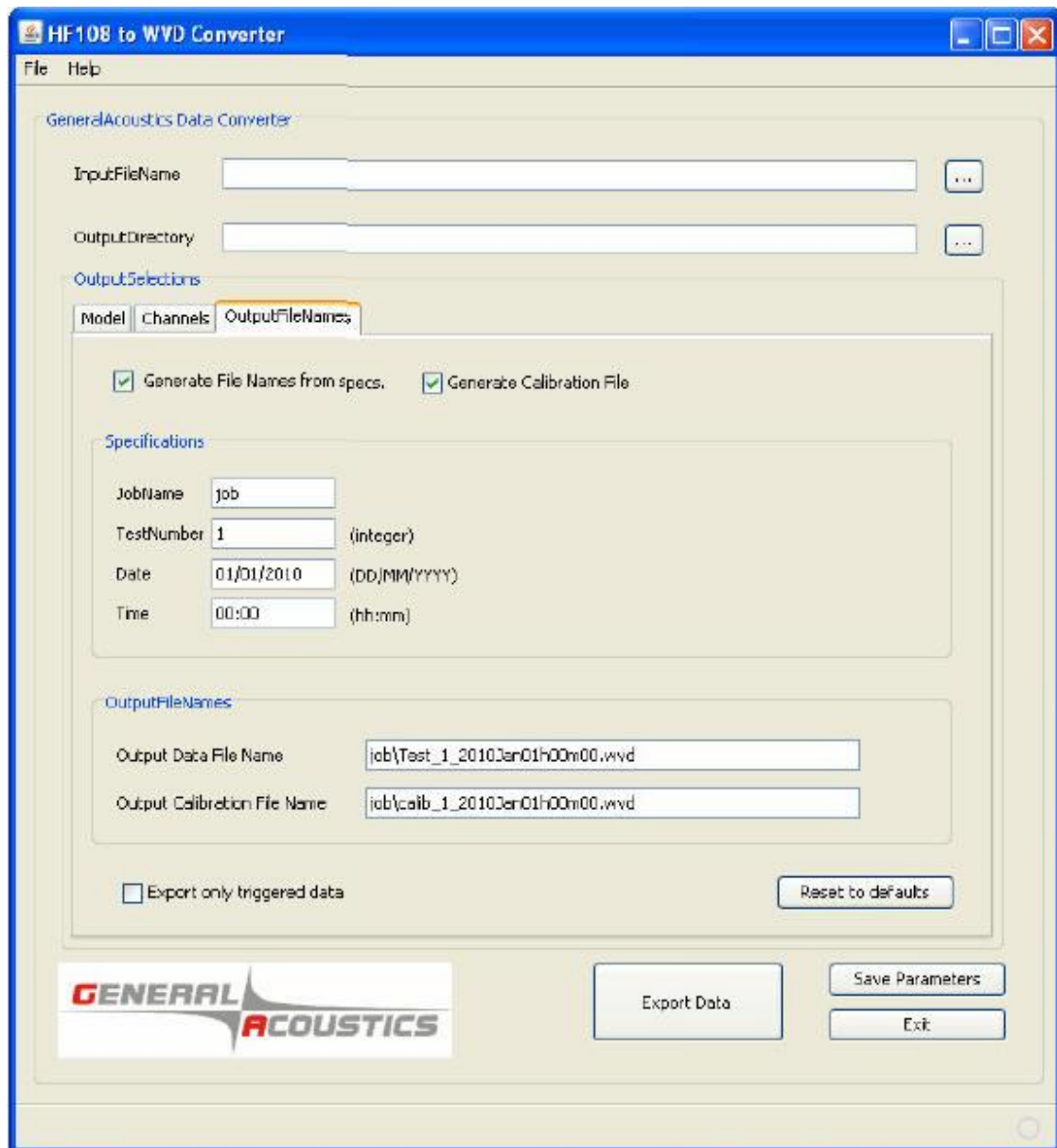
Το πρόγραμμα παρέχει την δυνατότητα να καθοριστεί το όνομα του αρχείου εισόδου καθώς και ο φάκελος που θα αποθηκευτεί το αρχείο εξόδου.

Το αρχείο εισόδου πρέπει να είναι ένα έγκυρο αρχείο δεδομένων καταγεγραμμένο από τον ενισχυτή Ulrtalab ULS όπου κάθε γραμμή δεδομένων αποτελείται από έναν μετρητή ενεργοποίησης που ακολουθείται από έναν χαρακτήρα Tab. Αυτός ο χαρακτήρας (Tab) ακολουθείται από μία μετρημένη τιμή από το πρώτο κανάλι, και αυτή ακολουθείται από έναν χαρακτήρα κενού και μία μετρημένη τιμή από το δεύτερο κανάλι. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι και την τιμή μέτρησης από το όγδοο κανάλι, η οποία ακολουθείται από έναν χαρακτήρα κενού και μία τιμή της ταχύτητας του ήχου.

Ο φάκελος εξόδου καθορίζει το μονοπάτι μέσα στο σύστημα αρχείων, όπου θα πρέπει να αποθηκευτεί το καινούργιο αρχείο HR WaveData.

- Διαδικασία εξαγωγής των αποτελεσμάτων

Τα ονόματα των αρχείων εξόδου θα καθοριστούν στο παράθυρο των ονομάτων εξόδου, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα :



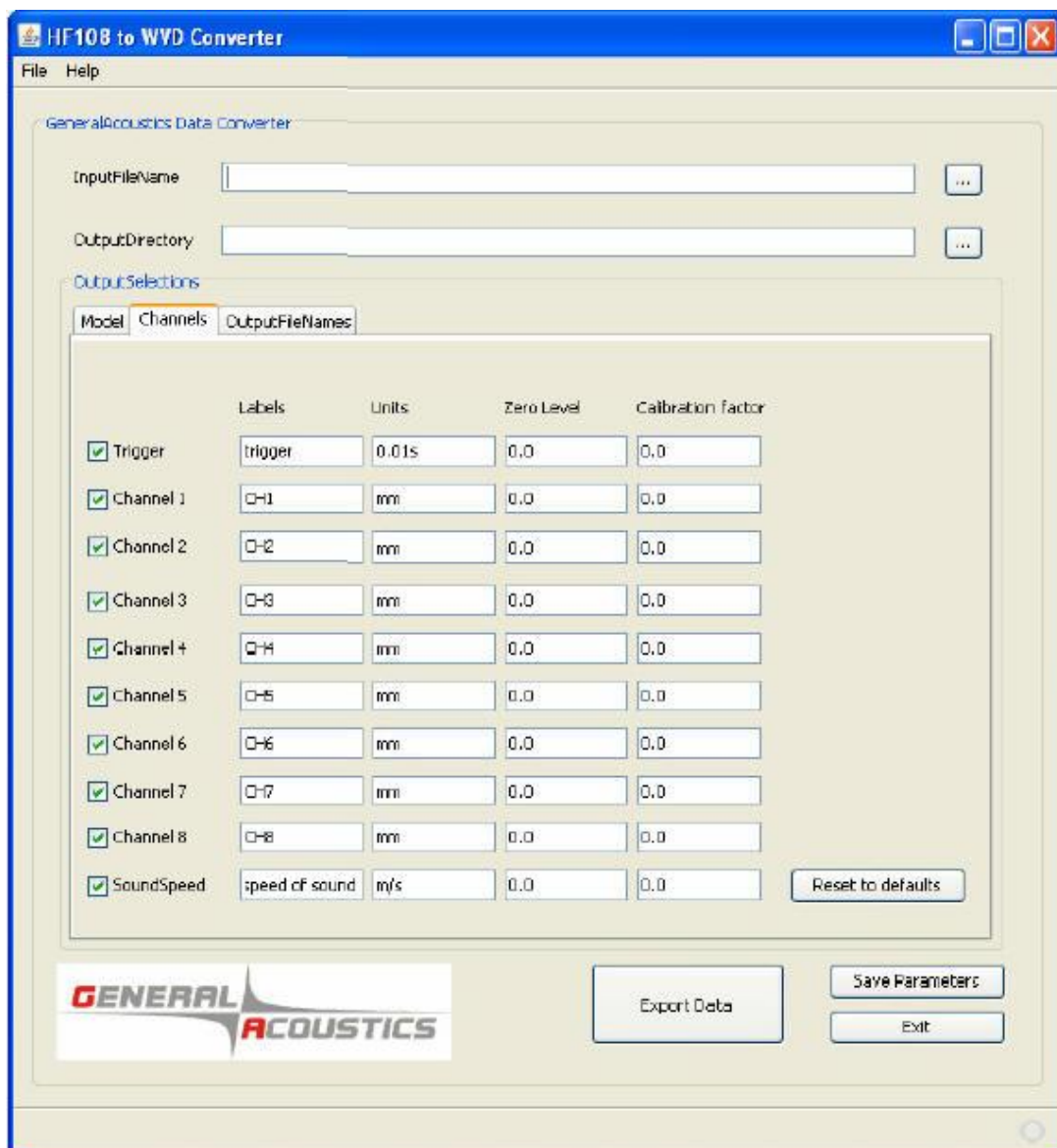
Εικόνα 3.2 : Παράθυρο ονομάτων εξόδου

Η ονομασία του αρχείου μπορεί να επιλεγεί μεταξύ μίας λίστας από αυθαίρετα ονόματα και μίας λίστας από τον φάκελο καλιμπραρίσματος. Ακόμα υπάρχει η δυνατότητα αυτόματης ονομασίας του αρχείου από ένα όνομα, έναν αριθμό test καθώς και μία ημερομηνία και ώρα.

- **Επιλογή των καναλιών**

Το πρόγραμμα παρέχει ένα χαρακτηριστικό (ημερομηνία, ώρα) του καναλιού, του οποίου τα δεδομένα χρειάζεται να εξαχθούν. Ως προεπιλογή τα δεδομένα όλων των καναλιών θα εξαχθούν μαζί με τον μετρητή ενεργοποίησης και την ταχύτητα του ήχου.

Για κάθε ενεργοποιημένη πηγή δεδομένων μπορεί να καθοριστεί μία ετικέτα, καθώς και ένας παράγοντας καλιμπραρίσματος. Στο τέλος του παραθύρου υπάρχει ένα κουμπί «Reset to defaults» που επαναφέρει τις προεπιλεγμένες τιμές σε αυτές τις μεταβλητές. Οι διαφορετικές τιμές εμφανίζονται στα αρχεία δεδομένων και καλιμπραρίσματος.

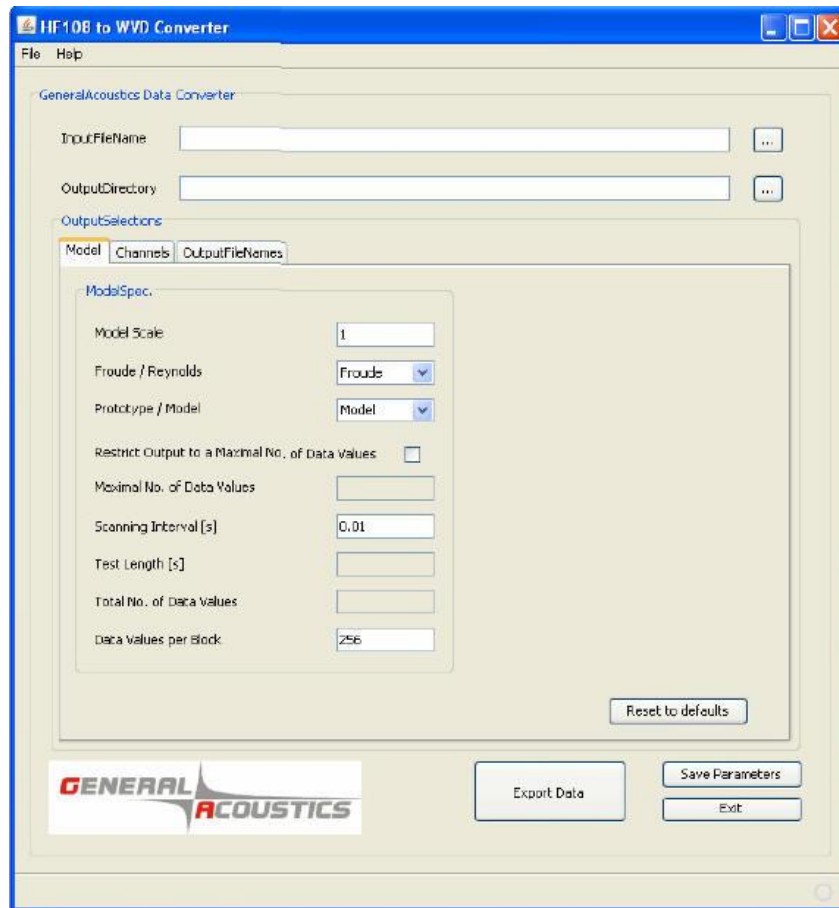


Εικόνα 3.3 : Παράθυρο επιλογής καναλιών

- **Δεδομένα του μοντέλου**

Υπάρχει η δυνατότητα να καθοριστούν συγκεκριμένες τιμές δεδομένων του μοντέλου που είναι εξ' ορισμού κομμάτι του αρχείου δεδομένων και του αρχείου καλιμπραρίσματος. Αυτά τα δεδομένα περιγράφουν τις πειραματικές ρυθμίσεις.

Επίσης επιτρέπεται να περιοριστεί ο μέγιστος αριθμός δεδομένων που θα εξαχθούν. Υπάρχει ένα κουτί ελέγχου και ένα πεδίο κειμένου για αυτόν τον λόγο.



Εικόνα 3.4 : Παράθυρο καθορισμού των δεδομένων του μοντέλου

- **Εξαγωγή αποτελεσμάτων και αποθήκευση παραμέτρων**

Το πρόγραμμα παρέχει την δυνατότητα :

- Να ξεκινήσει η δημιουργία της βαθμονόμησης και του αρχείου δεδομένων
- Να αποθηκευτούν οι παράμετροι σε ένα αρχείο διαμόρφωσης
- Να κλείσει η εφαρμογή

Οι καταχωρήσεις του μενού θα εξαχθούν σε ένα αρχείο διαμόρφωσης “userconfig.ini” το οποίο βρίσκεται στον φάκελο εγκατάστασης του προγράμματος.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2
Περιγραφή Λειτουργίας Ενισχυτή
ULTRALAB_ULS

Στο παράρτημα αυτό περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά την χρήση του ενισχυτή UltraLab_ULS στα πλαίσια των πειραματικών μετρήσεων στο εργαστήριο.

- **Διαδικασία μέτρησης**

Ο ενισχυτής UltraLab ULS είναι εξοπλισμένος με 8 ανεξάρτητα και συγχρονισμένα κανάλια.(αισθητήρες)

Κανονικά όλοι οι αισθητήρες πρέπει να συνδέονται με τον βέλτιστο τρόπο προκειμένου να μειωθούν οι ηχητικές απώλειες. Για χαμηλή σχετική ταχύτητα κύματος συνίσταται η συχνότητα των 50Hz σε μία μέτρηση, ενώ για υψηλή ταχύτητα κύματος ή για υψηλότερη ανάλυση μετρήσεων συνίσταται συχνότητα 100Hz.



Εικόνα 2.1 : Ενισχυτής UltraLab ULS

- **Απαιτήσεις για τις εφαρμογές**

- Οι αισθητήρες πρέπει να συνδέονται σε διεύθυνση κάθετη με την ελεύθερη επιφάνεια του νερού.
- Η απόσταση “οφθαλμού”- στάθμη ύδατος πρέπει να είναι από 3 έως 25 εκατοστά.

- **Μετρήσεις ταχύτητας ήχου**

Ο πιο ακριβής τρόπος υπολογισμού της ταχύτητας του ήχου είναι μία μέτρηση αναφοράς. Αυτή είναι και το προαπαιτούμενο για μία βαθμονόμηση υψηλής ακρίβειας. Στην περίπτωση διασποράς πυκνότητας ή στρωμάτωσης αέρινων μαζών μέσω των οποίων πρέπει να περάσει ο παλμός του υπέρηχου, είναι απαραίτητο να μετρηθεί η πραγματική ταχύτητα του ήχου.

Ακόμα ο ενισχυτής UltraLab ULS είναι εξοπλισμένος με έναν αισθητήρα ταχύτητας ήχου REF 300, ο οποίος έχει πολύ υψηλή ακρίβεια. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας εκπέμπει τους ήχους κατά μήκος μίας διόδου μέσω του ίδιου μέσου σε μία καθορισμένη απόσταση.

Λόγω της καταγραφής δεδομένων της ταχύτητας υπέρηχου και της εσωτερικής βαθμονόμησης των δεδομένων που λαμβάνονται από όλα τα κανάλια, η επιρροή της θερμοκρασίας, ατμοσφαιρικής πίεσης, καθώς και υγρασίας μπορούν να αφαιρεθούν. Αυτή η μέθοδος μπορεί συνεπώς να χρησιμοποιηθεί για υψηλής ακρίβειας αντιστάθμιση όλων των παραμέτρων που επηρεάζουν την ταχύτητα του ήχου.

Ο υψηλής ακρίβειας αισθητήρας μέτρησης ήχου πρέπει να συνδέεται κοντά στους αισθητήρες και προφυλαγμένος από πιθανές παρεμβολές, για να πάρει μία αντιπροσωπευτική μέτρηση της ταχύτητας του ήχου.



Εικόνα 2.2 : Αισθητήρας μέτρησης ήχου

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

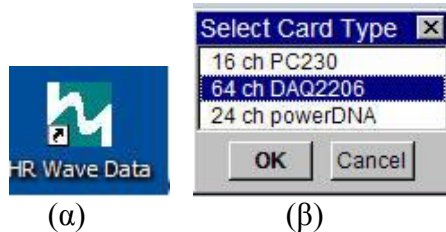
```
// ULTRALAB ULS HF108
// Ver. 2.33
// GENERAL ACOUSTICS 2009
//
//Count  CH1  CH2  CH3  CH4  CH5  CH6  CH7  CH8  C-REF
-1  077.15  068.61  080.48  046.90  077.58  090.31  056.73  073.90  341.78
-1  077.15  068.61  080.48  046.90  077.58  090.31  056.73  073.90  341.78
-1  077.15  068.61  080.48  046.90  077.58  090.31  056.73  073.90  341.78
-1  077.15  068.61  080.48  046.90  077.58  090.31  056.73  073.90  341.78
-1  077.15  068.61  080.48  046.90  077.58  090.31  056.73  073.90  341.78
0000000  077.15  068.61  080.48  046.90  077.66  090.31  056.73  073.90  341.78
0000001  077.24  068.61  080.48  046.90  077.92  090.31  056.73  073.90  341.78
0000002  077.24  068.61  080.48  046.90  078.01  090.31  056.73  073.90  341.78
0000003  077.24  068.61  080.48  046.90  077.92  090.31  056.73  073.90  341.78
0000004  077.24  068.61  080.48  046.90  077.66  090.31  056.73  073.90  341.78
0000005  077.24  068.61  080.74  046.90  077.66  090.31  056.73  073.90  341.78
0000006  077.24  068.61  080.91  046.90  077.66  090.31  056.73  073.90  341.78
0000007  077.24  068.61  080.57  046.90  077.66  090.31  056.73  073.90  341.78
0000008  077.24  068.61  080.48  046.90  077.66  090.31  056.73  073.90  341.78
0000009  077.24  068.61  080.48  046.90  077.66  090.31  056.73  073.90  341.78
0000010  077.24  068.61  080.48  046.90  077.66  090.31  056.73  073.90  341.78
0000011  077.24  068.61  080.48  046.90  077.66  090.31  056.73  073.90  341.78
0000012  077.24  068.61  080.48  046.90  077.66  090.31  056.73  073.90  341.78
0000013  077.24  068.61  080.48  046.90  077.66  090.31  056.73  073.90  341.78
0000014  077.24  068.61  080.48  046.90  077.75  090.31  056.73  073.90  341.78
0000015  077.15  068.61  080.48  046.90  077.92  090.31  056.73  073.90  341.78
0000016  077.15  068.61  080.48  046.90  077.92  090.31  056.73  073.90  341.78
```

Εικόνα 2.3 : Καταγραφή δεδομένων από τον ενισχυτή UltraLab ULS

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3
Περιγραφή Λογισμικού Πακέτου
H.R. WAVEDATA

Στο παράρτημα αυτό περιγράφονται αναλυτικά τα βήματα που ακολουθήθηκαν με τη χρήση του προγράμματος κατά την διαδικασία των μετρήσεων.

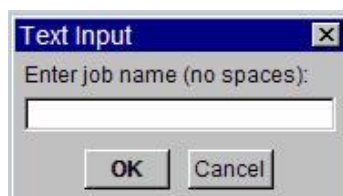
Η εισαγωγή στο πρόγραμμα γίνεται από το εικονίδιο H.R. WaveData (εικόνα 1.1 α) οπότε εμφανίζεται στην οθόνη το παράθυρο που φαίνεται στην εικόνα 1.1 β.



Εικόνα 1.1 : (α) Το εικονίδιο με το οποίο γίνεται η εισαγωγή στο πρόγραμμα και (β) Το παράθυρο από το οποίο επιλέγεται ο τύπος της κάρτας που είναι εγκατεστημένος στον υπολογιστή.

Από το παράθυρο αυτό επιλέγεται η εντολή 64ch DAQ2206. Με την εντολή αυτή επιβεβαιώνεται ο τύπος της κάρτας συλλογής δεδομένων που είναι εγκατεστημένος στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Στη συνέχεια εμφανίζεται στην οθόνη το παράθυρο της εικόνας 1.2, όπου εισάγεται το όνομα του φακέλου στο οποίο θα αποθηκευτούν τα δεδομένα των μετρήσεων που θα ακολουθήσουν. Με την εισαγωγή του ονόματος εμφανίζεται στην οθόνη το κυρίως μενού του προγράμματος (εικόνα 1.3).



Εικόνα 1.2 : Παράθυρο στο οποίο εισάγεται το όνομα του φακέλου στο οποίο θα αποθηκευτούν τα αρχεία των δεδομένων.

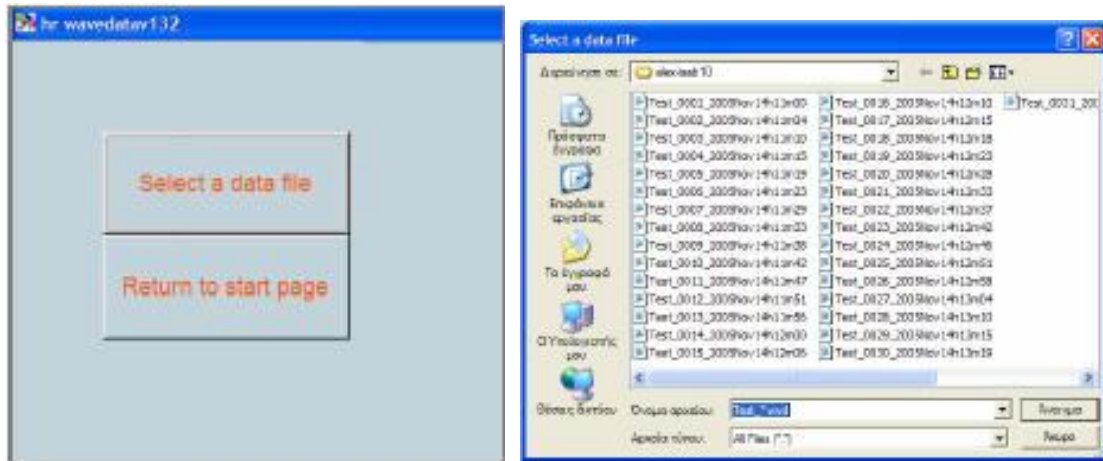


Εικόνα 1.3 : Το κυρίως μενού του προγράμματος.

Για την επεξεργασία των δεδομένων η διαδικασία που ακολουθείται έχει ως εξής:

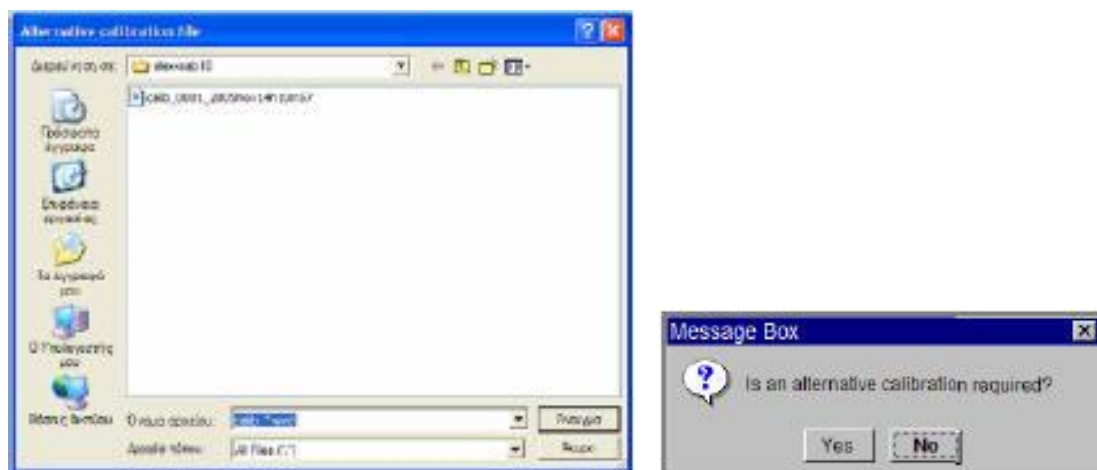
Από το κυρίως μενού του προγράμματος επιλέγεται η εντολή Perform Data Analysis. Έπειτα επιλέγεται το αρχείο στο οποίο θα γίνει η επεξεργασία μέσω του προγράμματος για τη διεξαγωγή των τιμών διάφορων παραμέτρων (σε mm για το ύψος του κύματος και σε sec για την περίοδο του κύματος), για κάθε μετρητή και για κάθε μέτρηση.

Η επιλογή γίνεται με την εντολή Select a Data File (εικόνα 1.4).

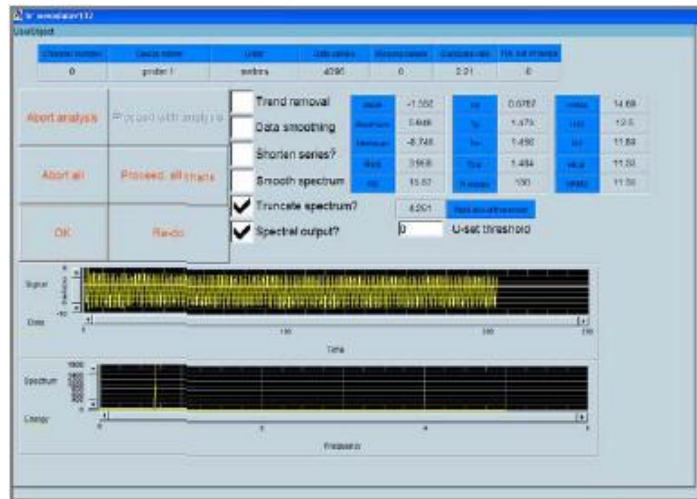


Εικόνα 1.4 : Παράθυρα διαλόγου με τα οποία επιλέγεται το αρχείο που πρόκειται να επεξεργαστεί.

Κατόπιν αφού επιλεγεί το επιθυμητό αρχείο βαθμονόμησης (εικόνα 1.5), εμφανίζεται στην οθόνη το βασικό φύλλο με βάση το οποίο γίνεται η επεξεργασία των μετρήσεων (εικόνα 1.6).

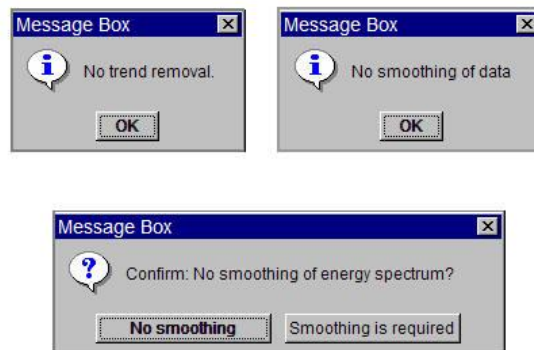


Εικόνα 1.5 : Παράθυρα διαλόγου με τα οποία επιλέγεται το επιθυμητό αρχείο βαθμονόμησης



Εικόνα 1.6 : Βασικό φύλλο με το οποίο γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων.

Επιλέγονται οι επιλογές Truncate Spectrum και Spectral Output και με την εντολή αρχικά Proceed with Analysis και έπειτα με την εντολή Proceed all changes γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων για όλους τους μετρητές αφού εμφανιστούν με τη σειρά τα παράθυρα της εικόνας 1.7 και αφού επιλεγούν (για να επιβεβαιώσει ο χρήστης τις επιλογές του) από αυτά οι προεπιλεγμένες εντολές.



Εικόνα 1.7 : Παράθυρα διαλόγου με τα οποία το πρόγραμμα ζητάει από το χρήστη να επιβεβαιώσει τις επιλογές του.

Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται αρχεία για τον κάθε μετρητή (και για κάθε μέτρηση) με το όνομα 'anres_T000.....' καθώς και αρχεία με το όνομα 'compres_s...' για όλους μαζί τους μετρητές αλλά για κάθε μέτρηση ξεχωριστά, και αποθηκεύονται στο βασικό φάκελο εργασίας. Το 'output' αυτών των αρχείων είναι μια σειρά από παραμέτρους. Με την εντολή Abort analysis το πρόγραμμα επιστρέφει στο κυρίως μενού από όπου με την εντολή Stop γίνεται ο τερματισμός του προγράμματος.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4
Περιγραφή Λογισμικού Πακέτου
SURFER

Στο παράρτημα αυτό περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία που ακολουθήθηκε με την χρήση του λογισμικού προγράμματος “Surfer” για την δημιουργία των ισοπαραμετρικών καμπυλών.

- **Φορτώνοντας ένα αρχείο δεδομένων για την δημιουργία πλέγματος**

Χρησιμοποιώντας την εντολή Grid | Data menu, επιλέγεται το αρχείο δεδομένων που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί.

Με την εντολή File/Open από το μενού του προγράμματος υπάρχει η δυνατότητα να ανοίξει το αρχείο δεδομένων στην επιφάνεια εργασίας του προγράμματος.

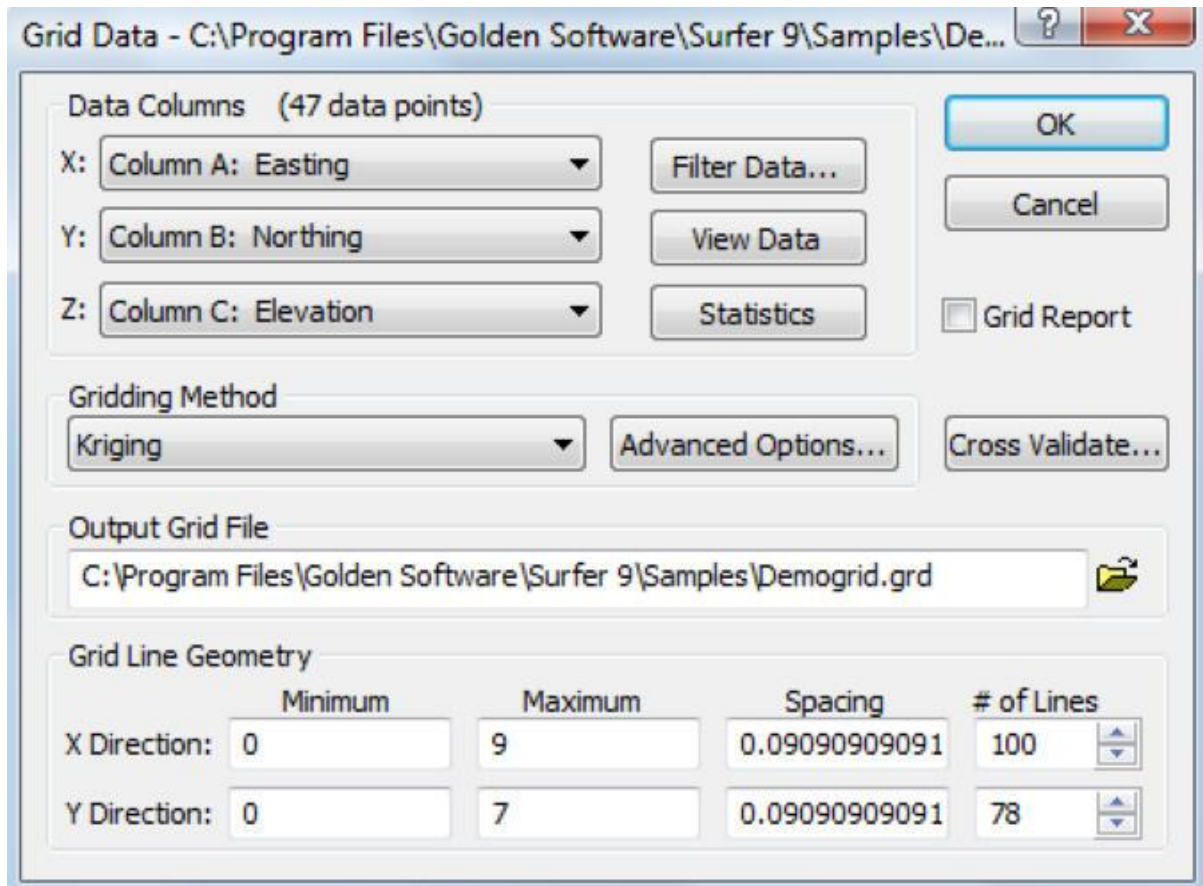
Σε αυτό το σημείο μπορεί να επιλεγθεί ο υπολογισμός και η εμφάνιση πολλών χρήσιμων στατιστικών, συμπεριλαμβάνοντας το ελάχιστο, το μέγιστο καθώς και τον αριθμό των κελιών που περιέχουν αριθμούς. Πατώντας την επιλογή “ok” τα στατιστικά που έχουν επιλεγθεί εμφανίζονται στην οθόνη.

Για να εικονογραφηθεί η χωρική κατανομή των δεδομένων μπορεί επίσης να δημιουργηθεί ένας “post map” ή ένας “classed post map”.

Ο “classed post map” εμφανίζει την περιοχή που ορίζεται από τα σημεία και παρέχει έναν τρόπο για να εμφανιστεί η περιοχή των πεδίων τιμών του ύψους Z. Οι ετικέτες στα δεδομένα σημεία μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν αν το σύνολο των δεδομένων που χρησιμοποιείται είναι μικρό.

Με την εντολή Grid/Data, επιλέγεται ένα αρχείο δεδομένων και πατώντας την εντολή open εμφανίζεται το παράθυρο του Grid Data. Αυτό το παράθυρο είναι το κέντρο ελέγχου για την δημιουργία του πλέγματος. Η μεταβλητή Data Columns επιτρέπει τον καθορισμό των στηλών που περιέχουν τις X,Y και Z τιμές.

Χρησιμοποιώντας την εντολή “View Data” υπάρχει η δυνατότητα να εξεταστεί το αρχείο δεδομένων. Το κουμπί “Statistics” μπορεί επίσης να δώσει μία άποψη των δεδομένων εμφανίζοντας το άθροισμα (ή τον αριθμό των δεδομένων σημείων) καθώς επίσης και στατιστικές πληροφορίες.

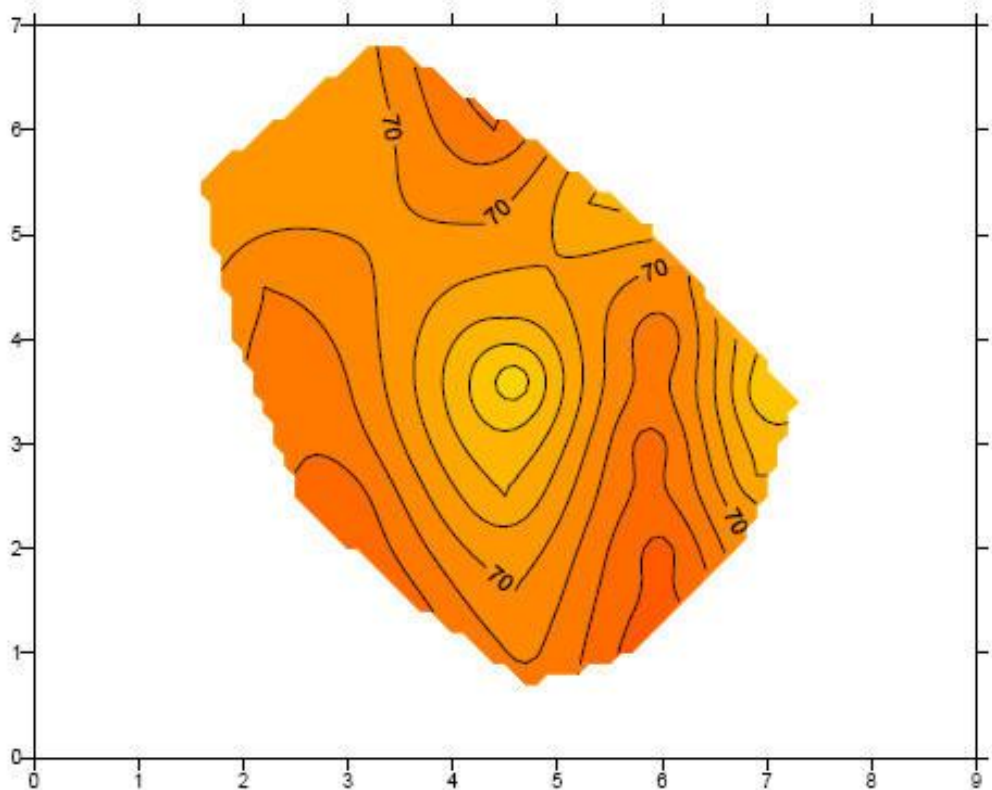


Εικόνα 4.1 : Παράθυρο "Grid Data"

Το "Grid Line Geometry", κομμάτι του παραθύρου, "Grid Data" είναι εκείνο που δίνει την δυνατότητα να αλλάξουν οι παράμετροι που αφορούν το μέγεθος του αρχείου πλέγματος που θα παραχθεί.

Σημαντικής σημασίας είναι το "Spacing" στις X και Y διευθύνσεις, το οποίο συνδέεται άμεσα με τον αριθμό των γραμμών (γραμμές του πλέγματος).

Το "Spacing" είναι το μέγεθος των κελιών του πλέγματος (ο χώρος μεταξύ των γραμμών πλέγματος). Όσο μικρότερο είναι το "Spacing" τόσο μεγαλύτερος θα είναι ο αριθμός των γραμμών. Ως προεπιλογή το πρόγραμμα βάζει 100 για τον αριθμό των γραμμών στην μεγαλύτερη διεύθυνση.



Εικόνα 4.2 : Χάρτης ισοπαραμετρικών καμπυλών

Ωστόσο αυτές οι μεταβλητές μπορούν να τεθούν σε μία τιμή που αντανακλά καλύτερα τα επιθυμητά αποτελέσματα του χάρτη. Αν χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί κάθε σημείο του χάρτη, η ιδανική κατάσταση είναι να υπάρχει μία τομή πλέγματος γραμμών σε κάθε σημείο.

Αν αυτή η γεωμετρία έχει ως αποτέλεσμα ένα πολύ μεγάλο grid αρχείο, μία λύση είναι να οριστεί η απόσταση μεταξύ των γραμμών πλέγματος στην μικρότερη απόσταση μεταξύ των σημείων. Αυτή η τιμή μπορεί να υπολογιστεί εξετάζοντας έναν ‘post’ ή έναν ‘classed post map’ ή χρησιμοποιώντας το Map / Digitize menu του ‘post map’ για να ληφθούν πιο ακριβείς X, Y τιμές για τα σημεία από τα οποία μπορεί να γίνει ο υπολογισμός της απόστασης χρησιμοποιώντας τον τύπο $\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$.

Επιπλέον από την στιγμή που η απόσταση μεταξύ των γραμμών του πλέγματος επηρεάζει το μέγεθος του κελιού του πλέγματος, η πυκνότητα του πλέγματος θα επηρεαστεί. Έτσι όσο περισσότερες γραμμές χρησιμοποιούνται για να δημιουργηθεί το πλέγμα, τόσο καλύτερος και πιο ακριβής θα είναι ο χάρτης που θα προκύψει.

- **Δημιουργία και επεξεργασία χαρτών**

Αφού έχει δημιουργηθεί ένα grid αρχείο, χρησιμοποιώντας την εντολή Map / New /Contour Map, επιλέγεται το συγκεκριμένο αρχείο. Ο χάρτης με τις ισοϋψείς καμπύλες εμφανίζεται πλέον με τις προεπιλεγμένες ρυθμίσεις.

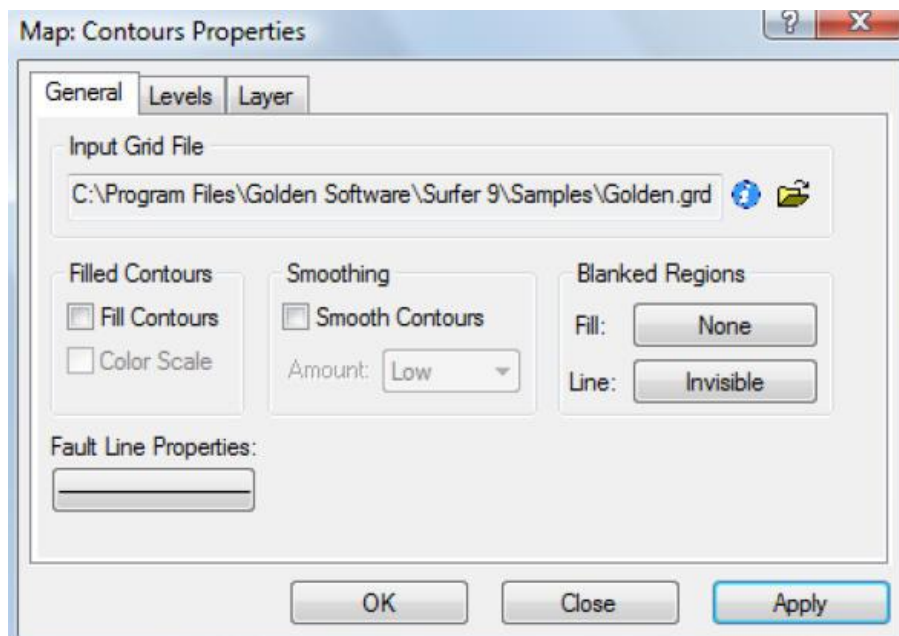
Για να αλλαχθούν οι ρυθμίσεις, πατώντας διπλό κλικ πάνω στον χάρτη ανοίγει το παράθυρο Map:Contours Properties. Υπάρχει η δυνατότητα να γεμίσουν με χρώμα οι ισοϋψείς καμπύλες, ή να καθοριστούν συγκεκριμένες ιδιότητες για κενές περιοχές και λάθος γραμμές στην καρτέλα "General".

Δεν συνιστάται η χρήση λείανσης ισοϋψών επειδή καθυστερεί την εμφάνιση του χάρτη και είναι πιθανόν να εξαχθούν τεμνόμενες καμπύλες, πράγμα που προφανώς δεν είναι ρεαλιστικό.

Ο καλύτερος τρόπος να λειανθούν οι ισοϋψείς καμπύλες είναι είτε να δημιουργηθεί ένα πυκνότερο πλέγμα δεδομένων, είτε να χρησιμοποιηθούν οι εντολές Grid | Spline Smooth ή Grid | Filter (matrix smooth).

Το κουμπί "Change Filename" επιτρέπει να αντικατασταθεί το τρέχον αρχείο grid με ένα νέο αρχείο grid, κρατώντας όλες τις ρυθμίσεις των ισοϋψών.

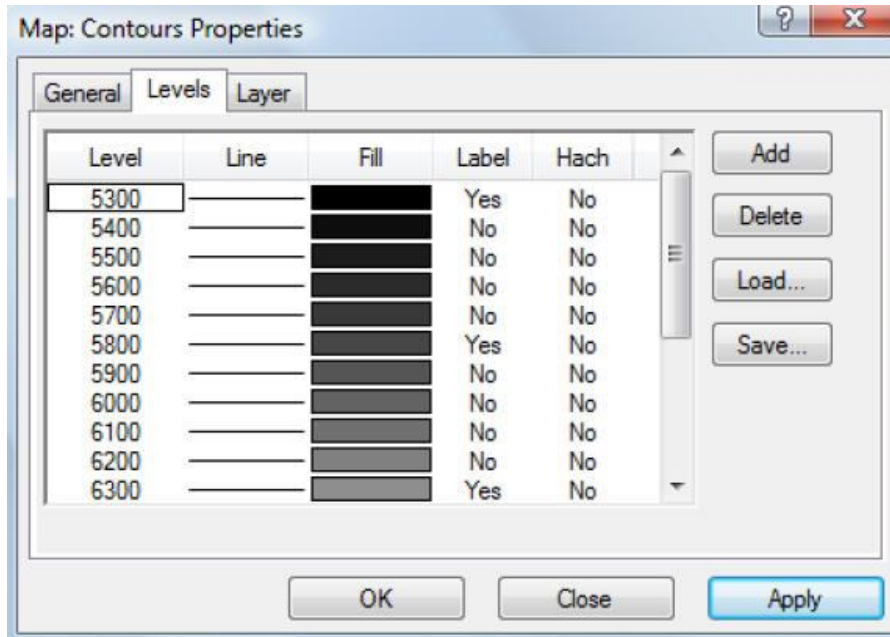
Τέλος το κουμπί Grid Info δίνει μία αναφορά σχετικά με το grid αρχείο συμπεριλαμβάνοντας τα πεδία X, Y και Z τιμών.



Εικόνα 4.3 : Παράθυρο ιδιοτήτων ισοπαραμετρικών καμπυλών (General tab)

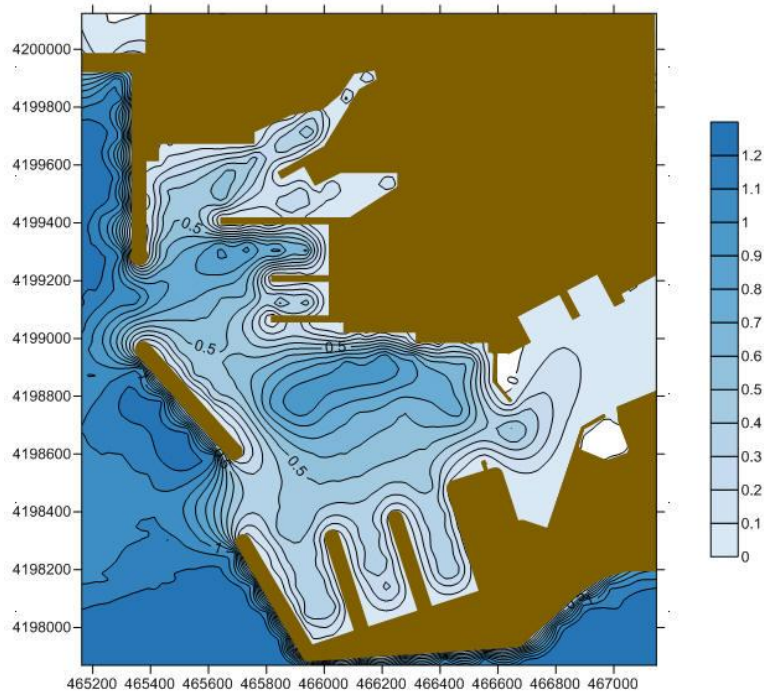
Το πρόγραμμα επιδιώκει να επιλέξει την καλύτερη ισοδιάσταση του χάρτη βασισμένη στις ελάχιστες και μέγιστες τιμές του Z μέσα στο grid αρχείο.

Για να μεταβληθεί οποιαδήποτε από τις ιδιότητες των ισοψών καμπυλών επιλέγεται η εντολή ‘Levels tab’.



Εικόνα 4.4 : Παράθυρο ιδιοτήτων ισοπαραμετρικών καμπυλών (Levels tab)

Το πρόγραμμα παρέχει επίσης την δυνατότητα να εισαχθεί αρχείο ‘autocad’ (σε μορφή .dxf) μέσα στον χάρτη με δεξί κλικ στην καρτέλα ‘object manager’ Map / Add / Base Layer. Με αυτήν την διαδικασία εισάγονται και τα στερεά όρια στον παραγόμενο χάρτη.



Εικόνα 4.5 : Χάρτης ισοπαραμετρικών καμπυλών μετά την εισαγωγή του αρχείου ‘autocad’

- **Μεθοδολογία σχεδίασης ισοπαραμετρικών καμπυλών με χρήση του λογισμικού προγράμματος Surfer**

➤ **Βήμα 1^ο**

Αρχικά δημιουργείται η βάση δεδομένων για τη σχεδίαση των ισοπαραμετρικών καμπυλών. Το αρχείο που εισάγεται στο πρόγραμμα μπορεί να είναι σε μορφή "excel". Στη πρώτη στήλη πρέπει να αναγράφεται το όνομα – αριθμός του πειράματος με λατινικούς χαρακτήρες κατά προτίμηση, στη δεύτερη και τη τρίτη στήλη μπαίνουν οι συντεταγμένες X, Ψ αντίστοιχα, προσέχοντας να έχουν όλα τα κελιά την ίδια μορφή και κυρίως όπου υπάρχουν δεκαδικοί αριθμοί, η υποδιαστολή να είναι ίδια σε όλα. Στην τέταρτη στήλη και στις επόμενες εισάγονται τα στοιχεία των παραμέτρων που ενδέχεται να χρειάζεται να σχεδιαστούν στις καμπύλες (απόλυτο υψόμετρο στάθμης-πιεζομετρία, υδροχημικές παραμέτρους-υδροχημικούς χάρτες, απόλυτο υψόμετρο-ισοϋψείς, βάθος στάθμης-χάρτη ισοβαθών).

➤ **Βήμα 2^ο**

Αφού λοιπόν ξεκινήσει να "τρέχει" το πρόγραμμα ακολουθούνται οι εντολές "File→New →Worksheet→Ok". Έτσι εμφανίζεται ένα φύλλο "excel" και από την εντολή "Open" γίνεται αναζήτηση του συγκεκριμένου αρχείου. Με αυτήν την διαδικασία ανοίγει το αρχείο και στη συνέχεια με την εντολή "Save as golden software data" (*.data) κλείνει το αρχείο και ανοίγει πάλι η αρχική σελίδα του προγράμματος.

➤ **Βήμα 3^ο**

Στη συνέχεια ακολουθώντας τις εντολές "File→New →Plot→Ok" , από το tool bars, επιλέγεται η εντολή "'Grid→Data" και το αρχείο που έχει δημιουργηθεί με κατάληξη *.data. Εμφανίζεται έτσι η πινακίδα "Scattered data interpolation", όπου στην επιλογή "General" εμφανίζονται τα min και max των αξόνων σύμφωνα με το αρχείο που δημιουργήθηκε. Στον κάρναβο που δημιουργείται υπάρχει η δυνατότητα αλλαγής των ορίων.

Η μέθοδος παρεμβολής που χρησιμοποιείται είναι η Kriging. Στην επιλογή data, ορίζεται σε ποια στήλη είναι τα X και σε ποια είναι τα Ψ. Στην στήλη Z τοποθετείται η στήλη της παραμέτρου, που πρόκειται να δημιουργηθούν οι καμπύλες.

➤ **Βήμα 4^ο**

Στο επόμενο βήμα, επιλέγεται η εντολή Map→Contour map→New contour map , και έτσι εμφανίζεται το αρχείο Grid που έχει δημιουργηθεί. Στην πινακίδα που εμφανίζεται στο Options→Fill contours→Color Scale→Smooth contours χρησιμοποιώντας την επιλογή “Levels” μπορούν να τροποποιηθούν οι γραμμές από τις εντολές (level-line-fills-labels). Με αυτόν τον τρόπο εμφανίζεται ένα παράθυρο στο οποίο μπορούν να γίνουν μορφοποιήσεις όσον αφορά τη συχνότητα των καμπυλών τις ετικέτες και το χρώμα του υποβάθρου.

➤ **Βήμα 5^ο**

Έχει εμφανιστεί λοιπόν ο χάρτης και οι ισοπαραμετρικές καμπύλες και στην συνέχεια από την εντολή “Map→Post Map→New Post map→Open” το grid αρχείο ανοίγει ξανά. Αντιστοιχίζονται λοιπόν οι στήλες με τα X, Ψ και ουσιαστικά με την εντολή αυτή τοποθετούνται οι αριθμοί πάνω στο χάρτη. Από την επιλογή “Default symbol” μπορεί να επιλεγεί το σύμβολο που θα εμφανιστεί στον χάρτη καθώς και το μέγεθός του. Στην επιλογή “labels” μπαίνει η στήλη από την οποία θα μπει ετικέτα στο πείραμα και επιλέγεται και η θέση που θα έχει η ετικέτα σε σχέση με τον αριθμό. Το ίδιο επαναλαμβάνεται για να τοποθετηθεί η τιμή της παραμέτρου σε κάθε αριθμό διαλέγοντας την αντίστοιχη στήλη και τοποθετώντας την ετικέτα σε διαφορετική θέση από τη προηγούμενη για να μην συμπέσουν.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5
ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ
ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Πίνακας 5.1 : Συντελεστές μετάδοσης στην πρώτη υποπεριοχή μετρητών

Test number 8				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	13.64	24.33	17.10	13.28
probe2	11.99	21.26	14.94	11.72
probe3	11.43	25.27	14.44	11.10
probe4	10.46	20.49	13.37	10.23
probe5	11.14	22.36	13.83	10.91
probe8	9.83	20.31	12.38	9.69
Test number 6				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	36.10	59.40	44.30	35.50
probe2	26.70	51.00	33.10	26.20
probe3	23.60	43.90	29.50	23.20

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0.51	0.48	0.52	0.51
0.45	0.42	0.45	0.45
0.43	0.50	0.44	0.42
0.39	0.40	0.40	0.39
0.42	0.44	0.42	0.42
0.37	0.40	0.37	0.37

Test number 5				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	15.97	31.23	20.06	15.62
probe2	12.82	22.79	15.78	12.59
probe3	12.68	24.84	15.77	12.39
probe4	11.91	23.56	15.04	11.64
probe5	11.85	19.29	14.49	11.53
probe8	10.62	19.63	13.21	10.37
Test number 7				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	41.80	71.10	48.90	40.10
probe2	34.70	61.30	42.90	34.00
probe3	29.30	63.40	36.90	28.60

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0.46	0.51	0.47	0.46
0.37	0.37	0.37	0.37
0.37	0.41	0.37	0.36
0.34	0.38	0.35	0.34
0.34	0.31	0.34	0.34
0.31	0.32	0.31	0.30

Test number 6				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	20.24	35.85	25.96	19.66
probe2	15.35	26.12	18.56	14.85
probe3	15.20	27.66	18.84	14.66
probe4	14.10	26.37	17.57	13.66
probe5	14.42	28.85	16.99	13.73
probe8	11.91	19.03	14.60	11.57
Test number 8				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	45.20	79.10	54.50	43.60
probe2	36.60	66.00	46.60	36.00
probe3	31.00	54.50	38.30	30.40

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0.55	0.54	0.56	0.55
0.42	0.40	0.40	0.41
0.42	0.42	0.40	0.41
0.39	0.40	0.38	0.38
0.39	0.44	0.36	0.38
0.33	0.29	0.31	0.32

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 4				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	20.89	36.80	25.23	20.27
probe2	17.45	33.54	21.35	16.89
probe3	18.46	33.46	22.89	17.97
probe4	15.97	27.40	19.01	15.21
probe5	17.18	28.60	20.64	16.56
probe8	13.57	24.84	16.72	13.12
Test number 4				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	44.70	80.30	54.10	43.10
probe2	36.60	69.10	45.50	35.60
probe3	31.90	57.00	39.50	31.30

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0.57	0.53	0.55	0.57
0.48	0.49	0.47	0.47
0.50	0.48	0.50	0.50
0.44	0.40	0.42	0.43
0.47	0.41	0.45	0.47
0.37	0.36	0.37	0.37

Test number 1				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	13.46	24.16	17.41	13.31
probe2	12.19	19.97	15.47	12.18
probe3	10.65	23.56	13.60	10.48
probe4	10.87	21.59	14.08	10.65
probe5	11.40	23.13	14.74	11.25
probe8	10.84	21.40	13.85	10.77
Test number 1				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	29.10	50.80	35.80	28.40
probe2	22.50	47.10	28.80	22.10
probe3	20.10	41.50	26.20	20.00

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0.60	0.51	0.60	0.60
0.54	0.42	0.54	0.55
0.47	0.50	0.47	0.47
0.48	0.46	0.49	0.48
0.51	0.49	0.51	0.51
0.48	0.45	0.48	0.49

Test number 2				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	15.58	24.84	19.49	15.32
probe2	13.56	22.11	16.82	13.44
probe3	13.09	24.07	16.52	12.76
probe4	12.74	25.18	16.19	12.52
probe5	12.67	21.85	15.59	12.39
probe8	11.27	21.59	14.06	11.07
Test number 2				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	34.70	57.60	42.70	34.10
probe2	27.00	49.90	33.60	26.60
probe3	23.50	46.70	29.40	22.90

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0.58	0.50	0.58	0.58
0.50	0.44	0.50	0.51
0.48	0.48	0.49	0.48
0.47	0.50	0.48	0.47
0.47	0.44	0.46	0.47
0.42	0.43	0.42	0.42

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 3				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	19.44	33.63	24.71	18.98
probe2	15.70	29.02	19.20	15.13
probe3	16.02	28.60	19.89	15.48
probe4	14.13	25.78	17.77	13.86
probe5	15.98	30.13	18.98	15.29
probe8	12.69	23.47	15.70	12.38
Test number 3				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	41.20	69.20	48.30	39.60
probe2	34.70	59.00	42.90	33.90
probe3	29.60	65.10	37.30	29.10

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0.56	0.57	0.58	0.56
0.45	0.49	0.45	0.45
0.46	0.48	0.46	0.46
0.41	0.44	0.41	0.41
0.46	0.51	0.44	0.45
0.37	0.40	0.37	0.37

Test number 7				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe2	16.32	31.84	19.93	15.67
probe3	17.04	31.07	20.78	16.52
probe4	15.38	28.25	18.14	14.69
probe5	15.46	24.75	18.17	14.83
probe8	12.64	20.91	15.35	12.27
Test number 9				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	31.40	56.20	38.80	30.60
probe2	23.10	44.10	29.20	22.60
probe3	19.90	44.60	25.30	19.50

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0.71	0.72	0.68	0.69
0.74	0.70	0.71	0.73
0.67	0.64	0.62	0.65
0.67	0.56	0.62	0.66
0.55	0.47	0.53	0.54

Πίνακας 5.2 : Συντελεστές μετάδοσης στην δεύτερη υποπεριοχή μετρητών

Test number 1				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	8,56	16,29	10,67	8,37
probe2	8,25	17,58	10,75	8,15
probe3	8,08	15,35	10,07	7,89
probe4	10,19	17,58	12,66	10,09
probe5	8,35	14,66	10,38	8,20
probe6	7,82	15,17	9,84	7,71
probe7	7,82	15,26	9,91	7,76
probe8	6,88	12,52	8,66	6,74
Test number 1				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	29,20	50,80	36,60	28,70
probe2	22,30	40,60	28,30	22,10
probe3	19,30	39,00	24,80	18,90

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,38	0,40	0,38	0,38
0,37	0,43	0,38	0,37
0,36	0,38	0,36	0,36
0,46	0,43	0,45	0,46
0,37	0,36	0,37	0,37
0,35	0,37	0,35	0,35
0,35	0,38	0,35	0,35
0,31	0,31	0,31	0,30

Test number 2				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	9,46	17,41	11,76	9,23
probe2	9,28	15,61	11,39	9,10
probe3	9,28	16,46	11,41	9,08
probe4	11,57	21,44	14,04	11,33
probe5	10,67	18,26	13,25	10,48
probe6	9,31	19,55	12,01	9,19
probe7	9,50	17,41	11,64	9,30
probe8	8,42	15,95	10,45	8,21
Test number 2				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	34,10	57,20	42,60	33,40
probe2	26,50	57,90	33,00	26,10
probe3	23,40	43,70	29,70	22,90

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,36	0,30	0,36	0,35
0,35	0,27	0,35	0,35
0,35	0,28	0,35	0,35
0,44	0,37	0,43	0,43
0,40	0,32	0,40	0,40
0,35	0,34	0,36	0,35
0,36	0,30	0,35	0,36
0,32	0,28	0,32	0,31

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 3				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	11,84	20,84	14,66	11,63
probe2	11,71	20,49	14,13	11,35
probe3	11,44	19,21	13,92	11,05
probe4	14,77	24,94	17,86	14,43
probe5	12,56	25,81	15,65	12,19
probe6	10,58	18,86	12,85	10,29
probe7	10,26	18,44	12,64	10,03
probe8	9,68	17,66	12,00	9,45
Test number 3				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	39,90	68,20	47,40	38,40
probe2	34,50	66,10	43,80	34,50
probe3	27,60	57,30	34,60	26,80

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,34	0,32	0,33	0,34
0,34	0,31	0,32	0,33
0,33	0,29	0,32	0,32
0,43	0,38	0,41	0,42
0,36	0,39	0,36	0,35
0,31	0,29	0,29	0,30
0,30	0,28	0,29	0,29
0,28	0,27	0,27	0,27

Test number 4				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	12,19	22,12	14,92	11,73
probe2	12,69	21,26	15,51	12,31
probe3	12,31	24,09	15,14	11,96
probe4	16,10	28,98	19,52	15,84
probe5	14,08	27,43	16,62	13,60
probe6	11,14	20,58	13,91	10,81
probe7	10,67	16,55	12,82	10,36
probe8	10,26	18,09	12,63	9,94
Test number 4				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	42,60	75,70	51,80	41,10
probe2	35,60	73,00	45,70	34,80
probe3	28,90	48,80	35,60	28,00

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,34	0,30	0,33	0,34
0,36	0,29	0,34	0,35
0,35	0,33	0,33	0,34
0,45	0,40	0,43	0,46
0,40	0,38	0,36	0,39
0,31	0,28	0,30	0,31
0,30	0,23	0,28	0,30
0,29	0,25	0,28	0,29

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 5				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	9,49	18,00	12,23	9,31
probe2	10,35	20,83	13,00	10,17
probe3	9,94	22,55	12,51	9,71
probe4	11,95	21,18	14,95	11,69
probe5	10,51	18,35	12,94	10,28
probe6	9,08	17,67	11,17	8,93
probe7	9,89	16,04	11,93	9,75
probe8	8,65	13,19	10,10	8,26
Test number 5				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	31,10	54,60	38,50	30,40
probe2	22,50	43,40	29,10	22,20
probe3	19,30	39,90	24,50	18,60

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,42	0,41	0,42	0,42
0,46	0,48	0,45	0,46
0,44	0,52	0,43	0,44
0,53	0,49	0,51	0,53
0,47	0,42	0,44	0,46
0,40	0,41	0,38	0,40
0,44	0,37	0,41	0,44
0,38	0,30	0,35	0,37

Test number 6				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	11,22	20,32	13,90	11,07
probe2	11,61	19,11	14,38	11,40
probe3	11,03	24,52	13,28	10,57
probe4	13,93	28,90	17,06	13,51
probe5	12,31	24,70	15,17	12,07
probe6	10,17	19,64	12,77	9,90
probe8	9,94	16,81	11,87	9,62
Test number 6				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	34,40	63,20	42,90	33,70
probe2	27,50	53,00	34,40	26,80
probe3	22,60	44,10	27,90	21,90

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,41	0,38	0,40	0,41
0,42	0,36	0,42	0,43
0,40	0,46	0,39	0,39
0,51	0,55	0,50	0,50
0,45	0,47	0,44	0,45
0,37	0,37	0,37	0,37
0,36	0,32	0,35	0,36

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 7				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	13,95	24,70	17,28	13,60
probe2	13,74	24,86	16,55	13,31
probe3	13,22	24,95	15,94	12,71
probe4	16,24	26,24	19,47	15,67
probe5	14,44	24,52	17,60	13,99
probe6	12,12	21,27	14,62	11,72
probe8	11,63	20,92	14,14	11,25
Test number 7				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	39,90	65,80	46,10	38,20
probe2	34,70	59,70	44,00	34,40
probe3	27,70	61,70	34,60	26,90

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,40	0,41	0,39	0,40
0,40	0,42	0,38	0,39
0,38	0,42	0,36	0,37
0,47	0,44	0,44	0,46
0,42	0,41	0,40	0,41
0,35	0,36	0,33	0,34
0,34	0,35	0,32	0,33

Test number 8				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	13,79	23,41	16,29	13,27
probe2	14,99	26,15	18,60	14,50
probe3	14,06	24,95	16,97	13,46
probe4	17,32	26,67	20,65	16,87
probe5	15,66	27,27	18,68	15,07
probe6	12,70	22,12	15,52	12,24
probe8	12,10	24,09	14,62	11,66
Test number 8				
	HS	Hmax	H10	H3
probe1	42,70	77,40	51,70	40,90
probe2	36,40	73,30	46,20	35,50
probe3	29,40	47,20	35,90	28,60

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,38	0,32	0,35	0,37
0,41	0,36	0,40	0,41
0,39	0,34	0,37	0,38
0,48	0,36	0,45	0,48
0,43	0,37	0,40	0,42
0,35	0,30	0,34	0,34
0,33	0,33	0,32	0,33

Πίνακας 5.3 : Συντελεστές μετάδοσης στην τρίτη υποπεριοχή μετρητών

Test number 1				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	14,32		16,40	12,57
probe2	15,42	28,96	18,83	14,94
probe3	17,45	47,21	22,65	17,07
probe4	21,34	47,64	27,74	20,99
probe5	25,41	50,90	32,58	25,40
probe6	22,31	48,75	27,72	21,85
probe7	16,24	25,45	18,68	15,41
probe8	15,96	31,19	19,75	15,45
Test number 1				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	30,40	55,90	37,40	29,60
probe2	23,60	42,60	30,40	23,30
probe3	20,50	47,30	26,70	20,30

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,61		0,54	0,54
0,65	0,68	0,62	0,64
0,74	1,11	0,74	0,73
0,90	1,12	0,91	0,90
1,08	1,19	1,07	1,09
0,95	1,14	0,91	0,94
0,69	0,60	0,61	0,66
0,68	0,73	0,65	0,66

Test number 2				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	15,21	29,39	19,12	15,09
probe2	17,13	27,94	20,90	16,73
probe3	21,87	37,96	27,43	21,34
probe4	25,89	51,50	33,18	25,48
probe5	30,35	52,01	37,73	30,03
probe6	26,83	50,21	34,29	26,47
probe7	18,76	30,11	21,75	17,64
probe8	18,56	33,67	23,08	18,07
Test number 2				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	35,30	59,70	43,30	34,70
probe2	27,30	55,10	34,10	26,90
probe3	24,90	44,00	31,40	24,50

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,56	0,53	0,56	0,56
0,63	0,51	0,61	0,62
0,80	0,69	0,80	0,79
0,95	0,93	0,97	0,95
1,11	0,94	1,11	1,12
0,98	0,91	1,01	0,98
0,69	0,55	0,64	0,66
0,68	0,61	0,68	0,67

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 3				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	18,11	30,68	21,95	17,50
probe2	20,40	37,11	24,93	19,61
probe3	26,20	44,81	31,54	25,09
probe4	30,97	64,26	37,48	29,81
probe5	30,54	60,24	36,32	29,27
probe6	29,02	53,99	35,51	28,02
probe7	21,67	31,79	24,89	20,17
probe8	25,15	41,90	30,36	24,32
Test number 3				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	41,40	69,90	48,60	39,70
probe2	35,10	66,00	43,70	34,60
probe3	30,10	57,40	37,80	29,40

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,52	0,46	0,50	0,51
0,58	0,56	0,57	0,57
0,75	0,68	0,72	0,73
0,88	0,97	0,86	0,86
0,87	0,91	0,83	0,85
0,83	0,82	0,81	0,81
0,62	0,48	0,57	0,58
0,72	0,63	0,69	0,70

Test number 4				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	19,14	33,24	23,03	18,30
probe2	21,83	38,48	26,05	20,96
probe3	27,64	46,19	32,41	26,52
probe4	34,08	60,41	41,86	33,51
probe5	31,65	52,95	38,15	30,37
probe6	30,62	55,27	36,02	29,43
probe7	24,39	49,26	28,55	22,94
probe8	28,35	45,84	34,02	27,17
Test number 4				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	44,30	82,20	53,30	42,60
probe2	36,90	66,40	46,20	36,20
probe3	32,00	52,70	39,30	31,50

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,52	0,50	0,50	0,51
0,59	0,58	0,56	0,58
0,75	0,70	0,70	0,73
0,92	0,91	0,91	0,93
0,86	0,80	0,83	0,84
0,83	0,83	0,78	0,81
0,66	0,74	0,62	0,63
0,77	0,69	0,74	0,75

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 5				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	11,45	24,16	14,17	11,09
probe2	14,22	23,91	17,31	13,92
probe3	18,09	35,82	22,86	17,70
probe4	21,52	48,92	27,45	21,07
probe5	22,22	44,73	28,37	22,09
probe6	17,64	33,07	21,56	17,19
probe7	14,26	23,99	17,28	13,75
probe8	14,40	27,08	17,86	14,04
Test number 5				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	31,50	60,20	38,70	30,60
probe2	23,10	44,70	29,30	22,80
probe3	20,00	43,70	25,20	19,70

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,50	0,54	0,48	0,49
0,62	0,53	0,59	0,61
0,78	0,80	0,78	0,78
0,93	1,09	0,94	0,92
0,96	1,00	0,97	0,97
0,76	0,74	0,74	0,75
0,62	0,54	0,59	0,60
0,62	0,61	0,61	0,62

Test number 6				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	11,45	24,16	14,17	11,09
probe2	14,22	23,91	17,31	13,92
probe3	18,09	35,82	22,86	17,70
probe4	21,52	48,92	27,45	21,07
probe5	22,22	44,73	28,37	22,09
probe6	17,64	33,07	21,56	17,19
probe7	14,26	23,99	17,28	13,75
probe8	14,40	27,08	17,86	14,04
Test number 6				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	35,90	66,00	44,50	35,30
probe2	26,80	48,90	33,40	26,40
probe3	24,10	46,30	30,40	23,50

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,43	0,49	0,42	0,42
0,53	0,49	0,52	0,53
0,68	0,73	0,68	0,67
0,80	1,00	0,82	0,80
0,83	0,91	0,85	0,84
0,66	0,68	0,65	0,65
0,53	0,49	0,52	0,52
0,54	0,55	0,53	0,53

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 7				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	17,43	28,79	21,47	16,96
probe2	19,17	37,45	23,07	18,25
probe3	25,46	40,88	30,67	24,55
probe4	30,43	58,87	36,62	29,32
probe5	27,33	48,24	32,92	26,44
probe6	23,18	42,41	28,02	22,35
probe7	19,98	28,83	22,51	18,43
probe8	21,47	36,16	26,17	20,61
Test number 7				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	40,60	72,90	47,30	38,90
probe2	34,90	61,60	43,10	34,30
probe3	29,60	62,60	37,70	29,00

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,50	0,47	0,50	0,49
0,55	0,61	0,54	0,53
0,73	0,66	0,71	0,72
0,87	0,96	0,85	0,85
0,78	0,78	0,76	0,77
0,66	0,69	0,65	0,65
0,57	0,47	0,52	0,54
0,62	0,59	0,61	0,60

Test number 8				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	18,06	30,68	21,65	17,20
probe2	20,74	32,30	24,79	20,13
probe3	26,70	42,85	31,41	25,78
probe4	32,64	54,24	39,36	31,82
probe5	28,00	44,13	34,34	27,06
probe6	24,94	46,27	28,87	23,53
probe7	21,59	29,47	23,78	19,72
probe8	24,18	39,42	29,88	23,33
Test number 8				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	44,10	82,10	53,50	42,50
probe2	36,70	69,30	46,20	36,00
probe3	31,50	56,30	39,00	31,00

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,49	0,44	0,47	0,48
0,57	0,47	0,54	0,56
0,73	0,62	0,68	0,72
0,89	0,78	0,85	0,88
0,76	0,64	0,74	0,75
0,68	0,67	0,62	0,65
0,59	0,43	0,51	0,55
0,66	0,57	0,65	0,65

Πίνακας 5.4 : Συντελεστές μετάδοσης στην τέταρτη υποπεριοχή μετρητών

Test number 9				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	19,45	39,08	25,02	19,00
probe2	23,19	50,31	30,25	23,05
probe3	18,36	35,14	23,49	18,16
probe4	16,25	27,25	19,94	15,96
probe5	14,16	24,52	17,02	13,70
probe6	16,18	32,65	19,81	15,69
probe7	17,82	39,17	22,08	17,26
Test number 9				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	31,20	53,30	38,60	30,40
probe2	23,40	45,50	29,70	23,00
probe3	20,40	42,70	25,70	20,20

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,83	0,86	0,84	0,83
0,99	1,11	1,02	1,00
0,78	0,77	0,79	0,79
0,69	0,60	0,67	0,69
0,61	0,54	0,57	0,60
0,69	0,72	0,67	0,68
0,76	0,86	0,74	0,75

Test number 10				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	23,12	43,71	28,46	22,49
probe2	27,02	51,51	34,46	26,56
probe3	19,90	39,25	24,94	19,37
probe4	17,69	41,91	22,29	17,31
probe5	15,57	30,34	18,89	15,15
probe6	17,86	31,45	21,89	17,34
probe7	19,83	40,79	25,44	19,30
Test number 10				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	36,00	61,30	43,90	35,50
probe2	27,00	52,30	33,70	26,60
probe3	23,90	43,60	30,10	23,50

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,86	0,84	0,84	0,85
1,00	0,98	1,02	1,00
0,74	0,75	0,74	0,73
0,66	0,80	0,66	0,65
0,58	0,58	0,56	0,57
0,66	0,60	0,65	0,65
0,73	0,78	0,75	0,73

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 11				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	28,30	51,59	34,89	27,39
probe2	31,37	50,99	38,72	30,79
probe3	24,01	37,02	28,60	23,33
probe4	20,43	42,50	24,39	19,60
probe5	18,74	32,40	22,25	17,98
probe6	19,48	34,63	23,35	18,66
probe7	19,95	33,16	23,92	19,14
Test number 11				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	41,20	70,50	48,30	39,70
probe2	34,90	63,40	43,20	34,30
probe3	29,80	62,10	37,30	28,90

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,81	0,81	0,81	0,80
0,90	0,80	0,90	0,90
0,69	0,58	0,66	0,68
0,59	0,67	0,56	0,57
0,54	0,51	0,52	0,52
0,56	0,55	0,54	0,54
0,57	0,52	0,55	0,56

Test number 12				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	30,24	53,56	37,30	29,30
probe2	33,12	60,08	40,20	32,26
probe3	25,20	50,40	30,40	24,45
probe4	20,67	41,05	24,77	19,73
probe5	19,65	34,37	23,60	18,90
probe6	20,44	40,28	24,34	19,78
probe7	20,90	37,28	24,97	20,02
Test number 12				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	44,80	82,90	54,40	43,30
probe2	36,80	65,60	46,30	36,10
probe3	31,90	53,50	39,50	31,30

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,82	0,82	0,81	0,81
0,90	0,92	0,87	0,89
0,68	0,77	0,66	0,68
0,56	0,63	0,54	0,55
0,53	0,52	0,51	0,52
0,56	0,61	0,53	0,55
0,57	0,57	0,54	0,55

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 13				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	20,38	40,88	25,61	19,86
probe2	23,63	47,75	30,80	23,26
probe3	20,29	38,31	24,92	19,83
probe4	18,87	33,85	22,97	18,42
probe5	16,33	30,26	20,44	15,94
probe6	18,64	31,81	22,49	18,15
probe7	22,53	48,47	27,02	21,91
Test number 13				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	31,80	56,30	39,20	30,90
probe2	23,60	47,10	29,70	23,20
probe3	20,90	47,10	26,20	20,50

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,86	0,87	0,86	0,86
1,00	1,01	1,04	1,00
0,86	0,81	0,84	0,85
0,80	0,72	0,77	0,79
0,69	0,64	0,69	0,69
0,79	0,68	0,76	0,78
0,95	1,03	0,91	0,94

Test number 14				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	23,77	41,69	29,53	23,17
probe2	27,55	55,92	34,91	27,16
probe3	21,49	46,49	26,94	20,89
probe4	19,36	44,01	23,78	18,64
probe5	18,35	30,71	22,07	17,78
probe6	20,07	34,40	24,18	19,44
probe8	20,34	38,34	24,90	19,93
Test number 14				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	36,00	57,40	44,00	35,30
probe2	27,60	51,10	34,30	27,10
probe3	24,60	46,30	31,10	24,20

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,86	0,82	0,86	0,86
1,00	1,09	1,02	1,00
0,78	0,91	0,79	0,77
0,70	0,86	0,69	0,69
0,66	0,60	0,64	0,66
0,73	0,67	0,70	0,72
0,74	0,75	0,73	0,74

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 15				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	28,73	54,55	34,81	27,72
probe2	32,43	48,64	39,61	31,71
probe3	25,53	39,63	30,22	24,67
probe4	21,88	40,40	26,20	21,05
probe5	20,45	34,01	24,03	19,59
probe6	23,19	43,41	27,79	22,05
probe8	21,01	36,45	24,70	20,17
Test number 15				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	41,30	69,80	48,80	39,70
probe2	35,30	64,80	43,90	34,60
probe3	30,00	60,10	37,80	29,20

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,81	0,84	0,79	0,80
0,92	0,75	0,90	0,92
0,72	0,61	0,69	0,71
0,62	0,62	0,60	0,61
0,58	0,52	0,55	0,57
0,66	0,67	0,63	0,64
0,60	0,56	0,56	0,58

Test number 16				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	30,72	57,13	38,43	29,57
probe2	33,87	58,25	41,05	33,15
probe3	26,65	47,01	32,45	25,72
probe4	22,39	40,15	26,44	21,44
probe5	21,79	41,43	25,92	20,82
probe6	22,80	42,85	27,45	21,84
probe8	22,85	38,35	27,01	22,02
Test number 16				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	44,30	87,50	53,40	42,90
probe2	37,50	65,50	46,70	36,70
probe3	31,80	49,80	38,90	31,00

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,82	0,87	0,82	0,81
0,90	0,89	0,88	0,90
0,71	0,72	0,69	0,70
0,60	0,61	0,57	0,58
0,58	0,63	0,56	0,57
0,61	0,65	0,59	0,60
0,61	0,59	0,58	0,60

Πίνακας 5.5 : Συντελεστές μετάδοσης στην πέμπτη υποπεριοχή μετρητών

Test number 1				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	9,43	17,05	11,49	9,23
probe2	10,70	22,81	13,54	10,44
probe3	12,20	24,79	15,54	11,95
probe4	17,64	38,96	22,86	17,28
probe5	3,06	5,72	3,78	2,97
probe6	4,24	7,61	5,27	4,15
probe7	6,82	11,45	8,35	6,62
probe8	12,53	22,40	15,79	12,41
Test number 1				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	28,05	49,60	34,45	27,15
probe2	23,05	45,25	29,80	22,50
probe3	20,20	44,00	26,55	19,95

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,41	0,38	0,39	0,41
0,46	0,50	0,45	0,46
0,53	0,55	0,52	0,53
0,77	0,86	0,77	0,77
0,13	0,13	0,13	0,13
0,18	0,17	0,18	0,18
0,30	0,25	0,28	0,29
0,54	0,50	0,53	0,55

Test number 2				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	11,80	21,11	14,80	11,58
probe2	13,89	32,81	17,85	13,63
probe3	15,98	46,23	20,63	15,59
probe4	25,50	54,01	33,28	25,32
probe5	4,10	8,12	5,05	3,99
probe6	5,67	10,68	7,02	5,56
probe7	10,10	18,03	12,95	9,89
probe8	15,36	31,27	19,20	15,03
Test number 3				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	34,70	58,90	42,50	33,80
probe2	26,90	52,80	33,30	26,20
probe3	24,10	44,50	30,40	23,60

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,44	0,40	0,44	0,44
0,52	0,62	0,54	0,52
0,59	0,88	0,62	0,60
0,95	1,02	1,00	0,97
0,15	0,15	0,15	0,15
0,21	0,20	0,21	0,21
0,38	0,34	0,39	0,38
0,57	0,59	0,58	0,57

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 3				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	13,40	23,36	16,50	13,10
probe2	16,59	26,57	20,44	16,20
probe3	19,97	38,37	25,39	19,59
probe4	33,27	64,27	42,00	32,55
probe5	5,15	8,98	6,18	4,98
probe6	7,40	12,65	8,93	7,16
probe7	13,76	24,61	16,98	13,48
probe8	16,06	25,22	19,40	15,62
Test number 4				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	39,50	70,30	46,40	38,10
probe2	34,30	61,80	42,20	33,60
probe3	29,10	57,80	36,70	28,40

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,39	0,38	0,39	0,39
0,48	0,43	0,48	0,48
0,58	0,62	0,60	0,58
0,97	1,04	1,00	0,97
0,15	0,15	0,15	0,15
0,22	0,20	0,21	0,21
0,40	0,40	0,40	0,40
0,47	0,41	0,46	0,46

Test number 4				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	15,50	25,40	18,60	15,00
probe2	18,40	36,20	23,30	18,10
probe3	22,40	44,90	27,20	21,90
probe4	36,70		47,50	35,40
probe5	5,94	9,83	7,19	5,77
probe6	8,20	13,50	9,71	7,88
probe7	14,00	25,70	17,50	13,50
probe8	16,50	26,30	19,60	15,80
Test number 7				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	43,20	84,30	52,40	41,50
probe2	36,20	63,20	44,60	35,10
probe3	30,60	51,60	38,00	29,90

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,43	0,40	0,42	0,43
0,51	0,57	0,52	0,52
0,62	0,71	0,61	0,62
1,01		1,07	1,01
0,16	0,16	0,16	0,16
0,23	0,21	0,22	0,22
0,39	0,41	0,39	0,38
0,46	0,42	0,44	0,45

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 5				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe2	12,60	23,90	15,60	12,40
probe3	13,70	26,60	17,50	13,50
probe4	23,40		29,50	22,00
probe5	4,21	7,44	5,15	4,04
probe6	5,60	10,30	7,03	5,44
probe7	10,20	21,30	13,00	10,00
probe8	17,80	33,30	22,10	17,50
Test number 8				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	30,50	51,60	37,70	29,50
probe2	23,30	46,00	29,50	22,50
probe3	20,30	41,80	25,40	19,80

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,54	0,52	0,53	0,55
0,59	0,58	0,59	0,60
1,00		1,00	0,98
0,18	0,16	0,17	0,18
0,24	0,22	0,24	0,24
0,44	0,46	0,44	0,44
0,76	0,72	0,75	0,78

Test number 6				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	12,10	21,50	15,20	12,00
probe2	14,10	33,50	18,60	13,80
probe3	16,00	46,10	20,40	15,50
probe4	26,10	53,30	33,40	25,90
probe5	5,15	8,97	6,11	4,97
probe6	7,09	13,00	8,56	6,96
probe7	14,00	24,90	18,00	13,80
probe8		35,70	23,10	18,40
Test number 9				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	34,60	62,70	42,30	33,30
probe2	27,20	53,70	33,40	25,90
probe3	24,00	41,50	30,30	23,60

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,44	0,40	0,46	0,46
0,52	0,62	0,56	0,53
0,59	0,86	0,61	0,60
0,96	0,99	1,00	1,00
0,19	0,17	0,18	0,19
0,26	0,24	0,26	0,27
0,51	0,46	0,54	0,53
	0,66	0,69	0,71

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 7				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	14,70	23,90	17,90	14,20
probe2	17,30	27,70	21,20	17,00
probe3	20,20	40,70	25,40	19,60
probe4	35,00		43,50	33,70
probe5	6,41	10,30	7,74	6,13
probe6	8,88	16,40	10,70	8,53
probe7	17,60	28,50	21,90	17,50
probe8		28,50	21,70	17,80
Test number 10				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	39,90	68,30	46,80	38,10
probe2	35,00	57,00	42,80	33,60
probe3	29,10	59,40	36,40	28,30

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,42	0,42	0,42	0,42
0,49	0,49	0,50	0,51
0,58	0,71	0,59	0,58
1,00		1,02	1,00
0,18	0,18	0,18	0,18
0,25	0,29	0,25	0,25
0,50	0,50	0,51	0,52
	0,50	0,51	0,53

Test number 8				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	16,10	24,00	19,30	15,50
probe2	19,30	39,50	24,10	18,60
probe3	22,50	42,40	27,30	21,90
probe4	38,20		49,30	36,70
probe5	7,16	13,10	8,71	6,92
probe6	9,70	17,10	11,70	9,33
probe7	17,90	30,10	22,30	17,80
probe8	31,30	31,30	22,90	18,30
Test number 11				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	42,60	80,00	51,70	41,00
probe2	36,90	64,60	45,60	35,90
probe3	30,90	51,70	38,00	30,30

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,44	0,37	0,42	0,43
0,52	0,61	0,53	0,52
0,61	0,66	0,60	0,61
1,04		1,08	1,02
0,19	0,20	0,19	0,19
0,26	0,26	0,26	0,26
0,49	0,47	0,49	0,50
0,85	0,48	0,50	0,51

Πίνακας 5.6 : Συντελεστές μετάδοσης στην έκτη και έβδομη υποπεριοχή μετρητών

Test number 9				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	17,60	33,30	22,40	17,10
probe2	20,70	36,70	25,60	20,40
probe3	22,30	45,20	28,20	21,80
probe4	21,10	45,60	27,20	20,80
probe5	11,40	21,60	13,90	11,00
probe6	12,80	22,00	16,20	12,50
Test number 12				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	29,70	56,20	36,60	28,70
probe2	23,30	46,90	29,90	22,90
probe3	19,90	40,40	25,30	19,60

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,76	0,71	0,75	0,75
0,89	0,78	0,86	0,89
0,96	0,96	0,94	0,95
0,91	0,97	0,91	0,91
0,49	0,46	0,46	0,48
0,55	0,47	0,54	0,55

Test number 11				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	29,80	55,90	37,50	29,40
probe2	28,90	55,60	35,30	28,20
probe3	35,40	60,60	43,20	34,40
probe4	30,70	58,90	37,40	29,80
probe5	13,80	22,40	16,30	13,20
probe7	19,70	32,70	24,20	19,10
probe8	37,50	37,50	25,70	20,40
Test number 14				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	39,90	70,60	46,70	38,20
probe2	34,20	59,30	42,30	33,60
probe3	28,30	58,30	35,50	27,60

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,87	0,94	0,89	0,88
0,85	0,94	0,83	0,84
1,04	1,02	1,02	1,02
0,90	0,99	0,88	0,89
0,40	0,38	0,39	0,39
0,58	0,55	0,57	0,57
1,10	0,63	0,61	0,61

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 12				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	30,90	55,40	37,80	30,30
probe2	32,70	63,80	39,70	31,90
probe3	40,00		50,90	38,50
probe4	33,80	56,80	41,70	32,80
probe5	14,00	23,30	16,40	13,30
probe7	20,30	37,60	24,60	19,60
probe8	39,10	39,10	26,20	21,10
Test number 15				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	42,70	86,60	52,00	41,00
probe2	36,20	65,50	45,40	35,50
probe3	30,40	50,10	37,90	29,90

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,85	0,85	0,83	0,85
0,90	0,97	0,87	0,90
1,10		1,12	1,08
0,93	0,87	0,92	0,92
0,39	0,36	0,36	0,37
0,56	0,57	0,54	0,55
1,08	0,60	0,58	0,59

Test number 13				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	11,70	20,80	14,40	11,50
probe2	9,20	15,90	11,20	8,94
probe3	10,10	19,10	12,20	9,83
probe4	12,10	21,60	15,00	11,80
probe5	4,94	8,47	5,88	4,68
probe6	6,26	10,80	7,40	6,00
Test number 16				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	29,80	50,60	36,70	28,80
probe2	22,70	46,80	28,70	21,90
probe3	20,00	41,70	25,40	19,70

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,52	0,44	0,50	0,53
0,41	0,34	0,39	0,41
0,44	0,41	0,43	0,45
0,53	0,46	0,52	0,54
0,22	0,18	0,20	0,21
0,28	0,23	0,26	0,27

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 14				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	13,01	21,46	15,73	12,69
probe2	10,48	20,35	13,06	10,21
probe3	12,13	20,77	14,74	11,75
probe4	15,03	26,25	18,73	14,73
probe5	5,83	10,09	7,25	5,63
probe6	7,32	11,03	8,60	7,01
probe8	14,54	23,94	18,09	14,24
Test number 17				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	34,80	60,80	42,20	34,10
probe2	26,70	55,00	33,30	26,20
probe3	23,40	41,40	29,20	23,00

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,49	0,39	0,47	0,48
0,39	0,37	0,39	0,39
0,45	0,38	0,44	0,45
0,56	0,48	0,56	0,56
0,22	0,18	0,22	0,22
0,27	0,20	0,26	0,27
0,54	0,44	0,54	0,54

Test number 15				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	13,07	24,79	16,41	12,87
probe2	11,89	21,89	14,88	11,62
probe3	12,38	21,12	14,88	11,92
probe4	18,18	38,39	22,82	17,61
probe6	7,93	13,08	9,39	7,48
probe8	16,52	28,39	19,88	15,88
Test number 18				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	40,10	68,70	47,10	38,40
probe2	34,50	60,60	42,80	33,80
probe3	29,00	58,30	36,50	28,30

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,38	0,41	0,38	0,38
0,34	0,36	0,35	0,34
0,36	0,35	0,35	0,35
0,53	0,63	0,53	0,52
0,23	0,22	0,22	0,22
0,48	0,47	0,46	0,47

Test number 16				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	12,25	23,51	15,27	11,82
probe2	12,34	21,11	15,23	11,99
probe3	12,11	23,60	14,75	11,56
probe4	18,15	35,22	22,05	17,55
probe5	7,88	12,57	9,20	7,44
probe6	8,90	14,71	10,50	8,41
probe8	17,17	35,57	21,12	16,49
Test number 19				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	43,10	82,30	52,50	41,60
probe2	36,30	64,80	45,40	35,50
probe3	30,50	51,80	37,70	29,90

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,34	0,36	0,34	0,33
0,34	0,33	0,34	0,34
0,33	0,36	0,32	0,33
0,50	0,54	0,49	0,49
0,22	0,19	0,20	0,21
0,25	0,23	0,23	0,24
0,47	0,55	0,47	0,46

Πίνακας 5.7 : Συντελεστές μετάδοσης στην όγδοη υποπεριοχή μετρητών

Test number 1				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	7,15	11,30	8,30	6,76
probe2	7,56	13,30	9,26	7,19
probe3	6,72	13,80	8,13	6,45
probe4	8,69	14,80	10,90	8,54
probe5	7,05	11,80	8,31	6,75
probe7	4,36	6,83	4,99	4,09
probe8	12,60	12,60	7,66	6,12
Test number 20				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	30,90	55,00	38,70	29,90
probe2	24,10	45,60	30,80	23,90
probe3	21,10	43,30	27,00	20,90

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,30	0,25	0,27	0,28
0,31	0,29	0,30	0,30
0,28	0,30	0,26	0,27
0,36	0,32	0,35	0,36
0,29	0,26	0,27	0,28
0,18	0,15	0,16	0,17
0,52	0,28	0,25	0,26

Test number 2				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	8,21	13,00	9,73	7,77
probe2	9,10	16,60	10,80	8,67
probe3	7,54	12,00	8,90	7,22
probe4	10,60	20,50	13,40	10,40
probe5	8,08	11,80	9,05	7,47
probe7	5,51	10,60	6,68	5,30
probe8	13,00	13,00	9,26	7,33
Test number 21				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	25,70	47,30	31,80	25,10
probe2	23,20	43,10	28,50	22,60
probe3	33,60	54,90	40,70	32,50

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,35	0,30	0,34	0,34
0,39	0,39	0,38	0,38
0,33	0,28	0,31	0,32
0,46	0,48	0,47	0,46
0,35	0,27	0,32	0,33
0,24	0,25	0,23	0,23
0,56	0,30	0,32	0,32

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Test number 3				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	9,06	14,60	10,70	8,45
probe2	11,40	20,70	14,10	11,10
probe3	9,64	17,10	11,60	9,02
probe4	12,90	21,40	15,30	12,60
probe5	8,33	13,80	10,00	7,71
probe7	6,95	12,60	8,70	6,70
probe8	17,20	17,20	12,90	10,40
Test number 22				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	38,70	69,50	45,00	37,10
probe2	34,00	63,40	42,30	33,50
probe3	28,40	55,00	35,60	27,60

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,27	0,23	0,25	0,25
0,34	0,33	0,33	0,33
0,28	0,27	0,27	0,27
0,38	0,34	0,36	0,38
0,25	0,22	0,24	0,23
0,20	0,20	0,21	0,20
0,51	0,27	0,30	0,31

Test number 4				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	9,44	15,55	10,56	8,63
probe2	10,78	18,11	12,98	10,20
probe3	10,58	17,35	12,25	9,91
probe4	13,17	21,28	16,06	12,81
probe5	8,36	15,12	9,71	7,64
probe7	7,64	15,38	9,07	7,25
probe8	12,77	24,52	15,49	12,12
Test number 23				
	Hs (mm)	Hmax (mm)	H10 (mm)	H3 (mm)
probe1	42,20	83,60	50,80	40,70
probe2	35,60	62,40	44,50	34,80
probe3	30,50	52,30	37,60	29,70

Kt (Hs)	Kt (Hmax)	Kt (H10)	Kt (H3)
0,27	0,25	0,24	0,25
0,30	0,29	0,29	0,29
0,30	0,28	0,28	0,28
0,37	0,34	0,36	0,37
0,23	0,24	0,22	0,22
0,21	0,25	0,20	0,21
0,36	0,39	0,35	0,35

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6
Φωτογραφίες Πειραμάτων



Εικόνα 6.1 : 1^η Υποπεριοχή ηχοβολιστικών μετρητών (τμήμα Α)



Εικόνα 6.2 : 1^η Υποπεριοχή ηχοβολιστικών μετρητών (τμήμα Β)



Εικόνα 6.3 : Όψη κατακόρυφου μετώπου κατά την διάρκεια των μετρήσεων



Εικόνα 6.4 : Όψη απορροφητικού μετώπου κατά την διάρκεια των μετρήσεων



Εικόνα 6.5 : 2^η Υποπεριοχή ηχοβολιστικών μετρητών



Εικόνα 6.6 : 3^η Υποπεριοχή ηχοβολιστικών μετρητών με κατακόρυφο μέτωπο



Εικόνα 6.7 : 3^η Υποπεριοχή ηχοβολιστικών μετρητών με απορροφητικό μέτωπο



Εικόνα 6.8 : 4^η Υποπεριοχή ηχοβολιστικών μετρητών με απορροφητικό μέτωπο



Εικόνα 6.9 : 4^η Υποπεριοχή ηχοβολιστικών μετρητών με κατακόρυφο μέτωπο



Εικόνα 6.10 : 5^η Υποπεριοχή ηχοβολιστικών μετρητών (τμήμα Α)



Εικόνα 6.11 : 5^η Υποπεριοχή ηχοβολιστικών μετρητών (τμήμα Β)



Εικόνα 6.12 : 6^η Υποπεριοχή ηχοβολιστικών μετρητών



Εικόνα 6.13 : 7^η Υποπεριοχή ηχοβολιστικών μετρητών



Εικόνα 6.14 : 8^η Υποπεριοχή ηχοβολιστικών μετρητών