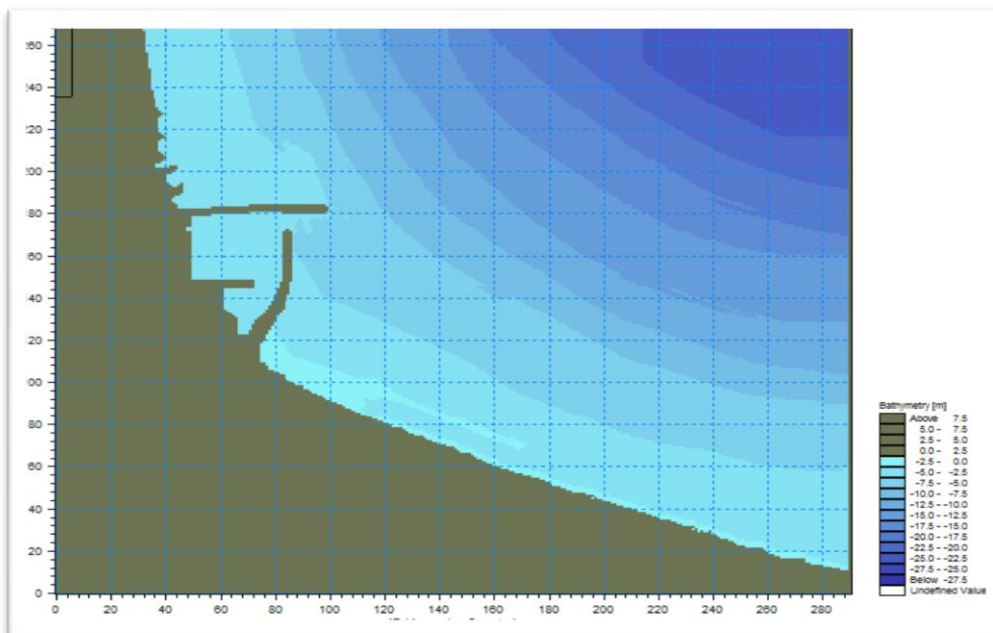




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΠΡΟΣΗΝΕΜΟΥ  
ΜΩΛΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΚΟΛΥΜΠΑΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ**



**ΜΠΙΝΙΣΚΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΚΩΝ/ΝΟΣ ΜΕΜΟΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2010



# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη βελτιστοποίησης της διάταξης του προσήνεμου μώλου του λιμένα Κολυμπαρίου, με χρήση υπολογιστικού μοντέλου, για την διερεύνηση του ύψους των προσπιπτόντων κυματισμών στον λιμένα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Ε.Μ.Π. Κων/νο Μέμο για την δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με αυτό το ενδιαφέρον θέμα καθώς και για την βοήθεια που μου προσέφερε στην επιστημονική προσέγγιση του θέματος αλλά και την επίβλεψη της εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τη Λέκτορα Ε.Μ.Π. Β. Τσουκαλά για την παροχή απαραίτητων στοιχείων για την παρούσα εργασία καθώς και για την βοήθεια της καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Υποψήφιο Διδάκτορα Ε.Μ.Π. Μ. Χονδρό για τον χρόνο που διέθεσε στην παροχή βοήθειας όσον αφορά το υπολογιστικό πρόγραμμα καθώς και στην επίλυση αποριών σχετικά με την εργασία.

Αθήνα, Νοέμβριος 2010

ΜΠΙΝΙΣΚΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ



**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Γενικά .....	1
1.2 Αντικείμενο της εργασίας .....	1
1.3 Διάρθρωση της εργασίας .....	3
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ</b> .....	<b>5</b>
2.1 Γενικά .....	5
2.2 Δήμος Κολυμπαρίου .....	5
2.3 Λιμένας Κολυμπαρίου .....	8
2.4 Κύματα εφαρμογής .....	12
2.5 Ανεμογενείς κυματισμοί .....	13
2.5.1 Ένταση ανέμου .....	13
2.5.2 Πρόγνωση κυματισμών .....	14
2.6 Θέσεις μετρητών .....	19
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ MIKE 21BW</b> .....	<b>23</b>
3.1 Εισαγωγή .....	23
3.2 Πρόγραμμα MIKE 21BW .....	23
3.3 Βασικές παράμετροι .....	26
3.4 Βαθμονόμηση .....	40
3.4 Παράγωγα .....	54
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE 21BW</b> .....	<b>57</b>
4.1 Εισαγωγή .....	57
4.2 Δεδομένα αριθμητικών εφαρμογών .....	57

4.3 Πίνακες, διαγράμματα και σχολιασμός.....	59
4.3.1 Μετρητής 1, Ύψος κύματος $H=1\text{m}$ .....	60
4.3.2 Μετρητής 2, Ύψος κύματος $H=1\text{m}$ .....	64
4.3.3 Μετρητής 3, Ύψος κύματος $H=1\text{m}$ .....	68
4.3.4 Μετρητής 4, Ύψος κύματος $H=1\text{m}$ .....	72
4.3.5 Μετρητής 5, Ύψος κύματος $H=1\text{m}$ .....	76
4.3.6 Μετρητής 6, Ύψος κύματος $H=1\text{m}$ .....	80
4.3.7 Μετρητής 7, Ύψος κύματος $H=1\text{m}$ .....	84
4.3.8 Μετρητής 1, Ύψος κύματος $H=1.5\text{m}$ .....	88
4.3.9 Μετρητής 2, Ύψος κύματος $H=1.5\text{m}$ .....	92
4.3.10 Μετρητής 3, Ύψος κύματος $H=1.5\text{m}$ .....	96
4.3.11 Μετρητής 4, Ύψος κύματος $H=1.5\text{m}$ .....	100
4.3.12 Μετρητής 5, Ύψος κύματος $H=1.5\text{m}$ .....	104
4.3.13 Μετρητής 6, Ύψος κύματος $H=1.5\text{m}$ .....	108
4.3.14 Μετρητής 7, Ύψος κύματος $H=1.5\text{m}$ .....	112
4.3.15 Μετρητής 1, Ύψος κύματος $H=2\text{m}$ .....	116
4.3.16 Μετρητής 2, Ύψος κύματος $H=2\text{m}$ .....	120
4.3.17 Μετρητής 3, Ύψος κύματος $H=2\text{m}$ .....	124
4.3.18 Μετρητής 4, Ύψος κύματος $H=2\text{m}$ .....	128
4.3.19 Μετρητής 5, Ύψος κύματος $H=2\text{m}$ .....	132
4.3.20 Μετρητής 6, Ύψος κύματος $H=2\text{m}$ .....	136
4.3.21 Μετρητής 7, Ύψος κύματος $H=2\text{m}$ .....	140
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> : ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>145</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>149</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΠΙΝΑΚΕΣ Ε.Μ.Υ.....</b>	<b>153</b>

---

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**


---

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

<b>Σχήμα 2.1</b> Γεωγραφική θέση Κολυμπαρίου από δορυφόρο.....	6
<b>Σχήμα 2.2</b> Γεωγραφική θέση Κολυμπαρίου.....	7
<b>Σχήμα 2.3</b> Λιμένας Κολυμπαρίου.....	7
<b>Σχήμα 2.4</b> Τυπική διατομή του προσήνεμου μώλου.....	8
<b>Σχήμα 2.5</b> Τυπική διατομή του υπήνεμου μώλου.....	9
<b>Σχήμα 2.6</b> Κάτοψη Διάταξης 1 προσήνεμου μώλου.....	10
<b>Σχήμα 2.7</b> Κάτοψη Διάταξης 2 προσήνεμου μώλου.....	10
<b>Σχήμα 2.8</b> Κάτοψη Διάταξης 3 προσήνεμου μώλου.....	11
<b>Σχήμα 2.9</b> Ισοβαθείς καμπύλες περιοχής μελέτης.....	12
<b>Σχήμα 2.10</b> Μετρητές ύψους κύματος.....	20

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

<b>Σχήμα 3.1</b> Επιλογή προγράμματος MIKE 21 BW.....	24
<b>Σχήμα 3.2</b> Πρόγραμμα MIKE 21 BW.....	25
<b>Σχήμα 3.3</b> Επιλογή μοντέλου.....	26
<b>Σχήμα 3.4</b> Αρχείο βαθυμετρίας προς επεξεργασία.....	27
<b>Σχήμα 3.5</b> Εικονίδιο διαχείρισης βαθυμετρίας.....	28
<b>Σχήμα 3.6</b> Βαθυμετρία διάταξης 1.....	29
<b>Σχήμα 3.7</b> Βαθυμετρία διάταξης 2.....	30
<b>Σχήμα 3.8</b> Βαθυμετρία διάταξης 3.....	30
<b>Σχήμα 3.9</b> Εισαγωγή βαθυμετρίας.....	31
<b>Σχήμα 3.10</b> Κάθετο προφίλ οριζόντιας ταχύτητας θραυόμενου κυματισμού..... (Madsen et al.).....	34
<b>Σχήμα 3.11</b> Τύπος εξισώσεως.....	35

Σχήμα 3.12	Αριθμητικές παράμετροι.....	36
Σχήμα 3.13	Όρια.....	37
Σχήμα 3.14	Περίοδος προσομοίωσης για κύματα με $T=4s$ .....	38
Σχήμα 3.15	Περίοδος προσομοίωσης για κύματα με $T=5s$ και $T=6.7s$ .....	39
Σχήμα 3.16	Παράμετροι βαθυμετρίας.....	40
Σχήμα 3.17	Δεδομένα ορίων.....	41
Σχήμα 3.18	Ανύψωση επιφάνειας.....	42
Σχήμα 3.19	Κυματογεννήτρια.....	44
Σχήμα 3.20	Τριβή πυθμένα.....	45
Σχήμα 3.21	Ιξώδες στροβίλου.....	46
Σχήμα 3.22	Φιλτράρισμα.....	47
Σχήμα 3.23	Θραύση κυματισμών.....	48
Σχήμα 3.24	Κινούμενη ακτογραμμή.....	49
Σχήμα 3.25	Πορώδες.....	50
Σχήμα 3.26	Αρχείο σπόγκου διάταξης 1.....	51
Σχήμα 3.27	Αρχείο σπόγκου διάταξης 2.....	52
Σχήμα 3.28	Αρχείο σπόγκου διάταξης 3.....	52
Σχήμα 3.29	Απορροφητικός σπόγκος.....	52
Σχήμα 3.30	Παράμετροι ολοκληρωμένες στην περίοδο.....	55

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

Σχήμα 4.1	Θέσεις μετρητών.....	58
-----------	----------------------	----



---

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**


---

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

Πίνακας 2.1	Κύματα εφαρμογής.....	13
Πίνακας 2.2	Ετήσιες συχνότητες εμφάνισης ανέμων.....	14
Πίνακας 2.3	Βόρειο ανάπτυγμα πελάγους.....	15
Πίνακας 2.4	Κλίμακα Beaufort κατά την Ε.Μ.Υ.....	16
Πίνακας 2.5	Χαρακτηριστικά κυμάτων βόρειας διεύθυνσης.....	19

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

Πίνακας 4.1	Συντεταγμένες μετρητών.....	57
Πίνακας 4.2	Χαρακτηριστικά κυμάτων εφαρμογής.....	58
Πίνακας 4.3	M1, H=1m, T=4s.....	60
Πίνακας 4.4	M1, H=1m, T=5s.....	61
Πίνακας 4.5	M1, H=1m, T=6.7s.....	61
Πίνακας 4.6	M2, H=1m, T=4s.....	64
Πίνακας 4.7	M2, H=1m, T=5s.....	65
Πίνακας 4.8	M2, H=1m, T=6.7s.....	65
Πίνακας 4.9	M3, H=1m, T=4s.....	68
Πίνακας 4.10	M3, H=1m, T=5s.....	69
Πίνακας 4.11	M3, H=1m, T=6.7s.....	69
Πίνακας 4.12	M4, H=1m, T=4s.....	72
Πίνακας 4.13	M4, H=1m, T=5s.....	73
Πίνακας 4.14	M4, H=1m, T=6.7s.....	73
Πίνακας 4.15	M5, H=1m, T=4s.....	76
Πίνακας 4.16	M5, H=1m, T=5s.....	77
Πίνακας 4.17	M5, H=1m, T=6.7s.....	77
Πίνακας 4.18	M6, H=1m, T=4s.....	80

<b>Πίνακας 4.19</b>	M6, H=1m, T=5s.....	81
<b>Πίνακας 4.20</b>	M6, H=1m, T=6.7s.....	81
<b>Πίνακας 4.21</b>	M7, H=1m, T=4s.....	84
<b>Πίνακας 4.22</b>	M7, H=1m, T=5s.....	85
<b>Πίνακας 4.23</b>	M7, H=1m, T=6.7s.....	85
<b>Πίνακας 4.24</b>	M1, H=1.5m, T=4s.....	88
<b>Πίνακας 4.25</b>	M1, H=1.5m, T=5s.....	89
<b>Πίνακας 4.26</b>	M1, H=1.5m, T=6.7s.....	89
<b>Πίνακας 4.27</b>	M2, H=1.5m, T=4s.....	92
<b>Πίνακας 4.28</b>	M2, H=1.5m, T=5s.....	93
<b>Πίνακας 4.29</b>	M2, H=1.5m, T=6.7s.....	93
<b>Πίνακας 4.30</b>	M3, H=1.5m, T=4s.....	96
<b>Πίνακας 4.31</b>	M3, H=1.5m, T=5s.....	97
<b>Πίνακας 4.32</b>	M3, H=1.5m, T=6.7s.....	97
<b>Πίνακας 4.33</b>	M4, H=1.5m, T=4s.....	100
<b>Πίνακας 4.34</b>	M4, H=1.5m, T=5s.....	101
<b>Πίνακας 4.35</b>	M4, H=1.5m, T=6.7s.....	101
<b>Πίνακας 4.36</b>	M5, H=1.5m, T=4s.....	104
<b>Πίνακας 4.37</b>	M5, H=1.5m, T=5s.....	105
<b>Πίνακας 4.38</b>	M5, H=1.5m, T=6.7s.....	105
<b>Πίνακας 4.39</b>	M6, H=1.5m, T=4s.....	106
<b>Πίνακας 4.40</b>	M6, H=1.5m, T=5s.....	107
<b>Πίνακας 4.41</b>	M6, H=1.5m, T=6.7s.....	107
<b>Πίνακας 4.42</b>	M7, H=1.5m, T=4s.....	110
<b>Πίνακας 4.43</b>	M7, H=1.5m, T=5s.....	111
<b>Πίνακας 4.44</b>	M7, H=1.5m, T=6.7s.....	111
<b>Πίνακας 4.45</b>	M1, H=2m, T=4s.....	114

<b>Πίνακας 4.46</b>	M1, H=2m , T=5s.....	115
<b>Πίνακας 4.47</b>	M1, H=2m , T=6.7s.....	115
<b>Πίνακας 4.48</b>	M2, H=2m, T=4s.....	118
<b>Πίνακας 4.49</b>	M2, H=2m, T=5s.....	119
<b>Πίνακας 4.50</b>	M2, H=2m, T=6.7s.....	119
<b>Πίνακας 4.51</b>	M3, H=2m, T=4s.....	122
<b>Πίνακας 4.52</b>	M3, H=2m, T=5s.....	123
<b>Πίνακας 4.53</b>	M3, H=2m, T=6.7s.....	123
<b>Πίνακας 4.54</b>	M4, H=2m, T=4s.....	126
<b>Πίνακας 4.55</b>	M4, H=2m, T=5s.....	127
<b>Πίνακας 4.56</b>	M4, H=2m, T=6.7s.....	127
<b>Πίνακας 4.57</b>	M5, H=2m, T=4s.....	130
<b>Πίνακας 4.58</b>	M5, H=2m, T=5s.....	131
<b>Πίνακας 4.59</b>	M5, H=2m, T=6.7s.....	131
<b>Πίνακας 4.60</b>	M6, H=2m, T=4s.....	134
<b>Πίνακας 4.61</b>	M6, H=2m, T=5s.....	135
<b>Πίνακας 4.62</b>	M6, H=2m, T=6.7s.....	135
<b>Πίνακας 4.63</b>	M7, H=2m, T=4s.....	138
<b>Πίνακας 4.64</b>	M7, H=2m, T=5s.....	139
<b>Πίνακας 4.65</b>	M7, H=2m, T=6.7s.....	139

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

---

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

<b>Διάγραμμα 1</b> M1, H=1m, T=4s.....	62
<b>Διάγραμμα 2</b> M1, H=1m, T=5s.....	62
<b>Διάγραμμα 3</b> M1, H=1m, T=6.7s.....	63
<b>Διάγραμμα 4</b> M2, H=1m, T=4s.....	66
<b>Διάγραμμα 5</b> M2, H=1m, T=5s.....	66
<b>Διάγραμμα 6</b> M2, H=1m, T=6.7s.....	67
<b>Διάγραμμα 7</b> M3, H=1m, T=4s.....	70
<b>Διάγραμμα 8</b> M3, H=1m, T=5s.....	70
<b>Διάγραμμα 9</b> M3, H=1m, T=6.7s.....	71
<b>Διάγραμμα 10</b> M4, H=1m, T=4s.....	74
<b>Διάγραμμα 11</b> M4, H=1m, T=5s.....	74
<b>Διάγραμμα 12</b> M4, H=1m, T=6.7s.....	75
<b>Διάγραμμα 13</b> M5, H=1m, T=4s.....	78
<b>Διάγραμμα 14</b> M5, H=1m, T=5s.....	78
<b>Διάγραμμα 15</b> M5, H=1m, T=6.7s.....	79
<b>Διάγραμμα 16</b> M6, H=1m, T=4s.....	82
<b>Διάγραμμα 17</b> M6, H=1m, T=5s.....	82
<b>Διάγραμμα 18</b> M6, H=1m, T=6.7s.....	83
<b>Διάγραμμα 19</b> M7, H=1m, T=4s.....	86
<b>Διάγραμμα 20</b> M7, H=1m, T=5s.....	86
<b>Διάγραμμα 21</b> M7, H=1m, T=6.7s.....	87
<b>Διάγραμμα 22</b> M1, H=1.5m, T=4s.....	90
<b>Διάγραμμα 23</b> M1, H=1.5m, T=5s.....	90
<b>Διάγραμμα 24</b> M1, H=1.5m, T=6.7s.....	91

<b>Διάγραμμα 25</b>	M2, H=1.5m, T=4s.....	94
<b>Διάγραμμα 26</b>	M2, H=1.5m, T=5s.....	94
<b>Διάγραμμα 27</b>	M2, H=1.5m, T=6.7s.....	95
<b>Διάγραμμα 28</b>	M3, H=1.5m, T=4s.....	98
<b>Διάγραμμα 29</b>	M3, H=1.5m, T=5s.....	98
<b>Διάγραμμα 30</b>	M3, H=1.5m, T=6.7s.....	99
<b>Διάγραμμα 31</b>	M4, H=1.5m, T=4s.....	102
<b>Διάγραμμα 32</b>	M4, H=1.5m, T=5s.....	102
<b>Διάγραμμα 33</b>	M4, H=1.5m, T=6.7s.....	103
<b>Διάγραμμα 34</b>	M5, H=1.5m, T=4s.....	106
<b>Διάγραμμα 35</b>	M5, H=1.5m, T=5s.....	106
<b>Διάγραμμα 36</b>	M5, H=1.5m, T=6.7s.....	107
<b>Διάγραμμα 37</b>	M6, H=1.5m, T=4s.....	110
<b>Διάγραμμα 38</b>	M6, H=1.5m, T=5s.....	110
<b>Διάγραμμα 39</b>	M6, H=1.5m, T=6.7s.....	111
<b>Διάγραμμα 40</b>	M7, H=1.5m, T=4s.....	114
<b>Διάγραμμα 41</b>	M7, H=1.5m, T=5s.....	114
<b>Διάγραμμα 42</b>	M7, H=1.5m, T=6.7s.....	115
<b>Διάγραμμα 43</b>	M1, H=2m, T=4s.....	118
<b>Διάγραμμα 44</b>	M1, H=2m, T=5s.....	118
<b>Διάγραμμα 45</b>	M1, H=2m, T=6.7s.....	119
<b>Διάγραμμα 46</b>	M2, H=2m, T=4s.....	122
<b>Διάγραμμα 47</b>	M2, H=2m, T=5s.....	122
<b>Διάγραμμα 48</b>	M2, H=2m, T=6.7s.....	123
<b>Διάγραμμα 49</b>	M3, H=2m, T=4s.....	126
<b>Διάγραμμα 50</b>	M3, H=2m, T=5s.....	126
<b>Διάγραμμα 51</b>	M3, H=2m, T=6.7s.....	127

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

<b>Διάγραμμα 52</b>	M4, H=2m, T=4s.....	130
<b>Διάγραμμα 53</b>	M4, H=2m, T=5s.....	130
<b>Διάγραμμα 54</b>	M4, H=2m, T=6.7s.....	131
<b>Διάγραμμα 55</b>	M5, H=2m, T=4s.....	134
<b>Διάγραμμα 56</b>	M5, H=2m, T=5s.....	134
<b>Διάγραμμα 57</b>	M5, H=2m, T=6.7s.....	135
<b>Διάγραμμα 58</b>	M6, H=2m, T=4s.....	138
<b>Διάγραμμα 59</b>	M6, H=2m, T=5s.....	138
<b>Διάγραμμα 60</b>	M6, H=2m, T=6.7s.....	139
<b>Διάγραμμα 61</b>	M7, H=2m, T=4s.....	142
<b>Διάγραμμα 62</b>	M7, H=2m, T=5s.....	142
<b>Διάγραμμα 63</b>	M7, H=2m, T=6.7s.....	143

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

<b>Διάγραμμα 64</b>	M5, H=1.5m, T=5s.....	146
<b>Διάγραμμα 65</b>	Ύψη κύματος για τρεις περιόδους, για ύψος προσπίπτοντος H=1.5m.....	147

---

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

---

Στην συγκεκριμένη εργασία εξετάστηκε η λειτουργία του προσήνεμου μώλου όσον αφορά την προστασία που παρέχει στη λιμενολεκάνη αλλά και ευρύτερα στον λιμένα Κολυμπαρίου, από προσπίπτοντες κυματισμούς κύριας διεύθυνσης και πιο συγκεκριμένα από κυματισμούς βόρειας διεύθυνσης, καθώς και η πιθανότητα βελτιστοποίησης της διάταξης του, μέσω προέκτασης του μώλου. Ικανοποιητική απάντηση στα προβλήματα που δημιουργούν οι ανεμογενείς κυματισμοί μπορεί να δοθεί με εργαστηριακή διερεύνηση διαφόρων λύσεων σε φυσικό ομοίωμα, όπως επίσης και με την χρήση υπολογιστικών προγραμμάτων που μπορούν να αποτυπώσουν σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό τις συνθήκες της περιοχής μελέτης των λιμενικών έργων και με την διενέργεια αριθμητικών εφαρμογών να βρεθεί η βέλτιστη δυνατή λύση για την προστασία της λιμενολεκάνης.

Ο προσήνεμος μώλος του λιμένα Κολυμπαρίου αποτελεί εξωτερικό λιμενικό έργο με πρηνή, σύμφωνα με τη νέα διάταξη που είχε προταθεί από τον Δήμο Κολυμπαρίου. Στη συγκεκριμένη εργασία, εξετάστηκαν η νέα διάταξη (Δ3) που προτάθηκε από τον Δήμο, η υφιστάμενη διάταξη (Δ1) και μια επιπλέον διάταξη (Δ2). Τα κύματα που επιλέχθηκαν προς προσομοίωση είναι 9 τον αριθμό, μονοχρωματικά και η επιλογή τους έγινε από παλαιότερο πείραμα που διεξήχθη στο Ε.Λ.Ε. του Ε.Μ.Π. Η προσομοίωση των κυματικών φαινομένων στην περιοχή μελέτης έγινε με χρήση του υπολογιστικού μοντέλου MIKE 21BW, στο οποίο μετρήθηκε το ύψος κύματος που φθάνει σε 7 χαρακτηριστικά σημεία εντός και εκτός λιμενολεκάνης, από τα δεδομένα κύματα με τα χαρακτηριστικά ύψη και περιόδους τους, για τις τρεις διατάξεις του προσήνεμου μώλου.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αριθμητικών προσομοιώσεων και ύστερα από επεξεργασία και ανάλυση τους, συμπεραίνεται ότι η υφιστάμενη διάταξη (Δ1) του προσήνεμου μώλου παρέχει αρκετή προστασία στον λιμένα, ενώ η δεύτερη διάταξη (Δ2), στην οποία ο μώλος είναι προεκταμένος κατά 50m ανακόπτει σε μεγάλο ποσοστό το ύψους κυματισμού. Στην τρίτη διάταξη (Δ3), στην οποία ο μώλος είναι προεκταμένος κατά επιπλέον 50m υπό γωνία 30° προς νότο σε σχέση με την Δ2, παρατηρείται ότι το ύψος κυματισμού ανακόπτεται σε ακόμα μεγαλύτερο ποσοστό, παρέχοντας την βέλτιστη προστασία στον λιμένα. Επιπλέον παρατηρείται ότι για δεδομένο ύψος προσπίπτοντος κυματισμού, όσο αυξάνει η περίοδος του, αυξάνει και το ύψος κύματος μέσα στη λιμενολεκάνη. Τέλος, σύμφωνα με τα ανεμολογικά δεδομένα, για την υφιστάμενη διάταξη του προσήνεμου μώλου, ο λιμένας δεν είναι λειτουργικός για 7 ημέρες του έτους.





**ABSTRACT**

---

The present study examines the operation of the windward mole, regarding the protection it provides to the basin and widely to the port of Kolympari from incident waves of main direction and specifically from waves of northern direction. The likelihood of optimising the mole arrangement, via extension of the mole, is also studied. A satisfactory answer to the problems that wind-generated waves create can be given by laboratorial research of various solutions in natural effigy, as well as with the use of numerical models. The latter can impress the conditions of the harbours' area of study in a very satisfactory degree and with the realisation of numerical applications the most optimal possible solution for the protection of the harbour can be found.

The windward mole of the port of Kolympari constitutes an outer harbour construction with sloping sides, according to the new arrangement that was proposed by the municipality of Kolympari. In the particular study, the new arrangement (D3) that was proposed by the municipality, the existing arrangement (D1) and an additional arrangement (D2) are examined. Nine one-dimensional waves were selected to be simulated and their choice was made by a previous experiment that was carried out in the Laboratory of Harbour Works of the National Technical University of Athens. The simulation of the wave phenomena in the area of study was achieved using the numerical model MIKE 21BW, which measured the height of waves that reaches 7 characteristic points inside and outside the basin, depending on the initial waves' characteristics, for the three different arrangements of the windward mole.

According to the results of the numerical simulations and after their processing and analysis, it is concluded that the existing arrangement (D1) of the windward mole provides enough protection to the port, while the second arrangement (D2), in which the mole is extended by 50m, constrains the wave height to a larger extent. In the third arrangement (D3), in which the windward mole is extended from the second arrangement (D2) by additional 50m under a corner of 30° to south, it is observed that the height of waves is constrained to even greater extent, providing the most optimal protection in the port. Moreover, it is observed that for a particular height of incident waves, as long as the wave period increases, the wave height also increases inside the basin. Finally, according to the wind data, for the existing arrangement (D1) of the windward mole, the port is not functional for 7 days of the year.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

#### 1.1 Γενικά

Με τον όρο λιμενικά έργα εννοούμε τα έργα εκείνα που αναλογούν στην αρμοδιότητα του Πολιτικού Μηχανικού και αφορούν στο σχεδιασμό και την υλοποίηση των υποδομών των λιμένων και των συναφών εγκαταστάσεων. Οι λιμένες έχουν ως σκοπό την παροχή κατάλληλων εξυπηρετήσεων, σε κάθε περίπτωση, στα σκάφη και στη ροή προσώπων και αγαθών. Η πιο βασική ανάγκη που πρέπει να ικανοποιεί κάθε λιμένας είναι να προστατεύει τα σκάφη από τα κύματα και τους ανέμους που πνέουν στην περιοχή, καθώς και να εξασφαλίζει ασφαλές αγκυροβόλιο. Συνήθως τα λιμενικά έργα διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα εξωτερικά και τα εσωτερικά. Τα εξωτερικά έργα ονομάζονται και έργα προστασίας, καθώς έχουν σκοπό την εξασφάλιση άνετων συνθηκών ελλιμενισμού στα σκάφη προστατεύοντάς τα από κύματα και ανέμους. Τα εσωτερικά λιμενικά έργα προορίζονται για το δέσιμο των σκαφών, την φορτοεκφόρτωση εμπορευμάτων και αποβίβαση και επιβίβαση επιβατών. Η λιμενολεκάνη που παρεμβάλλεται μεταξύ των εξωτερικών και εσωτερικών λιμενικών έργων είναι η θαλάσσια επιφάνεια που χρησιμεύει για την εκτέλεση των ελιγμών των σκαφών μέχρι τις θέσεις παραβολής. Οπότε, πολύ σημαντικό σημείο στην μελέτη και κατασκευή λιμενικών έργων, είναι να γίνονται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η ελάχιστη δυνατή διατάραξη της ηρεμίας της λιμενολεκάνης, με αποτέλεσμα την προστασία των σκαφών.

#### 1.2 Αντικείμενο της εργασίας

Το αντικείμενο της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η βελτιστοποίηση του προσήνεμου μώλου του λιμένα Κολυμπαρίου Ν. Χανίων, με επέκτασή του, δημιουργώντας δύο διαφορετικές διατάξεις αυτού πέραν της υπάρχουσας, ώστε να εξεταστεί και να συγκριθεί για τις τρεις διατάξεις το ύψος κύματος στη λιμενολεκάνη, επομένως η προστασία που μπορούν να παρέχουν οι δύο νέες διατάξεις. Οι αριθμητικές εφαρμογές που διενεργήθηκαν ώστε να βρεθούν τα ύψη κύματος στη λιμενολεκάνη, έγιναν με τη χρήση υπολογιστικού μοντέλου MIKE 21BW.

Η διάταξη των έργων σε ένα λιμένα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζει τον εύκολο ελλιμενισμό των πλοίων και τις ροές αγαθών και προσώπων με ασφάλεια και ταχύτητα. Συγκεκριμένα πρέπει να διασφαλίζεται άνετη πρόσβαση των σκαφών στο λιμάνι, επαρκής χώρος ελιγμών και κατάλληλα σχεδιασμένη είσοδος. Για τη σωστή μελέτη της διάταξης των έργων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως η δίαυτα των ανέμων, κυμάτων και ρευμάτων. Η διατήρηση της ηρεμίας της θαλάσσιας επιφάνειας του λιμένα είναι πολύ σημαντική παράμετρος και πρέπει να επιτυγχάνεται με την κατάλληλη διάταξη των έργων. Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει να αποφεύγεται η δημιουργία φαινομένων μακρών ταλαντώσεων και συντονισμού μέσα στη λιμενολεκάνη με χρήση της κατάλληλης γεωμετρίας των έργων που την οριοθετούν. Επομένως θεωρείται επιβεβλημένη η απουσία αναταραχών στη λιμενολεκάνη που θα εμπόδιζαν την ορθή λειτουργία της.

Για καθημερινές λειτουργικές ανάγκες του λιμένα η έρευνα των αναταραχών θα πρέπει να προσανατολισθεί στο κυματικό κλίμα της περιοχής, με ζητούμενο σε αυτή την περίπτωση το ποσοστό του χρόνου κατά το οποίο οι λειτουργίες στον λιμένα δεν μπορούν να εκτελεστούν. Ικανοποιητική απάντηση στα προβλήματα που δημιουργούν οι ανεμογενείς κυματισμοί μπορεί να δοθεί με εργαστηριακή διερεύνηση διαφόρων λύσεων σε φυσικό ομοίωμα, όπως επίσης και με την χρήση υπολογιστικών προγραμμάτων που μπορούν να αποτυπώσουν σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό τις συνθήκες της περιοχής μελέτης των λιμενικών έργων και με την διενέργεια αριθμητικών εφαρμογών να βρεθεί η βέλτιστη δυνατή λύση για την προστασία της λιμενολεκάνης.

Για την επίτευξη της μικρότερης δυνατής αναταραχής στη λιμενολεκάνη και ιδίως στις θέσεις παραβολής των σκαφών πρέπει να εξετάζονται παράγοντες όπως η επαρκής έκταση της περιοχής του προλιμένα και όλης της λιμενολεκάνης για την εκτόνωση των κυματισμών που εισέρχονται στο λιμένα, πρόβλεψη απορροφητικών διαμορφώσεων (ακτών) σε θέσεις που προσβάλλονται από ανακλώμενους κυματισμούς και πρόβλεψη απορροφητικών κρηπιδωμάτων με κατάλληλο σχεδιασμό για τα πιο επιβλαβή κύματα.

Στη συγκεκριμένη μελέτη, εφ' όσον εξετάζεται η βελτίωση της λειτουργικότητας υφιστάμενου λιμένα, κρίθηκε σκόπιμο να μελετηθεί η προστασία της λιμενολεκάνης μέσω της βελτιστοποίησης της διάταξης του προσήνεμου μώλου. Οι προσήνεμοι μώλοι αποτελούν εξωτερικό λιμενικό έργο, επικοινωνούν με την ακτή και προστατεύουν τον λιμένα από τους κύριους κυματισμούς που δέχεται. Για τον λόγο αυτό, τα κύματα που χρησιμοποιήθηκαν στο υπολογιστικό μοντέλο, ήταν κύματα βόρειας διεύθυνσης. Ο προσήνεμος μώλος στην συγκεκριμένη περιοχή μελέτης είναι προσανατολισμένος έτσι ώστε να παρέχει προστασία στον λιμένα κυρίως από κύματα που γεννούν άνεμοι βόρειας διεύθυνσης. Βέβαια στο υπολογιστικό μοντέλο θα μπορούσαν να εισαχθούν κυματισμοί από οποιαδήποτε διεύθυνση για να εξαχθούν επιπλέον συμπεράσματα όσον αφορά την λειτουργία του

λιμένα. Όμως οι δύο βασικότεροι λόγοι που δεν πραγματοποιήθηκε αυτό, ήταν ότι πρώτον δεν θα είχαν βαρύνουσα σημασία ως προς τη λειτουργία του προσήνεμου μώλου, καθώς ο μώλος είναι σχεδιασμένος να ανακόπτει κύματα βόρειας διεύθυνσης πρωτίστως λαμβάνοντας υπ' όψιν το γεγονός ότι άνεμοι βόρειας διεύθυνσης πνέουν το μεγαλύτερο ποσοστό του έτους σε σχέση με τους υπόλοιπους. Δεύτερον, γιατί το στήσιμο και η λειτουργία του συγκεκριμένου υπολογιστικού μοντέλου, αποδείχθηκε μια ιδιαίτερα δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία, οπότε η εξέταση κυμάτων από διευθύνσεις δευτερεύουσας σημασίας δεν κρίθηκε σκόπιμο να διερευνηθούν για τους παραπάνω λόγους. Για την εξέταση της επιρροής των κυμάτων στην περιοχή μελέτης, χρησιμοποιήθηκαν 7 μετρητές σε χαρακτηριστικές θέσεις εντός και εκτός λιμενολεκάνης, οι οποίοι κατέγραψαν το ύψος κύματος στην θέση που ήταν τοποθετημένοι, σε κάθε περίπτωση, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κύματος (ύψος, περίοδος) που εισάγονταν στο μοντέλο για την διεξαγωγή των αριθμητικών εφαρμογών. Τα κύματα που χρησιμοποιήθηκαν για τις αριθμητικές εφαρμογές στο μοντέλο, λήφθηκαν από προηγούμενο πείραμα στην συγκεκριμένη περιοχή μελέτης (Μπαλάσκα 2005) και επιλέχθηκαν έτσι ώστε να μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους ως προς τα ύψη αλλά και τις περιόδους. Επιπλέον, βρέθηκαν με την βοήθεια στοιχείων της Ε.Μ.Υ οι ανεμογενείς κυματισμοί στην περιοχή και η διάρκεια πνοής τους ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για το ποσοστό του χρόνου που η λειτουργία του λιμένα καθίσταται ανασφαλής, από κυματισμούς βόρειας διεύθυνσης.

### 1.3 Διάρθρωση της εργασίας

Η διπλωματική αυτή εργασία εκτός από την παρούσα εισαγωγή (Κεφάλαιο 1) είναι δομημένη ως εξής:

Στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο περιγράφεται η περιοχή μελέτης καθώς και τα στοιχεία που απαιτούνται για την διεξαγωγή των αριθμητικών εφαρμογών στο υπολογιστικό μοντέλο. Δίνονται οι τυπικές διατάξεις του λιμένα και τα κύματα εφαρμογής που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο. Επίσης περιγράφεται η διαδικασία εύρεσης των ανεμογενών κυματισμών αλλά και οι θέσεις των μετρητών ύψους κύματος.

Στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία κατάστρωσης και εφαρμογής του υπολογιστικού μοντέλου MIKE 21BW για τις αριθμητικές προσομοιώσεις που διενεργήθηκαν στα πλαίσια της συγκεκριμένης μελέτης. Συγκεκριμένα επεξηγούνται όλες οι παράμετροι που απαιτεί το μοντέλο για την ορθή χρήση του, συνοδευόμενες από αντίστοιχες εικόνες για την πληρέστερη εποπτεία και κατανόηση τους.

Στο 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο παρουσιάζονται όλα τα αποτελέσματα των αριθμητικών εφαρμογών με την χρήση πινάκων. Επιπλέον γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτών με την βοήθεια συγκριτικών διαγραμμάτων και παράλληλο σχολιασμό τους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

---

Στο 5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν ως προς την λειτουργία του προσήνεμου μώλου για την κατάλληλη προστασία της λιμενολεκάνης και ευρύτερα του λιμένα, μετά την πραγματοποίηση των αριθμητικών εφαρμογών καθώς και συμπεράσματα για το ποσοστό του έτους που ο λιμένας παρέχει επαρκή προστασία.

Στο Παράρτημα Α παρουσιάζονται οι πίνακες μηνιαίας συχνότητας πνοής των ανέμων, από τον μετεωρολογικό σταθμό της Σούδας.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

---

### ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

---

#### 2.1 Εισαγωγή

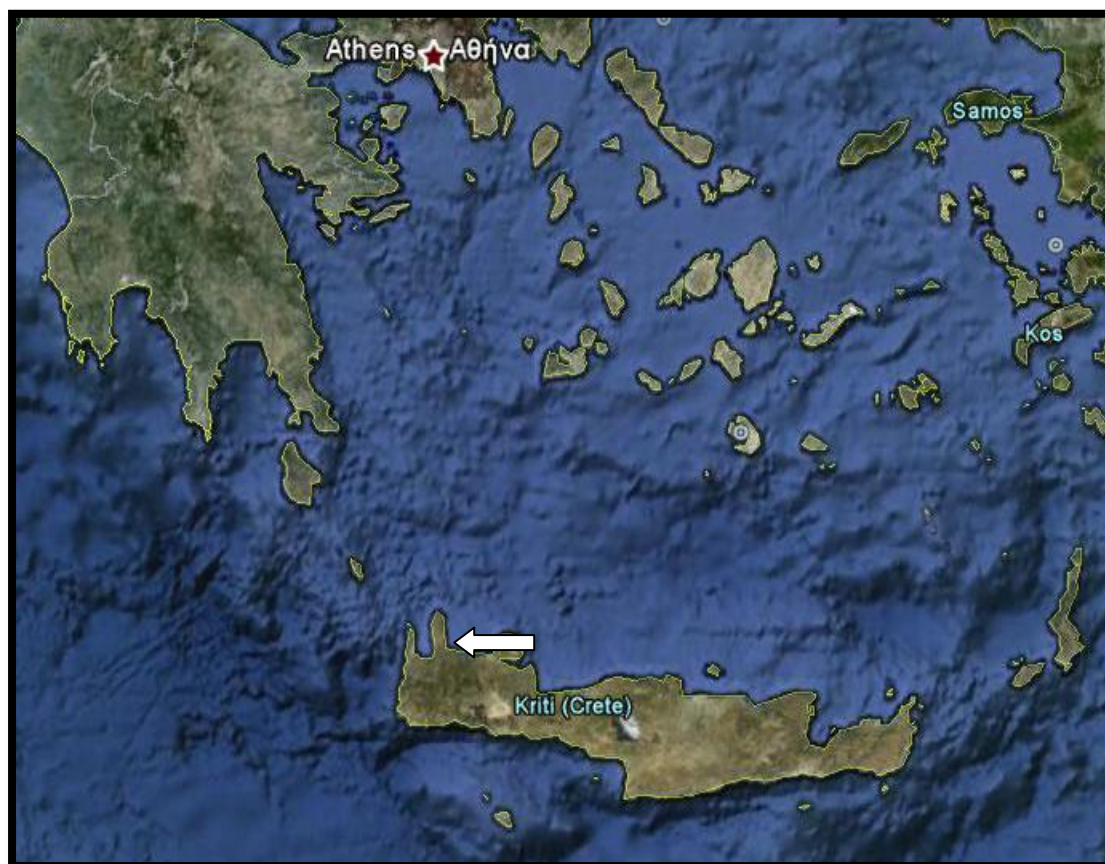
Στο κεφάλαιο αυτό αρχικά γίνεται μια γενική αναφορά στην περιοχή μελέτης. Ακολουθεί η περιγραφή του λιμένα και ειδικότερα του προσήνεμου μώλου καθώς και η διαμόρφωση των νέων βελτιστοποιημένων διατάξεων του μώλου που επιλέχθηκαν προς διερεύνηση με σκοπό να παρέχουν πληρέστερη προστασία στον λιμένα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κυματικά φαινόμενα που επιλέχθηκαν προς προσομοίωση ώστε να εξαχθούν τα κατάλληλα συμπεράσματα για την επιρροή τους στον λιμένα, εκτελώντας αριθμητικές εφαρμογές στο υπολογιστικό μοντέλο και για τις τρεις διατάξεις του προσήνεμου μώλου. Τέλος, παρουσιάζονται τα ανεμογενή κυματικά φαινόμενα στην περιοχή μελέτης, καθώς και η διαδικασία εύρεσής τους με την χρήση στοιχείων από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ), ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για τον χρόνο που καθιστούν τον λιμένα ανασφαλής για χρήση.

#### 2.2 Δήμος Κολυμπαρίου

Ο Δήμος Κολυμπαρίου προήλθε από συνένωση 17 κοινοτήτων στις οποίες περιλαμβάνονται 49 χωριά και οικισμοί. Ο συνολικός πληθυσμός του από την απογραφή του 2001 ανέρχεται στους 5.114 κατοίκους και καλύπτει έκταση 149.707 στρεμμάτων. Η γεωγραφική θέση του δήμου είναι πολυμορφική με περίπου ίσης έκτασης πεδινών, ημιορεινών και ορεινών περιοχών. Το μεγαλύτερο μέρος αυτών βρέχεται από θάλασσα. Οι κύριες ασχολίες των κατοίκων του δήμου είναι η γεωργία και η κτηνοτροφία, καθώς καλλιεργούνται ελιές, εσπεριδοειδή, αμπέλια και κηπευτικά. Επιπλέον στα παραθαλάσσια χωριά που εξυπηρετούνται από λιμενίσκους, οι κάτοικοι ασχολούνται και με την αλιεία.

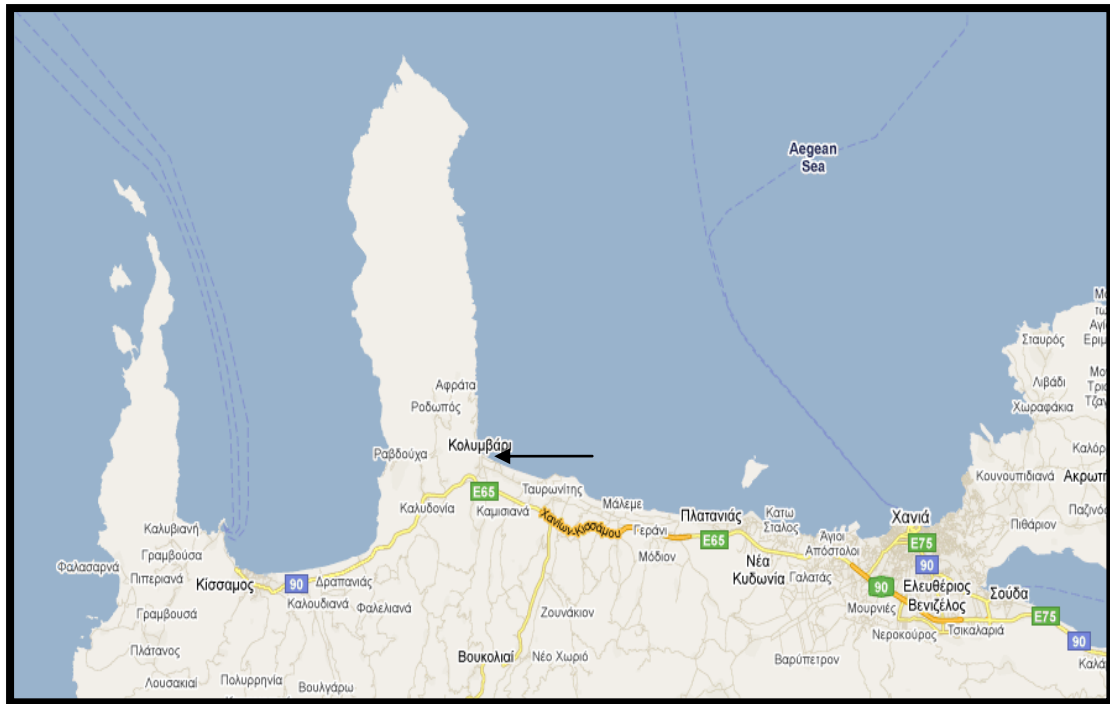
Έδρα του Δήμου είναι το Κολυμπάρι το οποίο βρίσκεται 20km δυτικά της πόλης των Χανίων. Είναι κωμόπολη, σε υψόμετρο 10m και βρίσκεται σε παραθαλάσσια περιοχή, στο μυχό του κόλπο των Χανίων. Έργα ανάπτυξης για την

πόλη αποτελούν η νέα εθνική οδός που τη συνδέουν με τα Χανιά καθώς και ο λιμένας που εξυπηρετεί θαλάσσιες δραστηριότητες. Αξιοθέατο της περιοχής αποτελεί το ιστορικό μοναστήρι της Μονής Γωνιάς, που βρίσκεται 1km βόρεια της πόλης και διασώζει μία από τις μεγαλύτερες συλλογές της Κρήτης σε πολύτιμες εικόνες από το 14<sup>ο</sup> μέχρι το 18<sup>ο</sup> αιώνα, εκτεθειμένη σε μια αίθουσα μαζί με εκκλησιαστικά κειμήλια και σπάνια βιβλία. Επίσης στην πόλη υπάρχει και το μοναδικό στην Κρήτη μουσείο αλιείας και αλιευτικής με διάφορα εκθέματα που σχετίζονται με την θάλασσα. Άξιο αναφοράς αποτελεί το γεγονός ότι στον λιμένα του Κολυμπαρίου έγινε η αποβίβαση τούρκικων στρατευμάτων που κατέλαβαν το νησί το 1645 αλλά και η μυστική αποβίβαση του ελληνικού στρατού το 1897 που έγινε αφορμή για την κήρυξη του ελληνοτουρκικού πολέμου. Στα παρακάτω σχήματα φαίνεται η γεωγραφική θέση του Κολυμπαρίου καθώς και άποψη του λιμένα.



**Σχήμα 2.1** Γεωγραφική θέση Κολυμπαρίου από δορυφόρο





Σχήμα 2.2 Γεωγραφική θέση Κολυμπαρίου

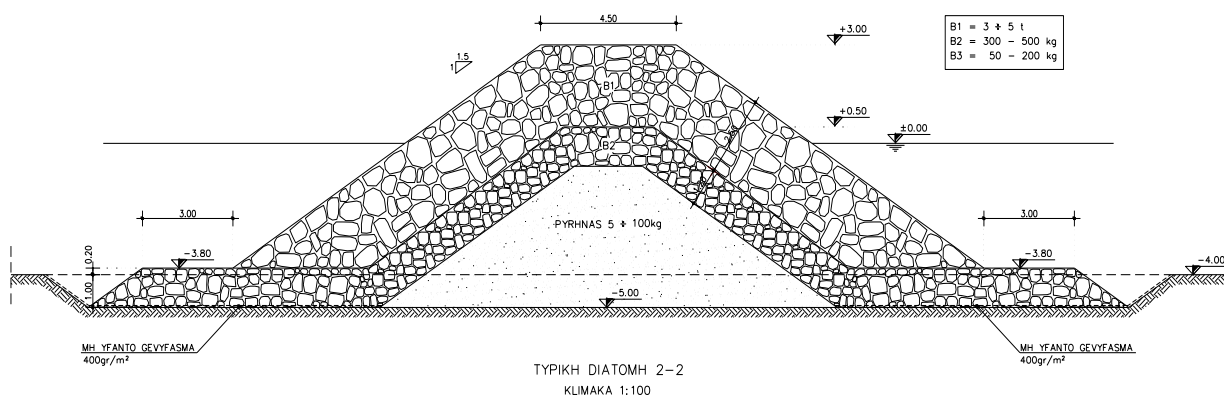


Σχήμα 2.3 Λιμένας Κολυμπαρίου

### 2.3 Λιμένας Κολυμπαρίου

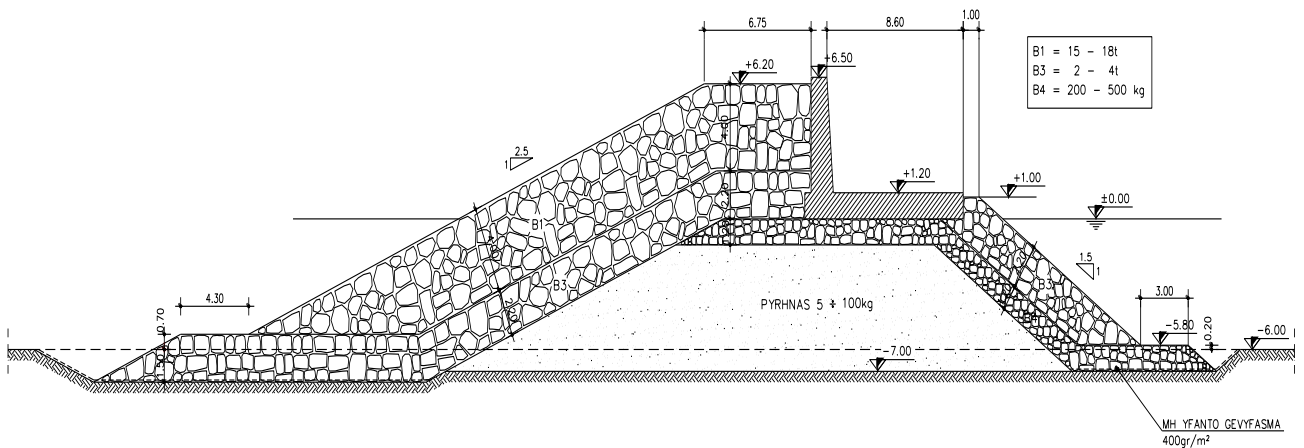
Τα εξωτερικά λιμενικά έργα του λιμένα της περιοχής μελέτης αποτελούνται από τον προσήνεμο μώλο, ο οποίος προστατεύει το λιμένα από τους κύριους κυματισμούς και από τον υπήνεμο μώλο, ο οποίος προστατεύει τον λιμένα από κυματισμούς δευτερεύουσας διεύθυνσης.

Η τυπική διατομή του προσήνεμου μώλου του λιμένα φαίνεται στο Σχήμα 2.4. Ο μώλος είναι κατασκευασμένος με λιθορριπές που διατάσσονται σε τραπεζοειδή πρισματική μορφή με πρανή. Η κεκλιμένη προς το πέλαγος παρειά αποτελεί μηχανισμό απορρόφησης της ενέργειας των προσπιπτόντων κυματισμών μέσω της θραύσης που προκαλεί. Η κλίση των πρανών είναι 1:1.5, το ύψος στέψης βρίσκεται στα 3m ενώ το πλάτος στέψης είναι 4.5m.



**Σχήμα 2.4** Τυπική διατομή του προσήνεμου μώλου

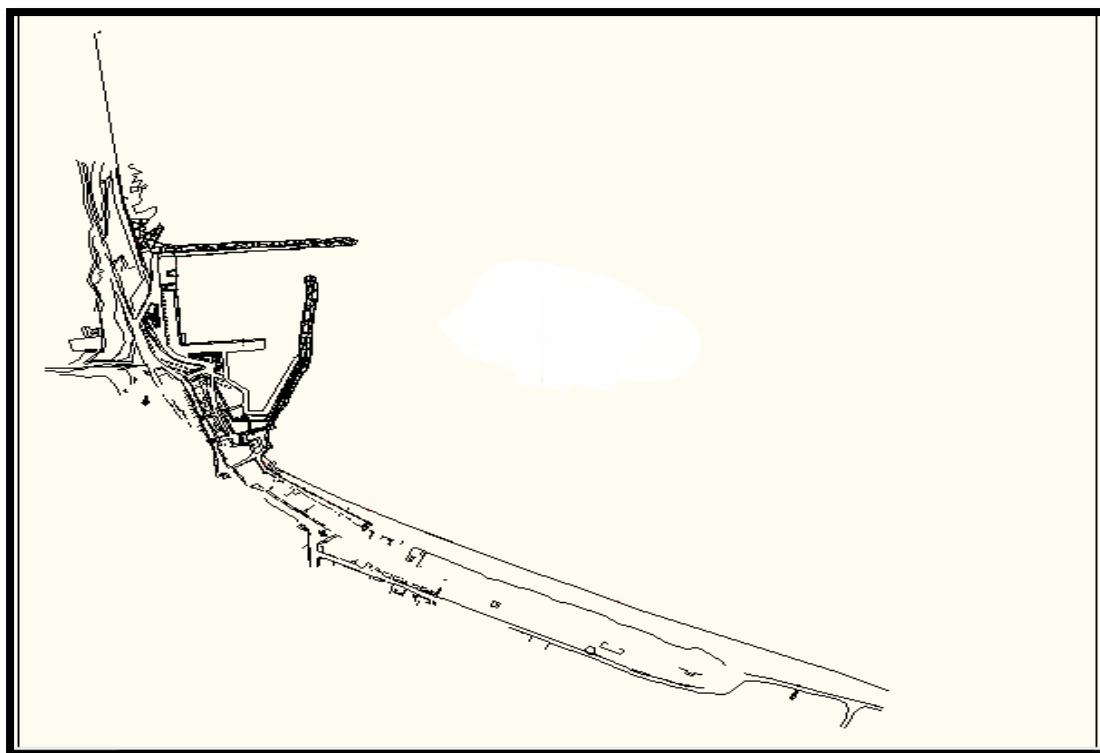
Ο υπήνεμος μώλος είναι και αυτός έργο κατασκευασμένο με πρανή αλλά με κλίση πρανών 1:2.5 προς την πλευρά που δέχεται τους κυματισμούς και 1:1.5 προς την πλευρά της λιμενολεκάνης. Επιπλέον το πλάτος στέψης έχει μήκος 6.75m, αλλά περιέχει επίσης στηθαίο με πλάκα επικάλυψης πλάτους 8.60m που βρίσκεται σε ύψος 1.20m από την στάθμη της λιμενολεκάνης. Η τυπική διατομή του υπήνεμου μώλου φαίνεται στο σχήμα 2.5.



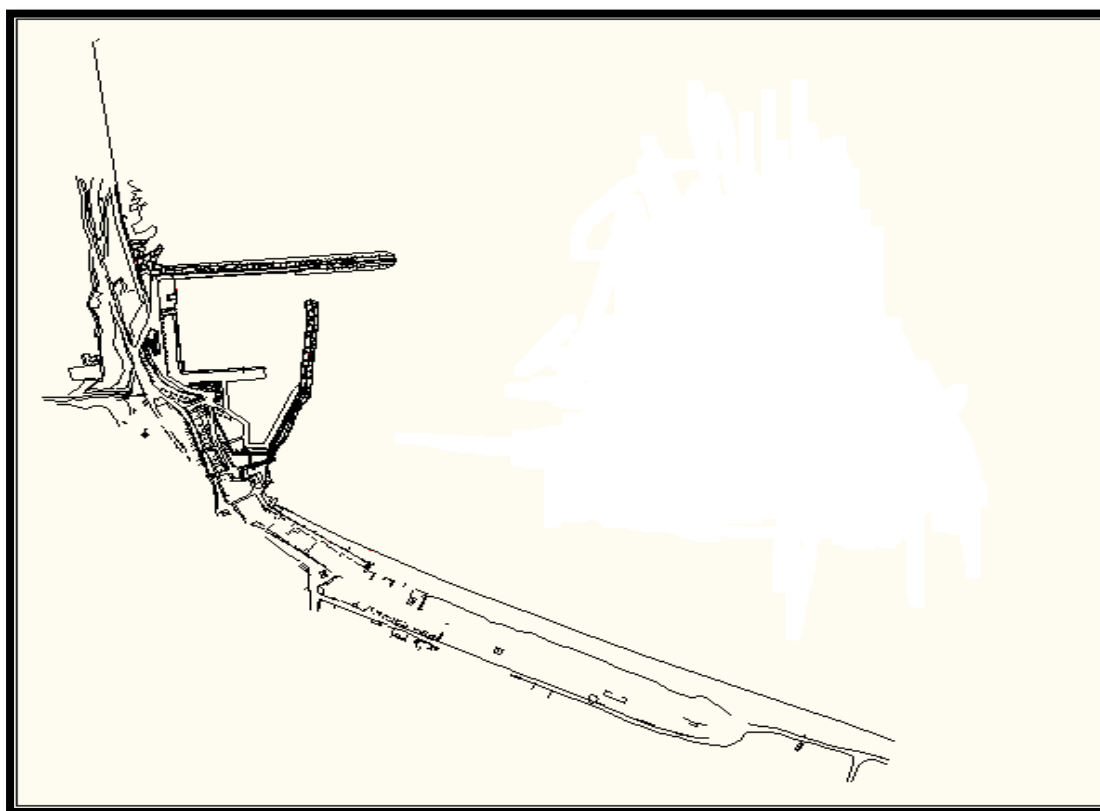
**Σχήμα 2.5** Τυπική διατομή του υπήνεμου μώλου

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι διατομές των μώλων λαμβάνονται κατά αυτό τον τρόπο σύμφωνα με την νέα διάταξη έργων που είχε προταθεί από τον Δήμο Κολυμπαρίου και χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του φυσικού ομοιώματος και των παρακείμενων έργων του λιμένα, σε δεξαμενή του Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, για τις ανάγκες προηγούμενου πειράματος (Μπαλάσκα 2005).

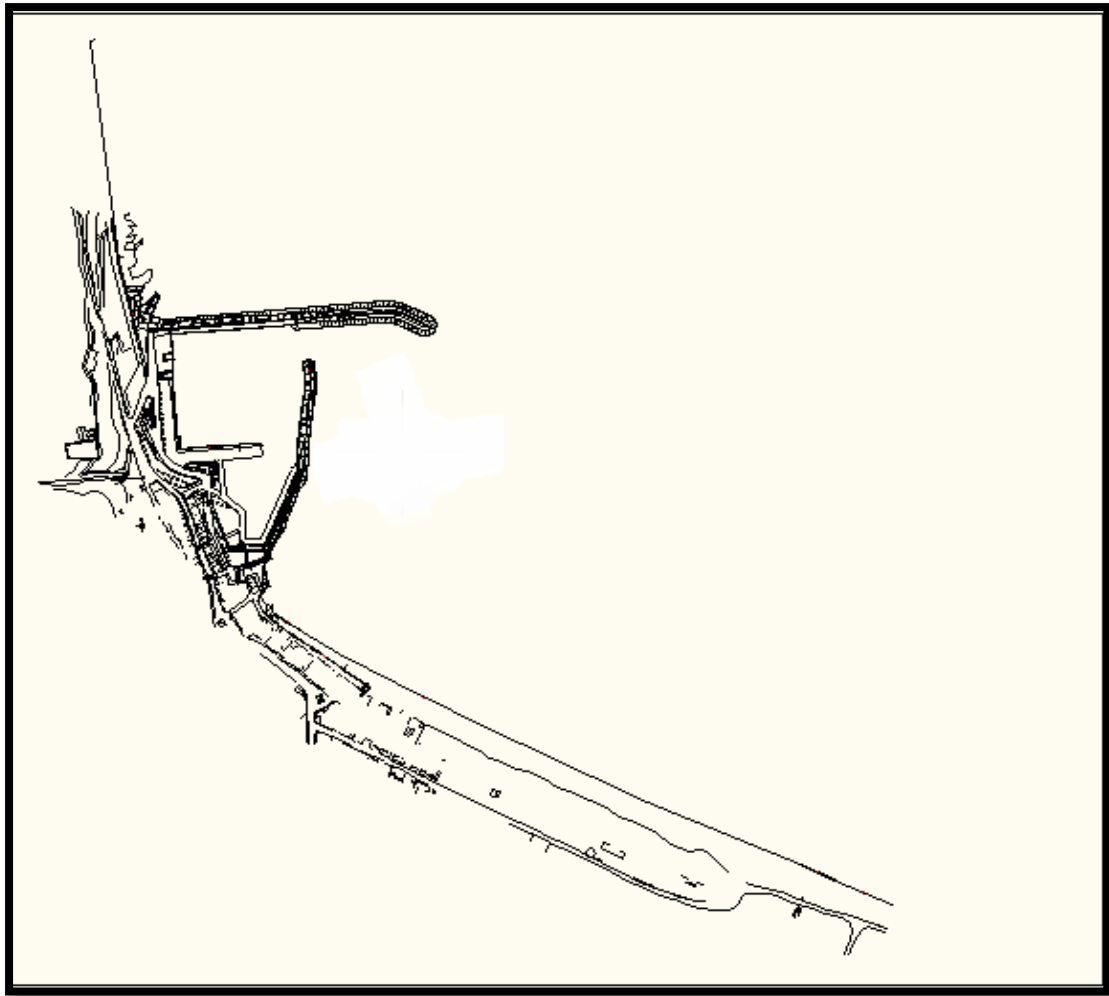
Στη συγκεκριμένη εργασία διεξήχθησαν αριθμητικές εφαρμογές για την εύρεση του ύψους κύματος σε χαρακτηριστικά σημεία εντός και εκτός λιμενολεκάνης για τρεις διαφορετικές διατάξεις του προσήνεμου μώλου. Η πρώτη διάταξη (Δ1) απεικονίζει την υφιστάμενη κατάσταση του προσήνεμου μώλου και φαίνεται στο ακόλουθο Σχήμα 2.6. Η δεύτερη διάταξη (Δ2) αποτελεί τον προσήνεμο μώλο προεκταμένο κατά 50m και προτάθηκε κατά αυτό τον τρόπο στα πλαίσια της έρευνας αποτελεσματικότητάς της στην συγκεκριμένη εργασία. Η κάτοψη της διάταξης απεικονίζεται στο Σχήμα 2.7. Η τρίτη διάταξη (Δ3) απεικονίζει τον προσήνεμο μώλο σύμφωνα με την νέα διάταξη έργων που είχε προταθεί από τον Δήμο Κολυμπαρίου, δηλαδή προεκταμένο κατά 50m σε σχέση με τη διάταξη 2 υπό γωνία  $30^\circ$  προς νότο και απεικονίζεται στο Σχήμα 2.8.



Σχήμα 2.6 Κάτοψη Διάταξης 1 προσήνεμου μώλου

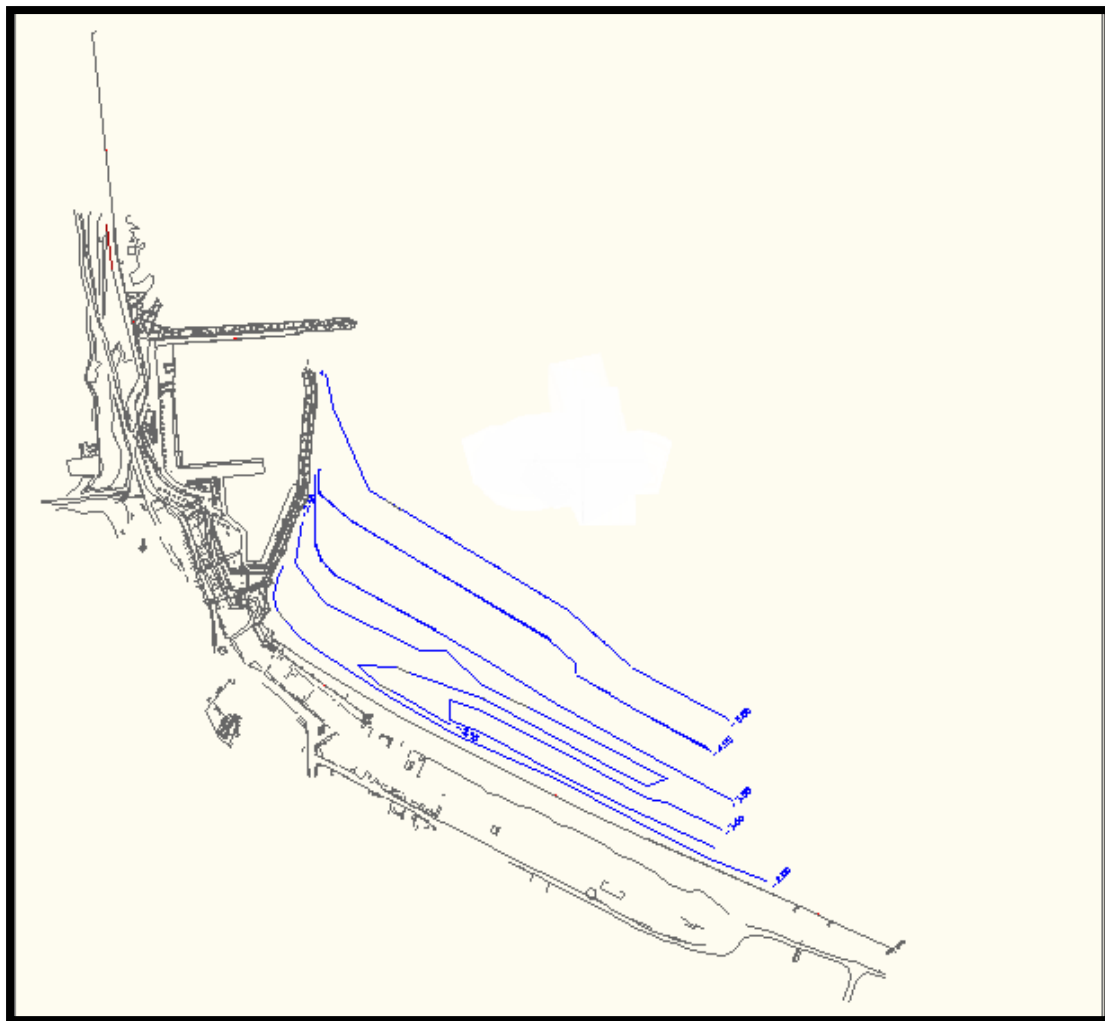


Σχήμα 2.7 Κάτοψη Διάταξης 2 προσήνεμου μώλου



**Σχήμα 2.8** Κάτοψη Διάταξης 3 προσήνεμου μώλου

Για τις τρεις αυτές διατάξεις έγιναν αριθμητικές προσομοιώσεις με καθορισμένα κύματα εφαρμογής ώστε να βρεθεί η επιρροή κάθε διάταξης όσον αφορά το ύψος κύματος μέσα στη λιμενολεκάνη αλλά και σε άλλα χαρακτηριστικά σημεία, με σκοπό τελικά να μπορέσουν να συγκριθούν μεταξύ τους ως προς την αποτελεσματικότητα προστασίας που προσφέρουν στον λιμένα. Το βάθος του πυθμένα εντός της λιμενολεκάνης βρίσκεται στα 3.5m, εκτός της λιμενολεκάνης και ανάντη του προσήνεμου μώλου βρίσκεται στα 4m, ενώ για την υπόλοιπη περιοχή απεικονίζεται με τη χρήση ισοβαθών καμπύλων στο Σχήμα 2.9, με το βάθος πυθμένα στα βαθειά να πλησιάζει την τιμή των 25m. Αξιοποιώντας τα παραπάνω στοιχεία έγινε η κατασκευή των βαθυμετριών, απαραίτητων παραμέτρων για την ορθή λειτουργία του υπολογιστικού μοντέλου όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 3.



Σχήμα 2.9 Ισοβαθείς καμπύλες περιοχής μελέτης

### 2.4 Κύματα εφαρμογής

Όπως προαναφέρθηκε η λειτουργία του προσήνεμου μώλου συνίσταται στην προστασία του λιμένα από τους κύριους κυματισμούς, γι' αυτό τον λόγο στην συγκεκριμένη περιοχή μελέτης, όπου ο προσήνεμος μώλος είναι προσανατολισμένος έτσι ώστε να προστατεύει τον λιμένα κυρίως από κυματισμούς βόρειας διεύθυνσης, η διεύθυνση των κυματισμών που επιλέχθηκαν να προσομοιωθούν στο υπολογιστικό μοντέλο, είναι βόρεια. Δεν προσομοιώθηκαν κύματα βορειοανατολικής διεύθυνσεως καθώς οι αντίστοιχοι άνεμοι έχουν αρκετά μικρή διάρκεια πνοής καθώς και διότι όπως προαναφέρθηκε η κατάστρωση και η εφαρμογή του υπολογιστικού μοντέλου αποτέλεσε μια ιδιαίτερα δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία. Τα κύματα είναι μονοχρωματικά και η επιλογή τους έγινε από μια πλειάδα κυμάτων που είχαν χρησιμοποιηθεί για ανάγκες παλαιότερου πειράματος σε φυσικό ομοίωμα της ίδιας

περιοχής σε δεξαμενή του Ε.Λ.Ε. (Μπαλάσκα 2005). Από τα κύματα αυτά επιλέχθηκαν 9, έτσι ώστε να έχουν ανά τρία ίδια περίοδο, οπότε προσομοιώθηκαν τρεις διαφορετικές περίοδοι ( $T=4s$ ,  $T=5s$ ,  $T=6.7s$ ) και ανά τρία ίδιος ύψος, οπότε προσομοιώθηκαν τρία διαφορετικά ύψη ( $H=1.0m$ ,  $H=1.5m$ ,  $H=2.0m$ ), με σκοπό να μπορέσει να υπάρξει σύγκριση για κάθε δοσμένο ύψος κύματος προς προσομοίωση, τι ύψος αυτού φτάνει στα χαρακτηριστικά σημεία που έχουν επιλεγεί για μέτρηση, ανάλογα με την διαφορετική περίοδο. Τα 9 κύματα, από βορρά, με τα χαρακτηριστικά τους ύψη και τις χαρακτηριστικές τους περιόδους φαίνονται στον ακόλουθο Πίνακα 2.1.

**Πίνακας 2.1** Κύματα εφαρμογής

ΚΥΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ		
Αύξων Αριθμός α/α	Περίοδος $T_s$ (s)	Ύψος $H_s$ (m)
1	4.0	1.0
2	4.0	1.5
3	4.0	2.0
4	5.0	1.0
5	5.0	1.5
6	5.0	2.0
7	6.7	1.0
8	6.7	1.5
9	6.7	2.0

## 2.5 Ανεμογενείς κυματισμοί

### 2.5.1 Ένταση ανέμου

Για την εκτίμηση της έντασης του ανέμου χρησιμοποιήθηκαν τα στατιστικά στοιχεία ετήσιας συχνότητας πνοής των ανέμων από τον μετεωρολογικό σταθμό της Ε.Μ.Υ. στη Σούδα. Από την Ε.Μ.Υ. δόθηκαν για τον συγκεκριμένο σταθμό οι μηνιαίες συχνότητες πνοής των ανέμων, οι πίνακες των οποίων παρατίθενται στο Παράρτημα και από τους οποίους προέκυψε ο πίνακας με τις ετήσιες συχνότητες. Οι παρατηρήσεις αφορούν την περίοδο 1960-2010 ( Πίνακας 2.2 )

**Πίνακας 2.2** Ετήσιες συχνότητες εμφάνισης ανέμων

ΕΤΗΣΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ										
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ		ΓΕΩΓ. ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ		ΓΕΩΓ. ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ		ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ(m)		ΠΕΡΙΟΔΟΣ	
ΣΟΥΔΑ	16746		35		24				1960 ΕΩΣ 2010	
<b>BEAUF</b>	<b>N</b>	<b>NE</b>	<b>E</b>	<b>SE</b>	<b>S</b>	<b>SW</b>	<b>W</b>	<b>NW</b>	<b>CLM</b>	<b>SUM</b>
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,25	32,26
1	0,29	0,06	0,38	0,09	0,10	0,03	0,32	0,18	0,02	1,47
2	3,45	1,10	3,46	1,46	1,03	0,49	3,64	3,68	0,10	18,41
3	4,83	1,75	4,42	0,96	0,51	0,39	5,87	4,88	0,01	23,61
4	3,61	1,18	1,39	0,32	0,31	0,19	5,37	3,05	0,00	15,42
5	1,25	0,21	0,33	0,14	0,18	0,08	2,49	0,91	0,00	5,59
6	0,49	0,10	0,07	0,07	0,11	0,04	1,13	0,26	0,00	2,27
7	0,18	0,01	0,04	0,04	0,04	0,01	0,36	0,06	0,00	0,74
8	0,06	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,08	0,02	0,00	0,21
≥ 9	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03
<b>SUM</b>	14,17	4,41	10,10	3,11	2,30	1,23	19,27	13,04	32,38	100,00

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι επικρατέστεροι άνεμοι είναι ο δυτικός και ο βόρειος με ετήσιες συχνότητες 19.27% και 14.17% αντίστοιχα. Νηγεμία επικρατεί το 32.38% ετησίως ενώ γενικά η ένταση των ανέμων κυμαίνεται μεταξύ 2 και 4 Beaufort. Από την ανάλυση των ανεμολογικών δεδομένων και από τον προσανατολισμό του προσήνεμου μώλου, γίνεται φανερό ότι ο βόρειος άνεμος είναι αυτός που επηρεάζει περισσότερο την λειτουργία του προσήνεμου μώλου, επομένως ορθά επιλέχθηκαν να προσομοιωθούν κύματα εφαρμογής με βόρεια διεύθυνση.

### 2.5.2 Πρόγνωση κυματισμών

Ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των κυμάτων στα βαθιά νερά της περιοχής μελέτης πραγματοποιήθηκε με την αξιοποίηση των ανεμολογικών δεδομένων τα οποία παρουσιάστηκαν προηγουμένως.

Αρχικά υπολογίζεται η ενεργός διαδρομή κυματισμών (fetch length) με τη χρήση του χάρτη Αιγαίο Πέλαγος (κλίμακα 1:500.000) , καθώς και της εξίσωσης:

$$F_{eff} = \frac{\sum_i R_i (\cos \alpha_i)^2}{\sum_i \cos \alpha_i} \quad (\text{CERC 1997}) \quad (2.1)$$



όπου

$i$  : ο αριθμός της κάθε ακτίνας. Η περιοχή μελέτης έχει διαιρεθεί σε ακτίνες ανά  $5^\circ$  με αρχή  $-45^\circ$  σε σχέση με την κύρια διεύθυνση, έως  $45^\circ$  σε σχέση με την κύρια διεύθυνση.

$R_i$  : η απόσταση σε km από ένα ορισμένο σημείο της ακτής μελέτης, έως την απέναντι ακτή.

$\alpha_i$  : η γωνία μεταξύ της κύριας διεύθυνσης του ανέμου και της αντίστοιχης ακτίνας.

Το ενεργό ανάπτυγμα πελάγους υπολογίστηκε για τον άνεμο βόρειας διεύθυνσης και εμφανίζεται στον ακόλουθο Πίνακα 2.3.

<b>Πίνακας 2.3 Βόρειο ανάπτυγμα πελάγους</b>				
<b>Γωνία <math>\alpha</math> (μοίρες)</b>	<b><math>\cos(\alpha)</math></b>	<b><math>\cos^2(\alpha)</math></b>	<b>Ri (km)</b>	<b>Ri * <math>\cos^2(\alpha)</math></b>
-45	0,707	0,500	0	0,000
-40	0,766	0,587	0	0,000
-35	0,819	0,671	0	0,000
-30	0,866	0,750	0	0,000
-25	0,906	0,821	0	0,000
-20	0,940	0,883	0	0,000
-15	0,966	0,933	0	0,000
-10	0,985	0,970	0	0,000
-5	0,996	0,992	0	0,000
0	1,000	1,000	245	245,000
5	0,996	0,992	230	228,253
10	0,985	0,970	217,5	210,942
15	0,966	0,933	139,5	130,155
20	0,940	0,883	136,5	120,533
25	0,906	0,821	133	109,245
30	0,866	0,750	151	113,250
35	0,819	0,671	189	126,821
40	0,766	0,587	150,5	88,317
45	0,707	0,500	180,5	90,250
<b>Σύνολο</b>	<b>16,903</b>			<b>1462,766</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

---

Οπότε τελικά βρίσκεται με την χρήση της προηγούμενης εξίσωσης ότι το ενεργό ανάπτυγμα πελάγους (effective fetch) για την βόρεια διεύθυνση είναι ίσο με:  
 $F_{eff} = 86.541 \text{ km}$

Η ένταση του ανέμου κατατάσσεται από την Ε.Μ.Υ, σύμφωνα με την διαδεδομένη κλίμακα Beaufort. Η κλίμακα Beaufort έχει 18 βαθμίδες (από 0 έως 17) με πλέον συνήθεις τις βαθμίδες 0 έως 12, καθεμία από τις οποίες αντιστοιχεί σε καθορισμένο πεδίο οριακών τιμών ταχύτητας του ανέμου. Οι βαθμίδες της κλίμακας Beaufort συνδέονται προσεγγιστικά με την ταχύτητα ανέμου σε μίλια ανά ώρα μέσω της σχέσης:

$$V \cong 1.8\sqrt{\text{Beaufort}^3} \quad (2.2)$$

Οι διεθνώς καθιερωμένες αντιστοιχίες μεταξύ της κλίμακας Beaufort και των ταχυτήτων του ανέμου, καθώς και ο αντίστοιχος χαρακτηρισμός του ανέμου παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.4.

**Πίνακας 2.4** Κλίμακα Beaufort κατά την Ε.Μ.Υ

Κλίμακα Beaufort	Ονομασία Ανέμου	Ταχύτητα (m/s)	Μέση ταχύτητα(m/s)	Ταχύτητα (miles/hr)
0	Νηνεμία	0 - 0,2	0,1	0 - 1
1	Υποπνέων	0,3 - 1,5	0,9	1 - 3
2	Ασθενής	1,6 - 3,3	2,45	4 - 7
3	Λεπτός	3,4 - 5,4	4,4	8 - 12
4	Μέτριος	5,5 - 7,9	6,7	13 - 18
5	Λαμπρός	8,0 - 10,7	9,35	19 - 24
6	Ισχυρός	10,8 - 13,8	12,3	25 - 31
7	Σφοδρός	13,9 - 17,1	15,5	32 - 38
8	Θυελλώδης	17,2 - 20,7	18,95	39 - 46
9	Θύελλα	20,8 - 24,4	22,6	47 - 54
10	Ισχυρή Θύελλα	24,5 - 28,4	26,45	55 - 63
11	Σφοδρή Θύελλα	28,5 - 32,6	30,55	64 - 72
12	Τυφώνας	32,7 - 36,9	34,8	73 - 82

Στη συνέχεια ακολουθεί η πρόγνωση των χαρακτηριστικών κύματος σε συνθήκες περιορισμένης ανάπτυξης κυματισμού (fetch limited) για την βόρεια διεύθυνση ανέμου (B) για την περιοχή μελέτης. Χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις από το CEM 2006 (Coastal Engineering Manual) , κεφάλαιο Meteorology and Wave Climate (Part 2 – Chapter 2) .

Τα χαρακτηριστικά του κύματος που θα προκύψουν από τις εξισώσεις είναι :

$T_p$  περίοδος αιχμής

$H_{m0}$  χαρακτηριστικό ύψος κύματος

Ο χρόνος που απαιτείται για την ανάπτυξη συνθηκών περιορισμένης απόστασης κυματισμού είναι :

$$t_{x,u} = 77,23 \cdot \frac{X^{0.67}}{u^{0.34} \cdot g^{0.33}} \quad (2.3)$$

Όπου

$X$  : ενεργό ανάπτυγμα πελάγους

$u$  :  $v_A$

$$v_A = 0,71 \cdot u_t^{1,23} \quad (2.4)$$

$$u_t = \frac{v_{10min}}{1,05} \quad (2.5)$$

$v_{10min}$  : η μέγιστη ταχύτητα της εκάστοτε έντασης του ανέμου, διάρκειας 10 min

- για  $t > t_{x,u}$

όπου  $t$  : διάρκεια πνοής του ανέμου ετησίως

$$\frac{g \cdot H_{m0}}{u_*^2} = 4,13 \cdot 10^{-2} \cdot \left( \frac{g \cdot X}{u_*^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.6)$$

$$\frac{g \cdot T_p}{u_*} = 2,727 \cdot \left( \frac{g \cdot X}{u_*^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2.7)$$

- για  $t < t_{x,u}$

$$\frac{g \cdot X'}{u_*^2} = 5,23 \cdot 10^{-3} \left( \frac{g \cdot t}{u_*} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (2.8)$$

όπου

$X'$  : ισοδύναμο fetch

και

$$u_*^2 = c_D \cdot U_{10}^2 \quad (2.9)$$

$$c_D = 0,001(1,1 + 0,035 \cdot U_{10}) \quad (2.10)$$

για συνθήκες πλήρως αναπτυγμένης θάλασσας

$$\frac{g \cdot H_{m0}}{u_*^2} = 2,115 \cdot 10^2 \quad (2.11)$$

$$\frac{g \cdot T_p}{u_*} = 2,398 \cdot 10^2 \quad (2.12)$$

Κάνοντας χρήση των παραπάνω σχέσεων βρέθηκαν για την βόρεια διεύθυνση ανέμου τα χαρακτηριστικά των κυμάτων για όλες τις εντάσεις του ανέμου και παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 2.5.

Πίνακας 2.5 Χαρακτηριστικά κυμάτων βόρειας διεύθυνσης

Ένταση ανέμου (Beaufort)	Ετήσια διάρκεια πνοής (%)	Χαρακτηριστικό ύψος Hm0 (m)	Χαρακτηριστική περίοδος Ts (s)	Ισοδύναμο fetch(km)
0	0,00	0,00	0,00	0
1	0,29	0,14	2,42	86,541
2	3,45	0,39	3,37	86,541
3	4,83	0,74	4,17	86,541
4	3,61	1,23	4,95	86,541
5	1,25	1,87	5,69	86,541
6	0,49	2,69	6,42	86,541
7	0,18	3,68	7,13	86,541
8	0,06	3,57	6,34	45,796
9	0,01	1,28	2,94	3,554

Με την βοήθεια των χαρακτηριστικών των ανεμογενών κυματισμών που πνέουν στην περιοχή καθώς και με την γνώση της διάρκειας πνοής τους, θα εξαχθεί συμπέρασμα για το χρονικό διάστημα στο οποίο ο λιμένας προσφέρει επαρκή προστασία.

## 2.6 Θέσεις μετρητών

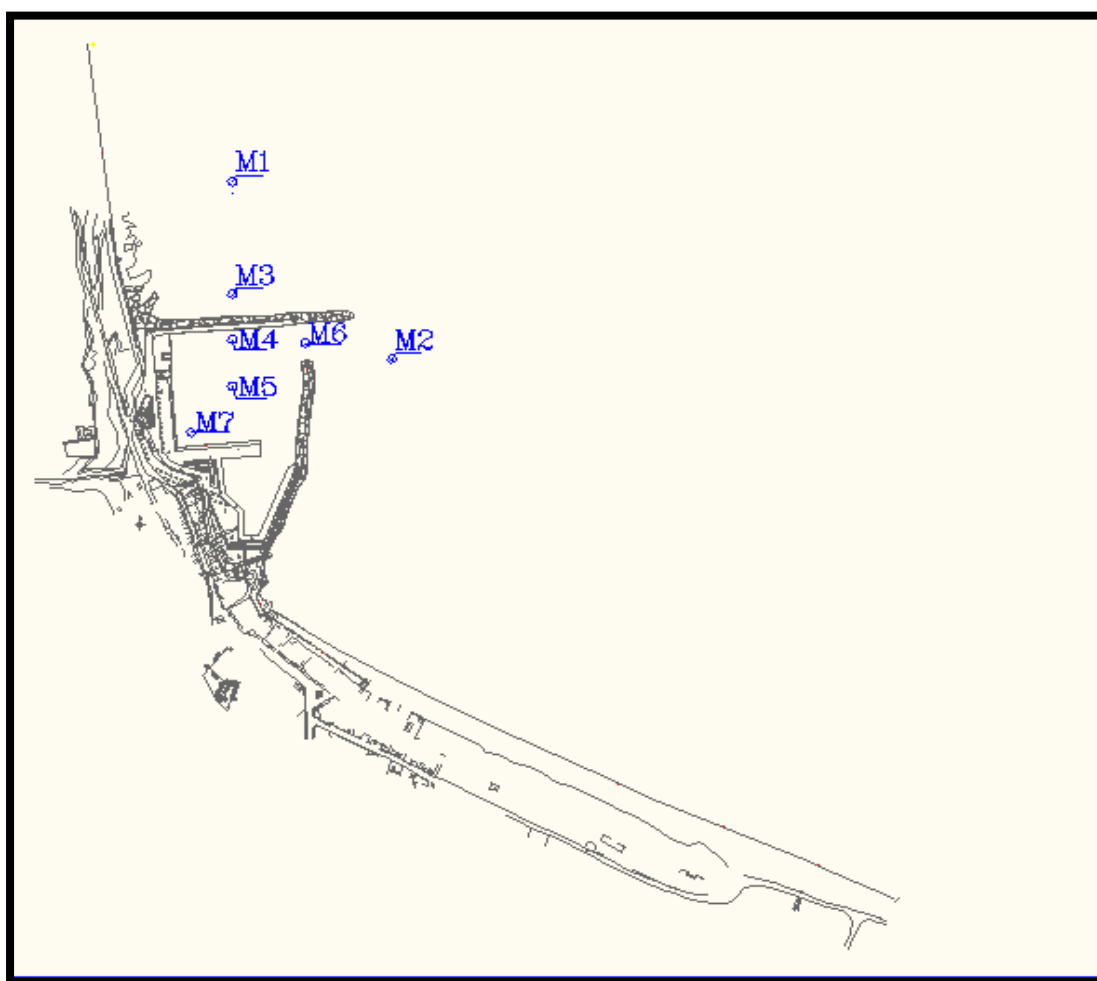
Για τις ανάγκες της συγκεκριμένης μελέτης τοποθετήθηκαν 7 μετρητές σε χαρακτηριστικά σημεία, ώστε να μπορέσει να μετρηθεί το ύψος των κυμάτων σε αυτές τις θέσεις, για κάθε δεδομένο κύμα που χρησιμοποιήθηκε προς προσομοίωση στο υπολογιστικό μοντέλο. Δύο από τους μετρητές βρίσκονται ανάντη του προσήνεμου μώλου, δύο βρίσκονται στην περιοχή της εισόδου της λιμενολεκάνης και οι υπόλοιποι τρεις είναι εντός της λιμενολεκάνης. Οι 7 μετρητές είναι οι εξής :

- **Μετρητής 1** : Βρίσκεται ανάντη του προσήνεμου μώλου, στην νοητή ευθεία του μέσου της λιμενολεκάνης δηλαδή στα 80m από την αρχή του μώλου και σε απόσταση 190m από αυτόν. Η θέση του είναι αρκετά κοντά στην κυματογεννήτρια και χρησιμεύει ως μετρητής ελέγχου, δηλαδή το χαρακτηριστικό ύψος κύματος που εισάγεται για προσομοίωση στο μοντέλο θα πρέπει να συμπίπτει με την μέτρηση του ύψους σε αυτόν τον μετρητή.
- **Μετρητής 2** : Βρίσκεται στην νοητή τομή του άκρου του προσήνεμου μώλου της διάταξης 2 και του άκρου του υπήνεμου μώλου.
- **Μετρητής 3** : Είναι στην ίδια νοητή ευθεία με τον μετρητή 1, ανάντη του προσήνεμου μώλου και απέχει 30m από αυτόν. Τοποθετήθηκε κοντά στον

μώλο ώστε να μετρηθεί το ύψος κύματος σε αυτή τη θέση όπου επηρεάζεται και από το φαινόμενο της ανάκλασης.

- **Μετρητής 4** : Ο μετρητής αυτός είναι στην ίδια νοητή ευθεία με τους μετρητές 1 και 3. Βρίσκεται εντός της λιμενολεκάνης και σε απόσταση 15m από τον προσήνεμο μώλο.
- **Μετρητής 5** : Ο μετρητής 5 είναι συνευθειακός με τους μετρητές 1, 3 και 4 και τοποθετήθηκε στο μέσο της λιμενολεκάνης.
- **Μετρητής 6** : Ο συγκεκριμένος μετρητής βρίσκεται στο μέσο της εισόδου της λιμενολεκάνης.
- **Μετρητής 7** : Ο μετρητής 7 βρίσκεται εντός της λιμενολεκάνης, κοντά στην συμβολή του οριζόντιου και του κάθετου κρηπιδώματος. Αποτελεί πιθανή θέση παραβολής των σκαφών.

Οι θέσεις των 7 μετρητών παρουσιάζονται στο ακόλουθο Σχήμα 2.10 (όπου με M στο σχήμα συμβολίζονται οι μετρητές)



Σχήμα 2.10 Μετρητές ύψους κύματος

Στο επόμενο Κεφάλαιο, με τη χρήση όλων των παραπάνω στοιχείων που συγκεντρώθηκαν, έγινε η κατάστρωση του υπολογιστικού μοντέλου ώστε να διεξαχθούν οι απαραίτητες αριθμητικές εφαρμογές, με σκοπό την συλλογή των απαιτούμενων αποτελεσμάτων για την εξαγωγή συμπερασμάτων.





---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

---

### ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ MIKE 21 BW

---

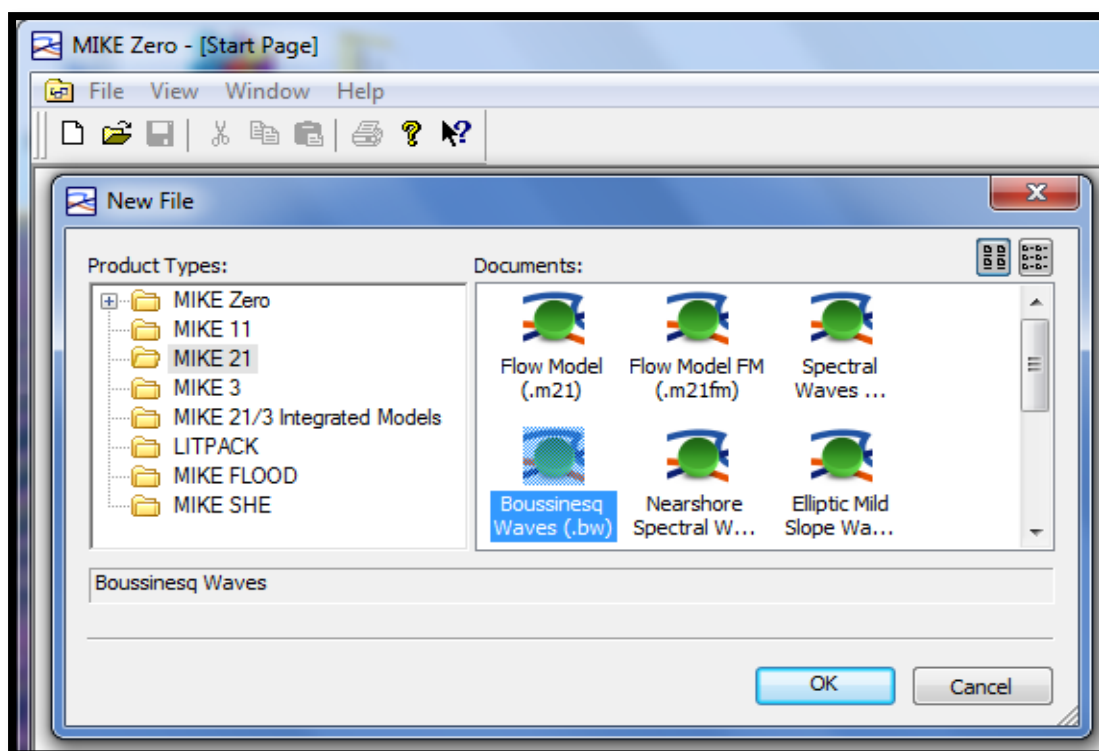
#### 3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται όλη η διαδικασία που αφορά στη χρήση του υπολογιστικού προγράμματος MIKE 21 BW. Συγκεκριμένα επεξηγείται ποιές είναι οι παράμετροι που είναι απαραίτητες για την χρήση του προγράμματος και τον τρόπο με τον οποίο επιλέχθηκαν. Επίσης παρουσιάζεται και ο τρόπος δημιουργίας αρχείων μορφής MIKE, τα οποία εισάγονται στο πρόγραμμα για την ορθή χρήση του. Ουσιαστικά το παρόν κεφάλαιο αποτελεί το εγχειρίδιο χρήσης του προγράμματος για την συγκεκριμένη μελέτη.

#### 3.2 Πρόγραμμα MIKE 21 BW

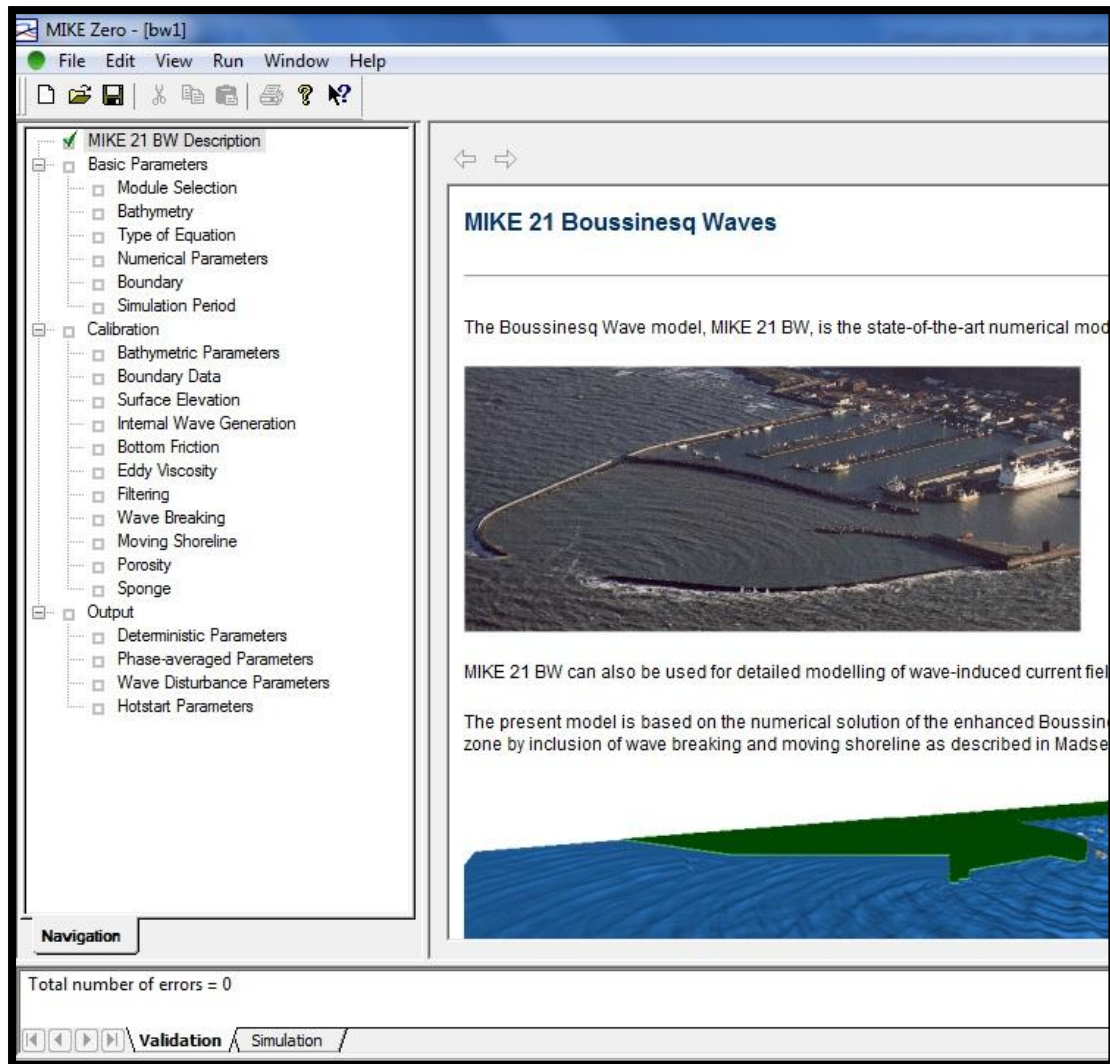
Το πρόγραμμα MIKE 21 BW είναι ένα από τα μοντέλα που διαθέτει το MIKE 21 και αποτελεί αριθμητικό μοντέλο για τον υπολογισμό και την ανάλυση κυμάτων μικρών και μεγάλων περιόδων σε λιμένες και παράκτιες περιοχές. Το μοντέλο βασίζεται στην επίλυση των βελτιωμένων εξισώσεων Boussinesq όπως διατυπώθηκαν από τους Madsen and Sørensen (1992). Το μοντέλο έχει επεκταθεί στην ζώνη θραύσης μέσω της ένταξης της θραύσης των κυματισμών και της μετακίνησης της ακτογραμμής, όπως περιγράφεται στους Madsen et al. (1997a,b), Sørensen et al. (1998), Sørensen και Sørensen (2001) και Sørensen et al. (2004). Το MIKE 21 BW είναι σε θέση να αναπαράγει τη συνδυασμένη επίδραση όλων των σημαντικών κυματικών φαινομένων που αφορούν λιμένες και ακτομηχανική. Σε αυτά περιλαμβάνονται: η διάθλαση, η περίθλαση, η θραύση κυματισμών, η τριβή πυθμένα, η μετακίνηση ακτογραμμής, η μερική ανάκλαση και μετάδοση, η μη γραμμική αλληλεπίδραση κυματισμών, η συχνότητα και η κατεύθυνση εξάπλωσης. Φαινόμενα, όπως η ομαδοποίηση κυμάτων, η θραύση, η παραγωγή των οριακών υποαρμονικών και υπεαρμονικών και οι αλληλεπιδράσεις τριάδας κοντά στην ακτή, μπορούν επίσης να περιγραφούν από το μοντέλο. Κατά συνέπεια, λεπτομέρειες όπως η παραγωγή και η απελευθέρωση των χαμηλής συχνότητας ταλαντώσεων λόγω του αρχικού μετασχηματισμού κυμάτων περιγράφονται καλά στο μοντέλο. Για το άνοιγμα και την εφαρμογή ενός τέτοιου προγράμματος, αφού έχει εγκατασταθεί στον υπολογιστή το πακέτο MIKE ZERO της εταιρίας DHI, ανοίγεται, επιλέγεται File →

New → File, στη συνέχεια εμφανίζεται ένας πίνακας όπου επιλέγεται MIKE 21 και έπειτα επιλέγεται με διπλό κλικ το Boussinesq Waves (.bw). Έτσι ανοίγει το πρόγραμμα με το οποίο θα διεξαχθούν οι απαιτούμενες αριθμητικές προσομοιώσεις. Η διαδικασία που ακολουθείται φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



**Σχήμα 3.1** Επιλογή προγράμματος MIKE 21 BW

Με την χρήση του συγκεκριμένου προγράμματος έγιναν οι αριθμητικές εφαρμογές για κάθε ένα από τα 9 κύματα που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και για τις 3 διαφορετικές διατάξεις του προσήνεμου μώλου που επιλέχθηκαν. Δηλαδή το πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκε 27 φορές, ώστε να εξαχθούν τα αποτελέσματα που απαιτούνται, για τα ύψη κύματος σε χαρακτηριστικές θέσεις που έχουν οριστεί. Για τη ορθή χρήση του προγράμματος απαιτείται κάθε φορά η εισαγωγή των κατάλληλων παραμέτρων που ζητάει το πρόγραμμα. Οι παράμετροι αυτές φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.2 Πρόγραμμα MIKE 21 BW

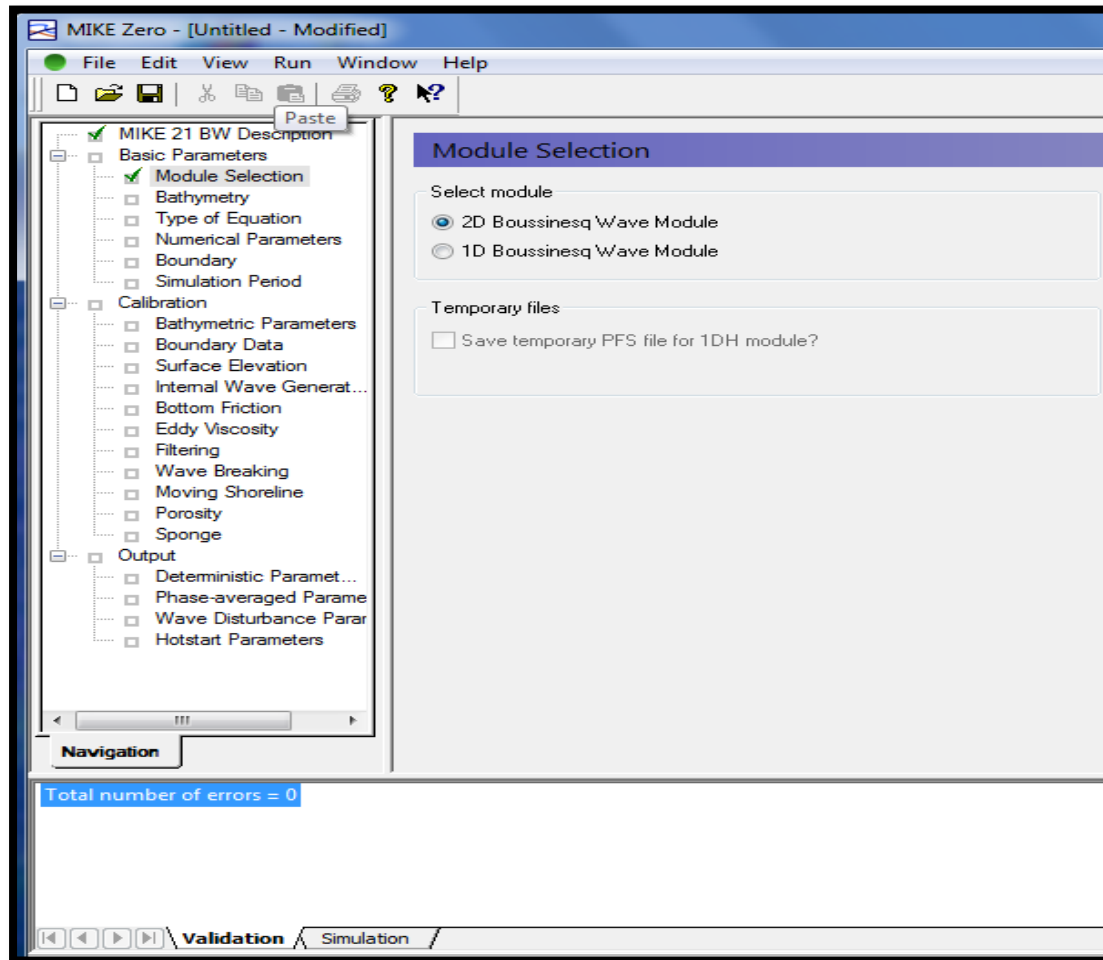
Από το Σχήμα 3.2 παρατηρείται ότι το πρόγραμμα περιλαμβάνει 3 βασικές ενότητες, με τις δικές της παραμέτρους έκαστη, που πρέπει να συμπληρωθούν ώστε να γίνει η προσομοίωση των κυμάτων, και είναι οι εξής:

- Basic Parameters - Βασικές Παράμετροι
- Calibration – Βαθμονόμηση
- Output – Παράγωγα

Στα επόμενα υποκεφάλαια παρουσιάζεται αναλυτικά πώς επιλέχθηκε η κάθε μία, δηλαδή η διαδικασία εισαγωγής δεδομένων για την ορθή χρήση του προγράμματος.

### 3.3 Βασικές Παράμετροι - Basic Parameters

- Επιλογή μοντέλου - Module selection



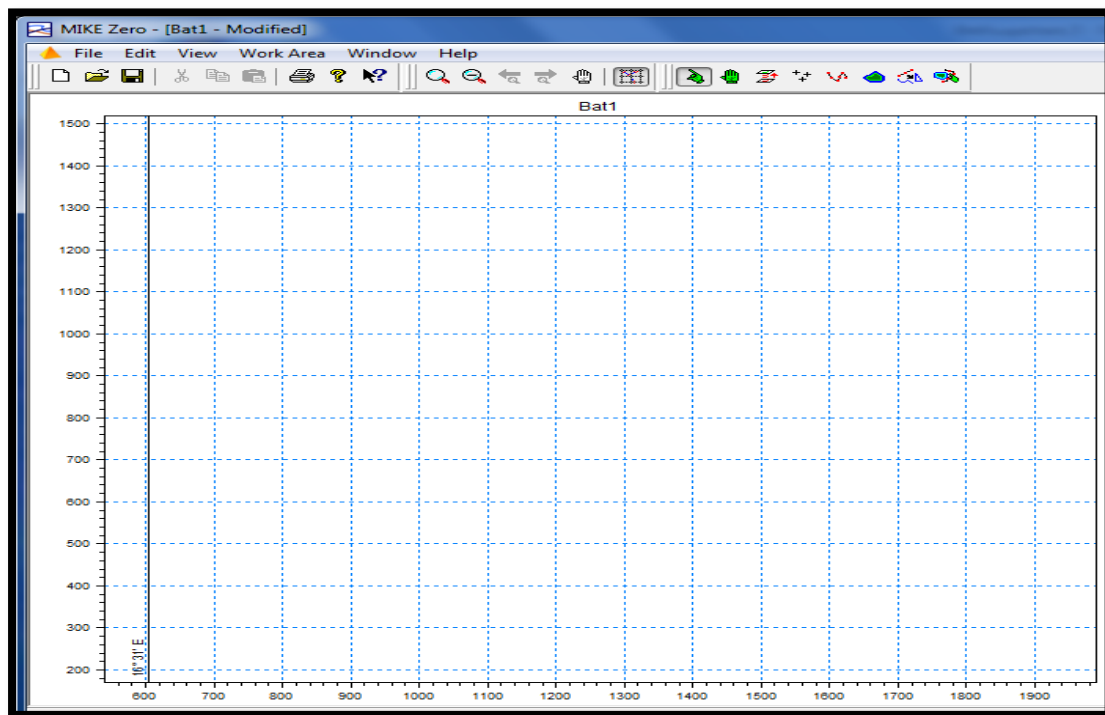
Σχήμα 3.3 Επιλογή μοντέλου

Επιλέχθηκε 2D Boussinesq Wave Module, δηλαδή δισδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης, καθώς η περιοχή μελέτης αποτυπώθηκε σε κάναβο. Με το μοντέλο 2D επιλύονται οι εξισώσεις Boussinesq με την μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών με μεταβλητή που ορίζεται σε χωρικό – εναλλασσόμενο ορθογωνικό κάναβο, και επιλέγεται συνήθως για τον υπολογισμό βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων κυματικών διαταραχών σε λιμένες.

- **Βαθυμετρία - Bathymetry**

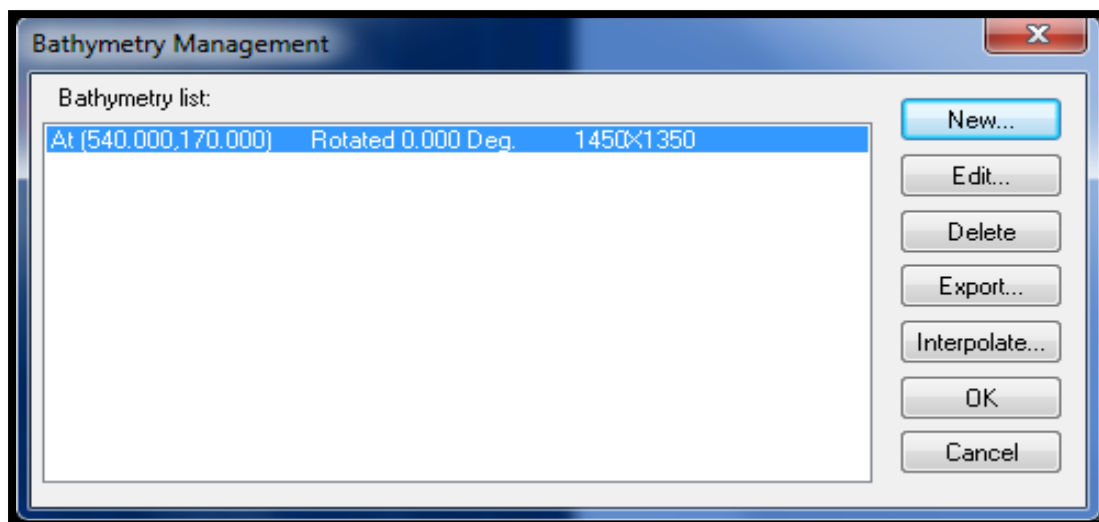
Για την χρήση του προγράμματος, αρχικό και καθοριστικό βήμα είναι η αποτύπωση των ισοϋψών του πυθμένα της λιμενολεκάνης, αλλά και της ευρύτερης περιοχής γύρω από την λεκάνη, ώστε να δημιουργηθεί σε αρχείο μορφής MIKE η βαθυμετρία της περιοχής. Για την περιοχή μελέτης δημιουργήθηκαν 3 διαφορετικές βαθυμετρίες με την κάθε μια να αντιστοιχεί σε μια από τις 3 διαφορετικές διατάξεις του προσήνεμου μώλου.

Η διαδικασία δημιουργίας της βαθυμετρίας έχει ως εξής: Αρχικά από το αρχείο AutoCAD όπου περιλαμβάνει την ευρύτερη περιοχή του λιμένα επιλέχθηκε μία περιοχή μελέτης με διαστάσεις, κατά τον άξονα x,  $\Delta x = 1450\text{m}$  και κατά τον άξονα y,  $\Delta y = 1350\text{m}$ . Οι συγκεκριμένες διαστάσεις για την περιοχή μελέτης ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις που υπαγορεύει το εγχειρίδιο του προγράμματος. Η περιοχή αυτή σώζεται σε αρχείο μορφής .bmp. Στην συνέχεια πρέπει να δημιουργηθεί ένα αρχείο βαθυμετρίας από το MIKE ZERO, οπότε ανοίγεται, επιλέγεται File → New → File και στον πίνακα που ανοίγει επιλέγεται MIKE Zero και τελικά το αρχείο bathymetries(.batsf). Ακολούθως ανοίγει ένας πίνακας όπου προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά της περιοχής και πλέον είναι έτοιμο το αρχείο της βαθυμετρίας για επεξεργασία, όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



**Σχήμα 3.4** Αρχείο βαθυμετρίας προς επεξεργασία.

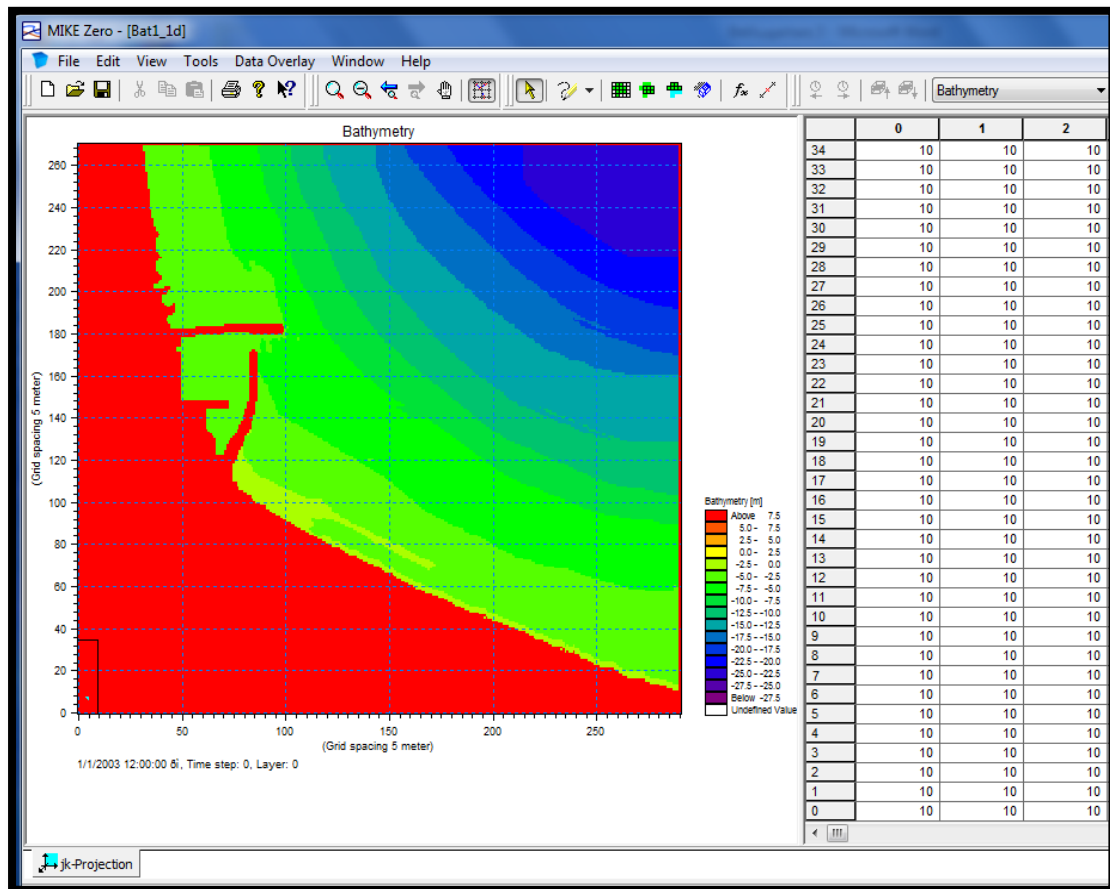
Στην περιοχή που φαίνεται στο Σχήμα 3.4 εισάγεται το αρχείο μορφής .bmp που περιλαμβάνει την περιοχή μελέτης, με τον προσήνεμο μώλο, τον υπήνεμο μώλο, τα όρια της στεριάς και τις ισοβαθείς της περιοχής, ώστε με την εντολή add contours να σχεδιαστούν όλα τα παραπάνω και με την εντολή edit contour level να δοθεί το κατάλληλο υψόμετρο. Για την τιμή της στεριάς σύμφωνα με το εγχειρίδιο του προγράμματος επιλέγεται η τιμή 10. Αφού γίνουν τα παραπάνω, επιλέγεται η εντολή Work area → Bathymetry management → New και στον πίνακα που ανοίγει ορίζεται το διάστημα του καννάβου κατά x και κατά y σε  $Dx = Dy = 5m$ , συνήθης τιμή σύμφωνα με το εγχειρίδιο του προγράμματος για μελέτη λιμένα και η διάσταση του καννάβου όπου υπολογίζεται κατά x σε:  $\frac{\Delta x}{Dx} + 1 = \frac{1450}{5} + 1 = 291$  σημεία και κατά y σε:  $\frac{\Delta y}{Dy} + 1 = \frac{1350}{5} + 1 = 271$  σημεία. Επίσης επιλέγεται και η τιμή που αντιπροσωπεύει την στεριά ίση με 10. Στην συνέχεια εμφανίζεται το εικονίδιο της διαχείρισης βαθυμετρίας, το οποίο παριστάνεται στο Σχήμα 3.5, όπου πλέον επιλέγοντας την εντολή Interpolate ( Γραμμική Παρεμβολή) , το πρόγραμμα κάνει γραμμική παρεμβολή μεταξύ των τιμών των ισοβαθών και δίνει ένα καινούργιο αρχείο (με μορφή .dfs2).



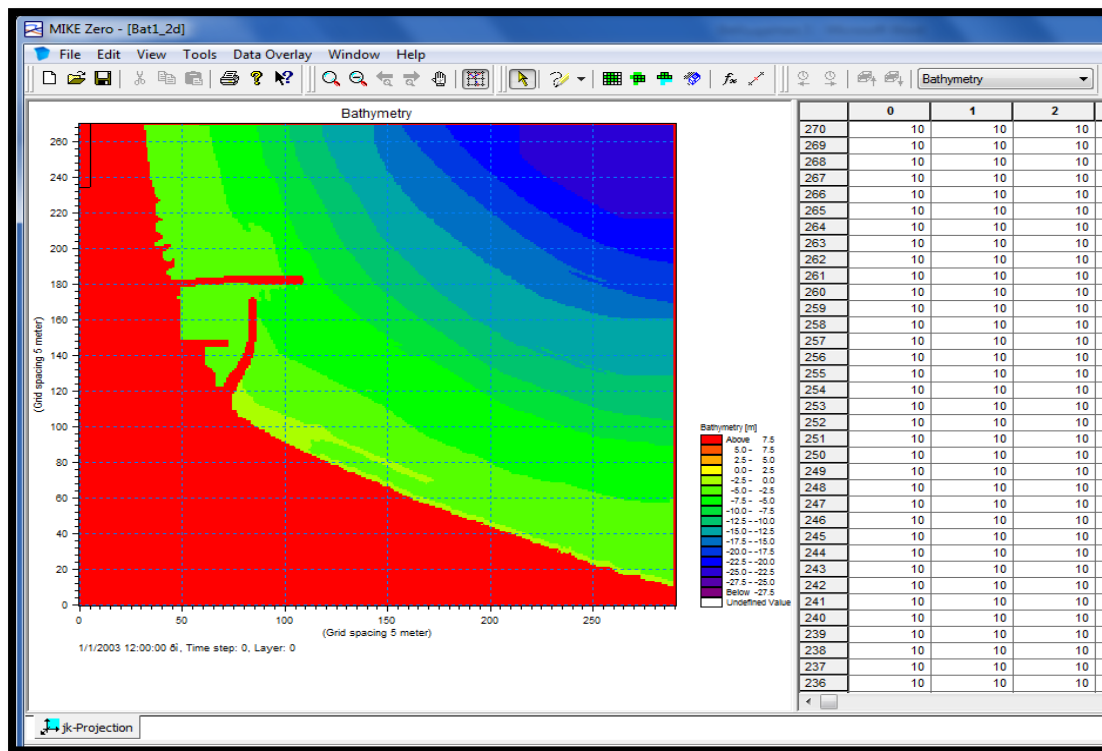
**Σχήμα 3.5** Εικονίδιο διαχείρισης βαθυμετρίας

Το καινούργιο αρχείο που δημιουργείται είναι ουσιαστικά η τελική μορφή της βαθυμετρίας καθώς έχουν δοθεί τιμές με βάθη για την περιοχή μελέτης σε ολόκληρο τον κάνναβο. Η όλη διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω γίνεται 3 φορές αφού εξετάζονται 3 διαφορετικές διατάξεις του προσήνεμου μώλου. Έτσι δημιουργούνται 3

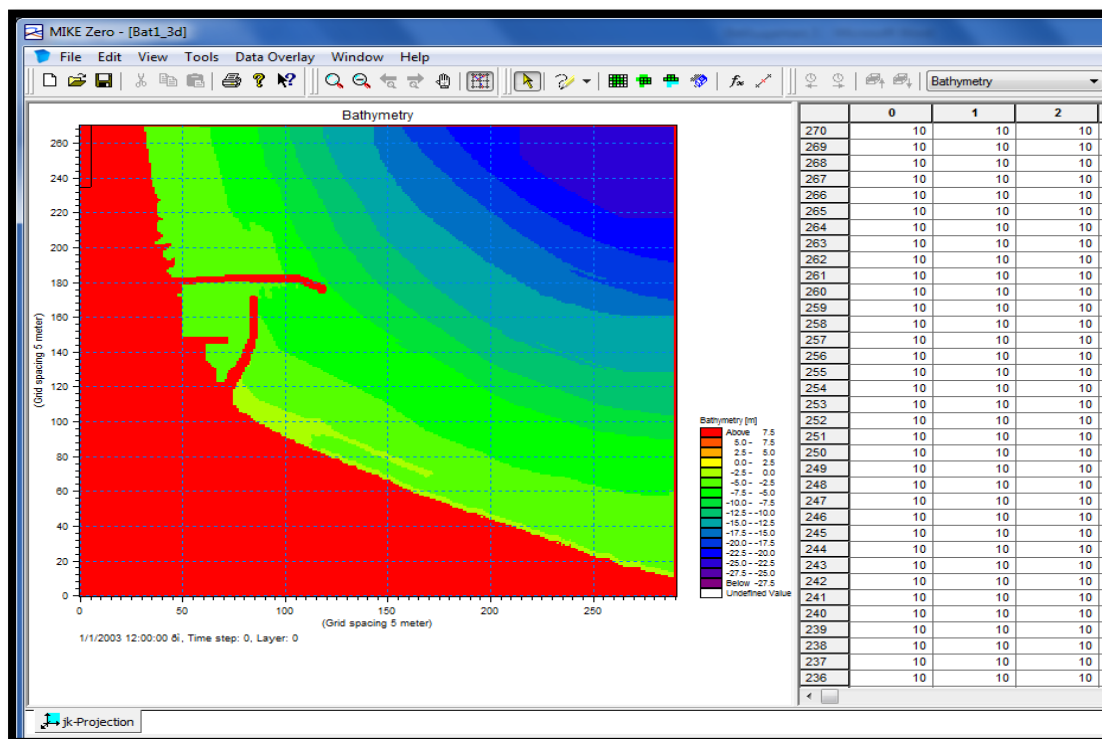
διαφορετικά αρχεία βαθυμετρίας (με μορφή .dfs2) με κάθε ένα να αντιστοιχεί σε μια διάταξη. Οι τελικές βαθυμετρίες για τις διατάξεις 1, 2 και 3 παρουσιάζονται στα ακόλουθα σχήματα 3.6, 3.7 και 3.8 αντίστοιχα.



Σχήμα 3.6 Βαθυμετρία διάταξης 1



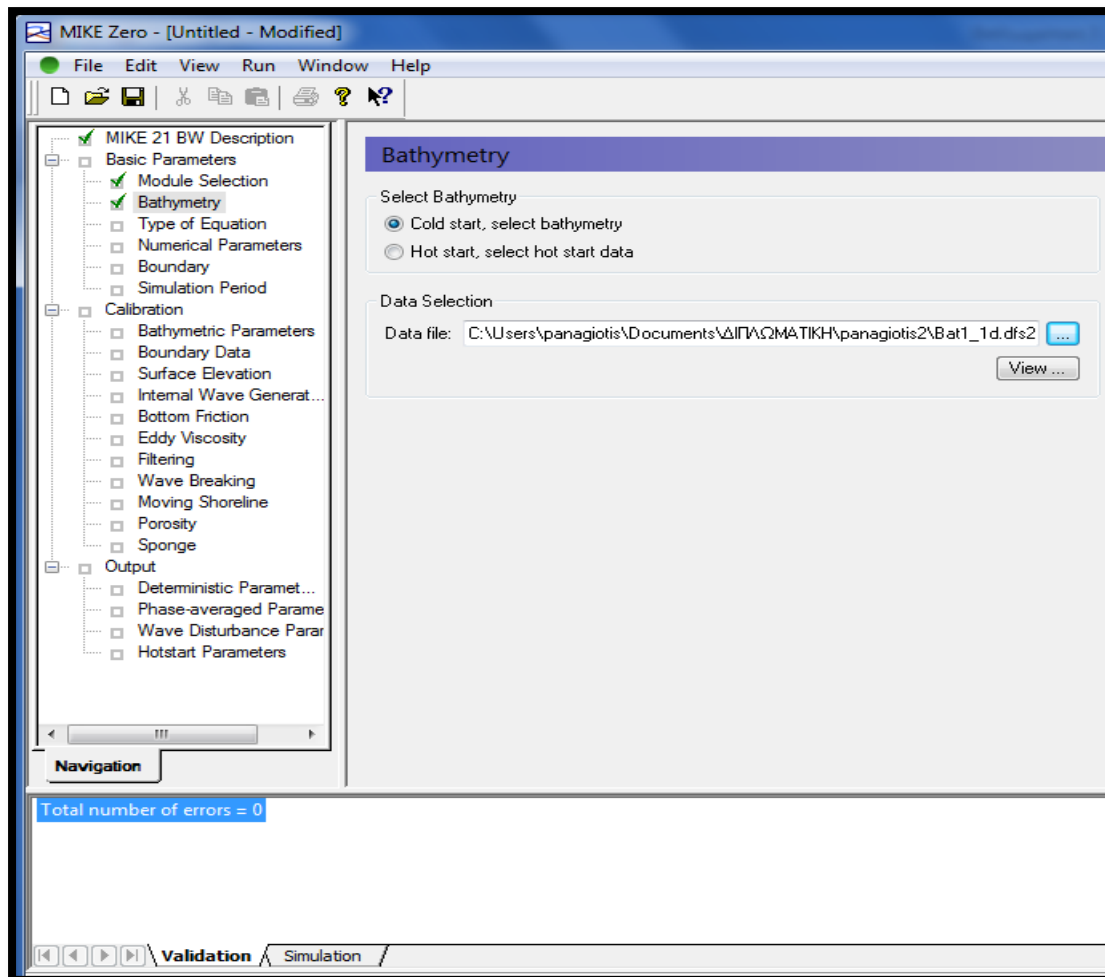
Σχήμα 3.7 Βαθυμετρία διάταξης 2



Σχήμα 3.8 Βαθυμετρία διάταξης 3



Έχοντας πλέον δημιουργηθεί οι βαθυμετρίες για κάθε διάταξη του προσήνεμου μώλου και ανάλογα ποια διάταξη χρειάζεται κάθε φορά να προσομοιαστεί, εισάγεται το ανάλογο αρχείο στην παράμετρο της βαθυμετρίας του προγράμματος. Επίσης στην συγκεκριμένη παράμετρο επιλέγεται η εντολή: “Cold start, select bathymetry”. Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται ώστε το πρόγραμμα να ξεκινάει κάθε προσομοίωση με την επιφάνεια της θάλασσας να έχει υψόμετρο 0, σε αντίθεση με την εναλλακτική εντολή, όπου πρέπει να έχει γίνει από πριν κάποια προσομοίωση και ουσιαστικά συνεχίζεται οποιαδήποτε καινούργια από το τέλος της προηγούμενης. Η διαδικασία εισαγωγής βαθυμετρίας παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 3.9 Εισαγωγή βαθυμετρίας

• Τύπος εξισώσεως - Type of equation

Στην παράμετρο αυτή πρέπει να επιλεγούν οι εξισώσεις Boussinesq με τις οποίες θα λειτουργήσει το πρόγραμμα. Αυτές είναι είτε οι κλασσικές εξισώσεις Boussinesq, οι οποίες χρησιμοποιούνται όταν ο λόγος του μέγιστου βάρους:  $h_{max}$  και του μικρότερου μήκους κύματος:  $L_0$ , είναι μικρότερος της τιμής 0.22, δηλαδή  $h_{max}/L_0 < 0.22$ , είτε οι βελτιωμένες εξισώσεις Boussinesq οι οποίες επιτρέπουν την αύξηση της τιμής του λόγου αυτού σε επίπεδα τιμών 0.5 έως 0.8, δηλαδή  $h_{max}/L_0 = 0.5 \sim 0.8$ . Στην συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιούνται οι βελτιωμένες εξισώσεις Boussinesq καθώς τα κύματα που εισάγονται προς προσομοίωση δίνουν λόγο  $h_{max}/L_0 = 0.5 \sim 0.8$ . Το σύστημα εξισώσεων για το 2DH BW module είναι:

Εξίσωση συνέχειας:

$$n \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} = 0 \quad (3.1)$$

Εξίσωση ποσότητας κίνησης κατά x:

$$n \frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial \left( \frac{P^2}{h} \right)}{\partial x} + \frac{\partial \left( \frac{PQ}{h} \right)}{\partial y} + \frac{\partial R_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial R_{xy}}{\partial x} + F_x n^2 gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + n^2 P \left[ \alpha + \beta \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{h} \right] + \frac{gP \sqrt{P^2 + Q^2}}{h^2 C^2} + n \Psi_1 = 0 \quad (3.2)$$

Εξίσωση ποσότητας κίνησης κατά y:

$$n \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left( \frac{Q^2}{h} \right)}{\partial y} + \frac{\partial \left( \frac{PQ}{h} \right)}{\partial x} + \frac{\partial R_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial R_{xy}}{\partial x} + F_y n^2 gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + n^2 P \left[ \alpha + \beta \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{h} \right] + \frac{gQ \sqrt{P^2 + Q^2}}{h^2 C^2} + n \Psi_2 = 0 \quad (3.3)$$

Όπου οι όροι διασποράς  $\Psi_1$  και  $\Psi_2$  δίνονται από τις ακόλουθες εκφράσεις:

$$\begin{aligned} \Psi_1 \equiv & -\left(B + \frac{1}{3}\right)d^2(P_{xxt} + Q_{xyt}) - nBgd^3(\zeta_{xxx} + \zeta_{xyy}) - \\ & - dd_x \left( \frac{1}{3}P_{xt} + \frac{1}{6}Q_{yt} + nBgd(2\zeta_{xx} + \zeta_{yy}) \right) - dd_y \left( \frac{1}{6}Q_{xt} + nBgd\zeta_{xy} \right) \end{aligned} \quad (3.4)$$

$$\begin{aligned} \Psi_2 \equiv & -\left(B + \frac{1}{3}\right)d^2(P_{xyt} + Q_{yyt}) - nBgd^3(\zeta_{yyy} + \zeta_{xxy}) - \\ & - dd_y \left( \frac{1}{3}Q_{yt} + \frac{1}{6}P_{xt} + nBgd(2\zeta_{yy} + \zeta_{xx}) \right) - dd_x \left( \frac{1}{6}P_{yt} + nBgd\zeta_{xy} \right) \end{aligned} \quad (3.5)$$

Οι δείκτες x,y και t υποδηλώνουν μερικά διαφορικά αναφορικά με το χώρο και το χρόνο αντίστοιχα.

Οι όροι που εμφανίζονται στις εξισώσεις ερμηνεύονται ως:

P πυκνότητα ροής κατά x σε  $m^3/(msec)$

Q πυκνότητα ροής κατά y σε  $m^3/(msec)$

B Boussinesq όρος διασποράς

$F_x$  όρος οριζόντιας τάσης κατά x

$F_y$  όρος οριζόντιας τάσης κατά y

x,y καρτεσιανές συντεταγμένες

t χρόνος σε sec

h συνολικό βάθος ( $h=d+\zeta$ )

d βάθος μέσης στάθμης ηρεμίας

g επιτάχυνση βαρύτητας

n πορώδες

C αριθμός αντίστασης Chezy σε  $m^{1/2}/sec$

a συντελεστής αντίστασης για στρωτή ροή σε πορώδες μέσο

β συντελεστής αντίστασης για τυρβώδη ροή σε πορώδες μέσο

ζ ανύψωση θαλάσσιας επιφάνειας πάνω από σημείο αναφοράς σε m

Οι όροι  $R_{xx}$ ,  $R_{xy}$ , και  $R_{yy}$  αναλύονται στη συνέχεια.

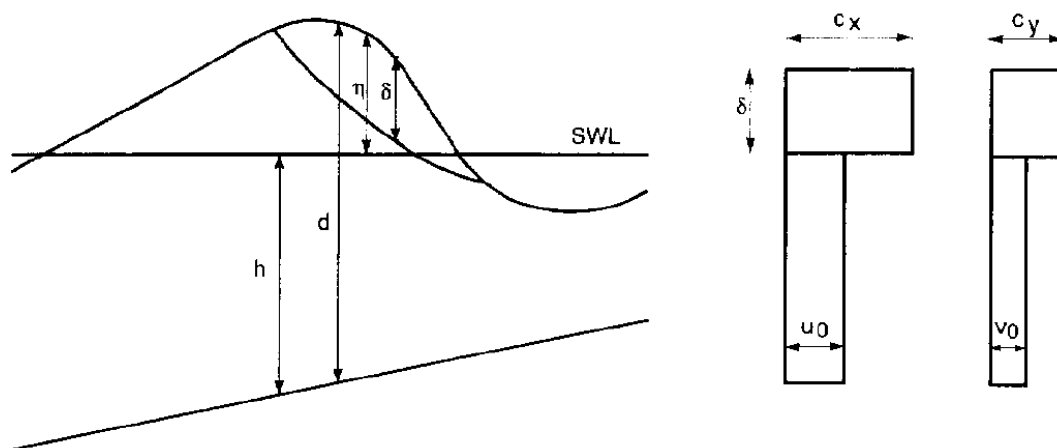
Οι όροι οριζόντιας τάσης περιγράφονται με τη χρήση μιας σχέσης κλίσης της τάσης (gradient-stress) η οποία δίνει:

$$F_x = - \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( v_t \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( v_t \left( \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial Q}{\partial x} \right) \right) \right] \quad (3.6)$$

$$F_y = - \left[ \frac{\partial}{\partial y} \left( v_t \frac{\partial Q}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( v_t \left( \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial P}{\partial y} \right) \right) \right] \quad (3.7)$$

Όπου το  $v_t$  είναι η οριζόντια τυρβώδης συνεκτικότητα.

Ένας μηχανισμός για την προσομοίωση της απώλειας ενέργειας λόγω θραύσης, στα μοντέλα Boussinesq, είναι ο «επιφανειακός κύλινδρος» (surface roller). Η ιδέα αυτή, της επιρροής του επιφανειακού κυλίνδρου στην κίνηση του κυματισμού, προτάθηκε από τον Svendsen (1984a). Οι Madsen et al. (1997), βασιζόμενοι στην αρχή ότι ο επιφανειακός κύλινδρος παίρνεται υπόψη σαν ένας όγκος νερού που «μεταφέρεται» από το κύμα με την ταχύτητα του κυματισμού, εξέλιξαν αυτό το κριτήριο. Η αρχή αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την κάθετη διανομή της οριζόντιας συνιστώσας της ταχύτητας που απεικονίζεται στο Σχ. 3.10. Θεωρώντας αυτό το προφίλ ταχύτητας να ισχύει κατά τη θραύση εξήγαγαν τις εξισώσεις (3.1), (3.2) και (3.3).



**Σχήμα 3.10** Κάθετο προφίλ οριζόντιας ταχύτητας θραυόμενου κυματισμού (Madsen et al. 1997).

Οι όροι  $R_{xx}$ ,  $R_{xy}$ , και  $R_{yy}$  αντιστοιχούν στην επιπρόσθετη ορμή η οποία προκύπτει από την ανομοιόμορφη κατανομή της ταχύτητας λόγω της παρουσίας του επιφανειακού κυλίνδρου (surface roller) και ορίζονται ως:

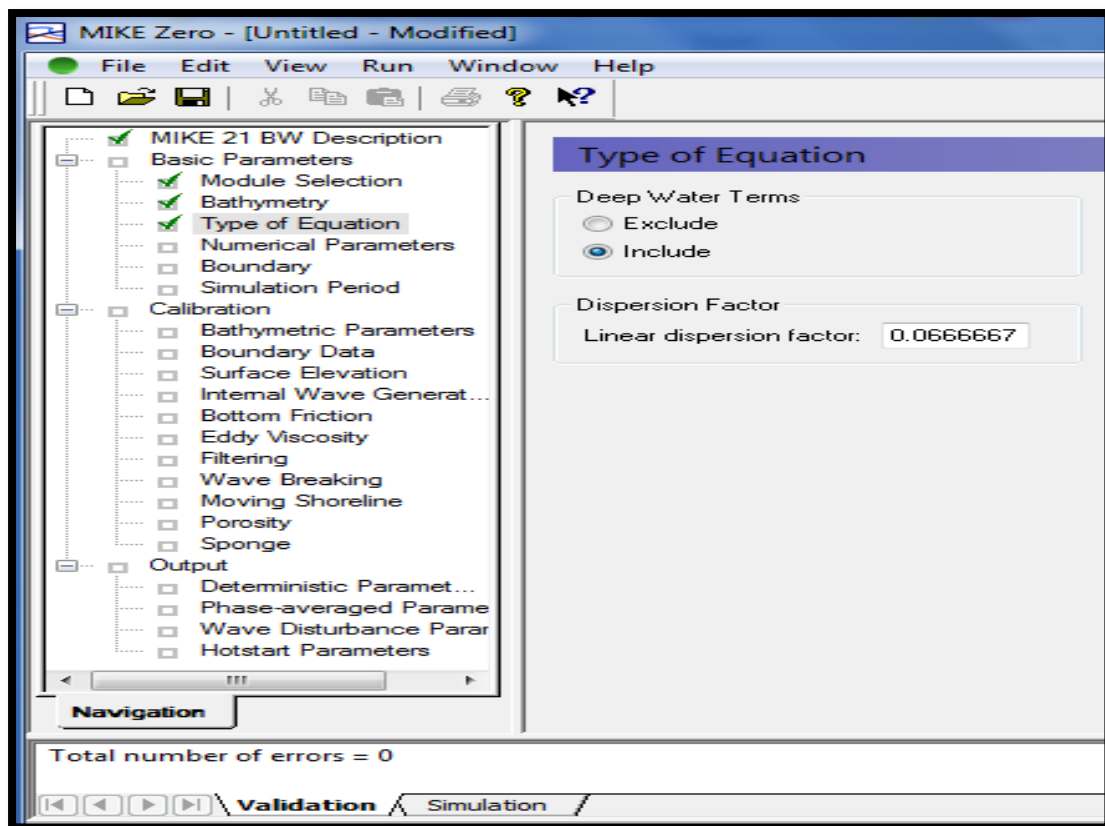
$$R_{xx} = \frac{\delta}{1 - \delta/d} \left( c_x - \frac{P}{d} \right)^2 \quad (3.8)$$

$$R_{xy} = \frac{\delta}{1 - \delta/d} \left( c_x - \frac{P}{d} \right) \left( c_y - \frac{Q}{d} \right) \quad (3.9)$$

$$R_{yy} = \frac{\delta}{1 - \delta/d} \left( c_y - \frac{Q}{d} \right)^2 \quad (3.10)$$

Εδώ  $\delta = \delta(x, y, t)$  είναι το πάχος του επιφανειακού κυλίνδρου και  $c_x$ ,  $c_y$  οι συνιστώσες της ταχύτητας φάσης του.

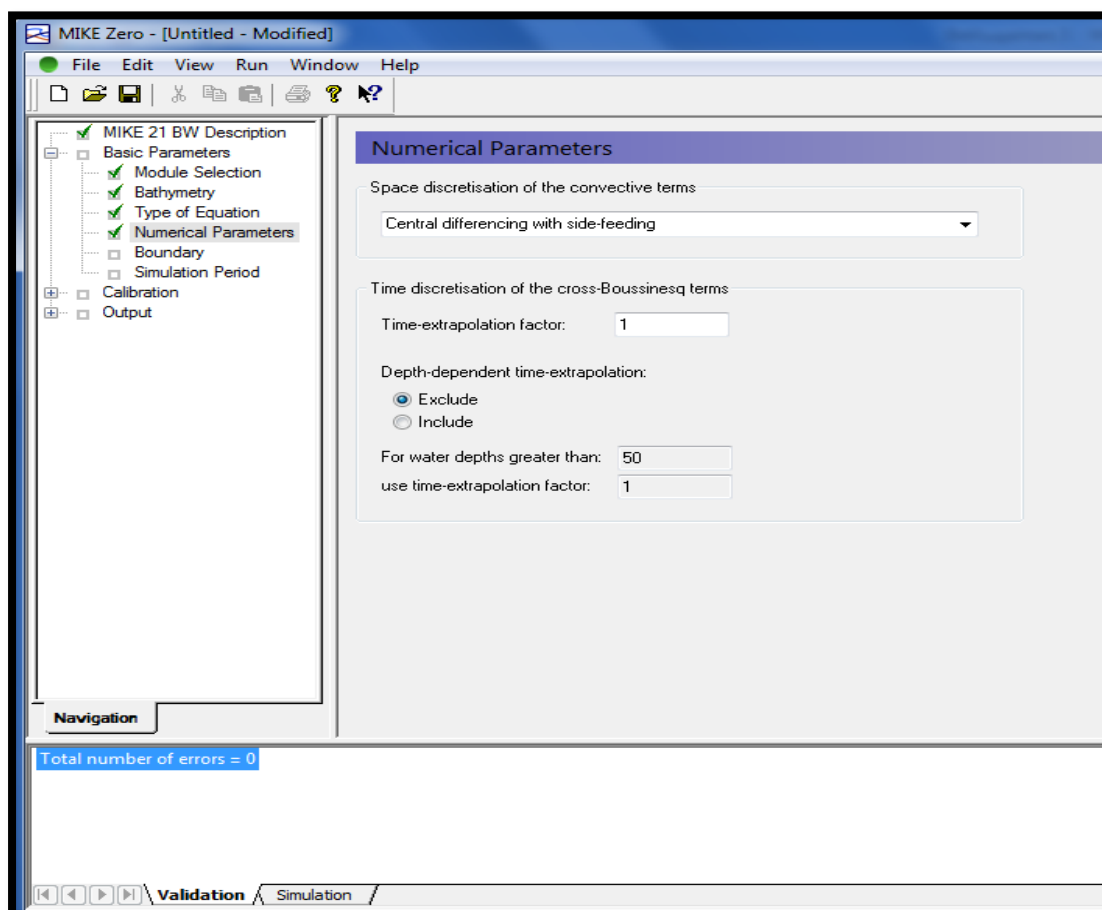
Για την επιλογή των βελτιωμένων εξισώσεων Boussinesq, όπου αναγράφει “Deep Water Terms”, επιλέγεται η εντολή: “Include”. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η παράμετρος του τύπου εξισώσεως.



Σχήμα 3.11 Τύπος εξισώσεως

• **Αριθμητικές Παράμετροι – Numerical Parameters**

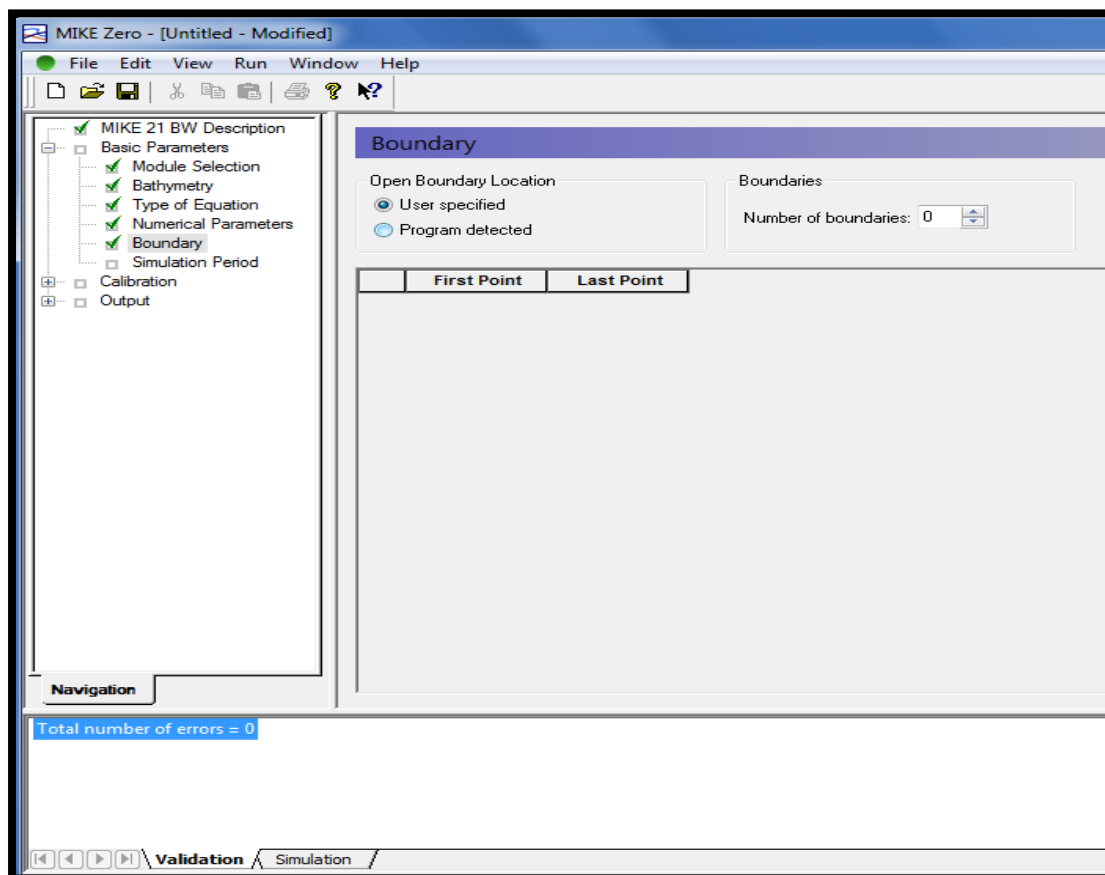
Σε αυτήν την παράμετρο διευκρινίζεται η μέθοδος για την χωρική διακριτοποίηση των εκ μεταφοράς όρων και την χρονική διακριτοποίηση των διαγώνιων όρων Boussinesq. Επιλέγεται η εντολή : “Central differencing with side-feeding” , δηλαδή με μέθοδο πεπερασμένων διαφορών όπου χρησιμοποιείται η τεχνική των κεντρικών διαφορών για τους εκ μεταφοράς όρους με κεντροθετημένους τους διαγώνιους όρους χωρίς αριθμητικό διασκεδασμό. Στην εντολή : “Time-extrapolation factor” επιλέγεται η τιμή 1 καθώς προτείνεται από το εγχειρίδιο του προγράμματος και συνίσταται η μείωσή της σε περίπτωση που υπάρξει πρόβλημα κατά τη χρήση του προγράμματος. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η επιλογή των αριθμητικών παραμέτρων.



Σχήμα 3.12 Αριθμητικές παράμετροι

- Όρια – Boundaries

Στην παράμετρο αυτή καθορίζονται τα όρια της βαθυμετρίας. Αυτά είτε μπορούν να καθοριστούν απ'τον χρήστη του προγράμματος είτε από το πρόγραμμα καθ'αυτό. Τα όρια μπορούν να είναι είτε ανοιχτά είτε κλειστά. Στην συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιούνται κλειστά όρια τα οποία όμως θεωρούνται πλήρως ανακλαστικά. Πρώτον, για την δημιουργία κλειστών ορίων, εισάγεται στα αρχεία της βαθυμετρίας, όπου υπάρχει περιμετρικά θάλασσα, η τιμή 10 στον κάναβο, η οποία αντιπροσωπεύει την ξηρά, και δεύτερον για την αντιμετώπιση της ανάκλασης εισάγεται στην παράμετρο “Sponge” ένα αρχείο που δίνει την δυνατότητα στα όρια που δεν υπάρχει ανάκλαση, να μην ανακλάται το κύμα αλλά να απορροφάται. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η επιλογή της παραμέτρου των ορίων.

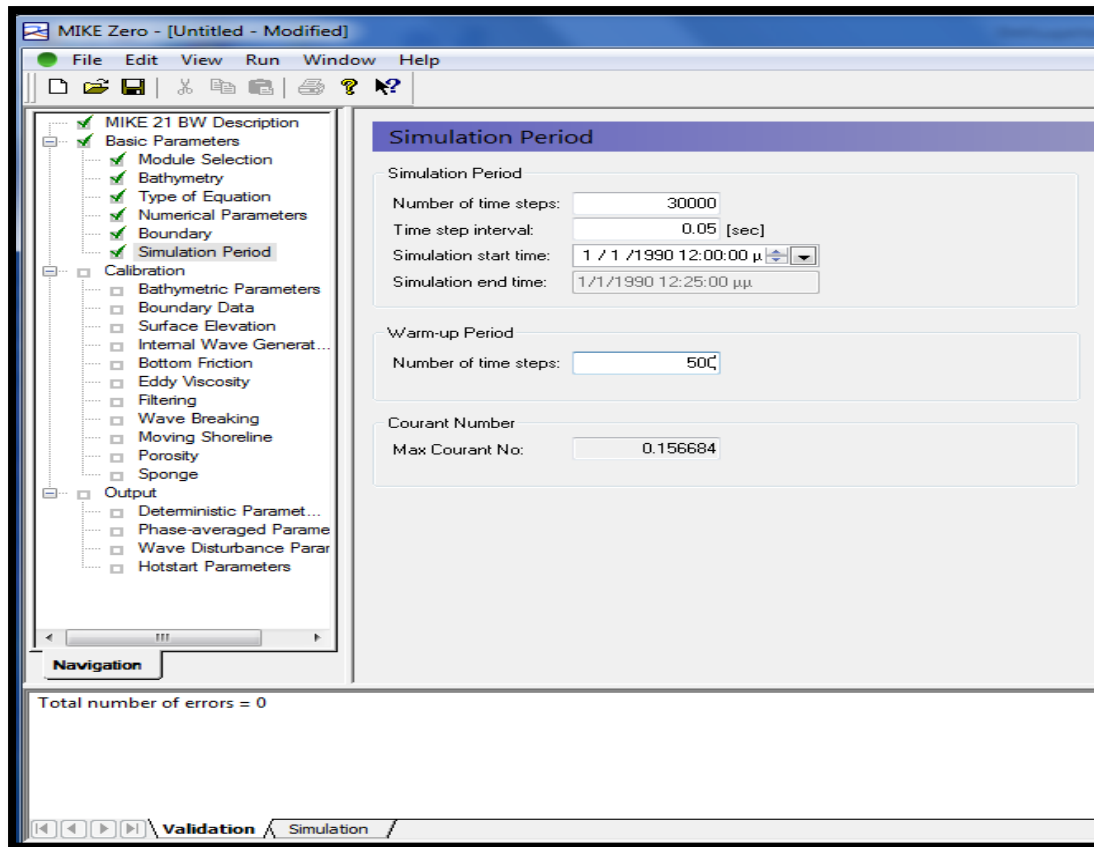


Σχήμα 3.13 Όρια

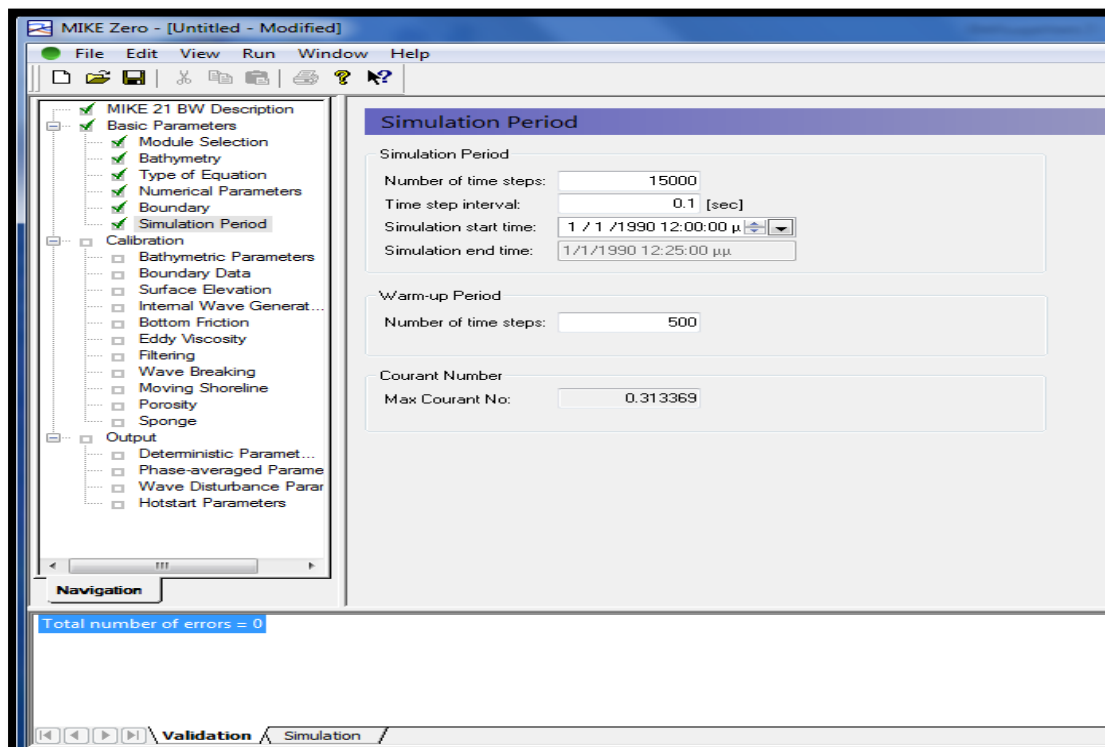
- **Περίοδος προσομοίωσης – Simulation Period**

Στην παράμετρο αυτή καθορίζεται ο χρόνος προσομοίωσης των κυμάτων στο πρόγραμμα. Στο εγχειρίδιο του προγράμματος προτείνεται ένας χρόνος της τάξης των 20 – 30 λεπτών για ικανοποιητική προσομοίωση των κυματικών φαινομένων. Στην συγκεκριμένη μελέτη ο χρόνος προσομοίωσης καθορίστηκε στα 25 λεπτά καθώς για όλες τις αριθμητικές εφαρμογές το ύψος κύματος συγκλίνει στους μετρητές, δηλαδή τα 25 λεπτά είναι αρκετά ώστε να δώσουν σωστά αποτελέσματα. Για τα κύματα με περίοδο  $T=4s$  χρησιμοποιήθηκε χρονικό βήμα (“time step interval”) 0.05s και 30000 χρονικά βήματα (“time steps”) ενώ για αυτά με περιόδους  $T=5s$  και  $T=6.7s$  χρησιμοποιήθηκε χρονικό βήμα 0.10s και 15000 χρονικά βήματα ώστε να επιτευχθεί ο χρόνος των 25 λεπτών. Σύμφωνα με το εγχειρίδιο του προγράμματος τυπικές τιμές του χρονικού βήματος είναι της τάξης των 0.05s – 0.1s. Επίσης ο αριθμός Courant, που είναι συνάρτηση του χρονικού βήματος και υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα, δεν πρέπει να υπερβαίνει την μονάδα, οπότε αποτελεί κριτήριο για την επιλογή του χρονικού βήματος. Στην παράμετρο αυτή καθορίζεται επίσης και η “περίοδος προθέρμανσης” (Warm-up period) η οποία δημιουργεί τις αρχικές συνθήκες και αποσκοπεί στο να μην υπάρξει πρόβλημα στην διαδικασία προσομοίωσης. Ορίζονται 500 χρονικά βήματα για όλες τις αριθμητικές εφαρμογές. Στο Σχήμα 3.14 φαίνεται η επιλογή της παραμέτρου για τα κύματα με περίοδο  $T=4s$  και στο Σχήμα 3.15 για τα κύματα με περιόδους  $T=5s$  και  $T=6.7s$ .





Σχήμα 3.14 Περίοδος προσομοίωσης για κύματα με  $T=4s$

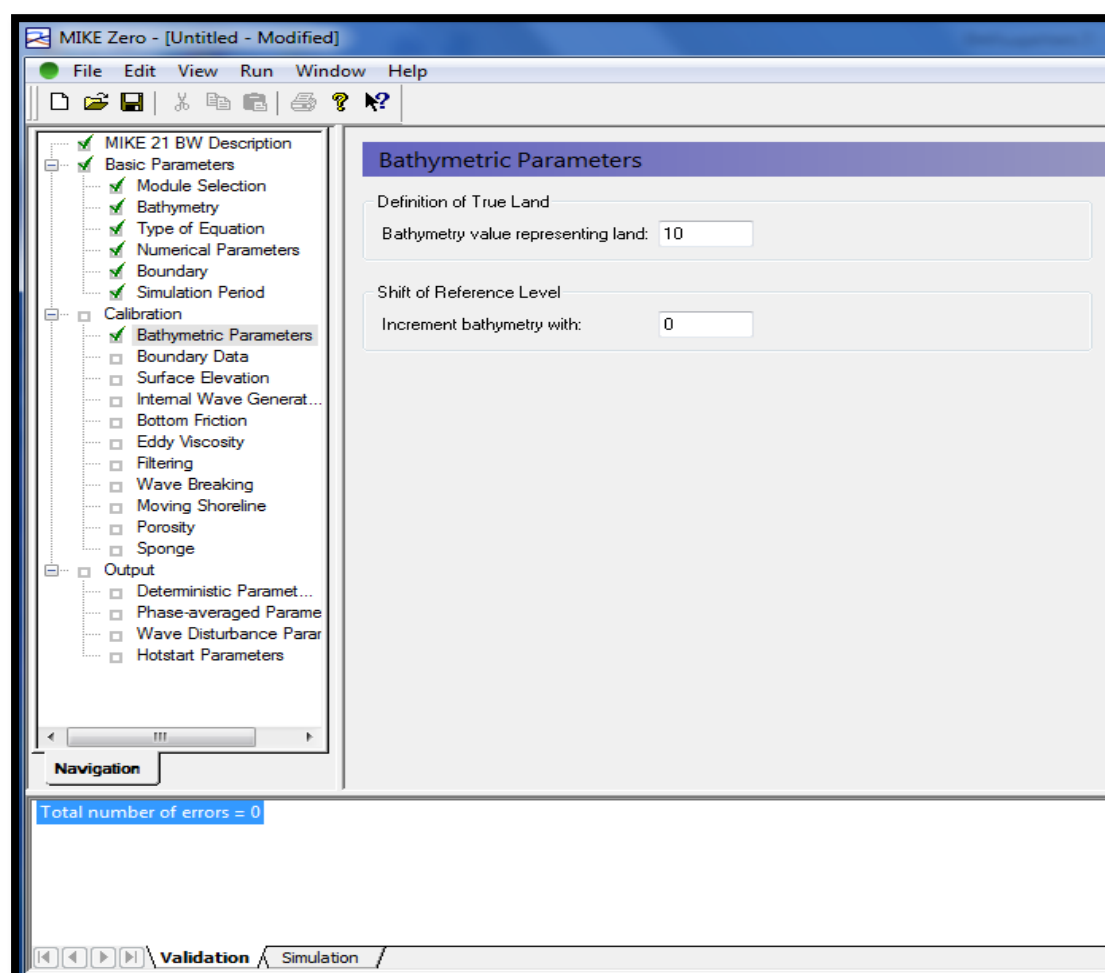


Σχήμα 3.15 Περίοδος προσομοίωσης για κύματα με  $T=5s$  και  $T=6.7s$

### 3.4 Βαθμονόμηση - Calibration

- **Παράμετροι βαθυμετρίας - Bathymetric Parameters**

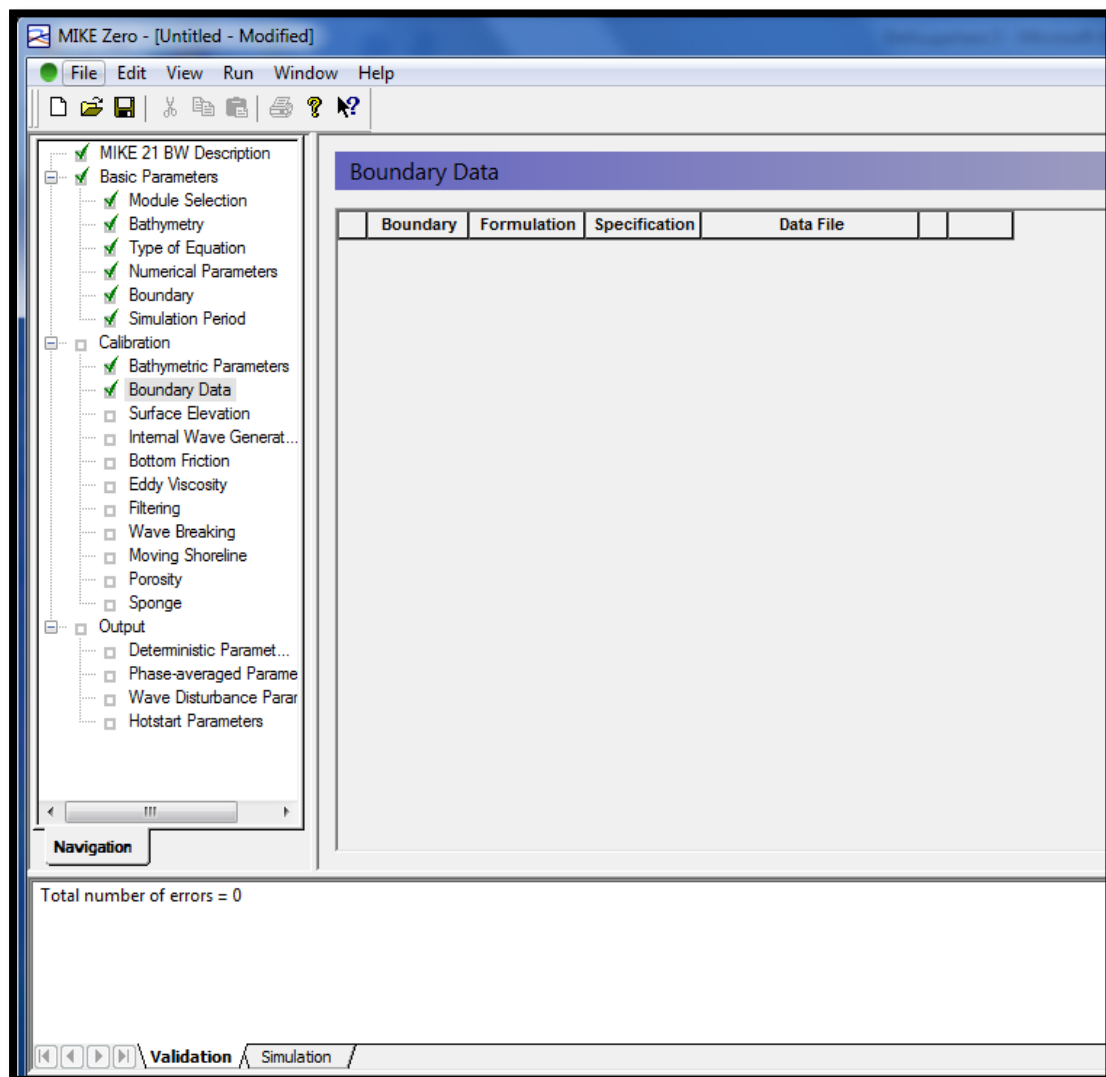
Στην συγκεκριμένη παράμετρο εισάγεται η τιμή που στην χρησιμοποιούμενη κάθε φορά βαθυμετρία αντιπροσωπεύει την ξηρά και στην συγκεκριμένη μελέτη είναι η τιμή 10. Αυτή είναι η ελάχιστη τιμή καθώς κάθε τιμή πάνω από 10 θα αντιπροσωπεύει και αυτή ξηρά. Επίσης καθορίζεται και η τιμή του επιπέδου αναφοράς που ορίζεται στην τιμή 0. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η επιλογή της συγκεκριμένης παραμέτρου.



Σχήμα 3.16 Παράμετροι βαθυμετρίας

- **Δεδομένα ορίων - Boundary Data**

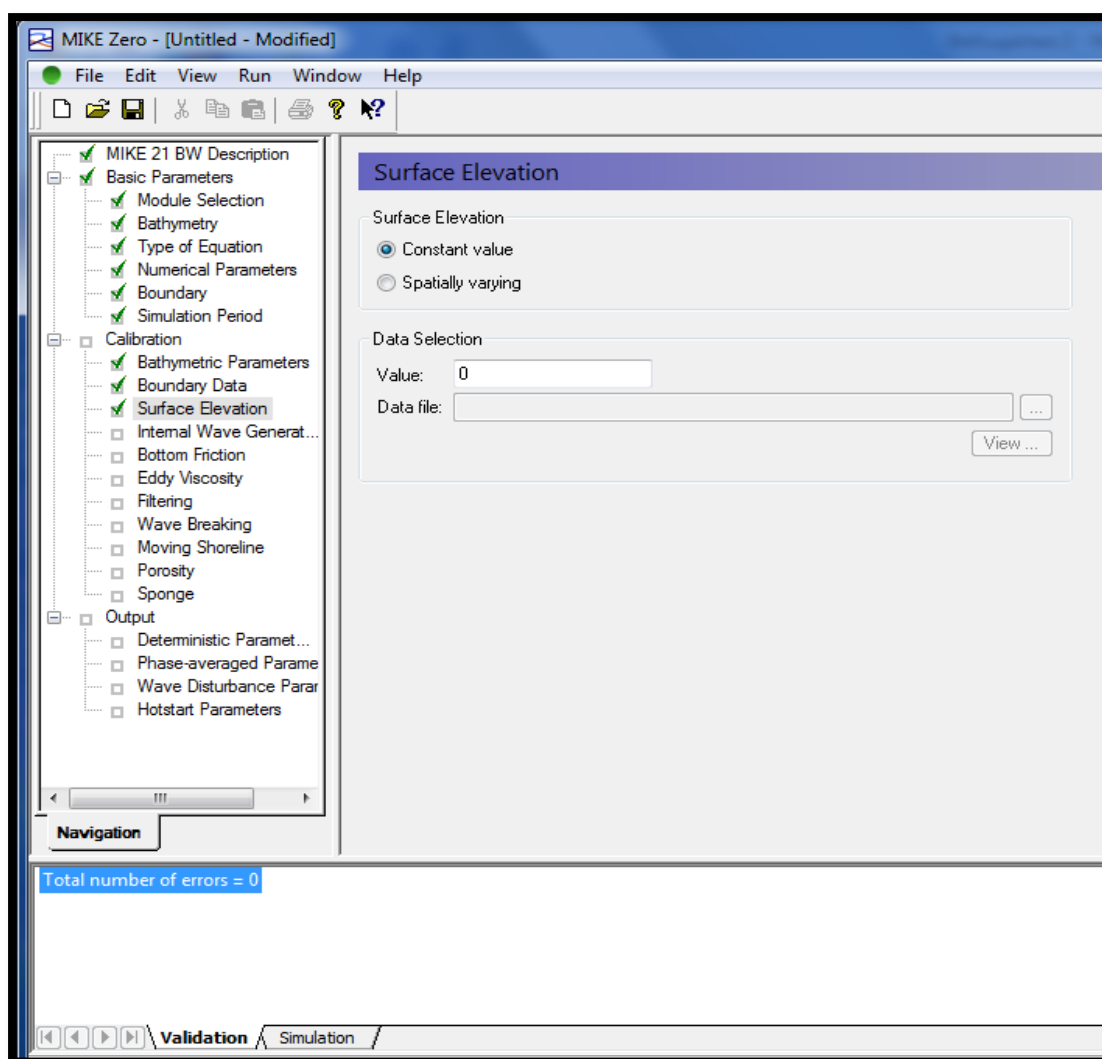
Στην συγκεκριμένη ενότητα δεν απαιτείται οτιδήποτε προς συμπλήρωση καθώς όπως αναφέρθηκε στην ενότητα των βασικών παραμέτρων επιλέχθηκε στην παράμετρο των ορίων η περιοχή μελέτης να αποτελείται από κλειστά όρια. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η παράμετρος των δεδομένων ορίων.



**Σχήμα 3.17** Δεδομένα ορίων

- **Ανύψωση επιφάνειας - Surface elevation**

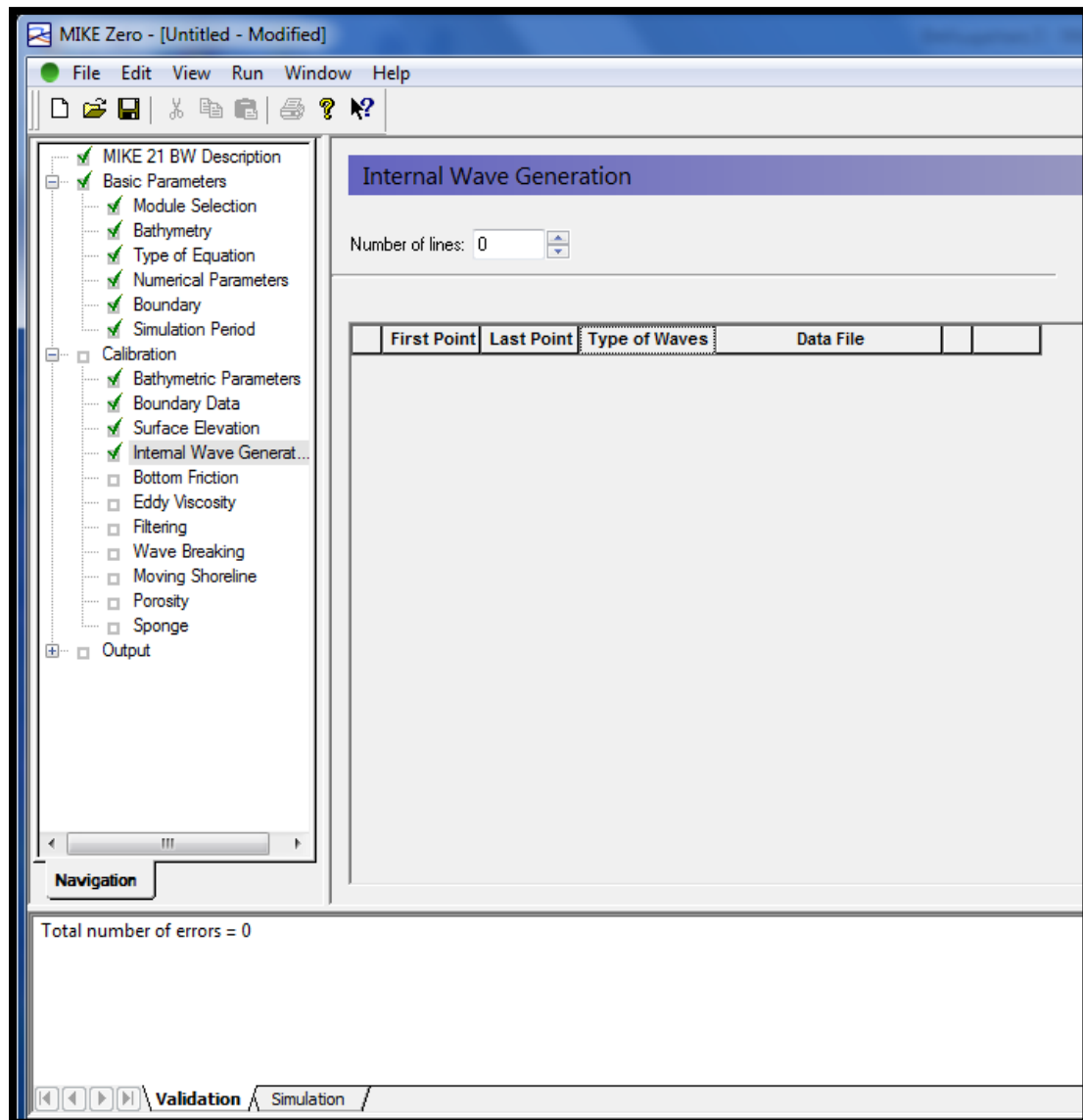
Στην συγκεκριμένη παράμετρο επιλέγεται η τιμή της ανύψωσης επιφάνειας. Μπορεί να επιλεγεί είτε μια σταθερή τιμή για όλη την περιοχή μελέτης είτε διαφορετικές τιμές που εισάγονται στο πρόγραμμα με αρχείο που περιέχει κάναβο 2 διαστάσεων. Στην συγκεκριμένη μελέτη ορίζεται το 0 σαν σταθερή τιμή της στάθμης της επιφάνειας καθώς δεν υπάρχει ανύψωση. Στο Σχήμα 3.18 φαίνεται η παράμετρος της ανύψωσης επιφάνειας.



**Σχήμα 3.18** Ανύψωση επιφάνειας

- **Κυματογεννήτρια - Internal wave generation**

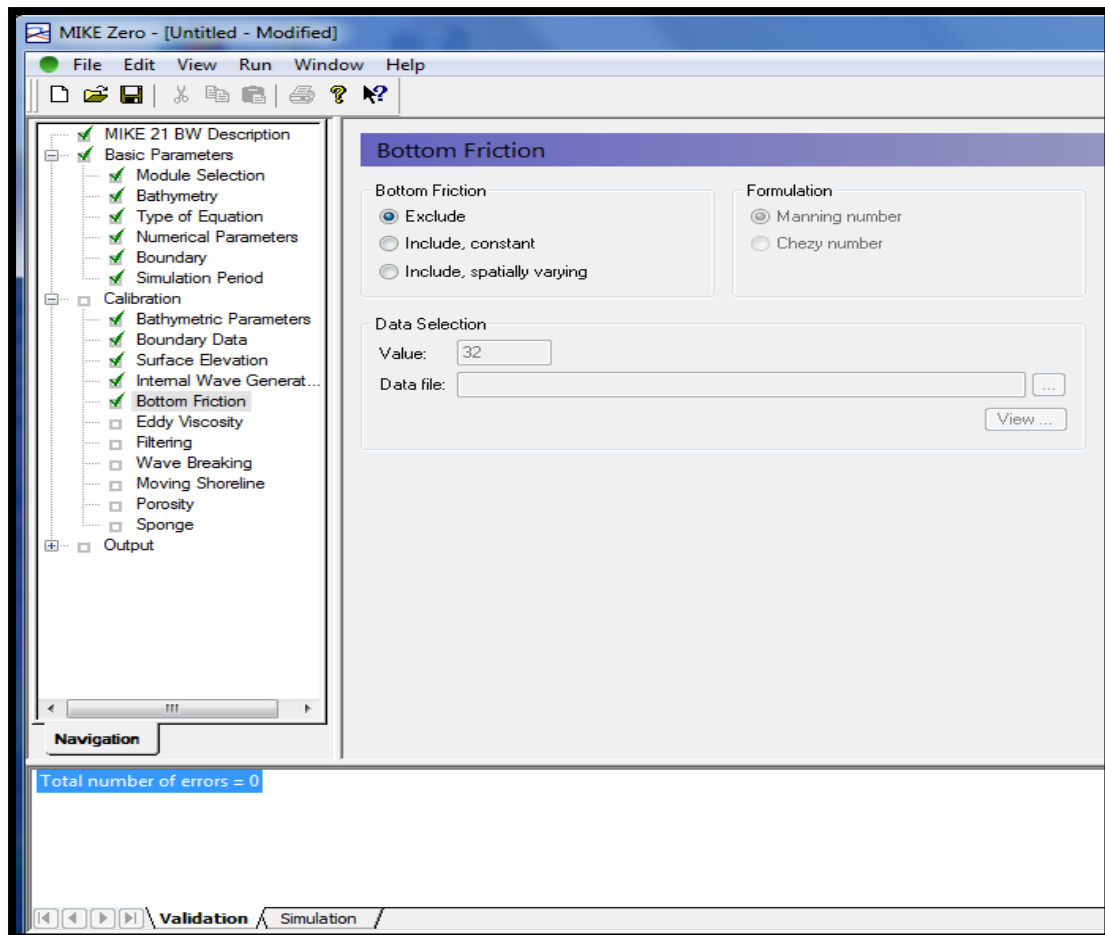
Στην παράμετρο αυτή καθορίζεται η θέση της κυματογεννήτριας η οποία πρέπει να είναι παράλληλη είτε στον άξονα x είτε στον άξονα y του καννάβου της βαθυμετρίας. Πίσω από την θέση της κυματογεννήτριας πρέπει να υπάρχει απόσβεση των κυμάτων η οποία πραγματοποιείται με την εισαγωγή στο πρόγραμμα αρχείου “σπόγκου” που αποτελεί παράμετρο του προγράμματος. Η κυματογεννήτρια στην συγκεκριμένη μελέτη βρίσκεται βόρεια της περιοχής καθώς μελετώνται κύματα με κατεύθυνση από βορρά προς νότο και ορίζεται με 2 σημεία στον κάνναβο, παράλληλη προς τον άξονα x. Επιπλέον, στην παράμετρο αυτή εισάγεται κάθε φορά με μορφή αρχείου το κύμα που προορίζεται για προσομοίωση. Τα κύματα που χρησιμοποιήθηκαν στις αριθμητικές εφαρμογές είναι μονοχρωματικά με περιόδους  $T=4s$ ,  $T=5s$ ,  $T=6.7s$  και ύψη 1m, 1.5m και 2m, οπότε για την δημιουργία κάθε κύματος μέσω του Mike 21 Toolbox, επιλέγεται μονοχρωματικό κύμα, δίνεται το ύψος και η περίοδος του και αποθηκεύεται σε αρχείο για να χρησιμοποιηθεί προς προσομοίωση. Επομένως, στην παράμετρο αυτή, στην εντολή: “Number of lines” επιλέγεται 1, στην εντολή: “First Point” , “Last Point” δίνονται τα σημεία της κυματογεννήτριας στον κάνναβο, στην εντολή: “Type of Waves” επιλέγεται “One-dimensional” καθώς τα κύματα είναι μονοχρωματικά μίας διεύθυνσης και τέλος στην εντολή “Data File” εισάγεται κάθε φορά ανάλογα με την προσομοίωση το αρχείο με το κύμα και τα χαρακτηριστικά του που έχει δημιουργηθεί για την συγκεκριμένη προσομοίωση. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η παράμετρος της κυματογεννήτριας.



Σχήμα 3.19 Κοματογεννήτρια

- **Τριβή πυθμένα - Bottom Friction**

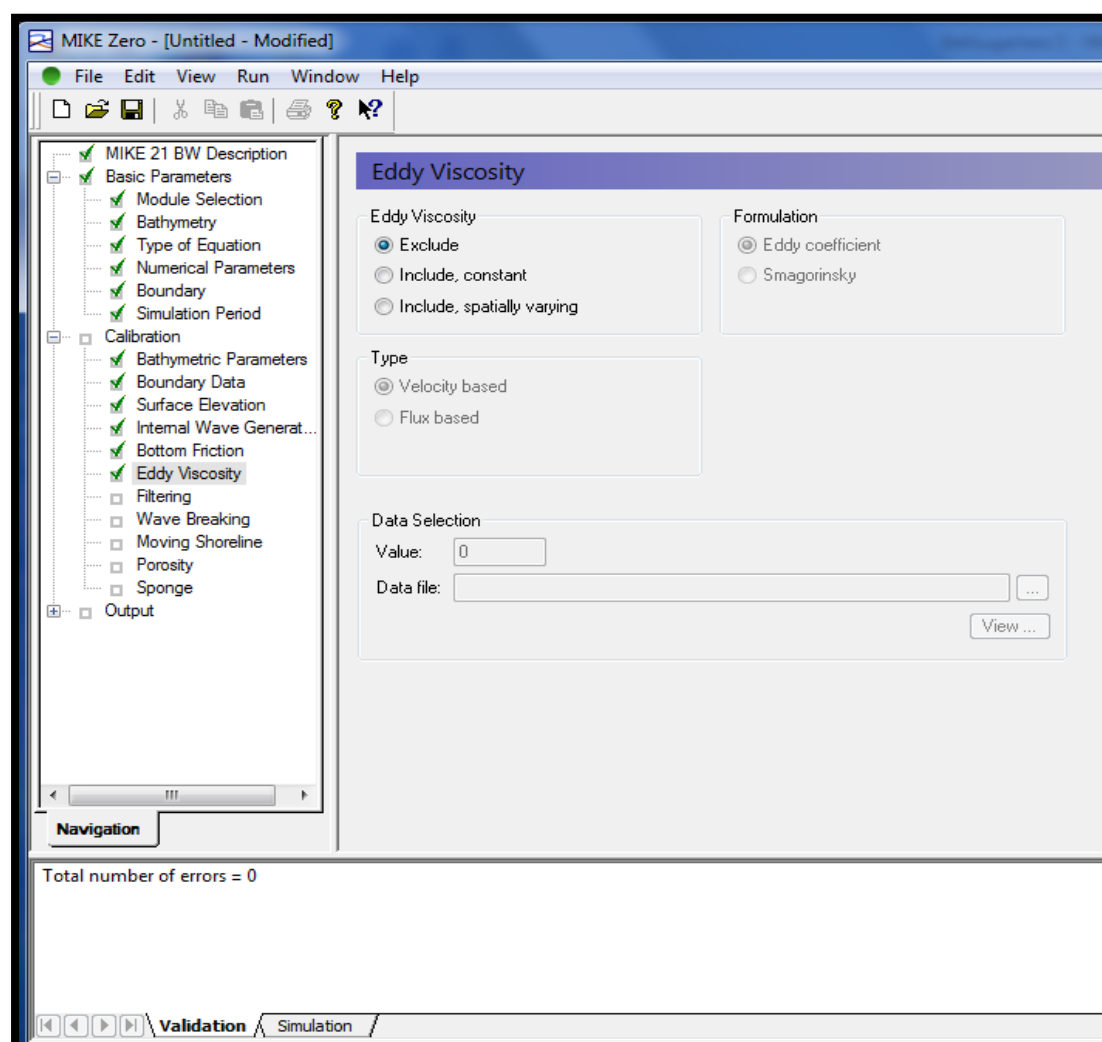
Στην παράμετρο αυτή επιλέγεται αν θα συμπεριληφθεί ή όχι η τριβή πυθμένα στην περιοχή μελέτης. Σύμφωνα με το εγχειρίδιο του προγράμματος, συνήθως η τριβή πυθμένα δεν είναι σημαντική σε περιοχές μελέτης λιμένων με χαμηλά ύψη κύματος καθώς η περιοχή είναι συνήθως λίγων τετραγωνικών χιλιομέτρων και με εξαίρεση πολύ μεγάλα ύψη κύματος ή πολύ μικρού βάθους πυθμένα δεν υπάρχει αρκετή απόσταση ώστε ο πυθμένας να επηρεάσει την εξέλιξη των κυματικών φαινομένων. Έτσι στην συγκεκριμένη μελέτη, δεν συμπεριλαμβάνεται η τριβή πυθμένα οπότε στην εντολή “Bottom Friction” επιλέγεται “Exclude”. Στο Σχήμα 3.20 φαίνεται η παράμετρος της τριβής πυθμένα.



Σχήμα 3.20 Τριβή πυθμένα

- **Ιξώδες στροβίλου - Eddy Viscosity**

Το ιξώδες στροβίλου εισάγεται στο πρόγραμμα κυρίως για την προσομοίωση της αλληλεπίδρασης κυματισμού και ρεύματος, όπου τα αποτελέσματα του υποκανάβου δεν επιλύονται στο πεδίο των ρευμάτων. Αξίζει να σημειωθεί ότι μια ροή που οφείλεται στους κυματισμούς μπορεί να εφαρμοστεί μόνο όταν η δύναμη από τις τάσεις ακτινοβολίας ισορροπείται από την τριβή πυθμένα και τις διεργασίες μίξης. Στην συγκεκριμένη μελέτη η εισαγωγή της παραμέτρου αυτής δεν είναι χρήσιμη οπότε στην εντολή “Eddy Viscosity” επιλέγεται “Exclude”. Η επιλογή της παραμέτρου αυτής φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.

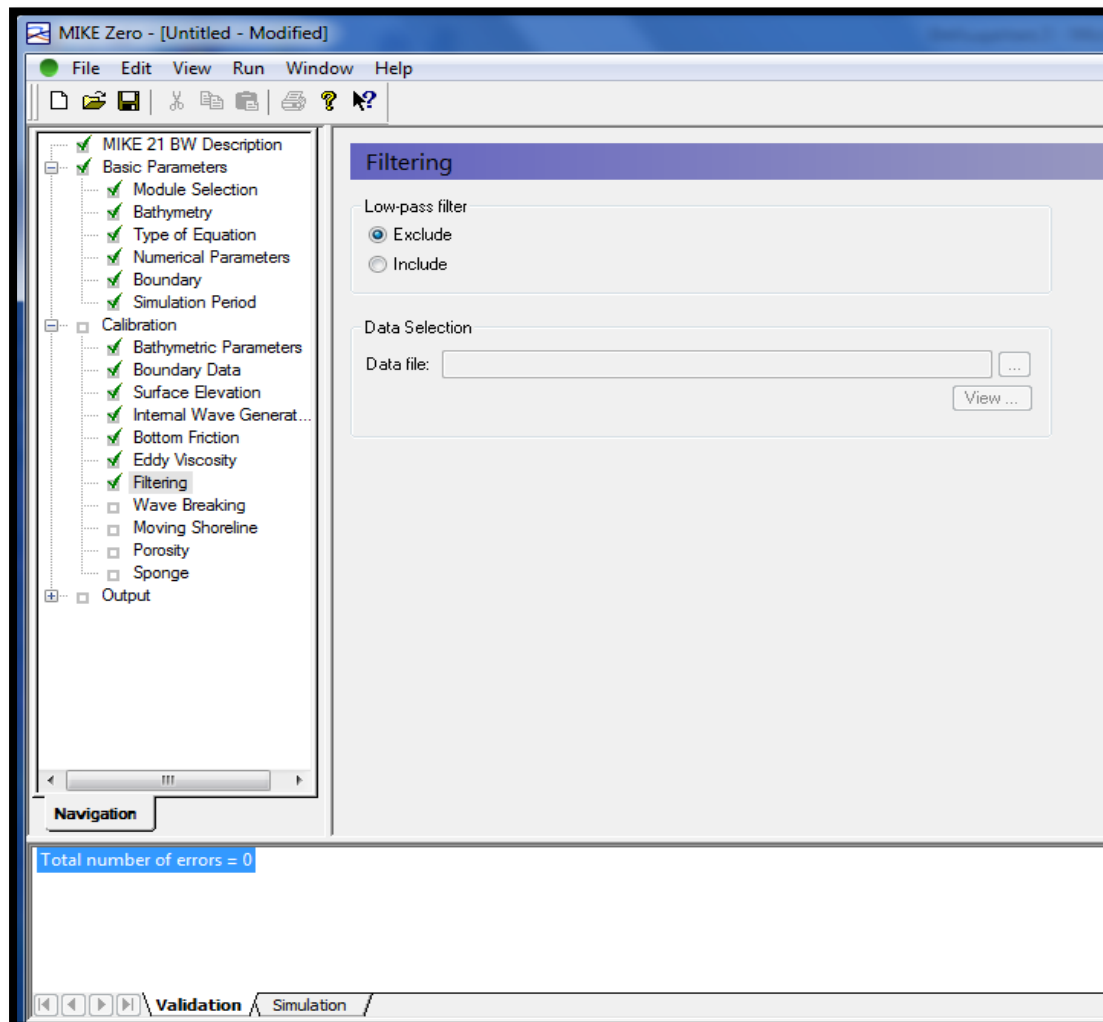


**Σχήμα 3.21** Ιξώδες στροβίλου



- **Φιλτράρισμα - Filtering**

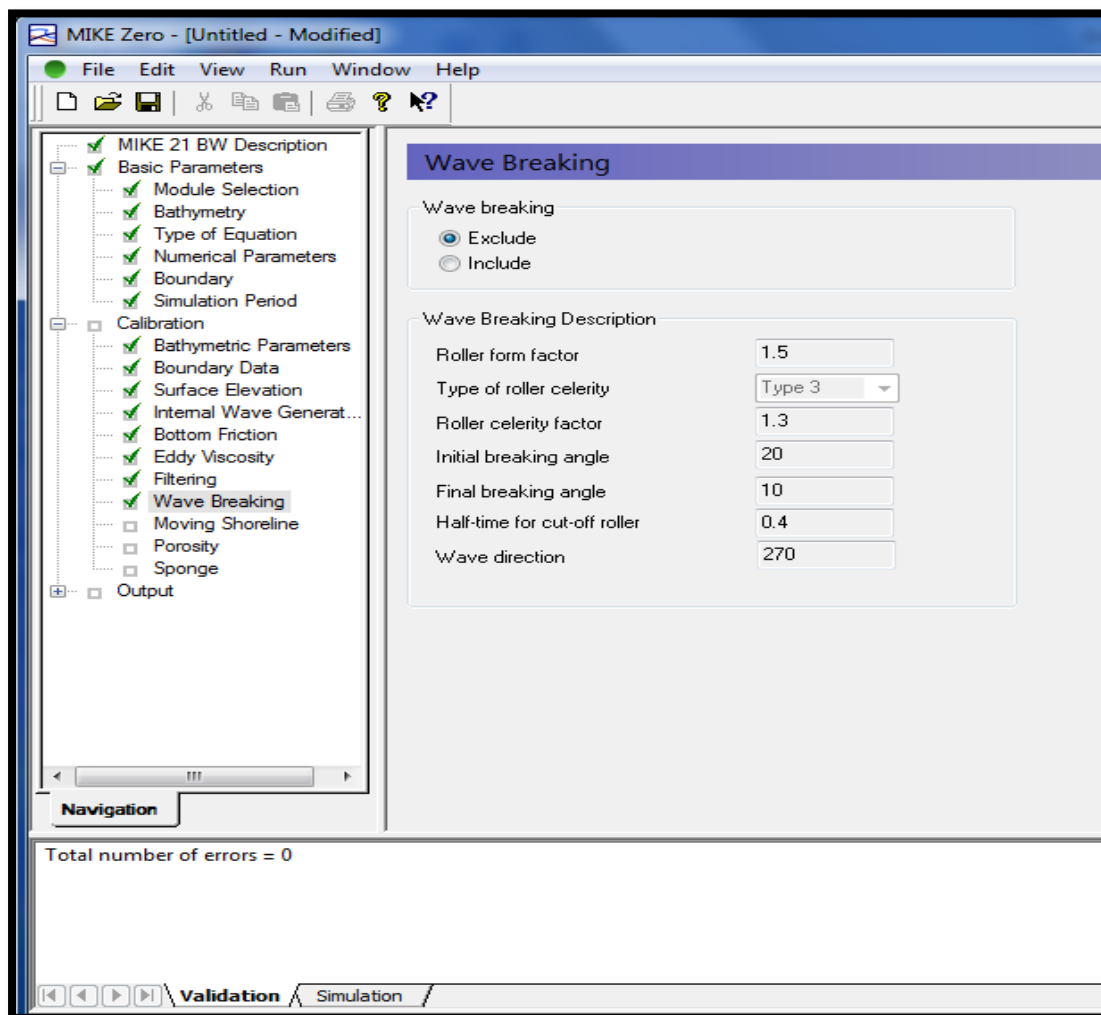
Στην παράμετρο αυτή μπορεί να εισαχθεί με τη μορφή αρχείου το αποκαλούμενο φίλτρο, που χρησιμοποιείται για να αφαιρέσει τις υψηλής συχνότητας αστάθειες και να μειώσει την κυματική ενέργεια κατά τη διαδικασία της προσομοίωσης. Στην συγκεκριμένη μελέτη δεν εισάγεται φίλτρο καθώς κατά την διαδικασία των προσομοιώσεων δεν παρουσιάστηκε πρόβλημα με υψηλές κυματικές ενέργειες. Οπότε στην εντολή “Low-pass filter” επιλέγεται “Exclude”. Στο Σχήμα 3.22 φαίνεται η επιλογή της παραμέτρου του φιλτραρίσματος.



Σχήμα 3.22 Φιλτράρισμα

- **Θραύση κυματισμών - Wave Breaking**

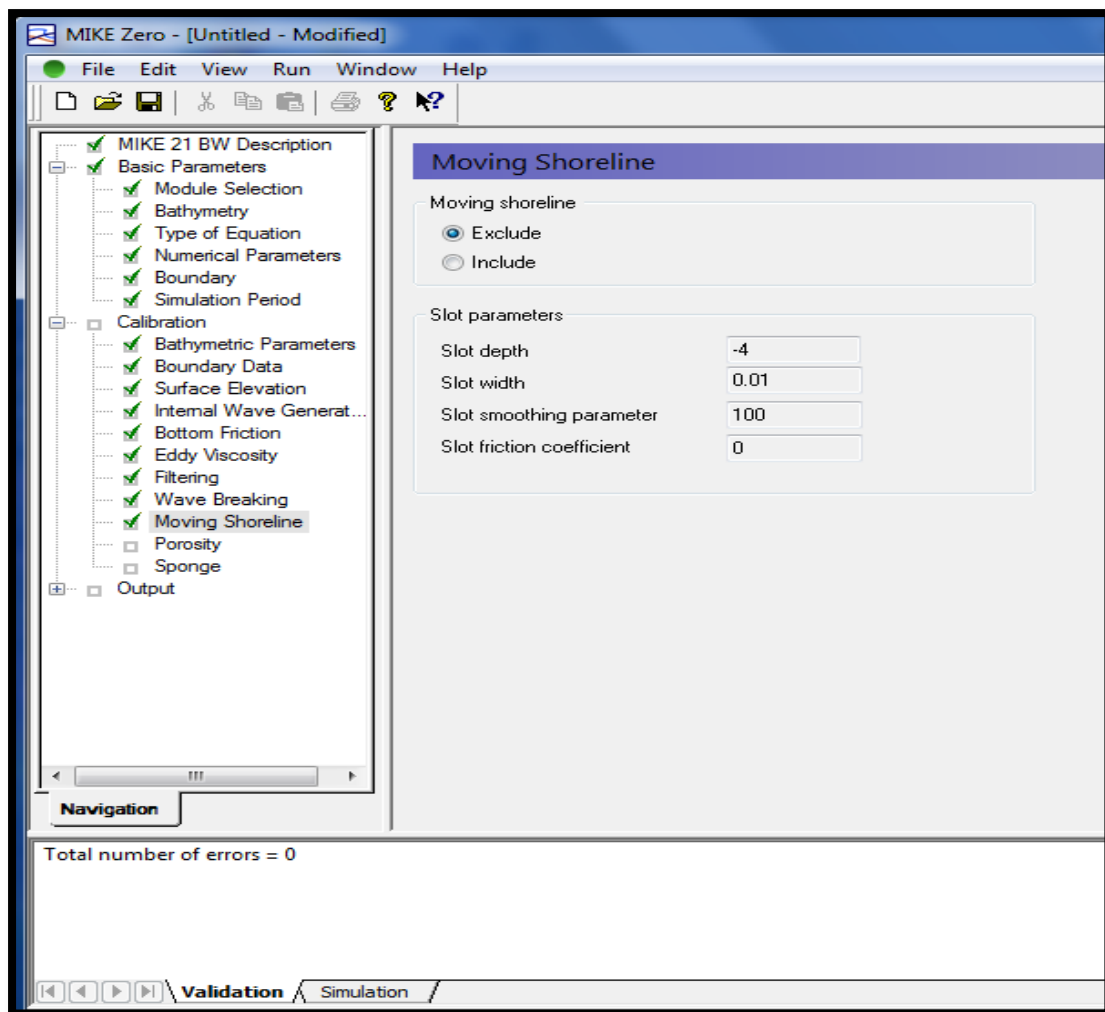
Στην παράμετρο αυτή επιλέγεται αν θα συμπεριληφθεί ή όχι η θραύση των κυματισμών. Εάν συμπεριληφθεί, καθορίζεται ο τύπος θραύσης των κυμάτων καθώς και τα χαρακτηριστικά της θραύσης. Στην συγκεκριμένη μελέτη εξετάζεται η επιρροή των κυμάτων στην λιμενολεκάνη και όχι στην ακτογραμμή οπότε η θραύση των κυματισμών δεν συμβαίνει γι'αυτό και δεν συμπεριλαμβάνεται, επομένως στην εντολή “Wave breaking” επιλέγεται “Exclude”. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η παράμετρος της θραύσης κυματισμών.



**Σχήμα 3.23** Θραύση κυματισμών

- **Κινούμενη ακτογραμμή - Moving Shoreline**

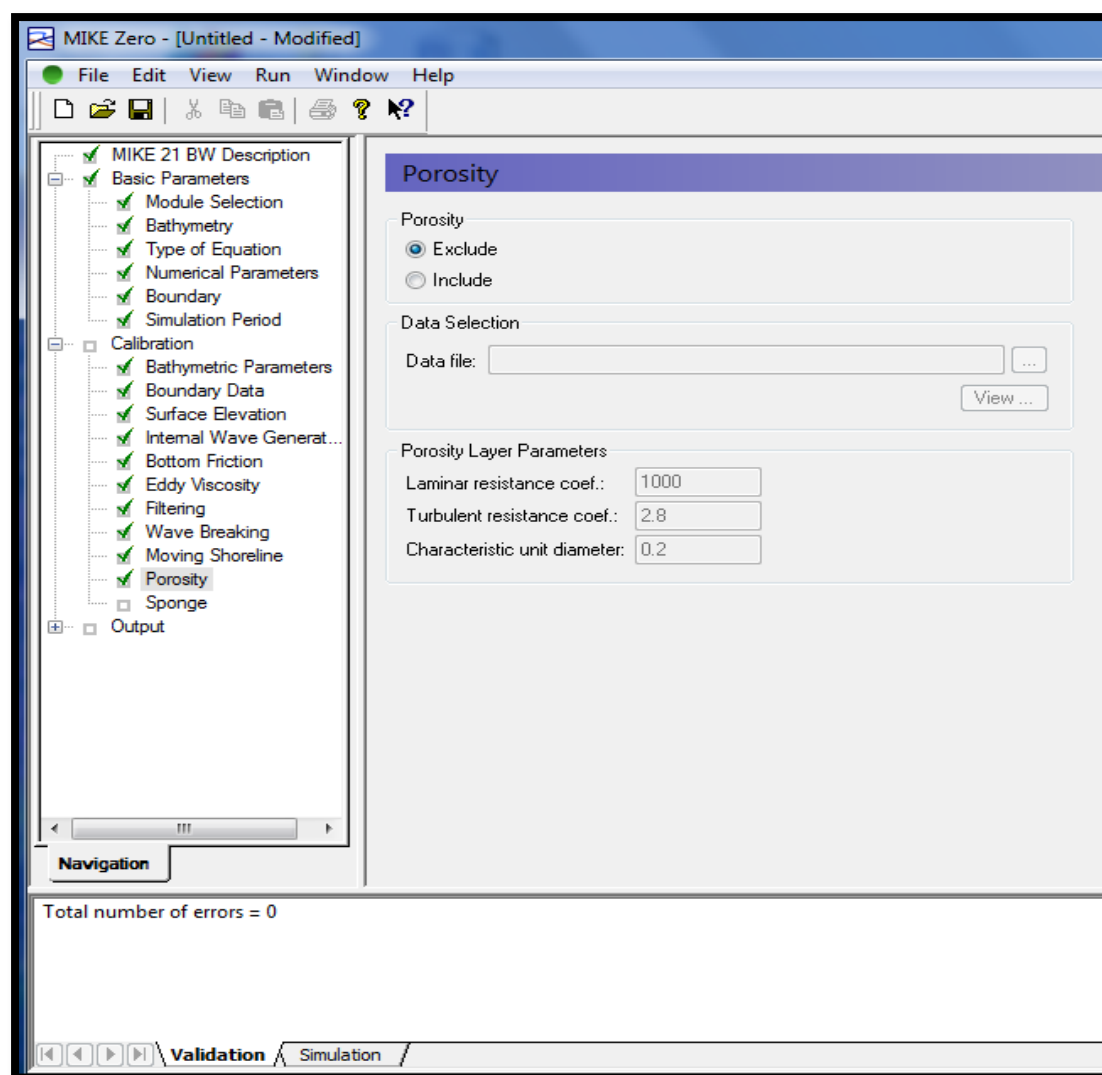
Στην παράμετρο αυτή καθορίζεται εάν η ακτογραμμή δεν θα αποτελεί στερεά παραλία αλλά μία διαπερατή παραλία με ένα πολύ μικρό πορώδες ώστε να εξετάζεται κάθε φορά η θέση της ανάλογα με την κυματική προσομοίωση. Στην συγκεκριμένη μελέτη δεν εξετάζεται η επιρροή των κυματικών φαινομένων στην ακτογραμμή οπότε στην εντολή “Moving shoreline” επιλέγεται “Exclude”. Στο ακόλουθο σχήμα φαίνεται η επιλογή της παραμέτρου της κινούμενης ακτογραμμής.



Σχήμα 3.24 Κινούμενη ακτογραμμή

- Πορώδες - Porosity

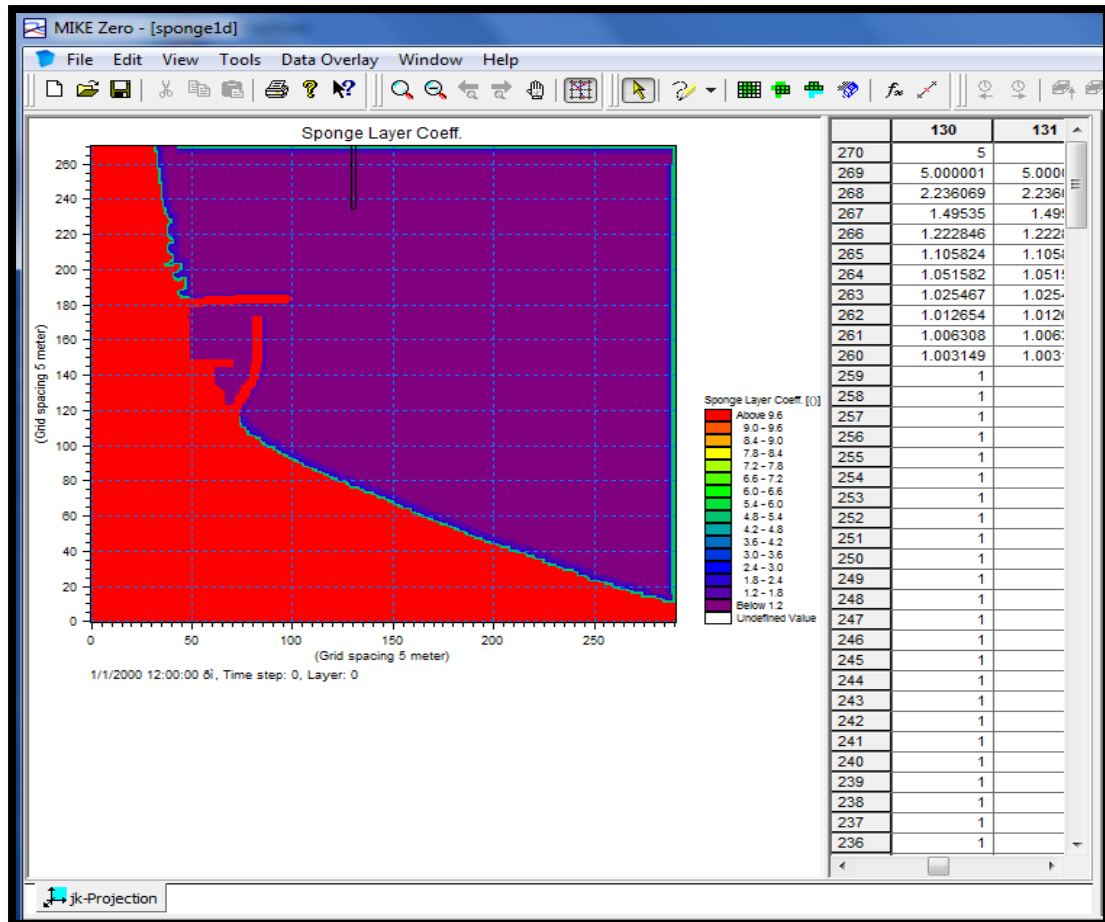
Στην παράμετρο αυτή μπορεί να εισαχθούν με την μορφή αρχείου, τιμές πορώδους που χρησιμοποιούνται για να διαμορφώσουν την μερική ανάκλαση των δομικών στοιχείων. Στην συγκεκριμένη μελέτη δεν χρησιμοποιείται πορώδες καθώς η μερική ανάκλαση αντιμετωπίζεται με την εισαγωγή αρχείου “σπόγκου” που εξηγείται στην επόμενη παράμετρο. Οπότε στην εντολή “Porosity” επιλέγεται “Exclude”. Στο Σχήμα 3.25 φαίνεται η επιλογή της παραμέτρου πορώδους.



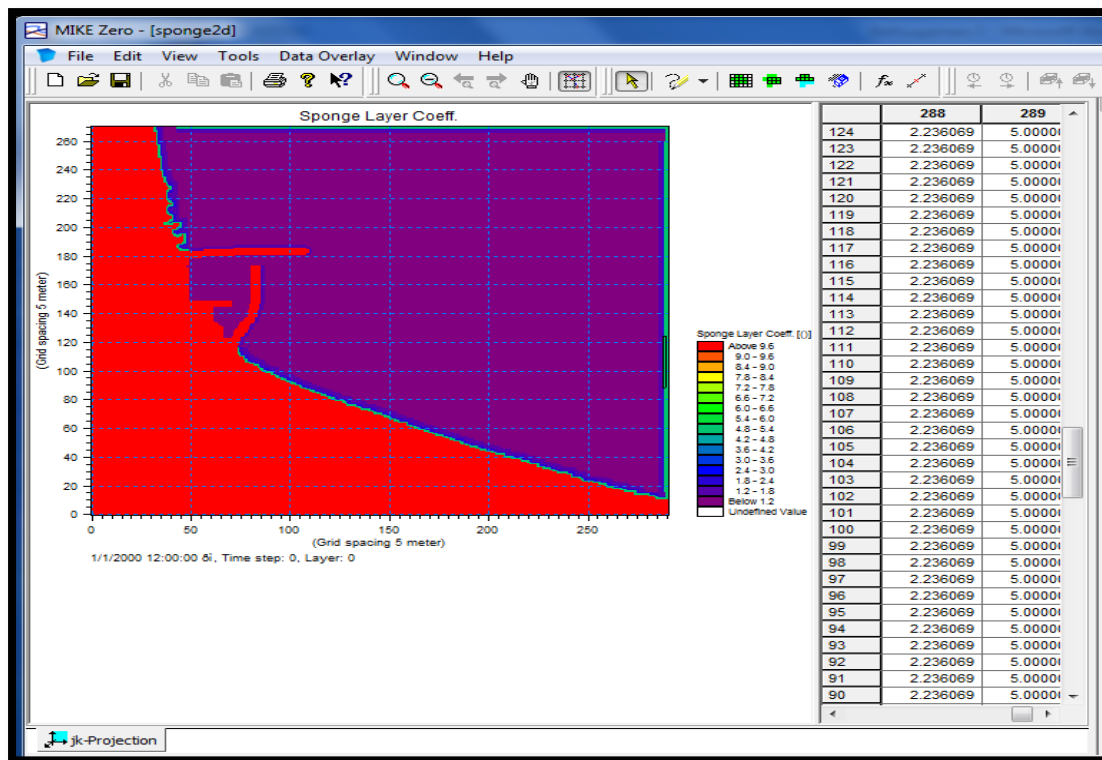
Σχήμα 3.25 Πορώδες

• Απορροφητικός σπόγγος - Sponge

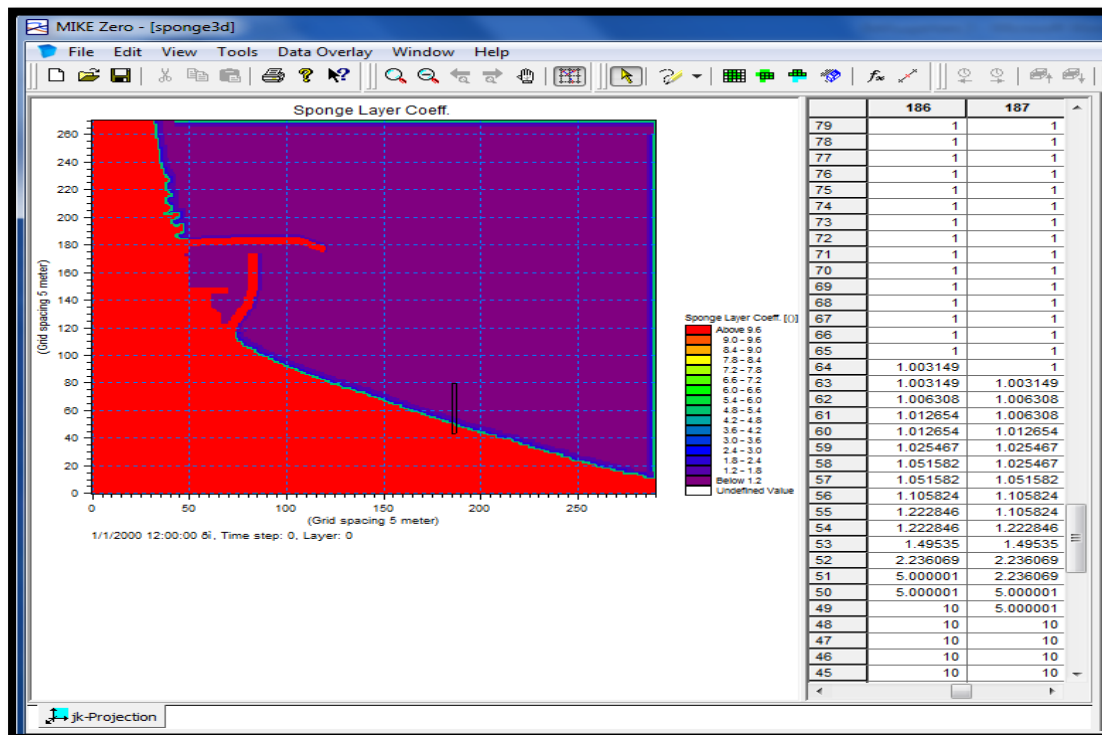
Στην παράμετρο αυτή εισάγεται με μορφή αρχείου ένας κάνναβος σπόγγου, ώστε στα κλειστά όρια που έχουν οριστεί καθώς και στην ακτογραμμή αλλά και στην εξωτερική πλευρά του προσήνεμου και υπήνεμου μώλου που δεν αποτελούν κατακόρυφα μέτωπα, η κυματική ενέργεια να μην ανακλάται αλλά να απορροφάται εν μέρη η στο σύνολο της. Κάθε αρχείο σπόγγου αντιστοιχεί στην δικιά του βαθμμετρία ανάλογα με τις διατάξεις που μελετώνται και δημιουργείται μέσω του Mike 21 Toolbox, όπου καθορίζονται τα χαρακτηριστικά του. Στα τρία ακόλουθα σχήματα φαίνονται οι κάνναβοι σπόγγου που χρησιμοποιήθηκαν για τις τρεις διαφορετικές διατάξεις και βαθμμετρίες αντίστοιχα.



Σχήμα 3.26 Αρχείο σπόγγου διάταξης 1

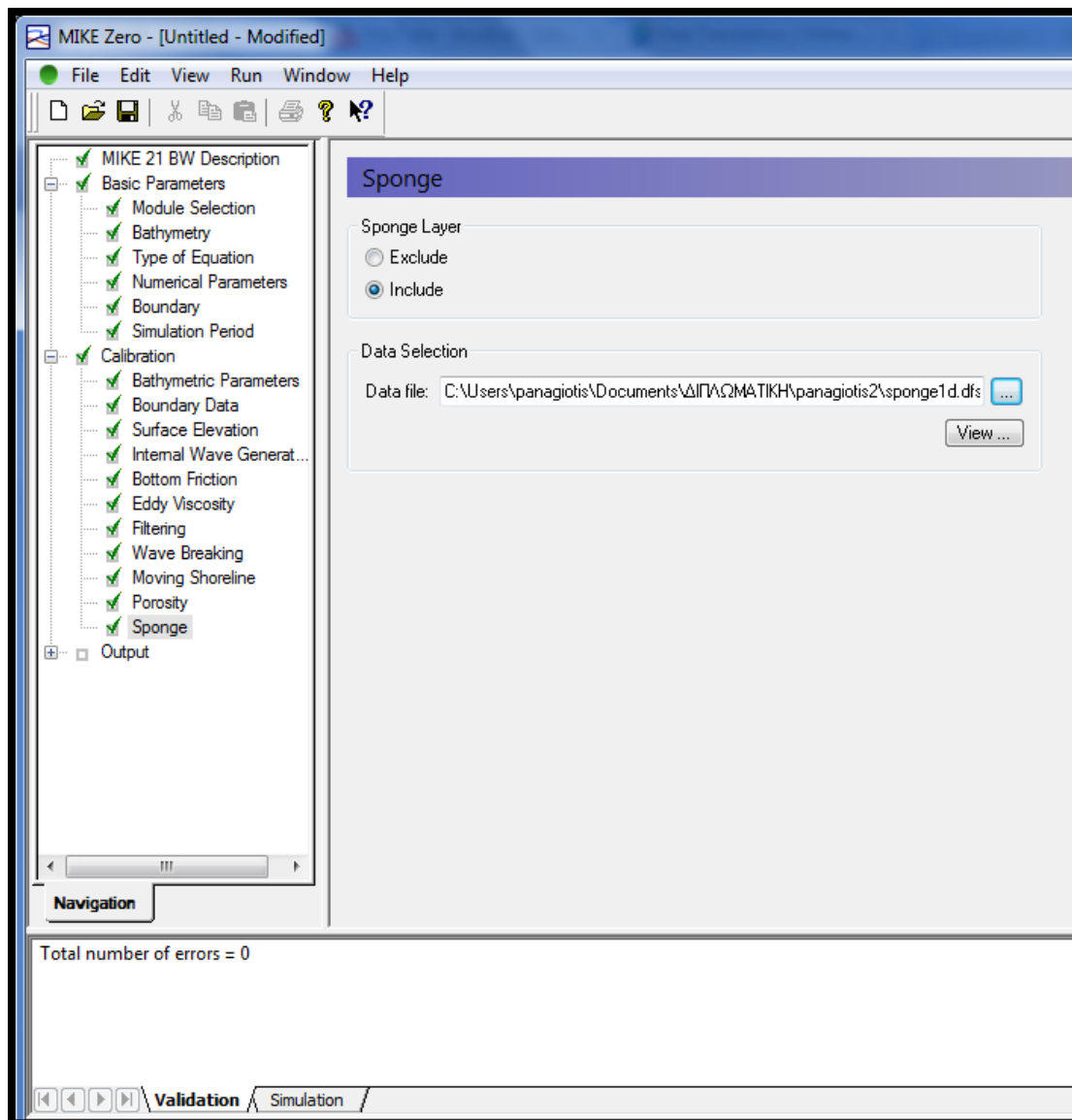


Σχήμα 3.27 Αρχείο σπόγκου διάταξης 2



Σχήμα 3.28 Αρχείο σπόγκου διάταξης 3

Στο Σχήμα 3.29 φαίνεται η επιλογή της παραμέτρου σπόγγου. Στην εντολή “Sponge” επιλέγεται “Include” και στην εντολή “Data Selection” εισάγεται το αρχείο σπόγγου ανάλογα με την διάταξη που χρησιμοποιείται κάθε φορά προς προσομοίωση.



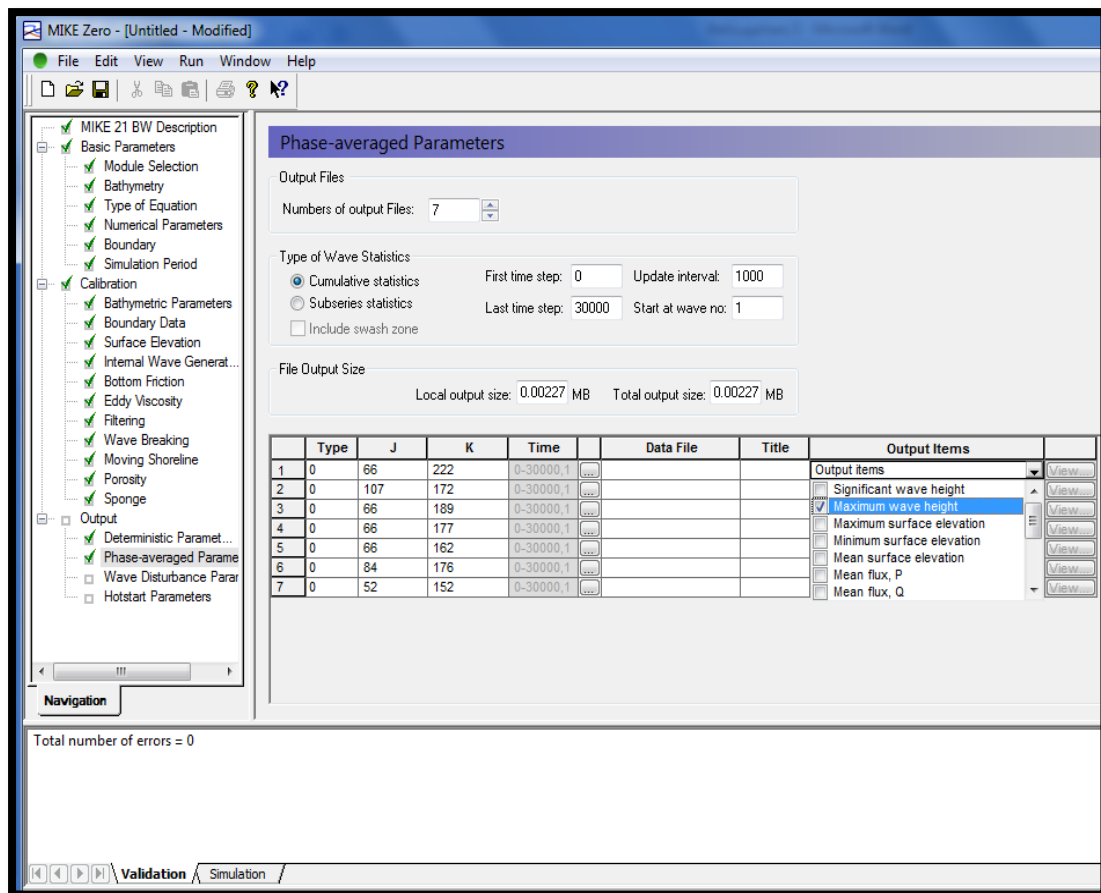
Σχήμα 3.29 Απορροφητικός σπόγγος

### 3.5 Output – Παράγωγα

- **Παράμετροι ολοκληρωμένες στην περίοδο - Phase-averaged Parameters**

Στην παράμετρο αυτή καθορίζεται ο αριθμός των παραγόμενων αρχείων, η τοποθεσία αποθήκευσής τους καθώς και ο τύπος των αποτελεσμάτων που εξάγονται από τις προσομοιώσεις. Στην συγκεκριμένη μελέτη, τα παραγόμενα αρχεία αποτελούν οι 7 μετρητές, οι οποίοι αποτελούν σημεία της βαθυμετρίας και δίνονται οι συντεταγμένες τους στον κάρναβο και μετρούμενο μέγεθος αποτελεί το μέγιστο ύψος κύματος στους μετρητές. Καθορίζεται επίσης και το τελευταίο χρονικό βήμα για το οποίο θα υπάρξει μέτρηση καθώς και το διάστημα των χρονικών βημάτων που θα εμφανίζεται η μέτρηση ώστε να προκύψει ο αριθμός των μετρήσεων για κάθε προσομοίωση. Επομένως για τα κύματα με περίοδο  $T=4s$  και αριθμό χρονικών βημάτων 30001 όπως έχει προαναφερθεί, επιλέγεται σαν τελευταίο χρονικό βήμα το 30000, δηλαδή στην εντολή “Last time step” επιλέγεται 30000 και σαν διάστημα χρονικών βημάτων επιλέγεται 1000, δηλαδή στην εντολή “Update interval” επιλέγεται 1000, ώστε να δοθούν συνολικά 30 μετρήσεις σε κάθε μετρητή στο διάστημα των 25 λεπτών προσομοίωσης. Για τα κύματα με περιόδους  $T=5s$  και  $T=6.7s$  και αριθμό χρονικών βημάτων 15001 επιλέγεται σαν τελευταίο χρονικό βήμα το 15000 και σαν διάστημα χρονικών βημάτων επιλέγεται 750 ώστε να δοθούν συνολικά 20 μετρήσεις σε κάθε μετρητή στο διάστημα των 25 λεπτών προσομοίωσης. Για την μέτρηση του μέγιστου ύψους κύματος επιλέγεται στην εντολή “Output Items” το “Maximum wave height”. Στο Σχήμα 3.30 φαίνεται η συγκεκριμένη παράμετρος για κύμα με περίοδο  $T=4s$ .





Σχήμα 3.30 Παράμετροι ολοκληρωμένες στην περίοδο

Πλέον έχουν εισαχθεί στο πρόγραμμα όλες οι απαραίτητες παράμετροι ώστε να γίνουν οι προσομοιώσεις των κυματικών φαινομένων. Έτσι, ανάλογα κάθε φορά με το κύμα που εισάγεται προς προσομοίωση και την διάταξη του προσήνεμου μώλου, γίνονται οι αναγκαίες αλλαγές σε όποιες παραμέτρους χρειάζεται, παραδείγματος χάριν στη βαθυμετρία, και πραγματοποιούνται οι 27 προσομοιώσεις ώστε να δοθούν τα ζητούμενα αποτελέσματα στους δεδομένους μετρητές. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων παρουσιάζονται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΜΙΚΕ21BW

#### 4.1 Εισαγωγή

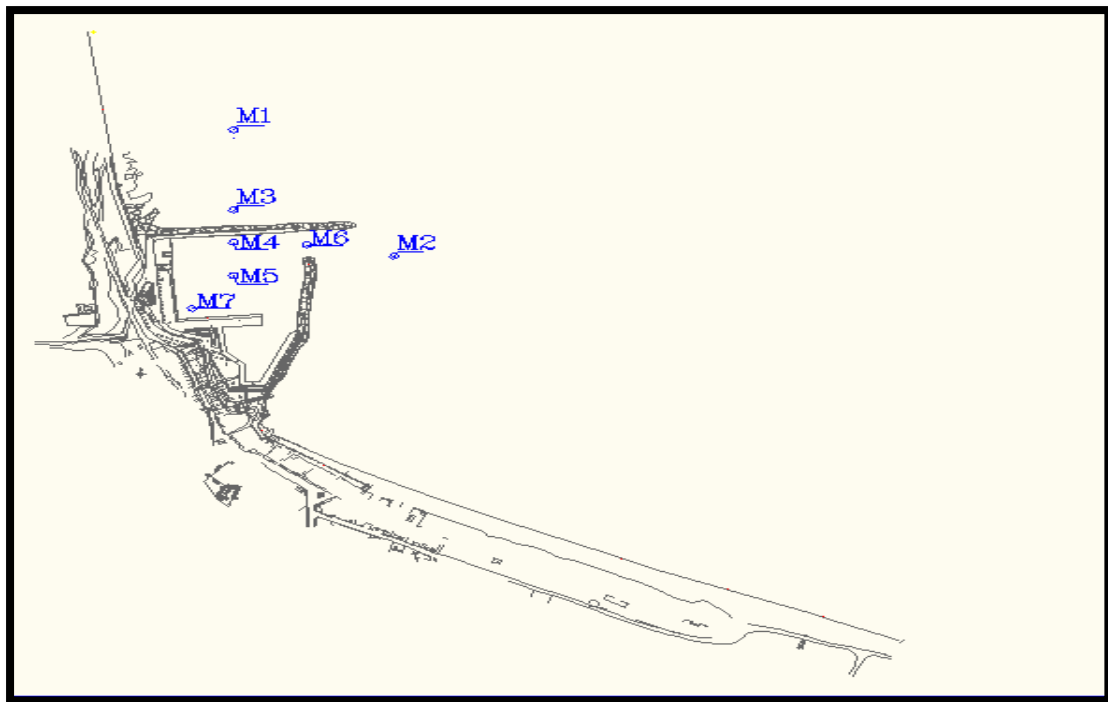
Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των αριθμητικών εφαρμογών που έγιναν με τη χρήση του προγράμματος ΜΙΚΕ 21 BW. Η παρουσίαση θα γίνει με τη χρήση πινάκων και διαγραμμάτων από λογιστικά φύλλα Microsoft Office Excel. Κάθε πίνακας θα περιλαμβάνει τα ύψη κύματος συγκεκριμένου μετρητή κατά τη διάρκεια της χρονικής προσομοίωσης των 25 λεπτών για τις 3 διαφορετικές διατάξεις του προσήνεμου μώλου και για δεδομένο ύψος και περίοδο κύματος. Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η διάρκεια των 25 λεπτών είναι αρκετή για την επίτευξη σύγκλισης στο μετρούμενο ύψος κύματος. Στη συνέχεια για κάθε μετρητή ακολουθούν διαγράμματα με δεδομένο ύψος και περίοδο κύματος στα οποία παρουσιάζονται τα ύψη κύματος στον μετρητή, στην χρονική διάρκεια των 25 λεπτών προσομοίωσης, για κάθε μία από τις 3 διαφορετικές διατάξεις του μώλου. Έπεται σχολιασμός των διαγραμμάτων με παρατηρήσεις που αφορούν στα ύψη κύματος των μετρητών ανάλογα με τις διαφορετικές περιόδους κυμάτων και τις διαφορετικές διατάξεις του μώλου.

#### 4.2 Δεδομένα αριθμητικών εφαρμογών

Οι μετρητές και οι θέσεις τους, σύμφωνα με τον τρόπο που ορίστηκαν χωρικά για την περιοχή μελέτης στο Κεφάλαιο 2 φαίνονται στο Σχήμα 4.1 και αντιστοιχούν στις παρακάτω συντεταγμένες (Πίνακας 4.1) στον κানাβο της βαθυμετρίας:

**Πίνακας 4.1** Συντεταγμένες μετρητών

ΜΕΤΡΗΤΗΣ	ΘΕΣΗ
1	{66,222}
2	{107,172}
3	{66,189}
4	{66,177}
5	{66,162}
6	{84,176}
7	{52,152}



Σχήμα 4.1 Θέσεις μετρητών

Τα κύματα, με δεδομένα ύψη και περιόδους, που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα MIKE 21 BW ώστε να αξιοποιηθούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης τους, είναι τα εξής (Πίνακας 4.2) :

Πίνακας 4.2 Χαρακτηριστικά κυμάτων εφαρμογής

ΥΨΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (m)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (s)
H=1,0	T=4,0
H=1,0	T=5,0
H=1,0	T=6,7
H=1,5	T=4,0
H=1,5	T=5,0
H=1,5	T=6,7
H=2,0	T=4,0
H=2,0	T=5,0
H=2,0	T=6,7

Οι 3 διαφορετικές διατάξεις του μώλου για τις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι αριθμητικές εφαρμογές στο υπολογιστικό πρόγραμμα είναι οι εξής :

- Διάταξη 1 : Η υπάρχουσα διάταξη του προσήνεμου μώλου στον λιμένα Κολυμπαρίου.
- Διάταξη 2 : Ο προσήνεμος μώλος επεκταμένος κατά 50 m.
- Διάταξη 3 : Ο προσήνεμος μώλος επεκταμένος κατά 50 m επιπλέον της διάταξης 2 υπό γωνία  $30^\circ$  προς νότο.

### 4.3 Πίνακες , Διαγράμματα και Σχολιασμός

Οι πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζουν τα αποτελέσματα των αριθμητικών εφαρμογών, δηλαδή τα ύψη κύματος σε κάθε μετρητή, που έγιναν για κάθε ένα από τα 9 κύματα (συγκεκριμένα ύψη και περίοδοι), για καθεμία από τις 3 διαφορετικές διατάξεις του προσήνεμου μώλου στον χρόνο προσομοίωσης των 25 λεπτών.

Στα διαγράμματα παρουσιάζεται η μεταβολή του ύψους κύματος σε κάθε μετρητή για κάθε μία από τις 3 διαφορετικές διατάξεις του μώλου, ώστε να διακρίνεται η διαφορά μεταξύ των τριών διατάξεων, παριστάνοντας στον παράλληλο άξονα (άξονας των x) τον χρόνο προσομοίωσης σε λεπτά και στον κάθετο άξονα (άξονας των y) τα ύψη κύματος σε μέτρα.

Στη συνέχεια ακολουθεί ένας σύντομος σχολιασμός των διαγραμμάτων που αφορά τις διαφορές που παρατηρούνται στις 3 διατάξεις του μώλου για δεδομένο ύψος και συγκεκριμένη περίοδο κύματος καθώς και των τριών διαφορετικών περιόδων ( $T=4s$  ,  $T=5s$  ,  $T=6.7s$  ).

Στους πίνακες και στα διαγράμματα θα αναφέρεται χάριν συντομίας, όπου :

- $\Delta 1$  : Διάταξη 1
- $\Delta 2$  : Διάταξη 2
- $\Delta 3$  : Διάταξη 3

### 4.3.1 Μετρητής 1 , Ύψος κύματος H=1 m

Πίνακας 4.3 M1, H=1m, T=4s

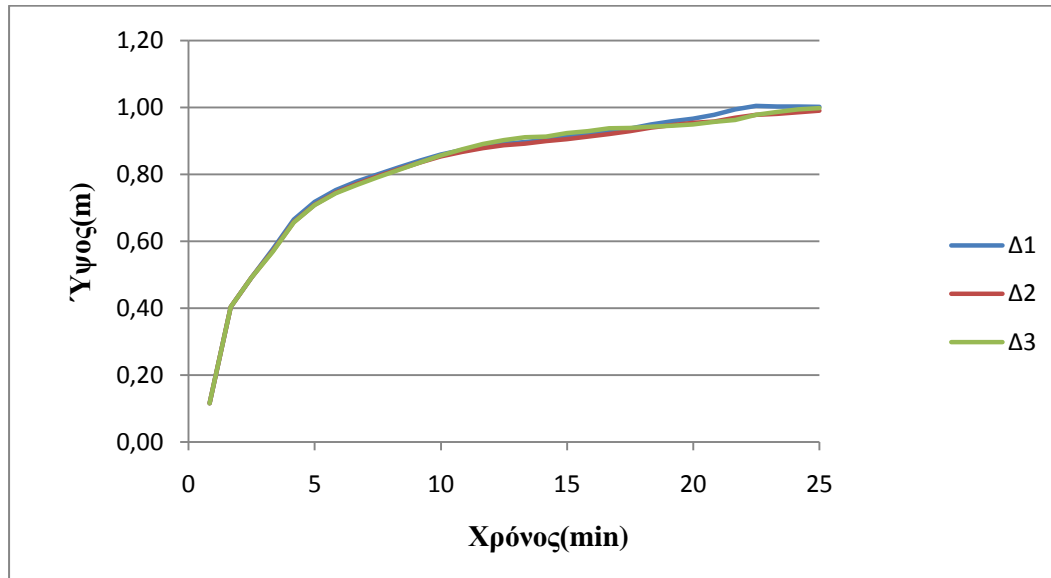
Χρόνος(min)	H=1(m) , T=4(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,11565	0,11565	0,11565
1,67	0,40341	0,40397	0,40398
2,50	0,49157	0,49171	0,49163
3,33	0,57568	0,57068	0,56812
4,17	0,66528	0,65705	0,65669
5,00	0,71771	0,70918	0,70767
5,83	0,75327	0,74545	0,74306
6,66	0,77864	0,77112	0,76843
7,50	0,80034	0,79386	0,79146
8,33	0,82089	0,81532	0,81330
9,16	0,84117	0,83568	0,83503
10,00	0,85969	0,85337	0,85609
10,83	0,87292	0,86665	0,87490
11,66	0,88309	0,87818	0,89056
12,50	0,89203	0,88719	0,90220
13,33	0,89706	0,89227	0,91065
14,16	0,90376	0,89923	0,91320
14,99	0,91318	0,90503	0,92366
15,83	0,91964	0,91318	0,92896
16,66	0,92638	0,92107	0,93785
17,49	0,93684	0,92942	0,93903
18,33	0,94950	0,93946	0,94260
19,16	0,95903	0,94721	0,94524
19,99	0,96629	0,95413	0,94982
20,83	0,97774	0,95766	0,95698
21,66	0,99441	0,96941	0,96312
22,49	1,00478	0,97583	0,97852
23,32	1,00267	0,98124	0,98632
24,16	1,00328	0,98532	0,99457
25,00	1,00198	0,99052	0,99853

Πίνακας 4.4 M1, H=1m, T=5s

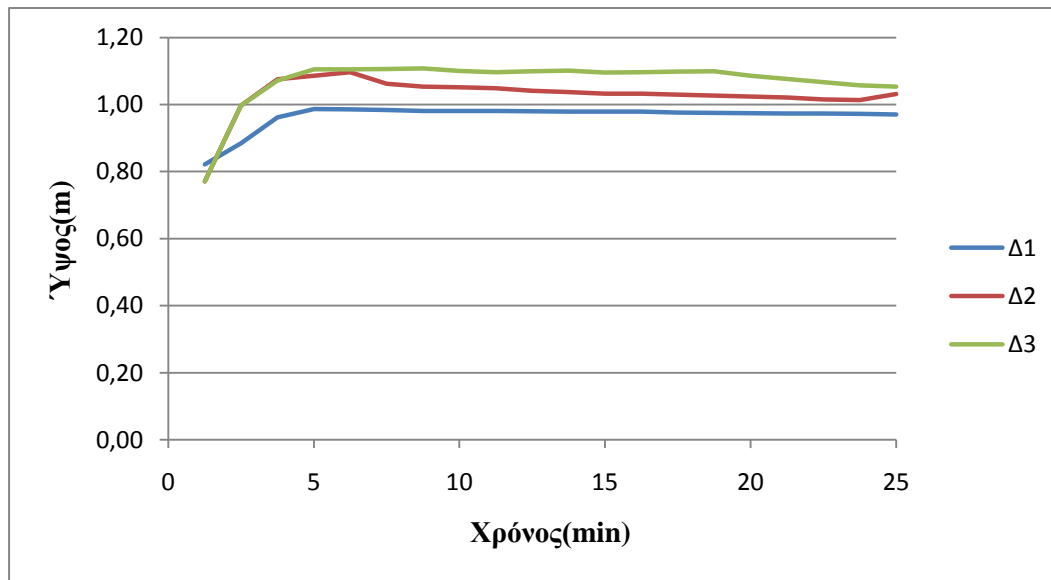
Χρόνος (min)	H=1(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,82100	0,77100	0,77100
2,50	0,88457	0,99731	0,99679
3,75	0,96205	1,07526	1,07196
5,00	0,98652	1,08563	1,10454
6,25	0,98562	1,09652	1,10525
7,50	0,98412	1,06232	1,10637
8,75	0,98106	1,05326	1,10803
10,00	0,98101	1,05146	1,10061
11,25	0,98056	1,04824	1,09633
12,50	0,97998	1,04133	1,09885
13,75	0,97926	1,03689	1,10080
15,00	0,97862	1,03215	1,09574
16,25	0,97854	1,03199	1,09683
17,50	0,97621	1,02985	1,09856
18,75	0,97530	1,02658	1,09905
20,00	0,97389	1,02413	1,08563
21,25	0,97356	1,02124	1,07639
22,50	0,97286	1,01569	1,06634
23,75	0,97253	1,01359	1,05732
25,00	0,97016	1,03129	1,05349

Πίνακας 4.5 M1, H=1m, T=6.7s

Χρόνος (min)	H=1(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,50945	0,50951	0,50951
2,50	0,75303	0,76663	0,76615
3,75	0,85377	0,87781	0,87579
5,00	0,89961	0,92768	0,92483
6,25	0,92948	0,96009	0,95667
7,50	0,94614	0,97817	0,97447
8,75	0,95881	0,99167	0,98785
10,00	0,96609	0,99968	0,99587
11,25	0,96995	1,00382	1,00008
12,50	0,97377	1,00813	1,00447
13,75	0,97593	1,01027	1,00649
15,00	0,97803	1,01237	1,00850
16,25	0,97943	1,01353	1,01000
17,50	0,97978	1,01387	1,00955
18,75	0,98094	1,01450	1,00945
20,00	0,97991	1,01423	1,00850
21,25	0,97866	1,01395	1,00754
22,50	0,97732	1,01393	1,00632
23,75	0,97588	1,01303	1,00520
25,00	0,97525	1,01252	1,00516

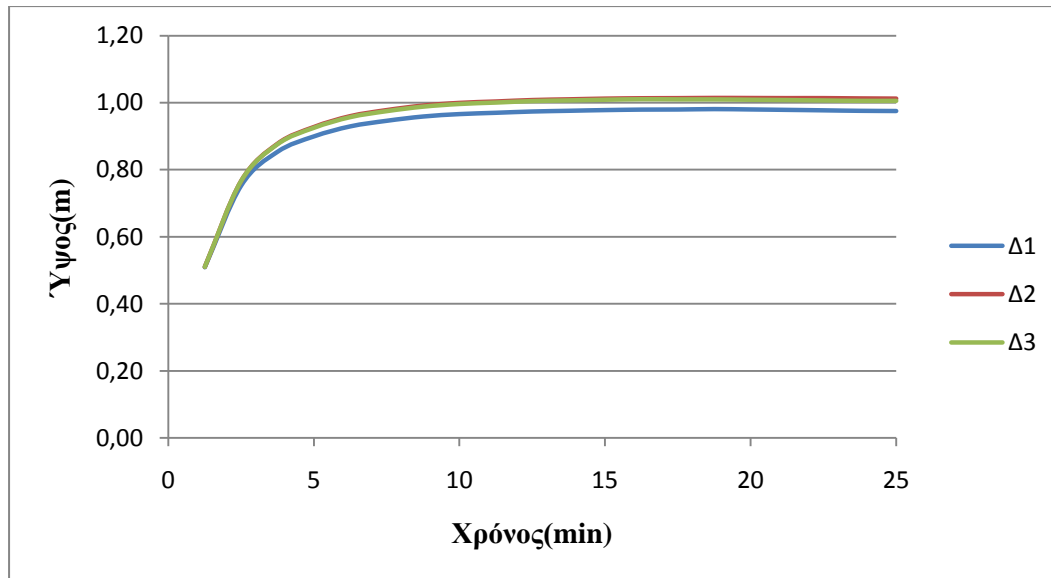


Διάγραμμα 1 M1, H=1m, T=4s



Διάγραμμα 2 M1, H=1m, T=5s





Διάγραμμα 3 M1, H=1m, T=6.7s

- Σύμφωνα με τα διαγράμματα, για ύψος κύματος H=1m, για τις 3 διαφορετικές διατάξεις αλλά και για τις 3 περιόδους παρατηρούνται μηδαμινές διαφορές στο ύψος κύματος του μετρητή 1, το οποίο συγκλίνει ικανοποιητικά στην τιμή του 1m, γεγονός που έπρεπε να επιτευχθεί καθώς ο μετρητής 1 είναι μετρητής ελέγχου, δηλαδή πρέπει να συγκλίνει στην τιμή του ύψους κύματος που χρησιμοποιήθηκε στο υπολογιστικό πρόγραμμα για προσομοίωση.

### 4.3.2 Μετρητής 2 , Ύψος κύματος H=1m

Πίνακας 4.6 M2, H=1m, T=4s

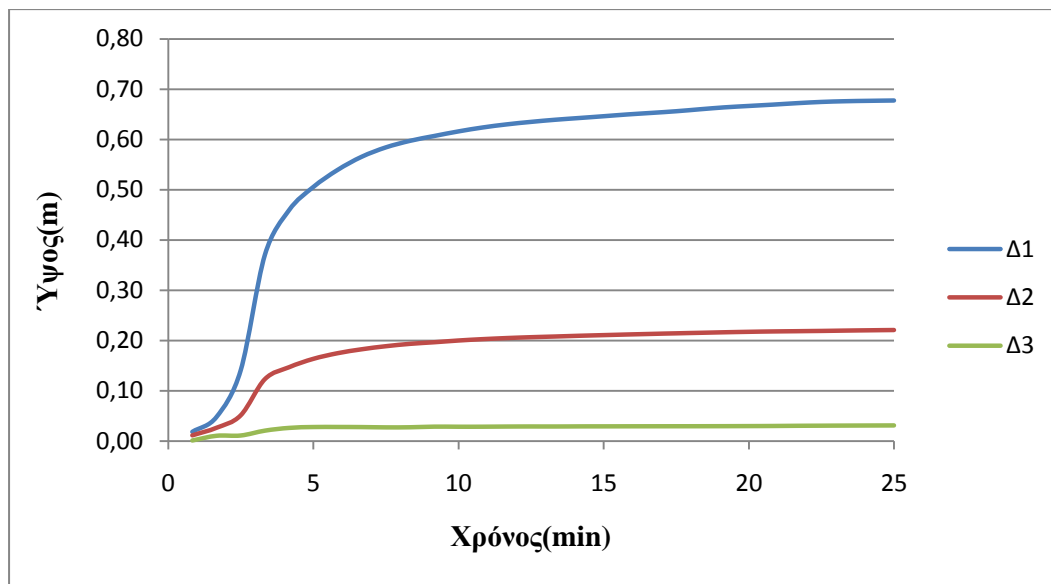
Χρόνος(min)	H=1(m) , T=4(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,01838	0,01139	0,00101
1,67	0,04794	0,02645	0,01048
2,50	0,14063	0,05121	0,01099
3,33	0,37030	0,12333	0,02080
4,17	0,45923	0,14708	0,02633
5,00	0,50522	0,16370	0,02809
5,83	0,53906	0,17489	0,02816
6,66	0,56537	0,18281	0,02798
7,50	0,58402	0,18892	0,02738
8,33	0,59709	0,19362	0,02759
9,16	0,60670	0,19681	0,02886
10,00	0,61582	0,20024	0,02866
10,83	0,62360	0,20298	0,02872
11,66	0,62981	0,20513	0,02907
12,50	0,63477	0,20684	0,02918
13,33	0,63900	0,20825	0,02914
14,16	0,64248	0,20971	0,02935
14,99	0,64597	0,21101	0,02944
15,83	0,64959	0,21224	0,02953
16,66	0,65267	0,21346	0,02960
17,49	0,65589	0,21458	0,02963
18,33	0,65988	0,21564	0,02971
19,16	0,66365	0,21666	0,02981
19,99	0,66642	0,21760	0,02995
20,83	0,66909	0,21832	0,03018
21,66	0,67198	0,21882	0,03054
22,49	0,67441	0,21935	0,03078
23,32	0,67586	0,22001	0,03099
24,16	0,67668	0,22062	0,03116
25,00	0,67730	0,22114	0,03131

Πίνακας 4.7 M2, H=1m, T=5s

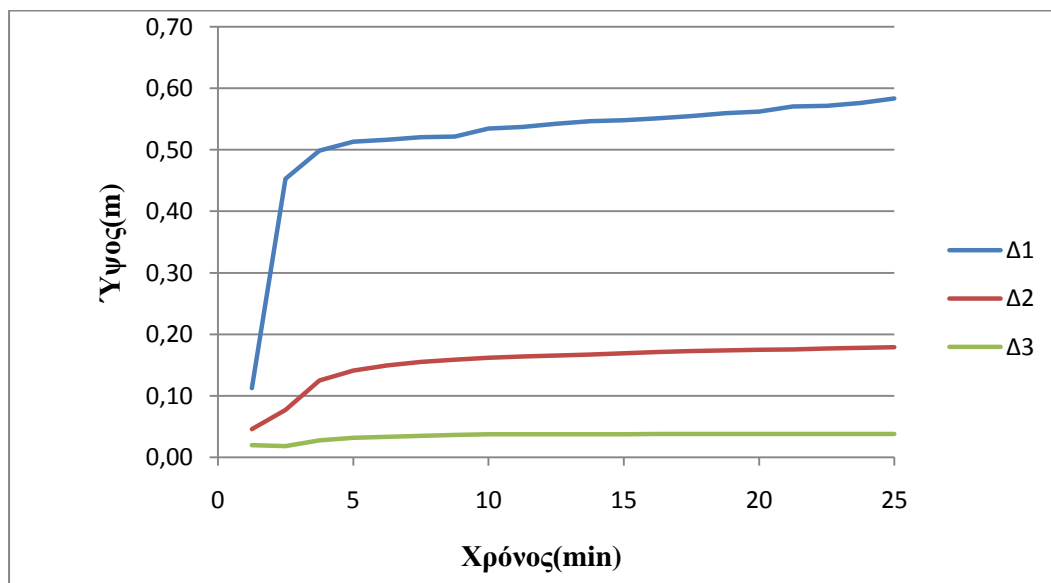
Χρόνος (min)	H=1(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,11237	0,04603	0,01982
2,50	0,45298	0,07712	0,01839
3,75	0,49862	0,12500	0,02770
5,00	0,51326	0,14080	0,03186
6,25	0,51645	0,14928	0,03355
7,50	0,52015	0,15495	0,03511
8,75	0,52148	0,15893	0,03642
10,00	0,53421	0,16160	0,03726
11,25	0,53726	0,16370	0,03749
12,50	0,54237	0,16552	0,03751
13,75	0,54652	0,16729	0,03759
15,00	0,54822	0,16925	0,03762
16,25	0,55103	0,17103	0,03774
17,50	0,55452	0,17258	0,03785
18,75	0,55962	0,17363	0,03783
20,00	0,56215	0,17461	0,03781
21,25	0,57037	0,17557	0,03785
22,50	0,57126	0,17667	0,03788
23,75	0,57633	0,17808	0,03788
25,00	0,58325	0,17925	0,03799

Πίνακας 4.8 M2, H=1m, T=6.7s

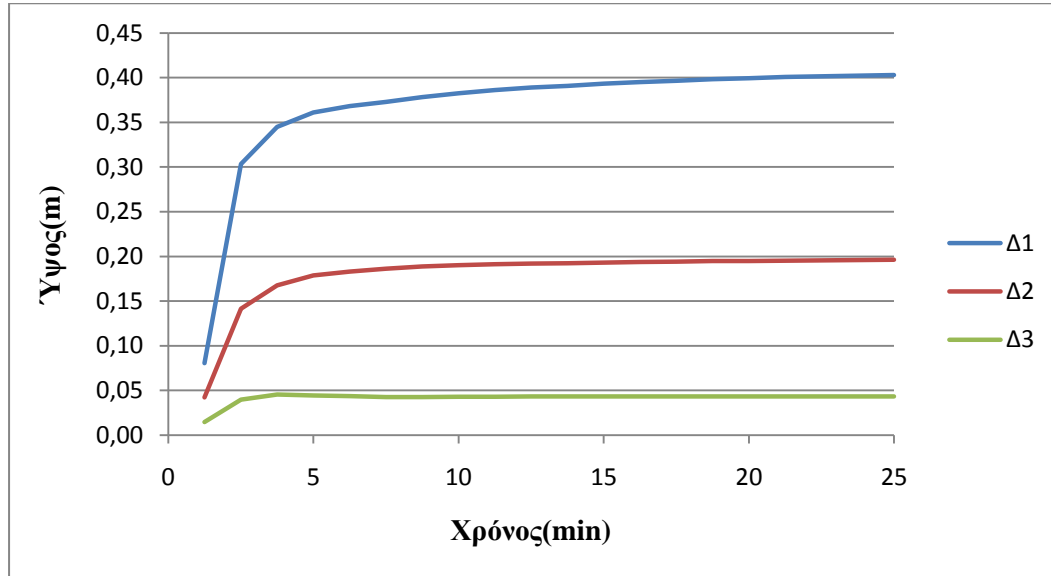
Χρόνος (min)	H=1(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,08050	0,04232	0,01452
2,50	0,30343	0,14147	0,03970
3,75	0,34476	0,16759	0,04546
5,00	0,36085	0,17853	0,04424
6,25	0,36829	0,18318	0,04369
7,50	0,37276	0,18614	0,04277
8,75	0,37825	0,18871	0,04255
10,00	0,38263	0,19005	0,04281
11,25	0,38612	0,19110	0,04296
12,50	0,38888	0,19198	0,04316
13,75	0,39079	0,19247	0,04321
15,00	0,39309	0,19317	0,04331
16,25	0,39493	0,19373	0,04339
17,50	0,39655	0,19420	0,04335
18,75	0,39834	0,19468	0,04336
20,00	0,39947	0,19495	0,04334
21,25	0,40071	0,19531	0,04330
22,50	0,40162	0,19559	0,04326
23,75	0,40218	0,19580	0,04321
25,00	0,40282	0,19610	0,04319



Διάγραμμα 4 M2, H=1m, T=4s



Διάγραμμα 5 M2, H=1m, T=5s



Διάγραμμα 6 M2, H=1m, T=6.7s

- Στον μετρητή αυτό παρατηρούμε ότι για την διάταξη 1 που φαινομενικά δεν τον επηρεάζει, το ύψος κύματος μειώνεται κατά 30cm δηλαδή αγγίζει την τιμή των 70cm, γεγονός που οφείλεται στην περίθλαση του κυματισμού από τον προσήνεμο μώλο. Επίσης παρατηρούμε ότι για τις μεγαλύτερες περιόδους το ύψος κύματος μειώνεται ακόμα περισσότερο με αποτέλεσμα στην περίοδο των 6.7cm να αγγίζει τη τιμή των 40cm. Για την διάταξη 2 παρατηρούμε ότι το ύψος κύματος σχεδόν υποτριπλασιάζεται σε σχέση με την διάταξη 1, ενώ για την διάταξη 3 το ύψος κύματος σχεδόν υποπενταπλασιάζεται σε σχέση με την διάταξη 2, αγγίζοντας την τιμή των 3cm, περίπου 20 φορές μικρότερης της τιμής της διάταξης 1 για την περίοδο των 4s.

4.3.3 Μετρητής 3 , Ύψος κύματος H=1m

Πίνακας 4.9 M3, H=1m, T=4s

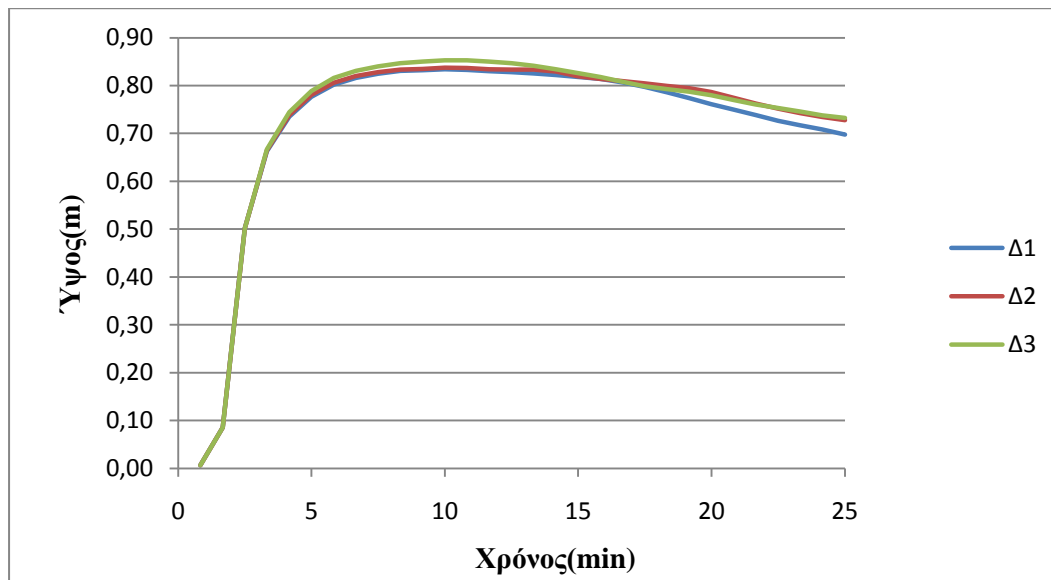
Χρόνος(min)	H=1(m) , T=4(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,00647	0,00647	0,00647
1,67	0,08557	0,08552	0,08544
2,50	0,50229	0,50183	0,50180
3,33	0,66255	0,66499	0,66696
4,17	0,73529	0,73857	0,74454
5,00	0,77663	0,78038	0,78885
5,83	0,80214	0,80601	0,81614
6,66	0,81619	0,81980	0,83097
7,50	0,82449	0,82807	0,84015
8,33	0,83050	0,83340	0,84655
9,16	0,83188	0,83511	0,84994
10,00	0,83389	0,83725	0,85303
10,83	0,83308	0,83654	0,85289
11,66	0,83031	0,83442	0,85007
12,50	0,82794	0,83372	0,84702
13,33	0,82536	0,83333	0,84127
14,16	0,82223	0,82943	0,83404
14,99	0,81788	0,81968	0,82624
15,83	0,81427	0,81390	0,81837
16,66	0,80653	0,80931	0,80824
17,49	0,79734	0,80451	0,79874
18,33	0,78614	0,79962	0,79293
19,16	0,77364	0,79437	0,78741
19,99	0,76145	0,78671	0,78020
20,83	0,74989	0,77453	0,77021
21,66	0,73852	0,76258	0,76063
22,49	0,72648	0,75161	0,75338
23,32	0,71726	0,74277	0,74582
24,16	0,70840	0,73440	0,73776
25,00	0,69771	0,72770	0,73260

Πίνακας 4.10 M3, H=1m, T=5s

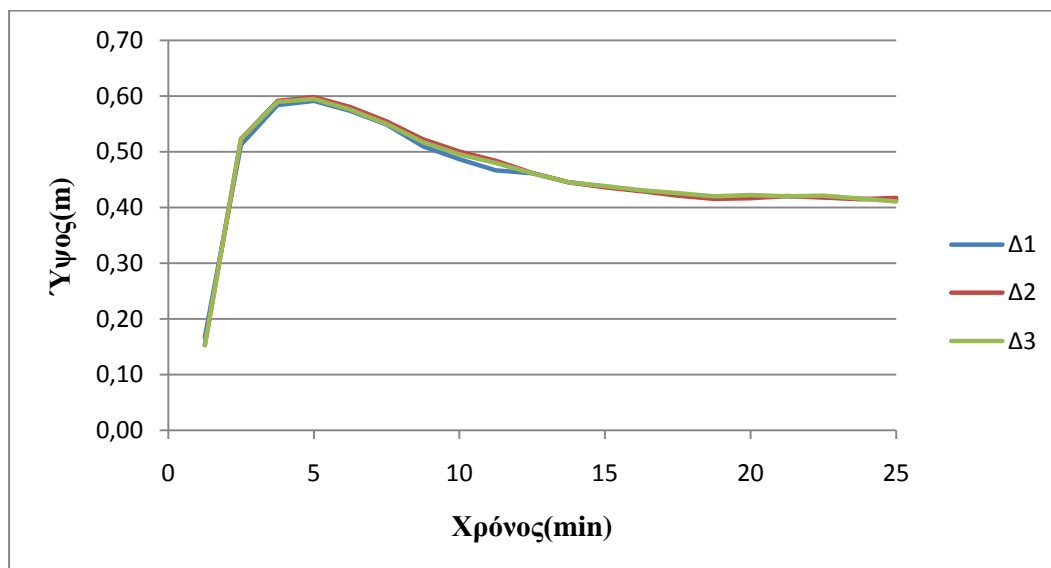
Χρόνος (min)	H=1(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,16683	0,15276	0,15274
2,50	0,51259	0,52267	0,52271
3,75	0,58347	0,59104	0,58926
5,00	0,59142	0,59799	0,59476
6,25	0,57326	0,58001	0,57578
7,50	0,54879	0,55445	0,54957
8,75	0,50985	0,52249	0,51739
10,00	0,48647	0,50025	0,49520
11,25	0,46638	0,48361	0,47958
12,50	0,46117	0,46184	0,46130
13,75	0,44548	0,44557	0,44532
15,00	0,43752	0,43601	0,43857
16,25	0,42980	0,42932	0,43097
17,50	0,42395	0,42147	0,42559
18,75	0,41873	0,41553	0,42024
20,00	0,41994	0,41682	0,42239
21,25	0,42029	0,42062	0,42026
22,50	0,41873	0,41782	0,42119
23,75	0,41546	0,41500	0,41586
25,00	0,41354	0,41715	0,41072

Πίνακας 4.11 M3, H=1m, T=6.7s

Χρόνος (min)	H=1(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,12328	0,12352	0,12351
2,50	0,32519	0,32570	0,32671
3,75	0,36339	0,36368	0,36593
5,00	0,38230	0,38252	0,38526
6,25	0,38927	0,38943	0,39241
7,50	0,39230	0,39246	0,39563
8,75	0,39686	0,39710	0,40042
10,00	0,39768	0,39784	0,40097
11,25	0,39635	0,39603	0,39863
12,50	0,39330	0,39221	0,39409
13,75	0,38989	0,38938	0,39024
15,00	0,38615	0,38599	0,38684
16,25	0,38200	0,38119	0,38460
17,50	0,37830	0,37927	0,38227
18,75	0,37512	0,37776	0,38104
20,00	0,37203	0,37734	0,38070
21,25	0,36961	0,37667	0,38077
22,50	0,36899	0,37515	0,38265
23,75	0,36927	0,37426	0,38457
25,00	0,36900	0,37501	0,38721

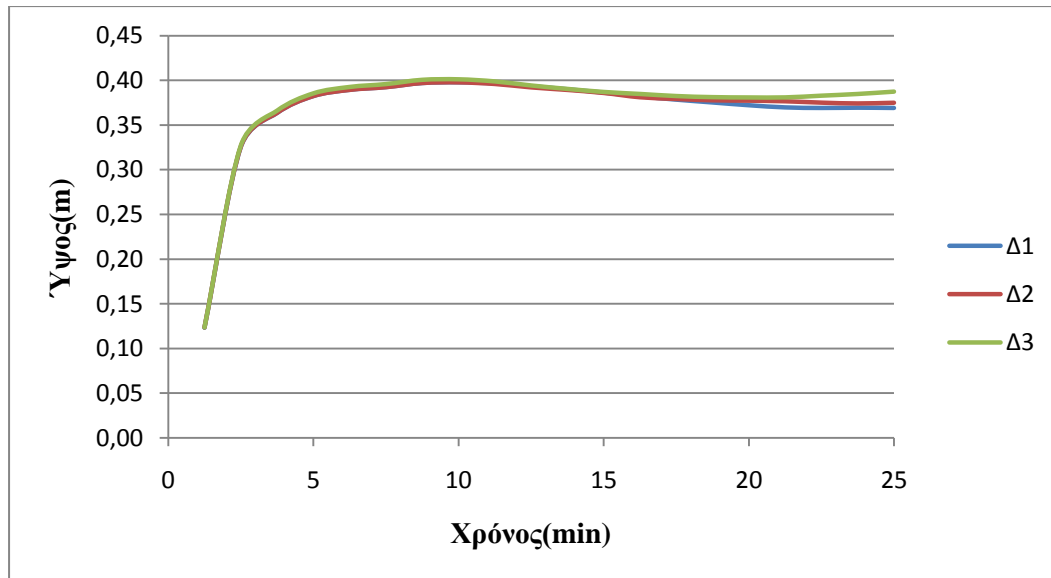


Διάγραμμα 7 M3, H=1m, T=4s



Διάγραμμα 8 M3, H=1m, T=5s





Διάγραμμα 9 M3, H=1m, T=6.7s

- Στον μετρητή 3, ο οποίος βρίσκεται εξωτερικά του προσήνεμου μώλου, για την περίοδο των 4s παρατηρούμε ότι το ύψος του κύματος έχει μειωθεί, και βρίσκεται κοντά στην τιμή των 70cm, γεγονός που οφείλεται στο φαινόμενο της ανάκλασης του κυματισμού στο μέτωπο του προσήνεμου μώλου. Επίσης είναι φανερό ότι το ύψος κύματος στον μετρητή μεταβάλλεται ανεπαίσθητα σε σχέση με τις τρεις διατάξεις, όσον αφορά την κάθε περίοδο. Παρατηρούμε ακόμα ότι όσο αυξάνονται οι περίοδοι μειώνεται ακόμα περισσότερο το ύψος κύματος στον μετρητή, με αποτέλεσμα στην περίοδο των 5s να αγγίζει την τιμή των 40cm ενώ στην περίοδο των 6.7s να αγγίζει την τιμή των 37cm.

#### 4.3.4 Μετρητής 4 , Ύψος κύματος H=1m

Πίνακας 4.12 M4, H=1m, T=4s

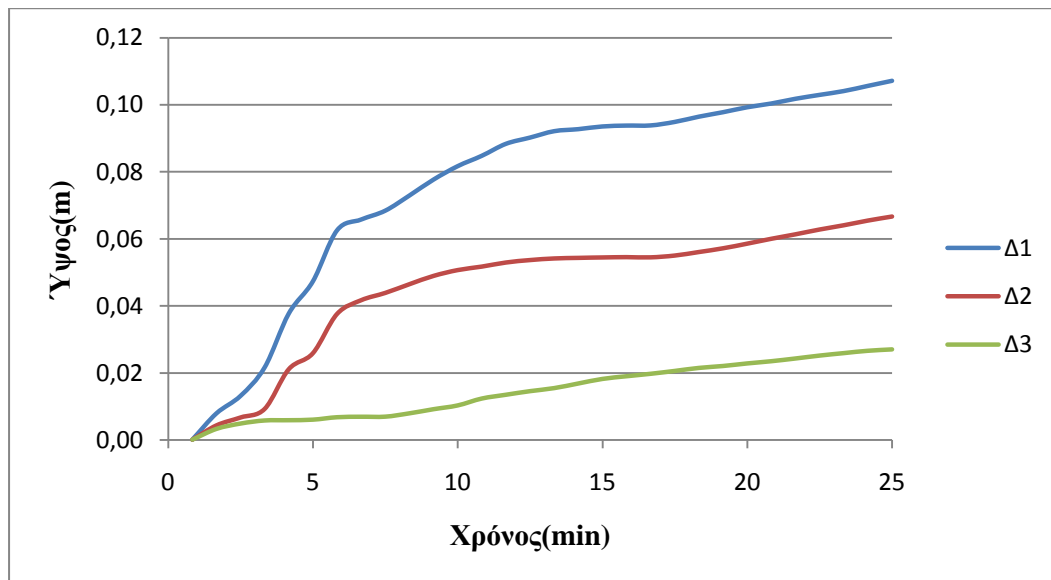
Χρόνος(min)	H=1(m) , T=4(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,00010	0,00010	0,00010
1,67	0,00794	0,00436	0,00331
2,50	0,01316	0,00672	0,00490
3,33	0,02168	0,00929	0,00581
4,17	0,03773	0,02114	0,00589
5,00	0,04733	0,02591	0,00606
5,83	0,06253	0,03762	0,00678
6,66	0,06576	0,04172	0,00693
7,50	0,06841	0,04391	0,00695
8,33	0,07292	0,04650	0,00794
9,16	0,07768	0,04898	0,00917
10,00	0,08167	0,05071	0,01030
10,83	0,08476	0,05175	0,01234
11,66	0,08834	0,05297	0,01347
12,50	0,09020	0,05371	0,01455
13,33	0,09211	0,05418	0,01545
14,16	0,09272	0,05436	0,01683
14,99	0,09352	0,05449	0,01819
15,83	0,09378	0,05458	0,01899
16,66	0,09383	0,05452	0,01972
17,49	0,09487	0,05505	0,02057
18,33	0,09644	0,05610	0,02147
19,16	0,09777	0,05721	0,02204
19,99	0,09924	0,05859	0,02280
20,83	0,10036	0,06005	0,02346
21,66	0,10177	0,06138	0,02427
22,49	0,10293	0,06281	0,02514
23,32	0,10407	0,06408	0,02588
24,16	0,10560	0,06548	0,02657
25,00	0,10714	0,06670	0,02699

**Πίνακας 4.13** M4, H=1m , T=5s

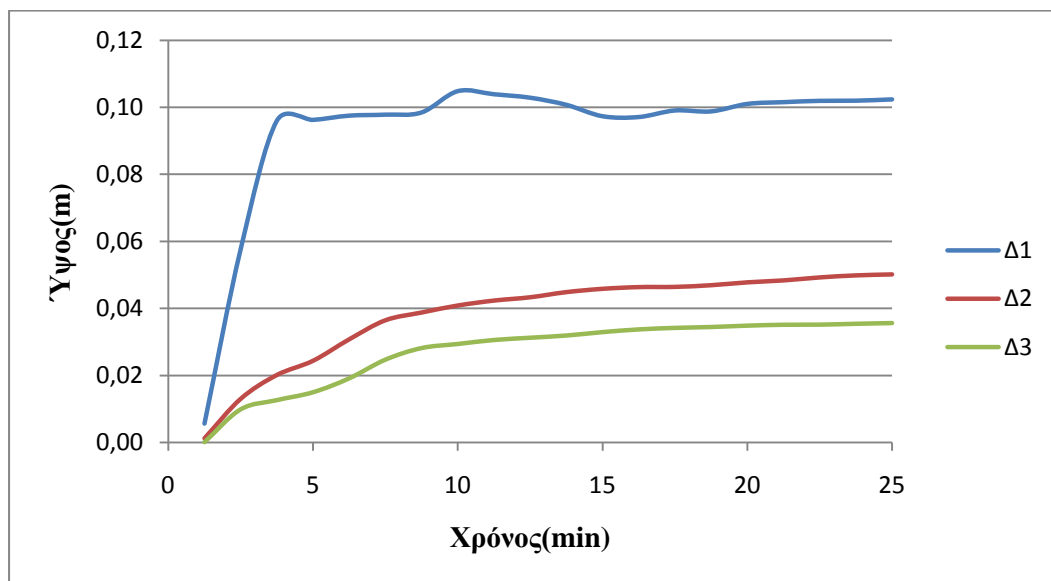
Χρόνος (min)	H=1(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,00559	0,00123	0,00010
2,50	0,05768	0,01302	0,00988
3,75	0,09601	0,02013	0,01261
5,00	0,09627	0,02438	0,01497
6,25	0,09754	0,03079	0,01912
7,50	0,09783	0,03648	0,02468
8,75	0,09849	0,03879	0,02813
10,00	0,10486	0,04088	0,02935
11,25	0,10393	0,04235	0,03053
12,50	0,10289	0,04335	0,03121
13,75	0,10077	0,04488	0,03187
15,00	0,09736	0,04587	0,03288
16,25	0,09712	0,04638	0,03368
17,50	0,09908	0,04645	0,03414
18,75	0,09881	0,04695	0,03440
20,00	0,10104	0,04780	0,03481
21,25	0,10157	0,04838	0,03507
22,50	0,10196	0,04927	0,03511
23,75	0,10201	0,04988	0,03536
25,00	0,10239	0,05017	0,03558

**Πίνακας 4.14** M4, H=1m , T=6.7s

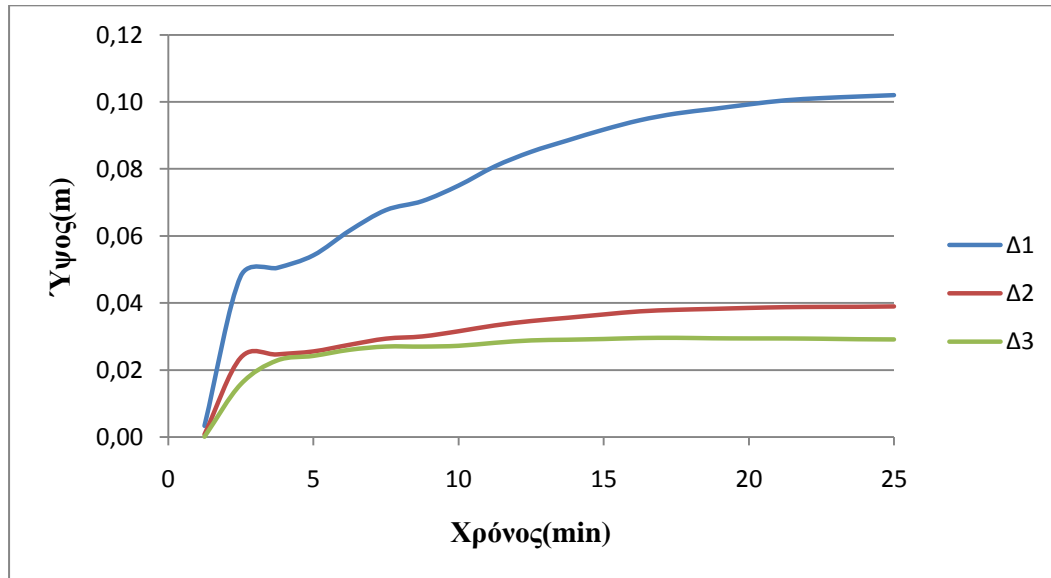
Χρόνος (min)	H=1(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,00332	0,00073	0,00010
2,50	0,04799	0,02365	0,01575
3,75	0,05044	0,02461	0,02282
5,00	0,05419	0,02550	0,02419
6,25	0,06158	0,02749	0,02601
7,50	0,06770	0,02932	0,02698
8,75	0,07036	0,02997	0,02696
10,00	0,07501	0,03152	0,02720
11,25	0,08072	0,03326	0,02810
12,50	0,08508	0,03456	0,02881
13,75	0,08846	0,03553	0,02901
15,00	0,09170	0,03653	0,02923
16,25	0,09451	0,03746	0,02951
17,50	0,09651	0,03791	0,02957
18,75	0,09784	0,03819	0,02944
20,00	0,09922	0,03848	0,02939
21,25	0,10043	0,03870	0,02938
22,50	0,10110	0,03880	0,02930
23,75	0,10156	0,03882	0,02917
25,00	0,10199	0,03893	0,02910



Διάγραμμα 10 M4, H=1m, T=4s



Διάγραμμα 11 M4, H=1m, T=5s



Διάγραμμα 12 M4, H=1m, T=6.7s

- Στον μετρητή 4, ο οποίος βρίσκεται εσωτερικά του προσήνεμου μάλου, σε κοντινή απόσταση από αυτόν και περίπου στο μέσο του, παρατηρούμε ότι για την διάταξη 1 και για τις τρεις περιόδους, το ύψος κύματος έχει μειωθεί κατά μεγάλο ποσοστό, αφού αγγίζει την τιμή των 10cm. Στην διάταξη 2 το ύψος κύματος μειώνεται ακόμα περισσότερο, πλησιάζοντας την τιμή των 6.5cm για την περίοδο των 4s, ενώ όσο αυξάνονται οι περίοδοι υπάρχει μια μικρή μείωση του ύψους σε σχέση με την περίοδο των 4s, της τάξης των 2.5cm. Για τη διάταξη 3 παρατηρούμε ότι το ύψος κύματος ελαττώνεται αρκετά σημαντικά σε σχέση με την διάταξη 1, καθώς η τιμή του για τις τρεις περιόδους κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 2.5cm και 3.5cm.

4.3.5 Μετρητής 5 , Ύψος κύματος H=1m

Πίνακας 4.15 M5, H=1m, T=4s

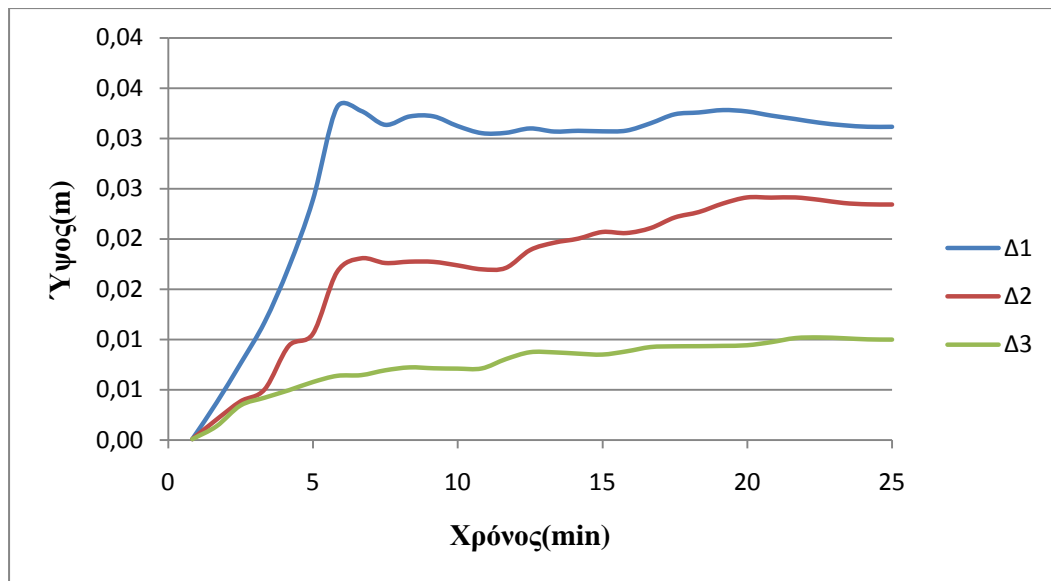
	H=1(m) , T=4(s)		
Χρόνος(min)	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,00010	0,00010	0,00010
1,67	0,00370	0,00204	0,00138
2,50	0,00762	0,00385	0,00345
3,33	0,01175	0,00505	0,00422
4,17	0,01720	0,00938	0,00496
5,00	0,02390	0,01058	0,00577
5,83	0,03310	0,01673	0,00639
6,66	0,03274	0,01808	0,00646
7,50	0,03136	0,01761	0,00694
8,33	0,03219	0,01775	0,00723
9,16	0,03220	0,01773	0,00714
10,00	0,03123	0,01738	0,00711
10,83	0,03053	0,01699	0,00713
11,66	0,03056	0,01713	0,00805
12,50	0,03100	0,01890	0,00874
13,33	0,03069	0,01963	0,00873
14,16	0,03076	0,02004	0,00860
14,99	0,03071	0,02070	0,00851
15,83	0,03078	0,02060	0,00882
16,66	0,03151	0,02109	0,00925
17,49	0,03241	0,02215	0,00932
18,33	0,03259	0,02268	0,00934
19,16	0,03282	0,02353	0,00937
19,99	0,03269	0,02414	0,00943
20,83	0,03228	0,02412	0,00974
21,66	0,03193	0,02414	0,01014
22,49	0,03157	0,02390	0,01021
23,32	0,03131	0,02358	0,01013
24,16	0,03116	0,02345	0,01002
25,00	0,03116	0,02343	0,00999

Πίνακας 4.16 M5, H=1m, T=5s

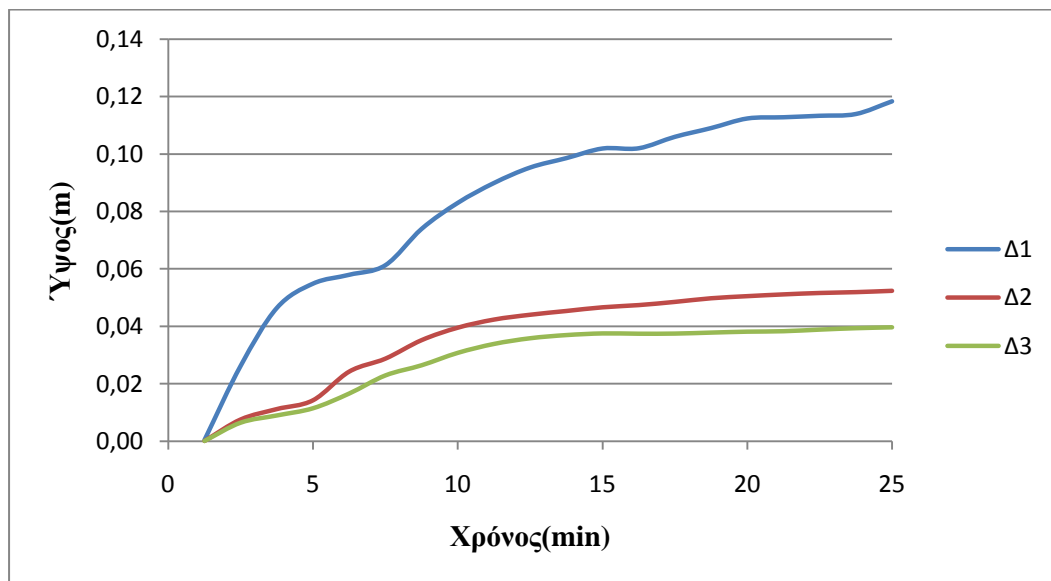
Χρόνος (min)	H=1(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,00046	0,00010	0,00010
2,50	0,02628	0,00758	0,00646
3,75	0,04641	0,01121	0,00897
5,00	0,05487	0,01428	0,01148
6,25	0,05794	0,02427	0,01660
7,50	0,06128	0,02878	0,02289
8,75	0,07391	0,03522	0,02641
10,00	0,08296	0,03956	0,03073
11,25	0,08987	0,04238	0,03383
12,50	0,09526	0,04406	0,03581
13,75	0,09852	0,04537	0,03691
15,00	0,10187	0,04665	0,03748
16,25	0,10196	0,04743	0,03739
17,50	0,10594	0,04854	0,03744
18,75	0,10898	0,04980	0,03778
20,00	0,11231	0,05053	0,03810
21,25	0,11274	0,05115	0,03826
22,50	0,11326	0,05164	0,03882
23,75	0,11387	0,05194	0,03931
25,00	0,11829	0,05239	0,03961

Πίνακας 4.17 M5, H=1m, T=6.7s

Χρόνος (min)	H=1(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,00027	0,00010	0,00010
2,50	0,02649	0,00998	0,00538
3,75	0,04861	0,01968	0,01470
5,00	0,05592	0,02382	0,01937
6,25	0,05831	0,02580	0,02221
7,50	0,06455	0,02916	0,02544
8,75	0,07528	0,03371	0,02897
10,00	0,08475	0,03756	0,03270
11,25	0,09239	0,04066	0,03572
12,50	0,09797	0,04322	0,03824
13,75	0,10238	0,04490	0,03964
15,00	0,10615	0,04642	0,04075
16,25	0,10912	0,04759	0,04169
17,50	0,11170	0,04848	0,04235
18,75	0,11362	0,04931	0,04298
20,00	0,11519	0,04992	0,04345
21,25	0,11660	0,05046	0,04390
22,50	0,11762	0,05085	0,04424
23,75	0,11858	0,05116	0,04450
25,00	0,11924	0,05147	0,04476

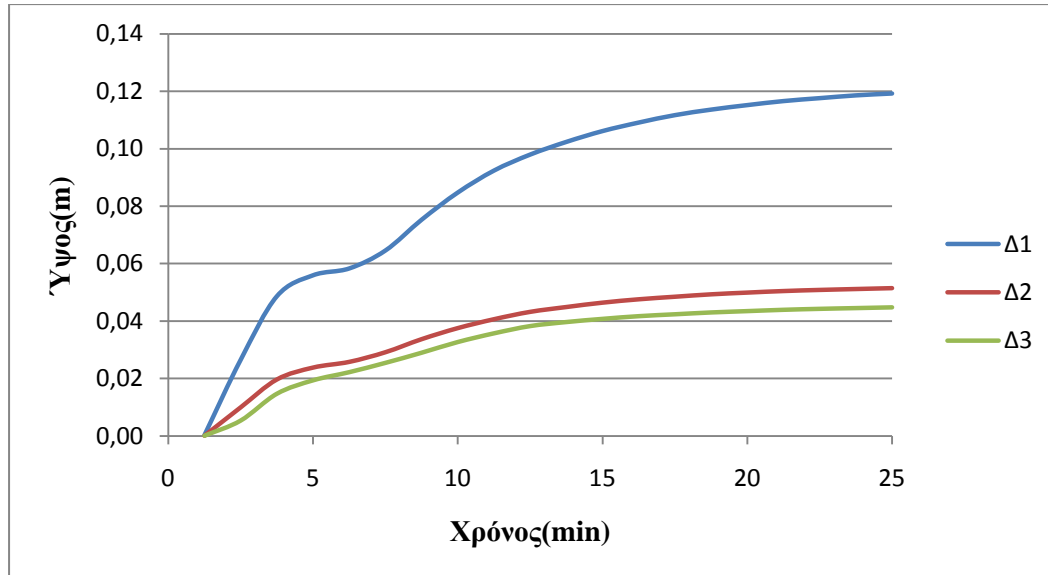


Διάγραμμα 13 M5, H=1m, T=4s



Διάγραμμα 14 M5, H=1m, T=5s





Διάγραμμα 15 M5, H=1m, T=6.7s

- Στον μετρητή 5, ο οποίος βρίσκεται περίπου στο μέσο της λιμενολεκάνης, παρατηρούμε ότι για την περίοδο των 4s και για την διάταξη 1, το ύψος κύματος έχει μειωθεί κατά πολύ μεγάλο ποσοστό, αφού αγγίζει την τιμή των 3cm, ενώ μεταξύ των τριών διατάξεων δεν παρουσιάζονται μεγάλες διαφορές καθώς για την διάταξη 2 το ύψος κύματος μειώνεται κατά 1cm και για την διάταξη 3 κατά 2cm σε σχέση με την διάταξη 1. Για τις περιόδους των 4s και 5s παρατηρούμε ότι οι τιμές διαφέρουν απειροελάχιστα μεταξύ τους. Για την διάταξη 1 η τιμή του ύψους κύματος συγκλίνει στην τιμή των 11.5cm, τετραπλάσια σε σχέση με την τιμή για την διάταξη 1 της περιόδου των 4s. Για την διάταξη 2 η τιμή του ύψους κύματος ελαττώνεται κατά 6cm, ενώ για την διάταξη 3 κατά 7cm σε σχέση με την διάταξη 1.

### 4.3.6 Μετρητής 6 , Ύψος κύματος H=1m

Πίνακας 4.18 M6, H=1m, T=4s

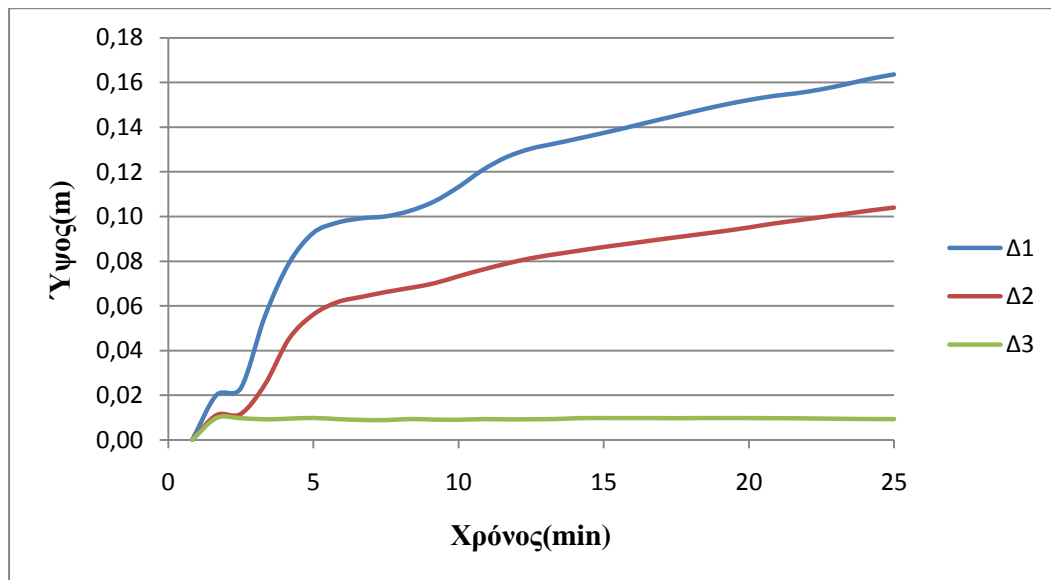
	H=1(m) , T=4(s)		
Χρόνος(min)	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,00010	0,00010	0,00010
1,67	0,02010	0,01109	0,00981
2,50	0,02306	0,01160	0,00970
3,33	0,05530	0,02476	0,00918
4,17	0,07913	0,04532	0,00950
5,00	0,09264	0,05608	0,00980
5,83	0,09725	0,06168	0,00930
6,66	0,09920	0,06404	0,00890
7,50	0,10007	0,06619	0,00885
8,33	0,10255	0,06805	0,00933
9,16	0,10674	0,07011	0,00908
10,00	0,11318	0,07324	0,00900
10,83	0,12078	0,07623	0,00928
11,66	0,12664	0,07894	0,00918
12,50	0,13039	0,08133	0,00922
13,33	0,13268	0,08312	0,00932
14,16	0,13502	0,08474	0,00972
14,99	0,13742	0,08636	0,00976
15,83	0,13992	0,08779	0,00973
16,66	0,14257	0,08928	0,00975
17,49	0,14511	0,09071	0,00969
18,33	0,14768	0,09210	0,00977
19,16	0,15005	0,09353	0,00976
19,99	0,15214	0,09510	0,00975
20,83	0,15391	0,09682	0,00969
21,66	0,15521	0,09827	0,00965
22,49	0,15694	0,09972	0,00953
23,32	0,15914	0,10118	0,00941
24,16	0,16160	0,10267	0,00932
25,00	0,16363	0,10403	0,00930

**Πίνακας 4.19** M6, H=1m, T=5s

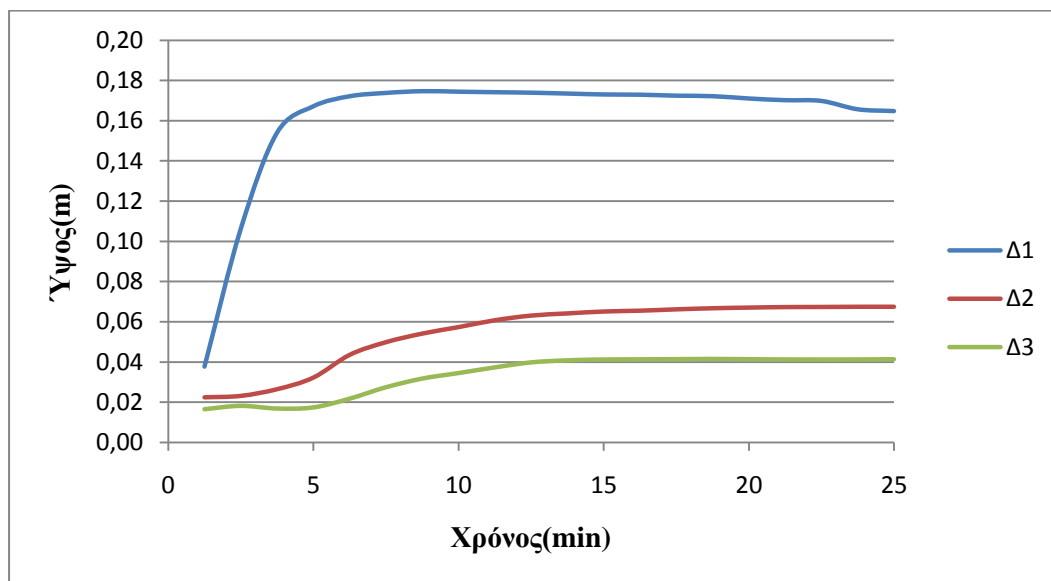
Χρόνος (min)	H=1(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,03779	0,02242	0,01659
2,50	0,10627	0,02313	0,01824
3,75	0,15410	0,02647	0,01691
5,00	0,16721	0,03224	0,01746
6,25	0,17219	0,04357	0,02180
7,50	0,17386	0,04987	0,02745
8,75	0,17472	0,05416	0,03174
10,00	0,17447	0,05738	0,03447
11,25	0,17421	0,06079	0,03729
12,50	0,17397	0,06312	0,03976
13,75	0,17353	0,06420	0,04079
15,00	0,17309	0,06516	0,04119
16,25	0,17297	0,06557	0,04127
17,50	0,17248	0,06624	0,04136
18,75	0,17224	0,06678	0,04147
20,00	0,17108	0,06711	0,04133
21,25	0,17024	0,06735	0,04121
22,50	0,16987	0,06743	0,04119
23,75	0,16573	0,06752	0,04121
25,00	0,16482	0,06753	0,04133

**Πίνακας 4.20** M6, H=1m, T=6.7s

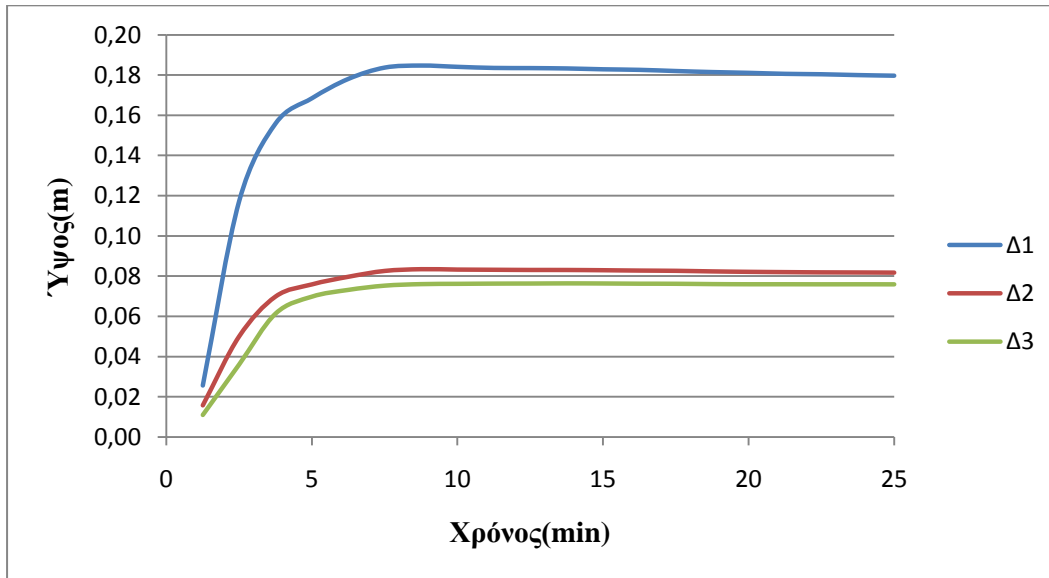
Χρόνος (min)	H=1(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,02563	0,01567	0,01102
2,50	0,11731	0,05001	0,03614
3,75	0,15585	0,06981	0,06140
5,00	0,16842	0,07585	0,06982
6,25	0,17802	0,07964	0,07318
7,50	0,18364	0,08255	0,07530
8,75	0,18465	0,08341	0,07605
10,00	0,18401	0,08322	0,07619
11,25	0,18348	0,08312	0,07630
12,50	0,18339	0,08303	0,07635
13,75	0,18321	0,08302	0,07642
15,00	0,18280	0,08290	0,07637
16,25	0,18252	0,08272	0,07627
17,50	0,18193	0,08260	0,07623
18,75	0,18142	0,08231	0,07607
20,00	0,18103	0,08209	0,07599
21,25	0,18054	0,08196	0,07598
22,50	0,18032	0,08183	0,07595
23,75	0,17992	0,08178	0,07597
25,00	0,17961	0,08170	0,07594



Διάγραμμα 16 M6, H=1m, T=4s



Διάγραμμα 17 M6, H=1m, T=5s



**Διάγραμμα 18** M6, H=1m, T=6.7s

- Στον μετρητή 6, ο οποίος βρίσκεται στην είσοδο της λιμενολεκάνης, παρατηρούμε ότι για την διάταξη 1 και για τις τρεις περιόδους, το ύψος κύματος έχει μειωθεί κατά πολύ, αφού αγγίζει την τιμή των 17cm περίπου. Για την διάταξη 2 και την περίοδο των 4s, το ύψος κύματος μειώνεται στα 10cm, ενώ για την περίοδο των 5s και 6.7s μειώνεται στα 6.5cm και 8cm αντίστοιχα. Για την διάταξη 3 και την περίοδο των 4s, το ύψος κύματος μειώνεται στο 1cm, ενώ για την περίοδο των 5s και 6.7s μειώνεται στα 4cm και 7.5cm αντίστοιχα.

4.3.7 Μετρητής 7 , Ύψος κύματος H=1m

Πίνακας 4.21 M7, H=1m, T=4s

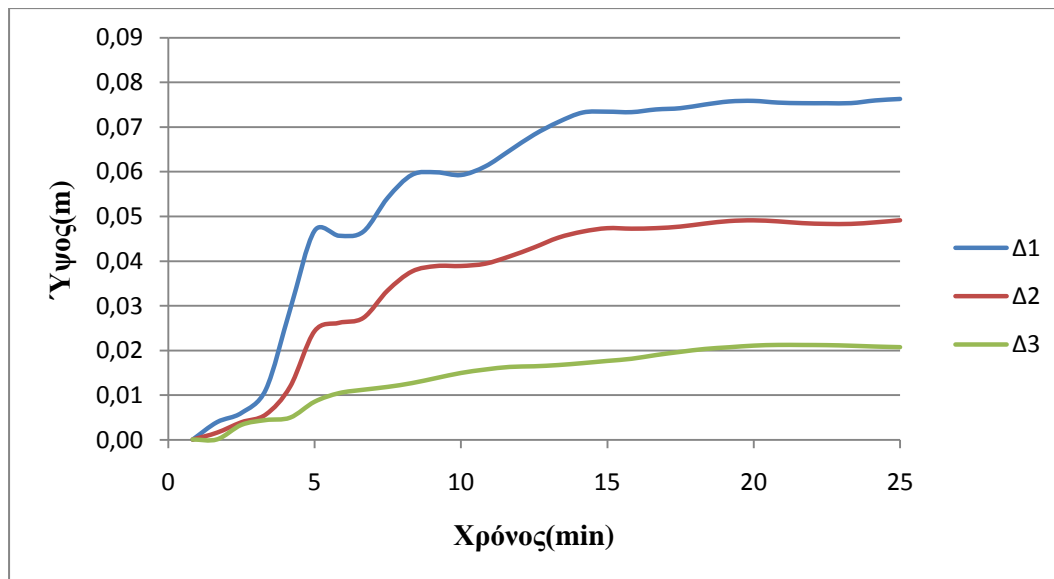
Χρόνος(min)	H=1(m) , T=4(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,00010	0,00010	0,00010
1,67	0,00400	0,00165	0,00012
2,50	0,00605	0,00397	0,00337
3,33	0,01126	0,00571	0,00444
4,17	0,02922	0,01196	0,00498
5,00	0,04680	0,02436	0,00854
5,83	0,04569	0,02621	0,01045
6,66	0,04661	0,02733	0,01121
7,50	0,05418	0,03347	0,01185
8,33	0,05933	0,03772	0,01271
9,16	0,05987	0,03892	0,01384
10,00	0,05926	0,03894	0,01496
10,83	0,06119	0,03945	0,01573
11,66	0,06472	0,04109	0,01631
12,50	0,06829	0,04308	0,01645
13,33	0,07113	0,04528	0,01673
14,16	0,07325	0,04664	0,01717
14,99	0,07343	0,04739	0,01765
15,83	0,07333	0,04728	0,01813
16,66	0,07393	0,04740	0,01897
17,49	0,07421	0,04775	0,01968
18,33	0,07502	0,04843	0,02032
19,16	0,07572	0,04898	0,02071
19,99	0,07585	0,04915	0,02107
20,83	0,07546	0,04892	0,02123
21,66	0,07534	0,04852	0,02121
22,49	0,07533	0,04835	0,02118
23,32	0,07535	0,04835	0,02105
24,16	0,07595	0,04870	0,02086
25,00	0,07628	0,04916	0,02073

Πίνακας 4.22 M7, H=1m, T=5s

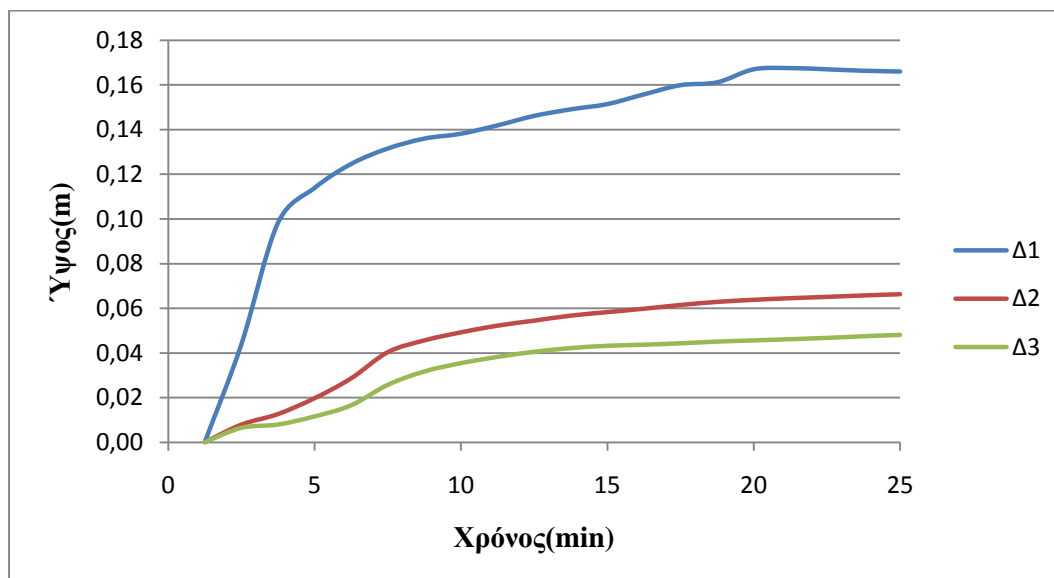
Χρόνος (min)	H=1(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,00010	0,00010	0,00010
2,50	0,04391	0,00794	0,00650
3,75	0,09823	0,01267	0,00797
5,00	0,11384	0,01978	0,01161
6,25	0,12458	0,02868	0,01660
7,50	0,13147	0,04039	0,02576
8,75	0,13591	0,04566	0,03175
10,00	0,13809	0,04928	0,03548
11,25	0,14183	0,05228	0,03827
12,50	0,14607	0,05453	0,04056
13,75	0,14899	0,05676	0,04223
15,00	0,15135	0,05834	0,04325
16,25	0,15569	0,05987	0,04374
17,50	0,15982	0,06153	0,04437
18,75	0,16108	0,06293	0,04512
20,00	0,16692	0,06386	0,04566
21,25	0,16746	0,06458	0,04621
22,50	0,16691	0,06518	0,04679
23,75	0,16628	0,06581	0,04753
25,00	0,16593	0,06637	0,04815

Πίνακας 4.23 M7, H=1m, T=6.7s

Χρόνος (min)	H=1(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,00010	0,00010	0,00010
2,50	0,00955	0,00540	0,00441
3,75	0,02744	0,01206	0,00873
5,00	0,06587	0,02782	0,02224
6,25	0,08987	0,03699	0,03015
7,50	0,10083	0,04103	0,03189
8,75	0,11248	0,04565	0,03426
10,00	0,11926	0,04779	0,03543
11,25	0,12456	0,04890	0,03522
12,50	0,13111	0,05123	0,03650
13,75	0,13714	0,05321	0,03777
15,00	0,14272	0,05505	0,03887
16,25	0,14664	0,05635	0,03956
17,50	0,15047	0,05749	0,03999
18,75	0,15354	0,05860	0,04074
20,00	0,15513	0,05905	0,04094
21,25	0,15581	0,05934	0,04097
22,50	0,15583	0,05946	0,04097
23,75	0,15560	0,05940	0,04090
25,00	0,15497	0,05920	0,04076

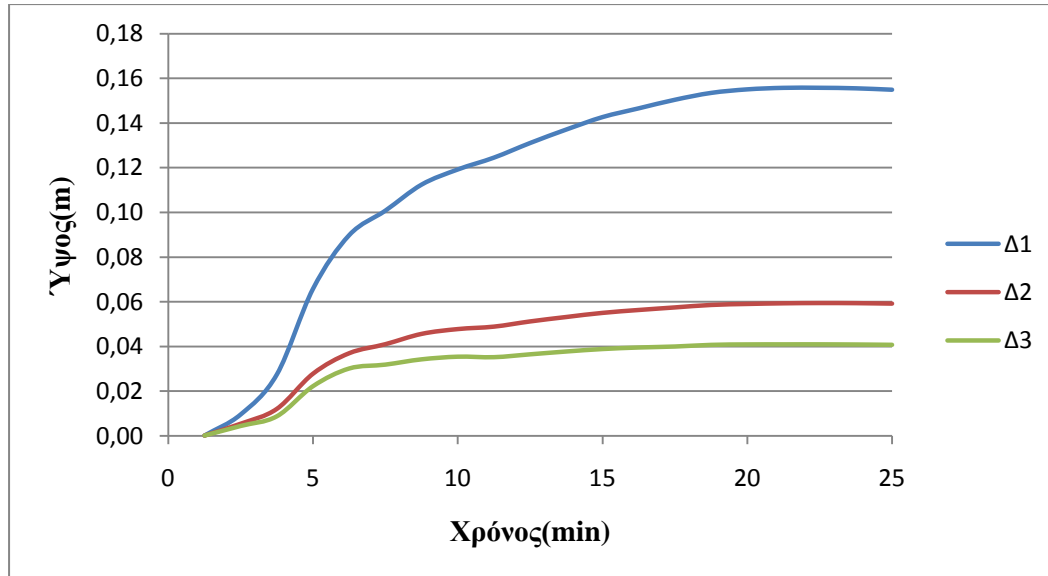


Διάγραμμα 19 M7, H=1m, T=4s



Διάγραμμα 20 M7, H=1m, T=5s





Διάγραμμα 21 M7, H=1m, T=6.7s

- Στον μετρητή 7, ο οποίος βρίσκεται σε πιθανή θέση παραβολής, παρατηρούμε ότι για την διάταξη 1 και για την περίοδο των 4s, το ύψος κύματος ελαττώνεται στα 7.5cm, ενώ για τις περιόδους των 5s και 6.7s αυξάνεται σε σχέση με την περίοδο των 4s και συγκλίνει στις τιμές των 16.5cm και 15.5cm αντίστοιχα. Στην διάταξη 2, για την περίοδο των 4s, η τιμή του ύψους κύματος ελαττώνεται κατά 2.5cm σε σχέση με τη διάταξη 1, ενώ για τις περιόδους των 5s και 6.7s η τιμή ελαττώνεται κατά 10cm και 9.5cm αντίστοιχα. Στην διάταξη 3, για την περίοδο των 4s, η τιμή του ύψους κύματος ελαττώνεται κατά 3cm σε σχέση με τη διάταξη 2, ενώ για τις περιόδους των 5s και 6.7s η τιμή ελαττώνεται κατά 0,5cm και 1cm αντίστοιχα.

4.3.8 Μετρητής 1 , Ύψος κύματος H=1.5m

Πίνακας 4.24 M1, H=1.5m, T=4s

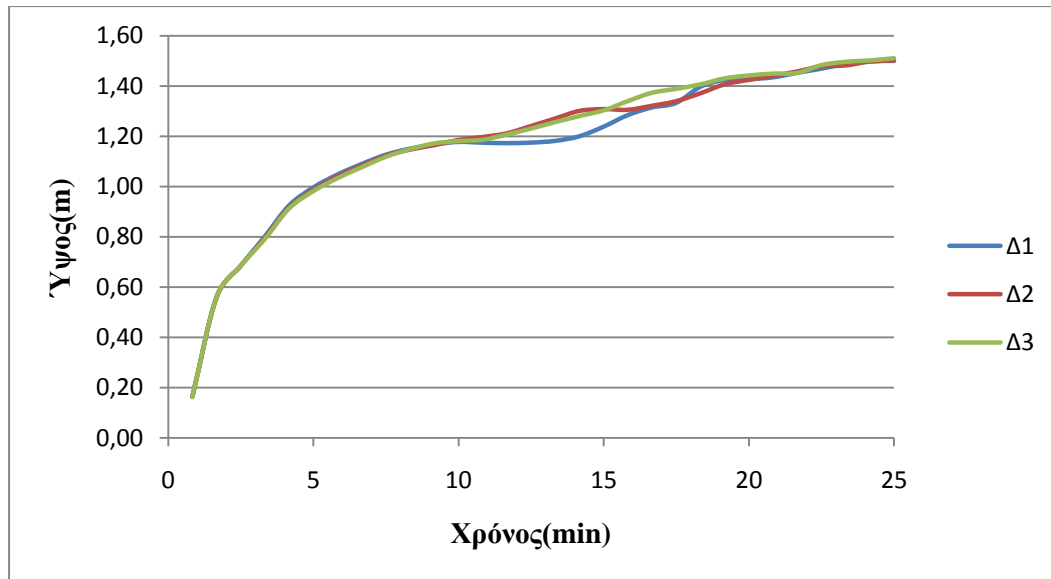
Χρόνος(min)	H=1,5(m) , T=4(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,16306	0,16305	0,16306
1,67	0,55878	0,55965	0,55968
2,50	0,68459	0,68465	0,68455
3,33	0,80195	0,79520	0,79151
4,17	0,92494	0,91487	0,91262
5,00	0,99647	0,98667	0,98161
5,83	1,04797	1,03954	1,03317
6,66	1,08994	1,08229	1,07659
7,50	1,12691	1,12254	1,11825
8,33	1,15096	1,14650	1,14843
9,16	1,16767	1,16419	1,17147
10,00	1,17783	1,18484	1,18070
10,83	1,17477	1,19671	1,18600
11,66	1,17300	1,21120	1,20664
12,50	1,17504	1,24025	1,23043
13,33	1,18193	1,27025	1,25610
14,16	1,20016	1,30037	1,28007
14,99	1,23821	1,30769	1,30284
15,83	1,28436	1,30486	1,33947
16,66	1,31498	1,32082	1,37284
17,49	1,33283	1,33895	1,38843
18,33	1,39691	1,37036	1,40624
19,16	1,42406	1,40585	1,43010
19,99	1,42751	1,42356	1,44167
20,83	1,43465	1,43994	1,44904
21,66	1,45260	1,45709	1,45152
22,49	1,46908	1,47756	1,48269
23,32	1,48752	1,48114	1,49582
24,16	1,49856	1,49649	1,50147
25,00	1,50024	1,50103	1,51036

Πίνακας 4.25 M1, H=1.5m, T=5s

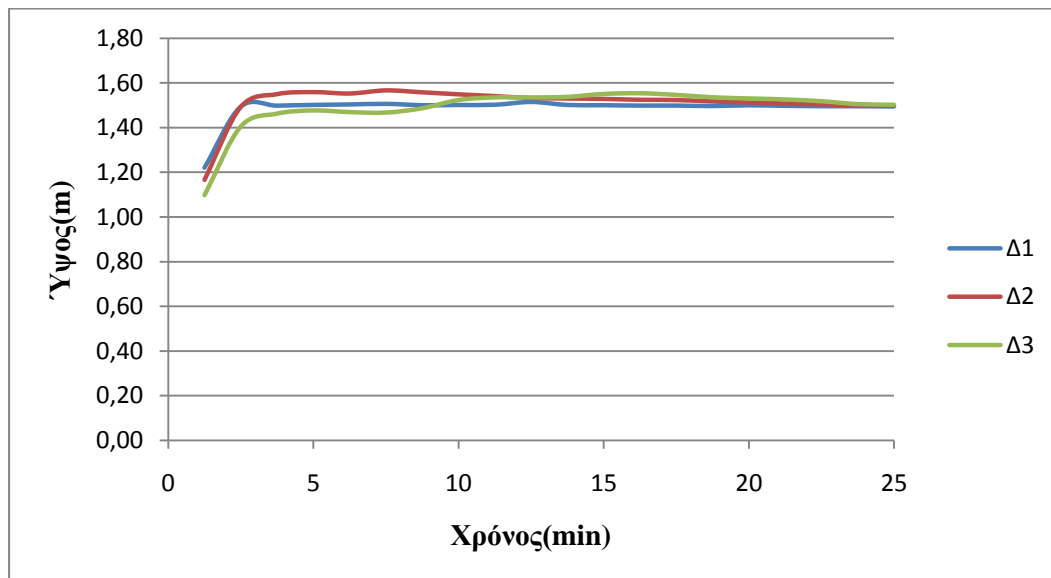
Χρόνος (min)	H=1,5(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	1,22045	1,16610	1,09768
2,50	1,49398	1,49251	1,40436
3,75	1,49825	1,55014	1,46205
5,00	1,50163	1,55921	1,47638
6,25	1,50365	1,55291	1,46900
7,50	1,50638	1,56684	1,46676
8,75	1,50042	1,55824	1,48601
10,00	1,50135	1,54935	1,52278
11,25	1,50237	1,54128	1,53454
12,50	1,51489	1,53284	1,53422
13,75	1,50159	1,53049	1,53687
15,00	1,50036	1,52876	1,55001
16,25	1,49855	1,52483	1,55305
17,50	1,49871	1,52367	1,54565
18,75	1,49653	1,51749	1,53492
20,00	1,49987	1,51263	1,52988
21,25	1,49753	1,50857	1,52547
22,50	1,49586	1,50396	1,51752
23,75	1,49563	1,50104	1,50457
25,00	1,49478	1,49968	1,50186

Πίνακας 4.26 M1, H=1.5m, T=6.7s

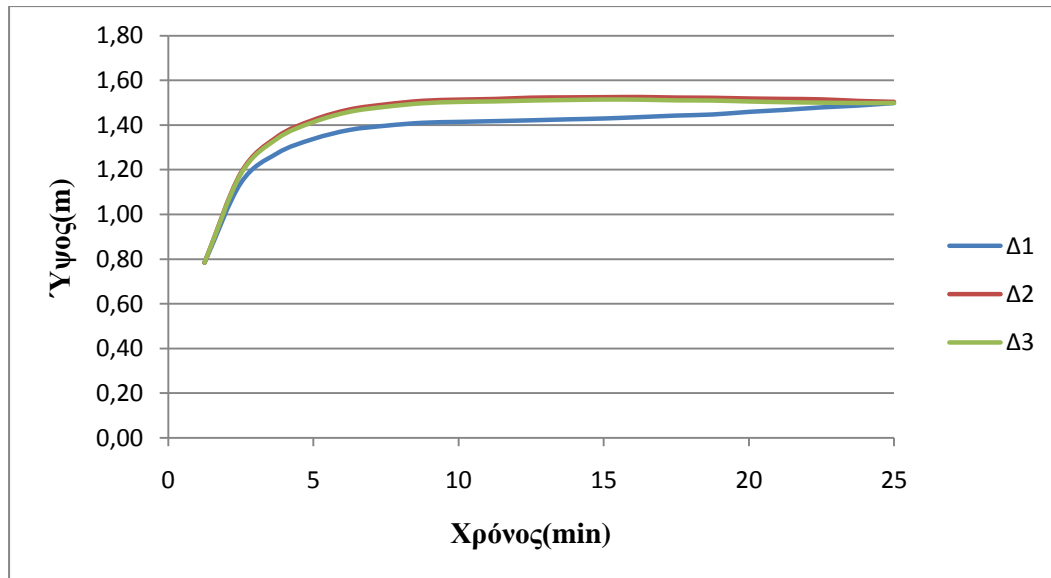
Χρόνος (min)	H=1,5(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,78336	0,78344	0,78344
2,50	1,14045	1,18572	1,17986
3,75	1,27337	1,34745	1,33805
5,00	1,33794	1,42337	1,41276
6,25	1,37847	1,47013	1,45872
7,50	1,39740	1,49303	1,48134
8,75	1,41030	1,50877	1,49678
10,00	1,41442	1,51419	1,50294
11,25	1,41780	1,51719	1,50527
12,50	1,42152	1,52283	1,50906
13,75	1,42581	1,52430	1,51152
15,00	1,42968	1,52523	1,51353
16,25	1,43582	1,52594	1,51292
17,50	1,44268	1,52349	1,50988
18,75	1,44756	1,52239	1,50916
20,00	1,45932	1,51930	1,50489
21,25	1,46827	1,51738	1,50168
22,50	1,47932	1,51541	1,49954
23,75	1,48758	1,50856	1,49809
25,00	1,49895	1,50428	1,49813



Διάγραμμα 22 M1, H=1.5m, T=4s



Διάγραμμα 23 M1, H=1.5m, T=5s



Διάγραμμα 24 M1, H=1.5m, T=6.7s

- Σύμφωνα με τα διαγράμματα, για ύψος κύματος  $H=1.5m$ , για τις 3 διαφορετικές διατάξεις αλλά και για τις 3 περιόδους παρατηρούνται μηδαμινές διαφορές στο ύψος κύματος του μετρητή 1, το οποίο συγκλίνει ικανοποιητικά στην τιμή του 1.5m, γεγονός που έπρεπε να επιτευχθεί καθώς ο μετρητής 1 είναι μετρητής ελέγχου, δηλαδή πρέπει να συγκλίνει στην τιμή του ύψους κύματος που χρησιμοποιήθηκε στο υπολογιστικό πρόγραμμα για προσομοίωση.

4.3.9 Μετρητής 2 , Ύψος κύματος H=1.5m

Πίνακας 4.27 M2, H=1.5m, T=4s

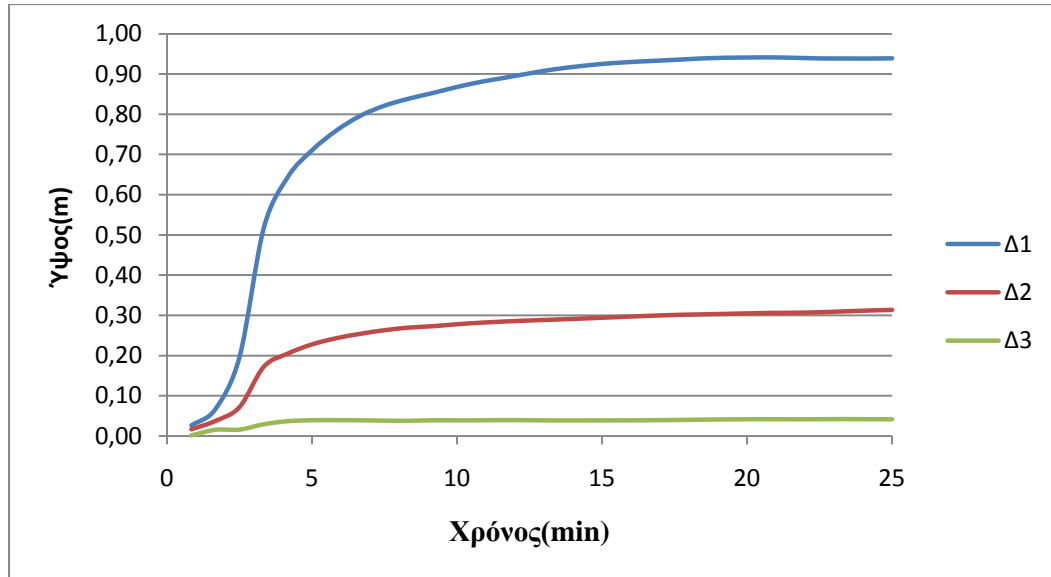
Χρόνος(min)	H=1,5(m) , T=4(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,02647	0,01637	0,00144
1,67	0,06746	0,03733	0,01553
2,50	0,19804	0,07210	0,01598
3,33	0,51799	0,17212	0,02936
4,17	0,64478	0,20507	0,03705
5,00	0,71079	0,22786	0,03943
5,83	0,75951	0,24313	0,03946
6,66	0,79641	0,25414	0,03923
7,50	0,82149	0,26307	0,03832
8,33	0,83890	0,26955	0,03812
9,16	0,85294	0,27301	0,03928
10,00	0,86790	0,27793	0,03906
10,83	0,88078	0,28179	0,03924
11,66	0,89109	0,28475	0,03966
12,50	0,90183	0,28724	0,03932
13,33	0,91165	0,28941	0,03886
14,16	0,91896	0,29165	0,03885
14,99	0,92516	0,29408	0,03895
15,83	0,92935	0,29664	0,03906
16,66	0,93246	0,29906	0,03933
17,49	0,93531	0,30103	0,03991
18,33	0,93849	0,30240	0,04064
19,16	0,94039	0,30358	0,04134
19,99	0,94109	0,30491	0,04178
20,83	0,94148	0,30607	0,04190
21,66	0,94034	0,30658	0,04175
22,49	0,93897	0,30775	0,04191
23,32	0,93874	0,30988	0,04226
24,16	0,93857	0,31201	0,04197
25,00	0,93914	0,31359	0,04177

Πίνακας 4.28 M2, H=1.5m, T=5s

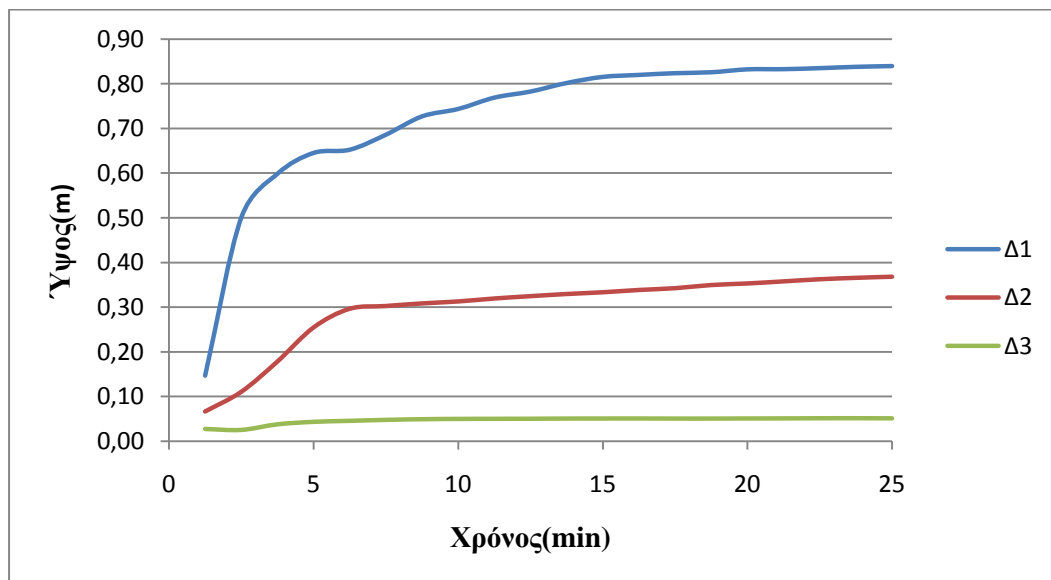
Χρόνος (min)	H=1,5(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,14698	0,06636	0,02730
2,50	0,50045	0,11047	0,02515
3,75	0,59854	0,17839	0,03776
5,00	0,64521	0,25471	0,04336
6,25	0,65239	0,29657	0,04563
7,50	0,68594	0,30274	0,04780
8,75	0,72697	0,30857	0,04930
10,00	0,74358	0,31296	0,05003
11,25	0,76891	0,31957	0,05019
12,50	0,78254	0,32482	0,05037
13,75	0,80169	0,32965	0,05075
15,00	0,81527	0,33353	0,05086
16,25	0,81974	0,33871	0,05093
17,50	0,82362	0,34269	0,05070
18,75	0,82567	0,34976	0,05070
20,00	0,83217	0,35328	0,05095
21,25	0,83263	0,35795	0,05112
22,50	0,83487	0,36273	0,05144
23,75	0,83781	0,36589	0,05153
25,00	0,83953	0,36841	0,05125

Πίνακας 4.29 M2, H=1.5m, T=6.7s

Χρόνος (min)	H=1,5(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,17575	0,08403	0,02530
2,50	0,60086	0,28582	0,08323
3,75	0,67139	0,34042	0,09708
5,00	0,70243	0,36556	0,09766
6,25	0,71763	0,37822	0,09726
7,50	0,73027	0,38746	0,09654
8,75	0,74205	0,39355	0,09712
10,00	0,74986	0,39688	0,09776
11,25	0,75563	0,39966	0,09846
12,50	0,75832	0,40120	0,09887
13,75	0,76046	0,40259	0,09912
15,00	0,76349	0,40383	0,09954
16,25	0,76568	0,40480	0,09971
17,50	0,76812	0,40638	0,09980
18,75	0,76959	0,40751	0,09991
20,00	0,77046	0,40879	0,10017
21,25	0,77121	0,41036	0,10040
22,50	0,77061	0,41149	0,10064
23,75	0,77073	0,41239	0,10107
25,00	0,77037	0,41280	0,10158

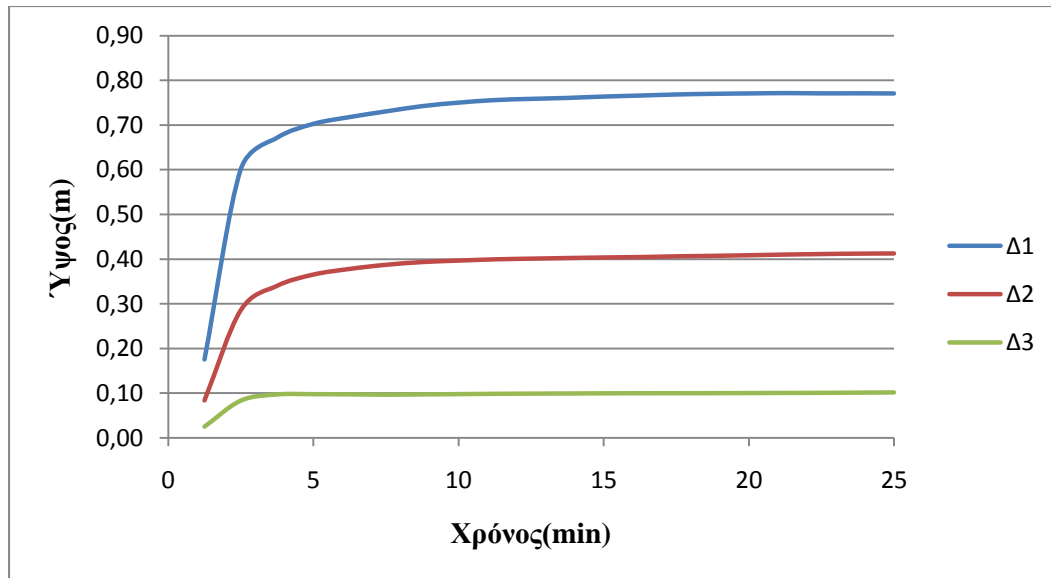


Διάγραμμα 25 M2, H=1.5m, T=4s



Διάγραμμα 26 M2, H=1.5m, T=5s





Διάγραμμα 27 M2, H=1.5m, T=6.7s

- Στον μετρητή αυτό παρατηρούμε ότι για την διάταξη 1 που φαινομενικά δεν τον επηρεάζει, το ύψος κύματος μειώνεται κατά 56cm δηλαδή αγγίζει την τιμή των 94cm, γεγονός που οφείλεται στην περίθλαση του κυματισμού από τον προσήνεμο μώλο. Επίσης παρατηρούμε ότι για τις μεγαλύτερες περιόδους το ύψος κύματος μειώνεται ακόμα περισσότερο με αποτέλεσμα στην περίοδο των 6.7cm να αγγίζει τη τιμή των 77cm. Για την διάταξη 2 παρατηρούμε ότι το ύψος κύματος σχεδόν υποτριπλασιάζεται σε σχέση με την διάταξη 1, ενώ για την διάταξη 3 το ύψος κύματος σχεδόν υπό-οκταπλασιάζεται σε σχέση με την διάταξη 2, αγγίζοντας την τιμή των 4cm, περίπου 23 φορές μικρότερης της τιμής της διάταξης 1 για την περίοδο των 4s. Παρατηρείται επίσης ότι για τις διατάξεις 2 και 3, όσο αυξάνει η περίοδος κύματος αυξάνει και το ύψος του, με αποτέλεσμα να υπάρχει μια διαφορά των 10cm για την διάταξη 2 ανάμεσα στις περιόδους των 4s και των 6.7s, και μια διαφορά των 6cm για την διάταξη 3 ανάμεσα στις περιόδους των 4s και των 6.7s.

4.3.10 Μετρητής 3 , Ύψος κύματος H=1.5m

Πίνακας 4.30 M3, H=1.5m, T=4s

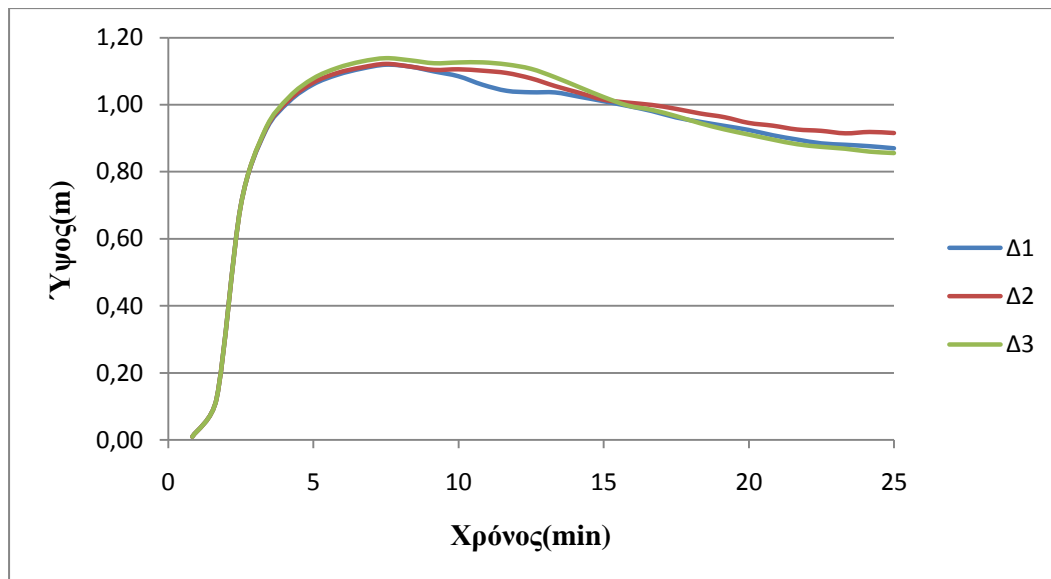
Χρόνος(min)	H=1,5(m) , T=4(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,0096386	0,00964	0,0096386
1,67	0,122296	0,12229	0,122223
2,50	0,697914	0,69716	0,697104
3,33	0,917536	0,92089	0,923711
4,17	1,00918	1,01384	1,02266
5,00	1,06043	1,06571	1,07834
5,83	1,08912	1,09443	1,10974
6,66	1,10750	1,11088	1,12888
7,50	1,11906	1,12135	1,13877
8,33	1,11341	1,11348	1,13243
9,16	1,09897	1,10347	1,12370
10,00	1,08469	1,10525	1,12599
10,83	1,05934	1,10107	1,12629
11,66	1,04118	1,09418	1,12004
12,50	1,03682	1,07826	1,10711
13,33	1,03631	1,05529	1,08184
14,16	1,02362	1,03510	1,05232
14,99	1,01031	1,01451	1,02304
15,83	0,99621	1,00588	0,997689
16,66	0,980865	0,99887	0,984507
17,49	0,961895	0,98729	0,965949
18,33	0,948657	0,97345	0,944743
19,16	0,936626	0,96245	0,926425
19,99	0,924558	0,94541	0,911059
20,83	0,908663	0,93714	0,895955
21,66	0,895974	0,92576	0,882209
22,49	0,88453	0,92169	0,874251
23,32	0,880307	0,91430	0,868662
24,16	0,876053	0,91835	0,860068
25,00	0,869774	0,91515	0,85574

**Πίνακας 4.31** M3, H=1.5m, T=5s

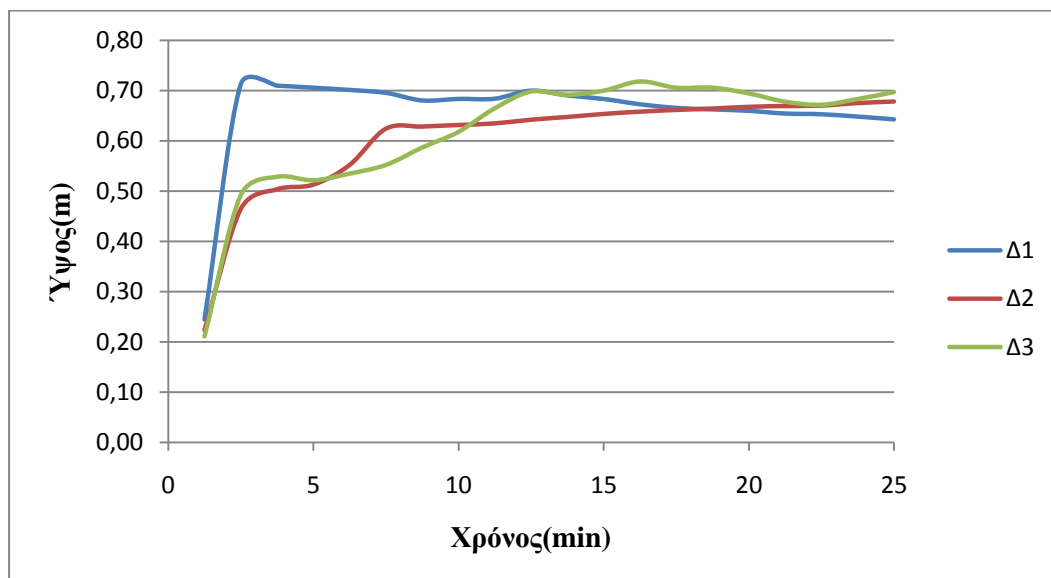
Χρόνος (min)	H=1,5(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,24459	0,22348	0,21047
2,50	0,71258	0,46431	0,49162
3,75	0,70983	0,50375	0,52827
5,00	0,70566	0,51291	0,52134
6,25	0,70128	0,55211	0,53460
7,50	0,69547	0,62433	0,55182
8,75	0,68035	0,62847	0,58653
10,00	0,68345	0,63159	0,61770
11,25	0,68381	0,63482	0,66462
12,50	0,69983	0,64215	0,69793
13,75	0,69040	0,64759	0,69151
15,00	0,68331	0,65361	0,69964
16,25	0,67277	0,65817	0,71791
17,50	0,66553	0,66159	0,70544
18,75	0,66258	0,66436	0,70560
20,00	0,65971	0,66782	0,69415
21,25	0,65437	0,66935	0,67775
22,50	0,65293	0,67024	0,67160
23,75	0,64825	0,67528	0,68305
25,00	0,64279	0,67839	0,69679

**Πίνακας 4.32** M3, H=1.5m, T=6.7s

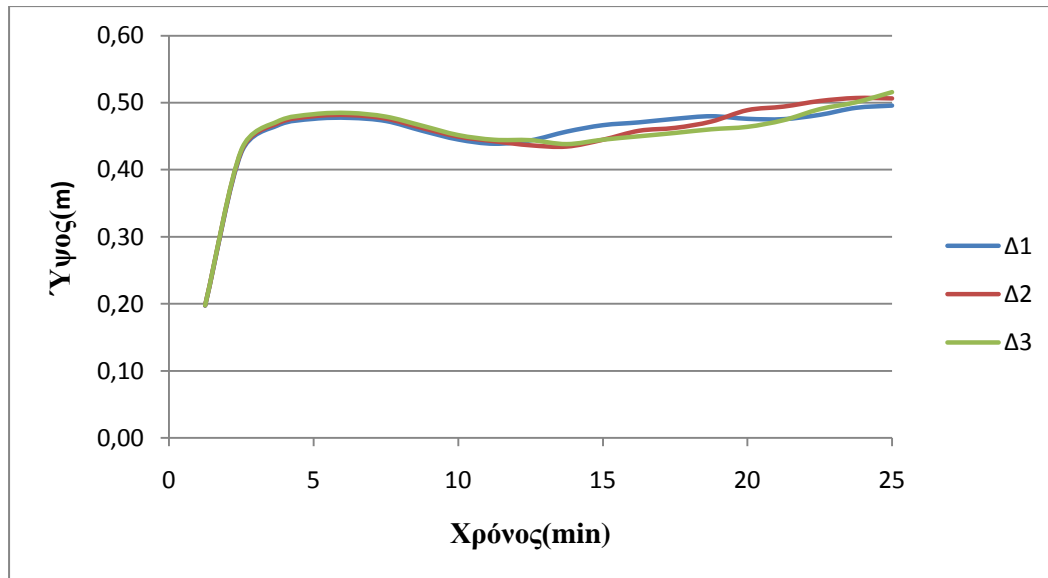
Χρόνος (min)	H=1,5(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,19724	0,19768	0,19766
2,50	0,42532	0,42761	0,42928
3,75	0,46596	0,46919	0,47194
5,00	0,47589	0,47986	0,48286
6,25	0,47732	0,48157	0,48467
7,50	0,47268	0,47632	0,47922
8,75	0,45823	0,46235	0,46575
10,00	0,44507	0,44948	0,45172
11,25	0,43874	0,44252	0,44470
12,50	0,44377	0,43649	0,44413
13,75	0,45687	0,43461	0,43826
15,00	0,46646	0,44472	0,44485
16,25	0,47067	0,45816	0,44994
17,50	0,47599	0,46252	0,45495
18,75	0,47981	0,47191	0,46042
20,00	0,47597	0,48894	0,46404
21,25	0,47548	0,49426	0,47398
22,50	0,48190	0,50260	0,49040
23,75	0,49234	0,50706	0,50068
25,00	0,49570	0,50645	0,51581



Διάγραμμα 28 M3, H=1.5m, T=4s



Διάγραμμα 29 M3, H=1.5m, T=5s



**Διάγραμμα 30** M3, H=1.5m, T=6.7s

- Στον μετρητή 3, ο οποίος βρίσκεται εξωτερικά του προσήνεμου μώλου, για την περίοδο των 4s παρατηρούμε ότι το ύψος του κύματος έχει μειωθεί, και βρίσκεται μεταξύ των 86cm και 91cm, γεγονός που οφείλεται στο φαινόμενο της ανάκλασης του κυματισμού στο μέτωπο του προσήνεμου μώλου. Επίσης είναι φανερό ότι το ύψος κύματος στον μετρητή έχει μια μικρή μεταβολή της τάξης των 5cm το μέγιστο, σε σχέση με τις τρεις διατάξεις, όσον αφορά την κάθε περίοδο. Παρατηρούμε ακόμα ότι όσο αυξάνονται οι περίοδοι μειώνεται ακόμα περισσότερο το ύψος κύματος στον μετρητή, με αποτέλεσμα στην περίοδο των 5s να κυμαίνεται στην τιμή των 67cm ενώ στην περίοδο των 6.7s να κυμαίνεται στην τιμή των 50cm.

### 4.3.11 Μετρητής 4 , Ύψος κύματος H=1.5m

Πίνακας 4.33 M4, H=1.5m, T=4s

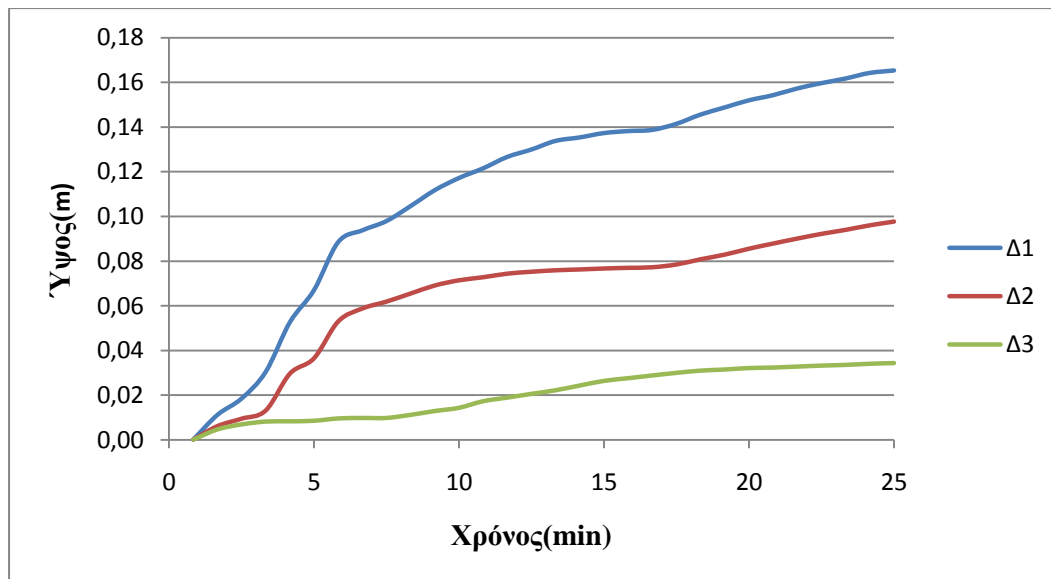
Χρόνος(min)	H=1,5(m) , T=4(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,00010	0,00010	0,00010
1,67	0,01116	0,00612	0,00465
2,50	0,01848	0,00944	0,00691
3,33	0,03044	0,01311	0,00817
4,17	0,05265	0,02959	0,00830
5,00	0,06703	0,03649	0,00854
5,83	0,08852	0,05294	0,00958
6,66	0,09379	0,05875	0,00979
7,50	0,09794	0,06184	0,00981
8,33	0,10466	0,06545	0,01119
9,16	0,11176	0,06904	0,01290
10,00	0,11720	0,07136	0,01436
10,83	0,12154	0,07273	0,01730
11,66	0,12665	0,07433	0,01893
12,50	0,12996	0,07519	0,02060
13,33	0,13382	0,07585	0,02223
14,16	0,13537	0,07622	0,02435
14,99	0,13732	0,07665	0,02642
15,83	0,13821	0,07695	0,02762
16,66	0,13874	0,07720	0,02885
17,49	0,14146	0,07844	0,03002
18,33	0,14560	0,08077	0,03103
19,16	0,14878	0,08284	0,03152
19,99	0,15197	0,08549	0,03218
20,83	0,15428	0,08779	0,03242
21,66	0,15728	0,09002	0,03285
22,49	0,15967	0,09212	0,03328
23,32	0,16175	0,09392	0,03360
24,16	0,16424	0,09595	0,03411
25,00	0,16535	0,09765	0,03442

Πίνακας 4.34 M4, H=1.5m, T=5s

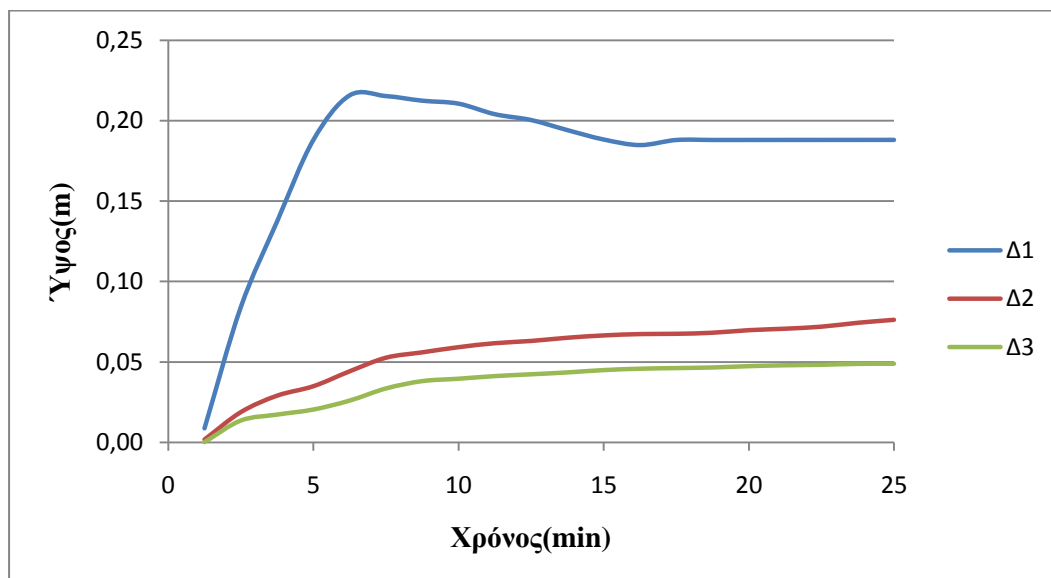
Χρόνος (min)	H=1,5(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,00873	0,00183	0,00010
2,50	0,08397	0,01882	0,01353
3,75	0,13726	0,02907	0,01722
5,00	0,18797	0,03494	0,02039
6,25	0,21569	0,04421	0,02596
7,50	0,21524	0,05264	0,03351
8,75	0,21238	0,05599	0,03809
10,00	0,21053	0,05918	0,03957
11,25	0,20399	0,06165	0,04121
12,50	0,20037	0,06306	0,04234
13,75	0,19408	0,06504	0,04350
15,00	0,18825	0,06649	0,04496
16,25	0,18478	0,06732	0,04581
17,50	0,18795	0,06750	0,04621
18,75	0,18796	0,06816	0,04659
20,00	0,18797	0,06976	0,04740
21,25	0,18798	0,07067	0,04795
22,50	0,18799	0,07193	0,04826
23,75	0,18800	0,07432	0,04884
25,00	0,18801	0,07618	0,04892

Πίνακας 4.35 M4, H=1.5m, T=6.7s

Χρόνος (min)	H=1,5(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,00544	0,00111	0,00010
2,50	0,09039	0,04589	0,03935
3,75	0,09345	0,04834	0,04822
5,00	0,10018	0,05268	0,05277
6,25	0,11392	0,05940	0,05916
7,50	0,12521	0,06516	0,06400
8,75	0,13041	0,06802	0,06533
10,00	0,14041	0,07211	0,06723
11,25	0,15098	0,07685	0,07025
12,50	0,15904	0,08053	0,07258
13,75	0,16601	0,08338	0,07392
15,00	0,17185	0,08605	0,07515
16,25	0,17711	0,08828	0,07646
17,50	0,18089	0,08977	0,07733
18,75	0,18351	0,09062	0,07751
20,00	0,18591	0,09149	0,07759
21,25	0,18783	0,09244	0,07783
22,50	0,18957	0,09316	0,07789
23,75	0,19058	0,09354	0,07791
25,00	0,19165	0,09378	0,07809

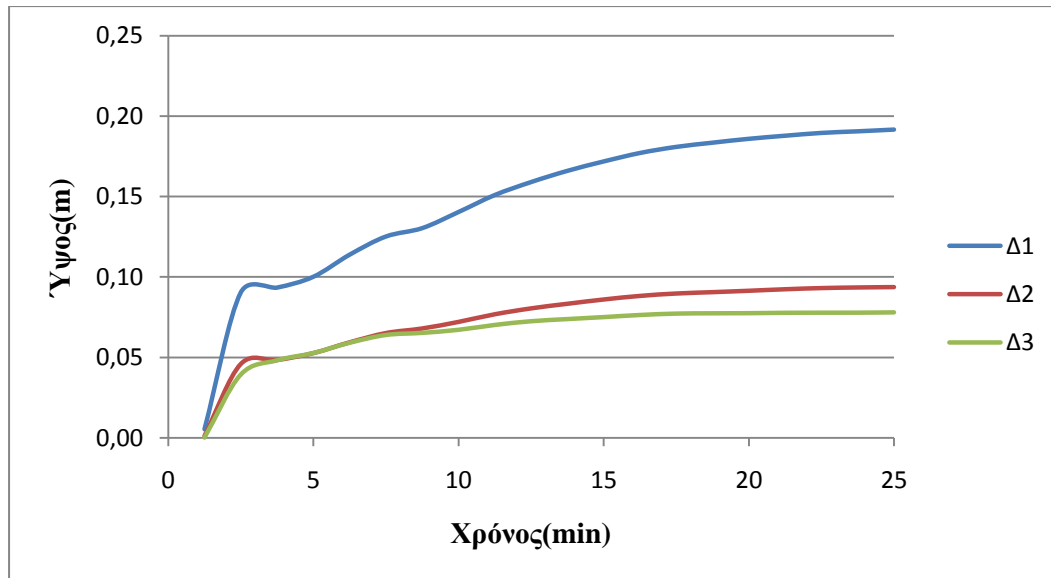


Διάγραμμα 31 M4, H=1.5m, T=4s



Διάγραμμα 32 M4, H=1.5m, T=5s





Διάγραμμα 33 M4, H=1.5m, T=6.7s

- Στον μετρητή 4, ο οποίος βρίσκεται εσωτερικά του προσήνεμου μώλου, σε κοντινή απόσταση από αυτόν και περίπου στο μέσο του, παρατηρούμε ότι για την διάταξη 1 και για τις τρεις περιόδους, το ύψος κύματος έχει μειωθεί κατά μεγάλο ποσοστό, αφού κυμαίνεται μεταξύ των 16.5cm και 19cm. Στην διάταξη 2 το ύψος κύματος μειώνεται ακόμα περισσότερο, πλησιάζοντας την τιμή των 9.7cm για την περίοδο των 4s, με τις άλλες δύο περιόδους να έχουν πολύ μικρή απόκλιση σε σχέση με την περίοδο των 4s. Για τη διάταξη 3 παρατηρούμε ότι το ύψος κύματος ελαττώνεται αρκετά σημαντικά σε σχέση με την διάταξη 1, καθώς η τιμή του για τις τρεις περιόδους κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 3.4cm και 7cm.

4.3.12 Μετρητής 5 , Ύψος κύματος H=1.5m

Πίνακας 4.36 M5, H=1.5m, T=4s

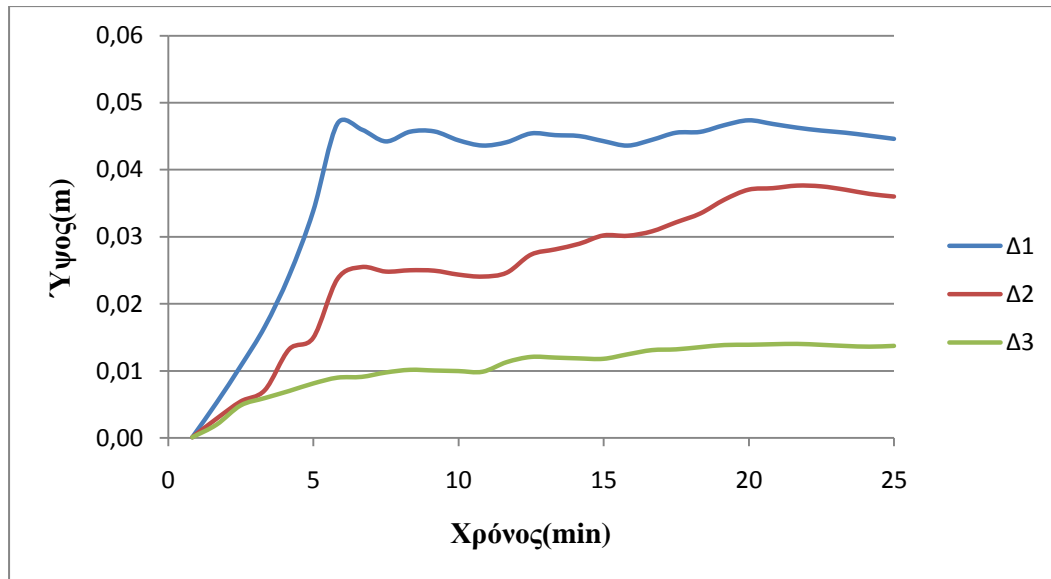
	H=1,5(m) , T=4(s)		
Χρόνος(min)	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,00010	0,00010	0,00010
1,67	0,00524	0,00287	0,00198
2,50	0,01073	0,00543	0,00485
3,33	0,01662	0,00713	0,00595
4,17	0,02419	0,01321	0,00700
5,00	0,03387	0,01494	0,00812
5,83	0,04689	0,02371	0,00899
6,66	0,04602	0,02548	0,00910
7,50	0,04425	0,02480	0,00976
8,33	0,04569	0,02500	0,01016
9,16	0,04574	0,02494	0,01005
10,00	0,04442	0,02435	0,00997
10,83	0,04363	0,02406	0,00987
11,66	0,04413	0,02464	0,01130
12,50	0,04544	0,02732	0,01208
13,33	0,04518	0,02811	0,01198
14,16	0,04504	0,02895	0,01186
14,99	0,04429	0,03019	0,01180
15,83	0,04362	0,03014	0,01247
16,66	0,04448	0,03080	0,01309
17,49	0,04555	0,03215	0,01321
18,33	0,04567	0,03346	0,01354
19,16	0,04667	0,03553	0,01385
19,99	0,04740	0,03702	0,01389
20,83	0,04685	0,03724	0,01397
21,66	0,04630	0,03762	0,01403
22,49	0,04587	0,03751	0,01388
23,32	0,04554	0,03701	0,01372
24,16	0,04510	0,03638	0,01361
25,00	0,04463	0,03599	0,01373

Πίνακας 4.37 M5, H=1.5m, T=5s

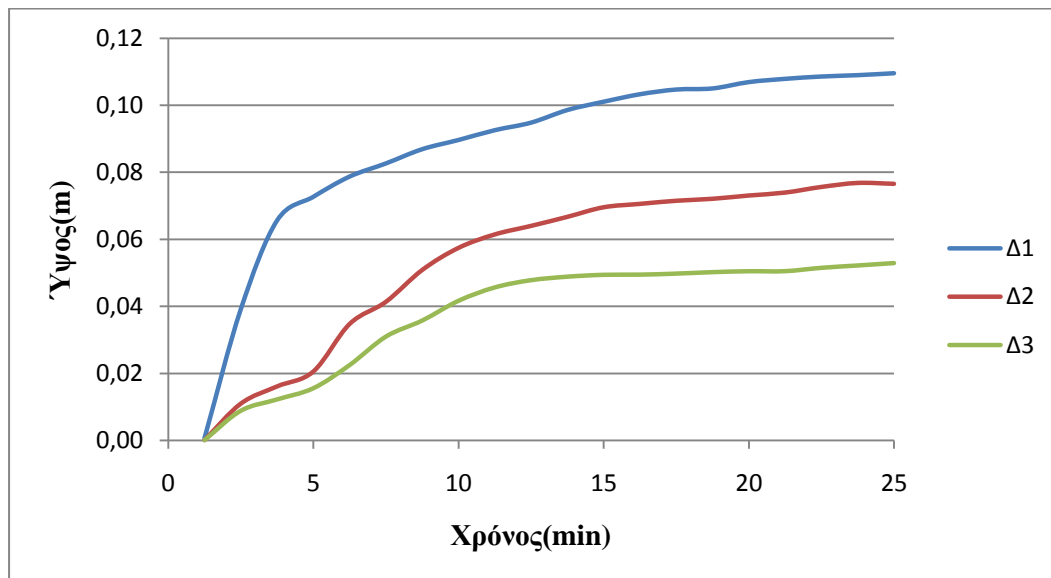
Χρόνος (min)	H=1,5(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,00071	0,00010	0,00010
2,50	0,03912	0,01097	0,00885
3,75	0,06561	0,01611	0,01224
5,00	0,07268	0,02057	0,01559
6,25	0,07871	0,03475	0,02252
7,50	0,08263	0,04135	0,03101
8,75	0,08687	0,05084	0,03579
10,00	0,08961	0,05743	0,04169
11,25	0,09253	0,06145	0,04568
12,50	0,09479	0,06399	0,04784
13,75	0,09854	0,06669	0,04889
15,00	0,10102	0,06955	0,04945
16,25	0,10325	0,07055	0,04950
17,50	0,10465	0,07149	0,04980
18,75	0,10498	0,07208	0,05024
20,00	0,10687	0,07305	0,05051
21,25	0,10784	0,07393	0,05054
22,50	0,10853	0,07561	0,05154
23,75	0,10894	0,07680	0,05224
25,00	0,10951	0,07654	0,05295

Πίνακας 4.38 M5, H=1.5m, T=6.7s

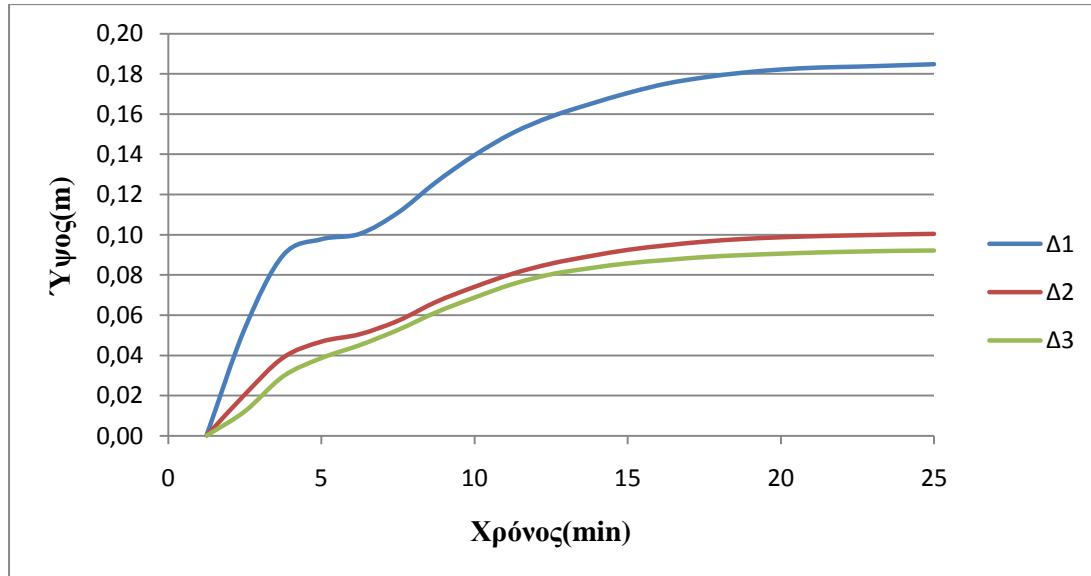
Χρόνος (min)	H=1,5(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,00042	0,00010	0,00010
2,50	0,05357	0,02061	0,01223
3,75	0,08986	0,03892	0,02960
5,00	0,09774	0,04687	0,03869
6,25	0,10043	0,05053	0,04512
7,50	0,11097	0,05724	0,05272
8,75	0,12625	0,06668	0,06149
10,00	0,13957	0,07414	0,06883
11,25	0,15064	0,08069	0,07554
12,50	0,15873	0,08567	0,08039
13,75	0,16487	0,08933	0,08338
15,00	0,17044	0,09250	0,08584
16,25	0,17509	0,09475	0,08748
17,50	0,17821	0,09660	0,08895
18,75	0,18055	0,09793	0,08993
20,00	0,18214	0,09877	0,09063
21,25	0,18311	0,09937	0,09126
22,50	0,18356	0,09977	0,09167
23,75	0,18414	0,10018	0,09204
25,00	0,18477	0,10047	0,09221



Διάγραμμα 34 M5, H=1.5m, T=4s



Διάγραμμα 35 M5, H=1.5m, T=5s



Διάγραμμα 36 M5, H=1.5m, T=6.7s

- Στον μετρητή 5, ο οποίος βρίσκεται περίπου στο μέσο της λιμενολεκάνης, παρατηρούμε ότι για την περίοδο των 4s και για την διάταξη 1, το ύψος κύματος έχει μειωθεί κατά πολύ μεγάλο ποσοστό, αφού αγγίζει την τιμή των 4.5cm, ενώ μεταξύ των τριών διατάξεων δεν παρουσιάζονται μεγάλες διαφορές καθώς για την διάταξη 2 το ύψος κύματος μειώνεται κατά 1cm και για την διάταξη 3 κατά 3cm σε σχέση με την διάταξη 1. Για τις περιόδους των 5s και 6.7s παρατηρούμε ότι οι τιμές διαφέρουν πολύ μεταξύ τους αλλά και σε σχέση με την περίοδο των 4s. Για την διάταξη 1 και την περίοδο των 5s η τιμή του ύψους κύματος συγκλίνει στην τιμή των 11cm, τριπλάσια σε σχέση με την τιμή για την διάταξη 1 της περιόδου των 4s, ενώ για τις διατάξεις 2 και 3, αγγίζει τις τιμές των 7.5cm και 5cm αντίστοιχα. Για την διάταξη 1 και την περίοδο των 6.7s η τιμή του ύψους κύματος συγκλίνει στην τιμή των 18cm, τετραπλάσια σε σχέση με την τιμή για την διάταξη 1 της περιόδου των 4s, ενώ για τις διατάξεις 2 και 3, αγγίζει τις τιμές των 10cm και 9cm αντίστοιχα.

4.3.13 Μετρητής 6 , Ύψος κύματος H=1.5m

Πίνακας 4.39 M6, H=1.5m, T=4s

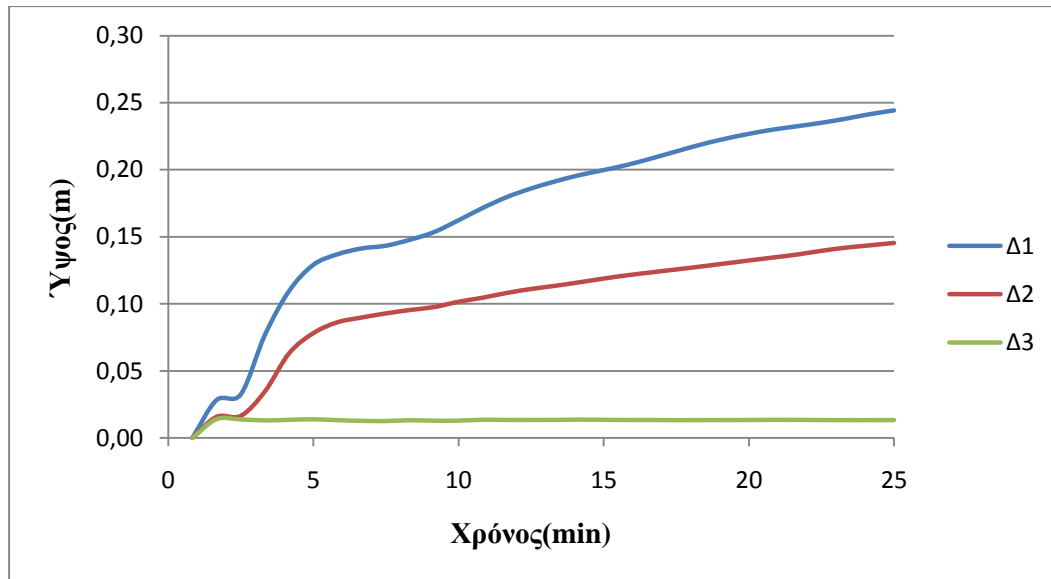
	H=1,5(m) , T=4(s)		
Χρόνος(min)	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,00010	0,00010	0,00010
1,67	0,02830	0,01579	0,01391
2,50	0,03246	0,01647	0,01376
3,33	0,07686	0,03468	0,01304
4,17	0,10963	0,06313	0,01344
5,00	0,12914	0,07812	0,01387
5,83	0,13704	0,08624	0,01320
6,66	0,14140	0,08979	0,01270
7,50	0,14345	0,09284	0,01256
8,33	0,14788	0,09541	0,01312
9,16	0,15363	0,09758	0,01279
10,00	0,16235	0,10151	0,01286
10,83	0,17156	0,10455	0,01349
11,66	0,17970	0,10811	0,01336
12,50	0,18609	0,11104	0,01338
13,33	0,19140	0,11343	0,01339
14,16	0,19608	0,11603	0,01360
14,99	0,19984	0,11880	0,01347
15,83	0,20382	0,12131	0,01331
16,66	0,20863	0,12351	0,01331
17,49	0,21372	0,12560	0,01320
18,33	0,21875	0,12774	0,01324
19,16	0,22310	0,13001	0,01327
19,99	0,22684	0,13227	0,01331
20,83	0,23002	0,13448	0,01344
21,66	0,23252	0,13670	0,01341
22,49	0,23511	0,13947	0,01328
23,32	0,23811	0,14181	0,01323
24,16	0,24152	0,14355	0,01321
25,00	0,24437	0,14537	0,01326

**Πίνακας 4.40** M6, H=1.5m, T=5s

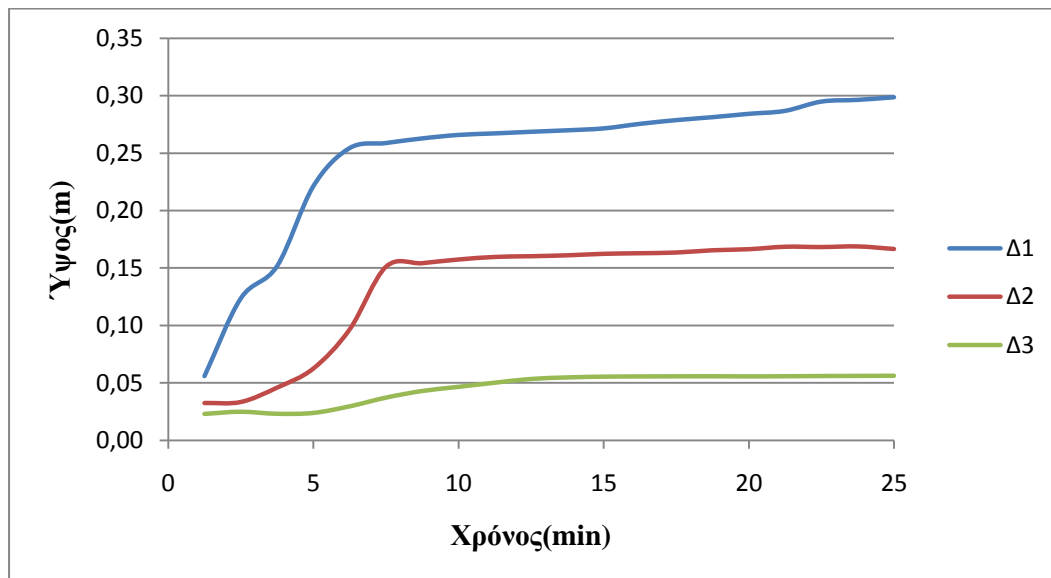
Χρόνος (min)	H=1,5(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,05609	0,03252	0,02300
2,50	0,12361	0,03338	0,02486
3,75	0,15170	0,04589	0,02311
5,00	0,22124	0,06253	0,02383
6,25	0,25438	0,09657	0,02958
7,50	0,25876	0,15108	0,03716
8,75	0,26279	0,15423	0,04292
10,00	0,26581	0,15741	0,04650
11,25	0,26713	0,15964	0,05014
12,50	0,26854	0,16028	0,05337
13,75	0,26982	0,16105	0,05471
15,00	0,27148	0,16236	0,05538
16,25	0,27543	0,16287	0,05555
17,50	0,27869	0,16349	0,05566
18,75	0,28125	0,16545	0,05572
20,00	0,28416	0,16638	0,05561
21,25	0,28674	0,16852	0,05572
22,50	0,29482	0,16825	0,05594
23,75	0,29629	0,16879	0,05604
25,00	0,29857	0,16658	0,05617

**Πίνακας 4.41** M6, H=1.5m, T=6.7s

Χρόνος (min)	H=1,5(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,04368	0,02565	0,01812
2,50	0,22754	0,10360	0,08083
3,75	0,28543	0,14364	0,08243
5,00	0,30331	0,15965	0,08489
6,25	0,32085	0,17149	0,08631
7,50	0,32849	0,17891	0,08697
8,75	0,32854	0,18096	0,08836
10,00	0,32728	0,18139	0,08875
11,25	0,32681	0,18178	0,09035
12,50	0,32693	0,18243	0,09074
13,75	0,32725	0,18315	0,09129
15,00	0,32637	0,18316	0,09183
16,25	0,32552	0,18317	0,09217
17,50	0,32558	0,18305	0,09268
18,75	0,32492	0,18294	0,09414
20,00	0,32433	0,18316	0,09423
21,25	0,32429	0,18344	0,09524
22,50	0,32436	0,18363	0,09587
23,75	0,32425	0,18339	0,09614
25,00	0,32413	0,18314	0,09635

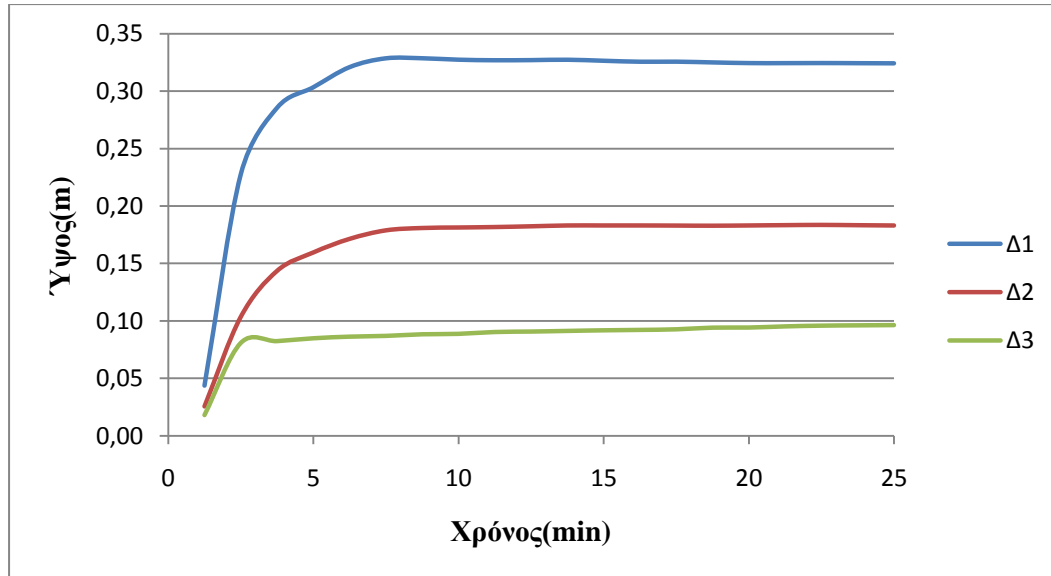


Διάγραμμα 37 M6, H=1.5m, T=4s



Διάγραμμα 38 M6, H=1.5m, T=5s





Διάγραμμα 39 M6, H=1.5m, T=6.7s

- Στον μετρητή 6, ο οποίος βρίσκεται στην είσοδο της λιμενολεκάνης, παρατηρούμε ότι για την διάταξη 1 και για τις τρεις περιόδους, το ύψος κύματος έχει μειωθεί κατά πολύ, αφού αγγίζει την τιμή των 24.5cm για την περίοδο των 4s, την τιμή των 29.5cm για την περίοδο των 5s και την τιμή των 32.5 cm για την περίοδο των 6.7s, δηλαδή παρατηρείται και μια μικρή αύξηση όσο αυξάνονται οι περίοδοι . Για την διάταξη 2 και την περίοδο των 4s, το ύψος κύματος μειώνεται στα 14.5cm, ενώ για την περίοδο των 5s και 6.7s μειώνεται στα 16.5cm και 18.5cm αντίστοιχα. Για την διάταξη 3 και την περίοδο των 4s, το ύψος κύματος μειώνεται στο 10cm, ενώ για την περίοδο των 5s και 6.7s μειώνεται στα 5.5cm και 9.5cm αντίστοιχα.

4.3.14 Μετρητής 7 , Ύψος κύματος H=1.5m

Πίνακας 4.42 M7, H=1.5m, T=4s

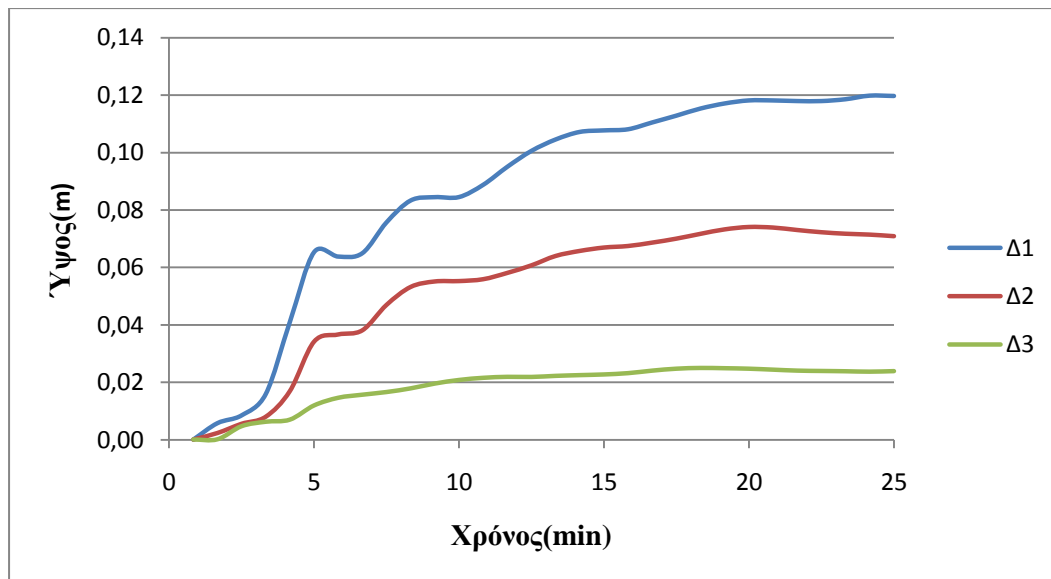
Χρόνος(min)	H=1,5(m) , T=4(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,00010	0,00010	0,00010
1,67	0,00581	0,00239	0,00017
2,50	0,00853	0,00559	0,00474
3,33	0,01592	0,00805	0,00629
4,17	0,04109	0,01699	0,00703
5,00	0,06533	0,03419	0,01198
5,83	0,06380	0,03669	0,01465
6,66	0,06498	0,03815	0,01573
7,50	0,07570	0,04699	0,01666
8,33	0,08333	0,05325	0,01794
9,16	0,08448	0,05515	0,01961
10,00	0,08451	0,05528	0,02085
10,83	0,08877	0,05593	0,02162
11,66	0,09504	0,05813	0,02195
12,50	0,10058	0,06076	0,02192
13,33	0,10455	0,06403	0,02229
14,16	0,10719	0,06577	0,02255
14,99	0,10773	0,06696	0,02279
15,83	0,10812	0,06750	0,02324
16,66	0,11049	0,06868	0,02411
17,49	0,11285	0,07006	0,02480
18,33	0,11533	0,07174	0,02506
19,16	0,11710	0,07329	0,02496
19,99	0,11816	0,07412	0,02479
20,83	0,11816	0,07392	0,02446
21,66	0,11794	0,07307	0,02412
22,49	0,11793	0,07230	0,02401
23,32	0,11857	0,07177	0,02391
24,16	0,11981	0,07146	0,02376
25,00	0,11971	0,07091	0,02394

Πίνακας 4.43 M7, H=1.5m, T=5s

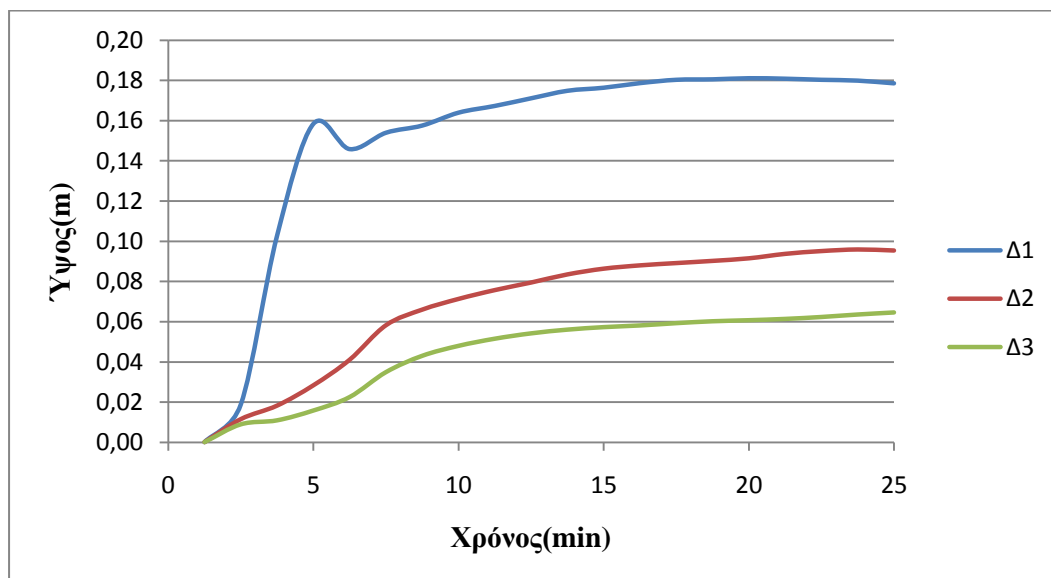
Χρόνος (min)	H=1,5(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,00010	0,00010	0,00010
2,50	0,01876	0,01153	0,00893
3,75	0,10275	0,01826	0,01092
5,00	0,15837	0,02836	0,01581
6,25	0,14582	0,04109	0,02251
7,50	0,15395	0,05824	0,03489
8,75	0,15753	0,06602	0,04301
10,00	0,16394	0,07134	0,04796
11,25	0,16728	0,07574	0,05152
12,50	0,17109	0,07951	0,05417
13,75	0,17482	0,08354	0,05602
15,00	0,17635	0,08640	0,05727
16,25	0,17864	0,08804	0,05811
17,50	0,18029	0,08919	0,05924
18,75	0,18051	0,09028	0,06019
20,00	0,18107	0,09155	0,06070
21,25	0,18083	0,09376	0,06136
22,50	0,18029	0,09516	0,06231
23,75	0,17987	0,09595	0,06355
25,00	0,17853	0,09544	0,06457

Πίνακας 4.44 M7, H=1.5m, T=6.7s

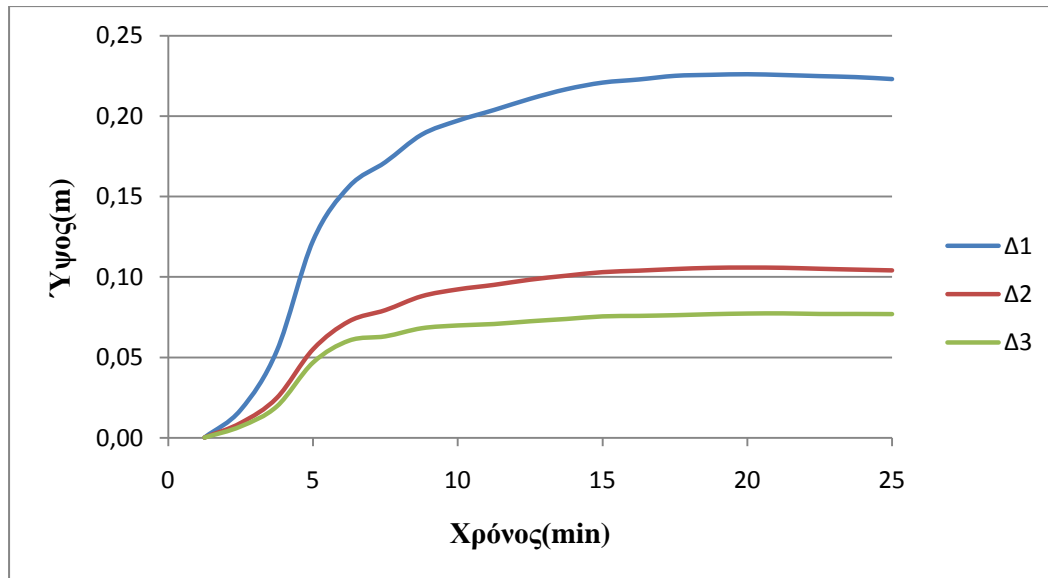
Χρόνος (min)	H=1,5(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,00010	0,00010	0,00010
2,50	0,01730	0,00915	0,00702
3,75	0,05403	0,02475	0,01948
5,00	0,12256	0,05499	0,04677
6,25	0,15631	0,07244	0,06042
7,50	0,17138	0,07932	0,06306
8,75	0,18844	0,08795	0,06808
10,00	0,19715	0,09221	0,06982
11,25	0,20376	0,09500	0,07073
12,50	0,21074	0,09826	0,07243
13,75	0,21669	0,10071	0,07385
15,00	0,22080	0,10291	0,07546
16,25	0,22274	0,10385	0,07577
17,50	0,22501	0,10486	0,07620
18,75	0,22565	0,10559	0,07682
20,00	0,22600	0,10577	0,07722
21,25	0,22551	0,10562	0,07732
22,50	0,22483	0,10502	0,07698
23,75	0,22422	0,10450	0,07697
25,00	0,22301	0,10402	0,07689



Διάγραμμα 40 M7, H=1.5m, T=4s



Διάγραμμα 41 M7, H=1.5m, T=5s



Διάγραμμα 42 M7, H=1.5m, T=6.7s

- Στον μετρητή 7, ο οποίος βρίσκεται σε πιθανή θέση παραβολής, παρατηρούμε ότι για την διάταξη 1 και για την περίοδο των 4s, το ύψος κύματος ελαττώνεται στα 12cm, ενώ για τις περιόδους των 5s και 6.7s αυξάνεται σε σχέση με την περίοδο των 4s και συγκλίνει στις τιμές των 18cm και 22.5cm αντίστοιχα. Στην διάταξη 2, για την περίοδο των 4s, η τιμή του ύψους κύματος ελαττώνεται κατά 5cm σε σχέση με τη διάταξη 1, ενώ για τις περιόδους των 5s και 6.7s η τιμή ελαττώνεται κατά 8cm και 12cm αντίστοιχα. Στην διάταξη 3, για την περίοδο των 4s, η τιμή του ύψους κύματος ελαττώνεται κατά 4.5cm σε σχέση με τη διάταξη 2, ενώ για τις περιόδους των 5s και 6.7s η τιμή ελαττώνεται κατά 3cm και 2.8cm αντίστοιχα.

4.3.15 Μετρητής 1 , Ύψος κύματος H=2m

Πίνακας 4.45 M1, H=2m, T=4s

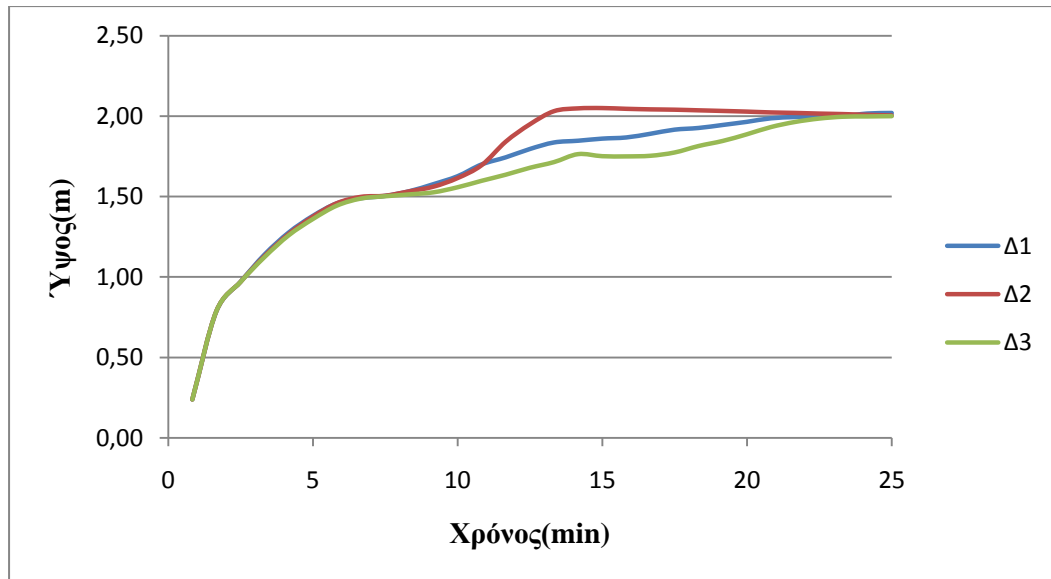
Χρόνος(min)	H=2(m) , T=4(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,23845	0,23845	0,23845
1,67	0,78740	0,78879	0,78885
2,50	0,96983	0,96951	0,96932
3,33	1,13975	1,13035	1,12483
4,17	1,27628	1,26693	1,25954
5,00	1,37934	1,37453	1,36044
5,83	1,45776	1,45858	1,44425
6,66	1,48937	1,49787	1,48807
7,50	1,50347	1,50487	1,50209
8,33	1,53257	1,53216	1,51371
9,16	1,57650	1,56106	1,52661
10,00	1,62566	1,61452	1,55787
10,83	1,69917	1,69466	1,59818
11,66	1,74325	1,84078	1,63614
12,50	1,79496	1,94885	1,67910
13,33	1,83555	2,03029	1,71449
14,16	1,84634	2,04784	1,76406
14,99	1,85946	2,04982	1,75129
15,83	1,86677	2,04517	1,75004
16,66	1,88967	2,04169	1,75377
17,49	1,91508	2,03962	1,77417
18,33	1,92573	2,03574	1,81459
19,16	1,94439	2,03186	1,84597
19,99	1,96374	2,02768	1,88736
20,83	1,98583	2,02257	1,93247
21,66	1,99348	2,01963	1,96419
22,49	1,99794	2,01547	1,98524
23,32	1,99927	2,01236	1,99678
24,16	2,01543	2,00762	1,99851
25,00	2,01891	2,00383	2,00014

Πίνακας 4.46 M1, H=2m , T=5s

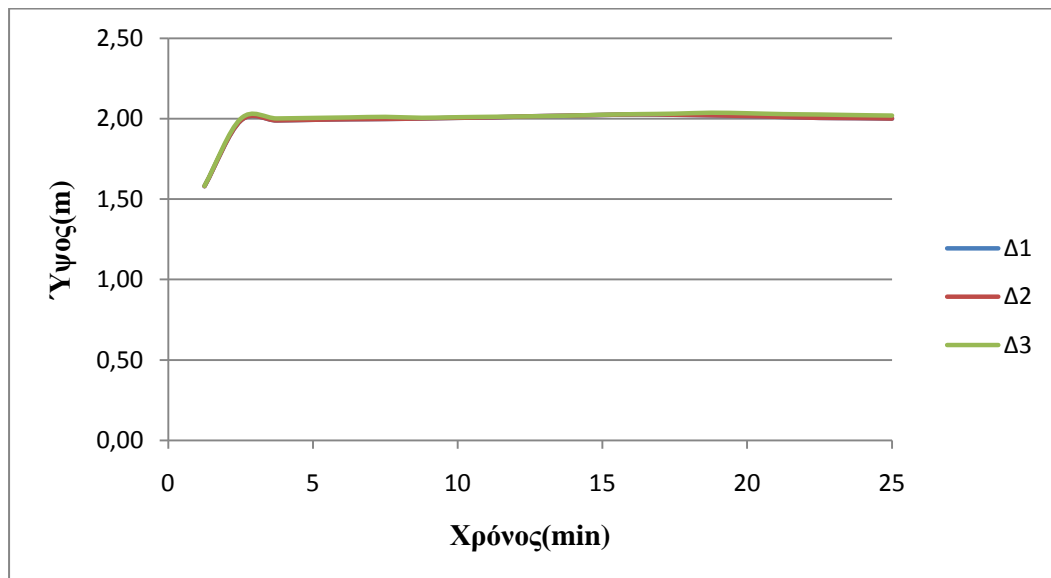
Χρόνος (min)	H=2(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	1,58058	1,58081	1,58082
2,50	1,98796	1,99798	1,99970
3,75	1,98954	1,99987	2,00168
5,00	1,99357	2,00157	2,00485
6,25	1,99668	2,00693	2,00792
7,50	1,99851	2,00784	2,01138
8,75	2,00164	2,01287	2,00576
10,00	2,00579	2,01573	2,00934
11,25	2,00893	2,01861	2,01205
12,50	2,01547	2,02214	2,01473
13,75	2,01898	2,02539	2,01856
15,00	2,02361	2,02876	2,02469
16,25	2,02715	2,03042	2,02852
17,50	2,02483	2,03624	2,03136
18,75	2,02149	2,03259	2,03719
20,00	2,01687	2,02847	2,03387
21,25	2,01105	2,02261	2,02851
22,50	2,00539	2,01734	2,02604
23,75	2,00396	2,01338	2,02238
25,00	2,00102	2,00615	2,01957

Πίνακας 4.47 M1, H=2m , T=6.7s

Χρόνος (min)	H=2(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	1,30633	1,30643	1,33732
2,50	1,71191	1,72415	1,83633
3,75	1,83751	1,86724	2,03353
5,00	1,90013	1,93402	2,03798
6,25	1,90417	1,93967	2,04165
7,50	1,88280	1,92240	2,04472
8,75	1,87933	1,93093	2,04781
10,00	1,90350	1,92273	2,04937
11,25	1,90868	1,92104	2,03845
12,50	1,91269	1,92890	2,03686
13,75	1,92090	1,92738	2,03417
15,00	1,91862	1,95283	2,03264
16,25	1,95204	1,96270	2,02952
17,50	1,98397	1,97428	2,02627
18,75	2,01106	1,97816	2,02318
20,00	2,02999	1,98821	2,02151
21,25	2,02514	1,99342	2,01879
22,50	2,01879	1,99439	2,01658
23,75	2,01536	2,00600	2,01372
25,00	2,01479	2,01266	2,01205

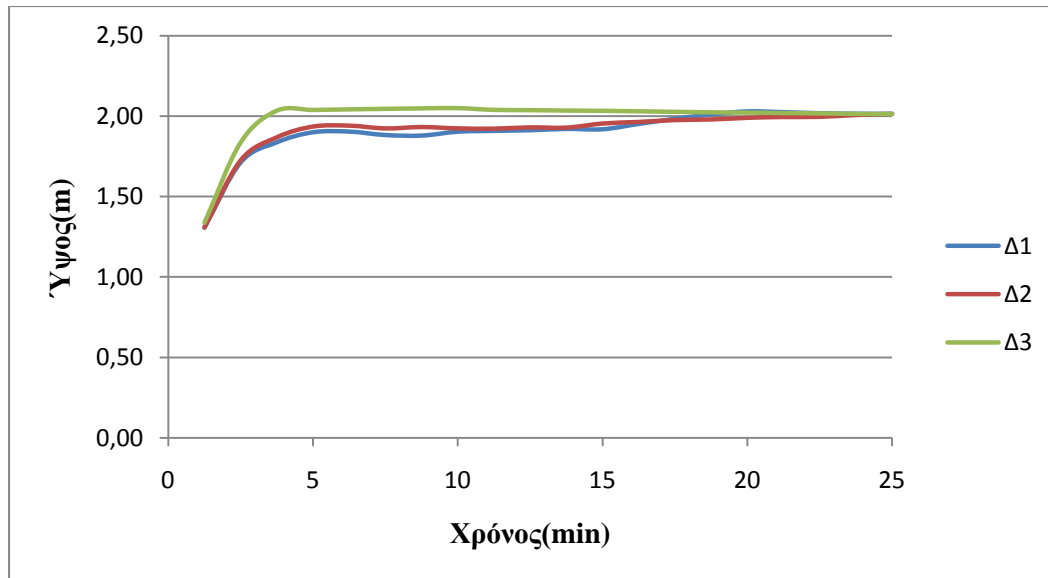


Διάγραμμα 43 M1, H=2m, T=4s



Διάγραμμα 44 M1, H=2m, T=5s





Διάγραμμα 45 M1, H=2m, T=6.7s

- Σύμφωνα με τα διαγράμματα, για ύψος κύματος  $H=2\text{m}$ , για τις 3 διαφορετικές διατάξεις αλλά και για τις 3 περιόδους παρατηρούνται μηδαμινές διαφορές στο ύψος κύματος του μετρητή 1, το οποίο συγκλίνει ικανοποιητικά στην τιμή των 2m, γεγονός που έπρεπε να επιτευχθεί καθώς ο μετρητής 1 είναι μετρητής ελέγχου, δηλαδή πρέπει να συγκλίνει στην τιμή του ύψους κύματος που χρησιμοποιήθηκε στο υπολογιστικό πρόγραμμα για προσομοίωση.

4.3.16 Μετρητής 2 , Ύψος κύματος H=2m

Πίνακας 4.48 M2, H=2m, T=4s

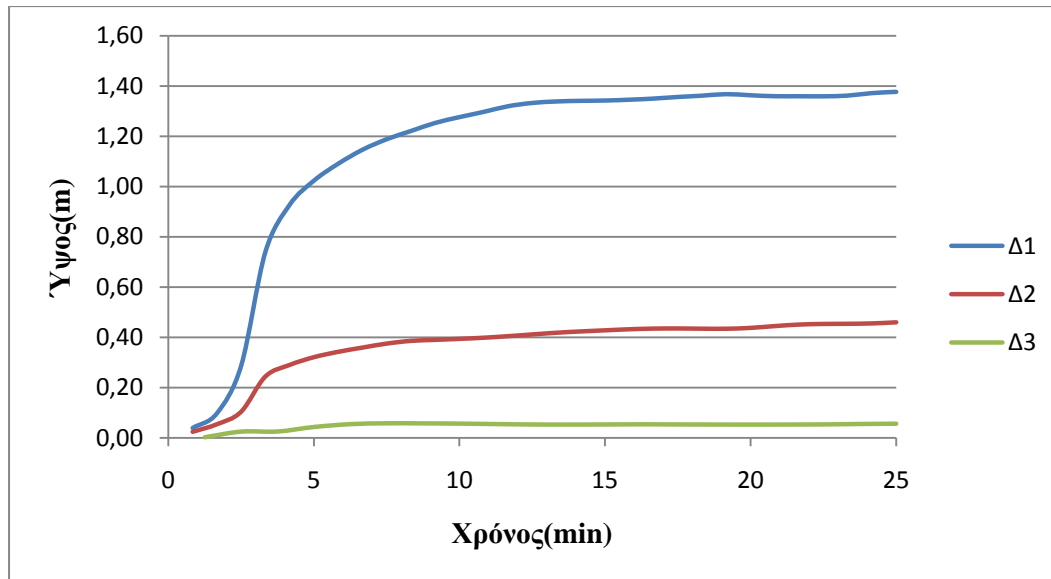
	H=2(m) , T=4(s)		
Χρόνος(min)	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,03945	0,02437	0,00212
1,67	0,09751	0,05439	0,02455
2,50	0,28656	0,10427	0,02489
3,33	0,73951	0,24424	0,04291
4,17	0,92703	0,29021	0,05403
5,00	1,02304	0,32109	0,05747
5,83	1,09025	0,34229	0,05714
6,66	1,14582	0,35919	0,05623
7,50	1,18779	0,37509	0,05435
8,33	1,22039	0,38576	0,05274
9,16	1,25255	0,38987	0,05238
10,00	1,27572	0,39381	0,05276
10,83	1,29646	0,39837	0,05341
11,66	1,31894	0,40454	0,05290
12,50	1,33201	0,41141	0,05249
13,33	1,33805	0,41822	0,05225
14,16	1,34039	0,42345	0,05253
14,99	1,34174	0,42773	0,05306
15,83	1,34486	0,43203	0,05470
16,66	1,34946	0,43463	0,05591
17,49	1,35586	0,43518	0,05711
18,33	1,36101	0,43433	0,05966
19,16	1,36706	0,43409	0,06165
19,99	1,36269	0,43749	0,06224
20,83	1,35888	0,44460	0,06200
21,66	1,35883	0,45071	0,06251
22,49	1,35848	0,45307	0,06355
23,32	1,36129	0,45379	0,06374
24,16	1,37120	0,45519	0,06369
25,00	1,37630	0,45959	0,06445

Πίνακας 4.49 M2, H=2m, T=5s

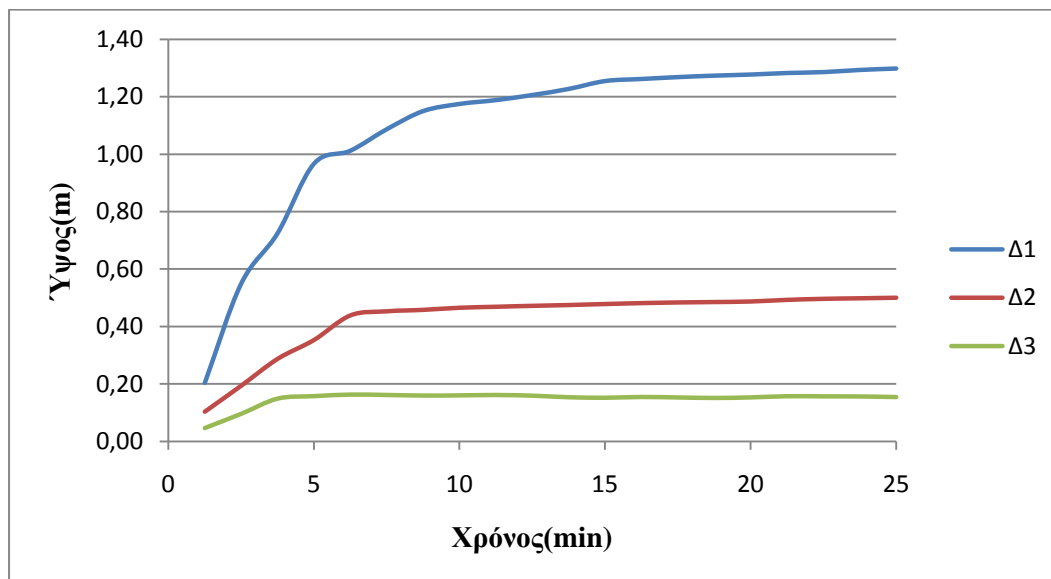
Χρόνος (min)	H=2(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,20432	0,10318	0,04704
2,50	0,54976	0,19364	0,09635
3,75	0,72512	0,28715	0,14931
5,00	0,96724	0,35291	0,15788
6,25	1,01238	0,43853	0,16324
7,50	1,08726	0,45286	0,16193
8,75	1,15034	0,45792	0,15992
10,00	1,17526	0,46523	0,16054
11,25	1,18861	0,46871	0,16183
12,50	1,20639	0,47195	0,15956
13,75	1,22751	0,47473	0,15408
15,00	1,25492	0,47828	0,15233
16,25	1,26215	0,48137	0,15499
17,50	1,26867	0,48374	0,15336
18,75	1,27381	0,48516	0,15157
20,00	1,27754	0,48709	0,15355
21,25	1,28293	0,49272	0,15758
22,50	1,28616	0,49637	0,15714
23,75	1,29359	0,49824	0,15675
25,00	1,29857	0,50017	0,15473

Πίνακας 4.50 M2, H=2m, T=6.7s

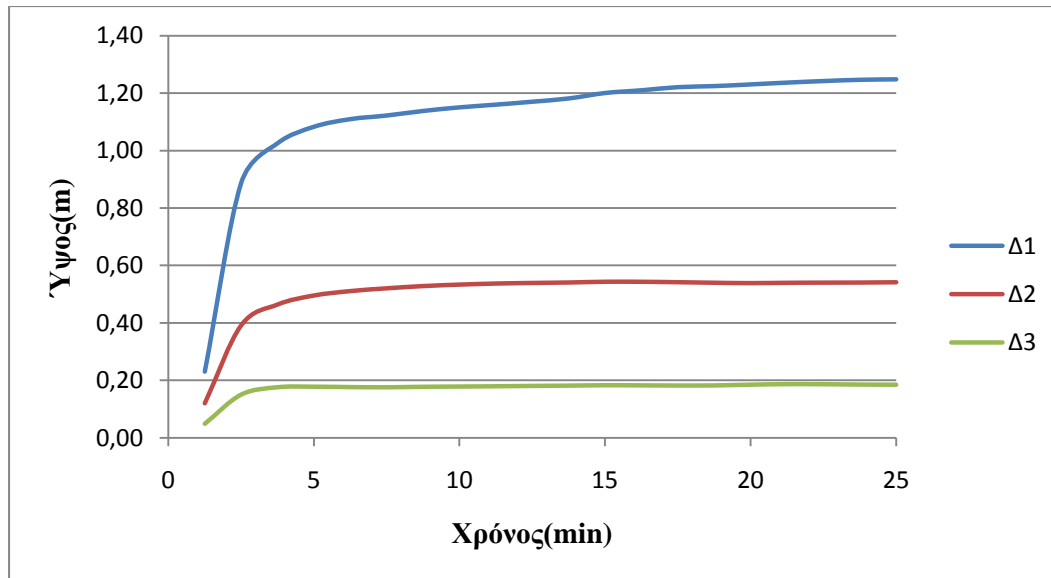
Χρόνος (min)	H=2(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,23009	0,12003	0,04863
2,50	0,88755	0,39147	0,15070
3,75	1,02551	0,46398	0,17647
5,00	1,08291	0,49547	0,17837
6,25	1,10951	0,51083	0,17700
7,50	1,12212	0,52048	0,17628
8,75	1,13800	0,52828	0,17806
10,00	1,15047	0,53342	0,17888
11,25	1,15996	0,53706	0,17984
12,50	1,17021	0,53915	0,18119
13,75	1,18158	0,54076	0,18210
15,00	1,20053	0,54328	0,18342
16,25	1,21000	0,54321	0,18302
17,50	1,22082	0,54172	0,18250
18,75	1,22454	0,53988	0,18288
20,00	1,23045	0,53858	0,18546
21,25	1,23678	0,53969	0,18726
22,50	1,24209	0,54029	0,18692
23,75	1,24653	0,54056	0,18587
25,00	1,24817	0,54155	0,18523



Διάγραμμα 46 M2, H=2m, T=4s



Διάγραμμα 47 M2, H=2m, T=5s



Διάγραμμα 48 M2, H=2m, T=6.7s

- Στον μετρητή αυτό παρατηρούμε ότι για την διάταξη 1 που φαινομενικά δεν τον επηρεάζει, το ύψος κύματος μειώνεται κατά 63cm δηλαδή αγγίζει την τιμή των 1.37m για την περίοδο των 4s, γεγονός που οφείλεται στην περίθλαση του κυματισμού από τον προσήνεμο μώλο. Επίσης παρατηρούμε ότι για τις μεγαλύτερες περιόδους το ύψος κύματος μειώνεται ακόμα περισσότερο με αποτέλεσμα στην περίοδο των 6.7cm να αγγίζει τη τιμή των 1.24m. Για την διάταξη 2 παρατηρούμε ότι το ύψος κύματος σχεδόν υποτριπλασιάζεται σε σχέση με την διάταξη 1, ενώ για την διάταξη 3 το ύψος κύματος σχεδόν υπό-οκταπλασιάζεται σε σχέση με την διάταξη 2, αγγίζοντας την τιμή των 6cm, περίπου 22 φορές μικρότερης της τιμής της διάταξης 1 για την περίοδο των 4s. Παρατηρείται επίσης ότι για τις διατάξεις 2 και 3, όσο αυξάνει η περίοδος κύματος αυξάνει και το ύψος του, με αποτέλεσμα να υπάρχει μια διαφορά των 8cm για την διάταξη 2 ανάμεσα στις περιόδους των 4s και των 6.7s, και μια διαφορά των 12cm για την διάταξη 3 ανάμεσα στις περιόδους των 4s και των 6.7s.

4.3.17 Μετρητής 3 , Ύψος κύματος H=2m

Πίνακας 4.51 M3, H=2m, T=4s

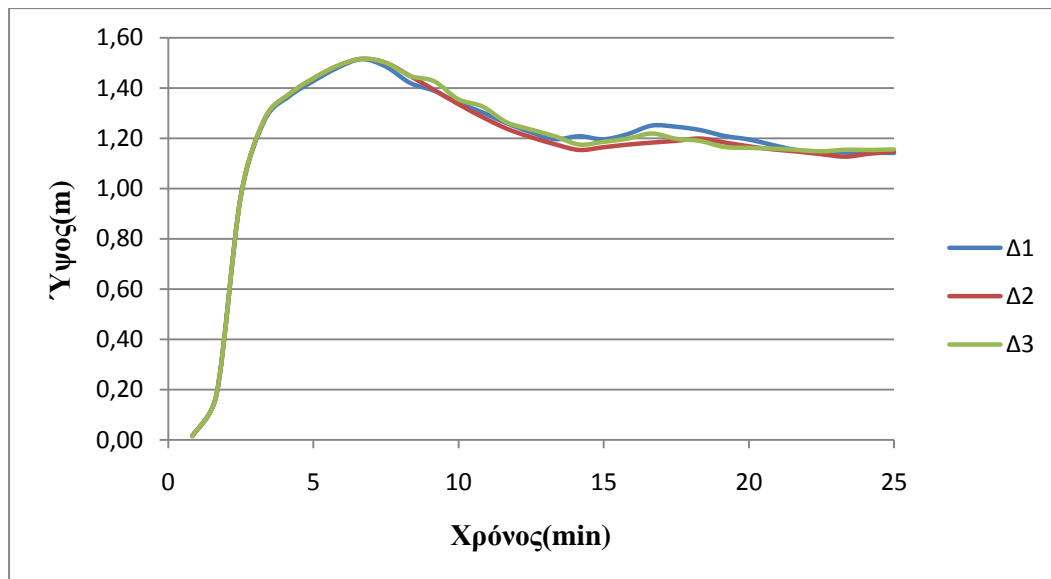
Χρόνος(min)	H=2(m) , T=4(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,01524	0,01524	0,01524
1,67	0,18035	0,18054	0,18054
2,50	0,96709	0,96576	0,96576
3,33	1,27364	1,27838	1,27838
4,17	1,36680	1,37420	1,37420
5,00	1,42757	1,43685	1,43685
5,83	1,48057	1,48696	1,48696
6,66	1,51503	1,51521	1,51521
7,50	1,48565	1,49939	1,49939
8,33	1,42063	1,44732	1,44732
9,16	1,38911	1,39134	1,42597
10,00	1,34110	1,33491	1,35428
10,83	1,30323	1,28349	1,32561
11,66	1,25989	1,23741	1,26273
12,50	1,22434	1,20369	1,23402
13,33	1,19658	1,17546	1,20697
14,16	1,20836	1,15276	1,17437
14,99	1,19626	1,16359	1,18502
15,83	1,21675	1,17413	1,19793
16,66	1,25076	1,18211	1,21824
17,49	1,24607	1,18914	1,19726
18,33	1,23291	1,19822	1,18854
19,16	1,20947	1,18275	1,16472
19,99	1,19547	1,16748	1,16109
20,83	1,17327	1,15522	1,15824
21,66	1,15297	1,14654	1,15291
22,49	1,14722	1,13607	1,14736
23,32	1,14354	1,12608	1,15358
24,16	1,14287	1,13809	1,15271
25,00	1,14175	1,14622	1,15497

Πίνακας 4.52 M3, H=2m, T=5s

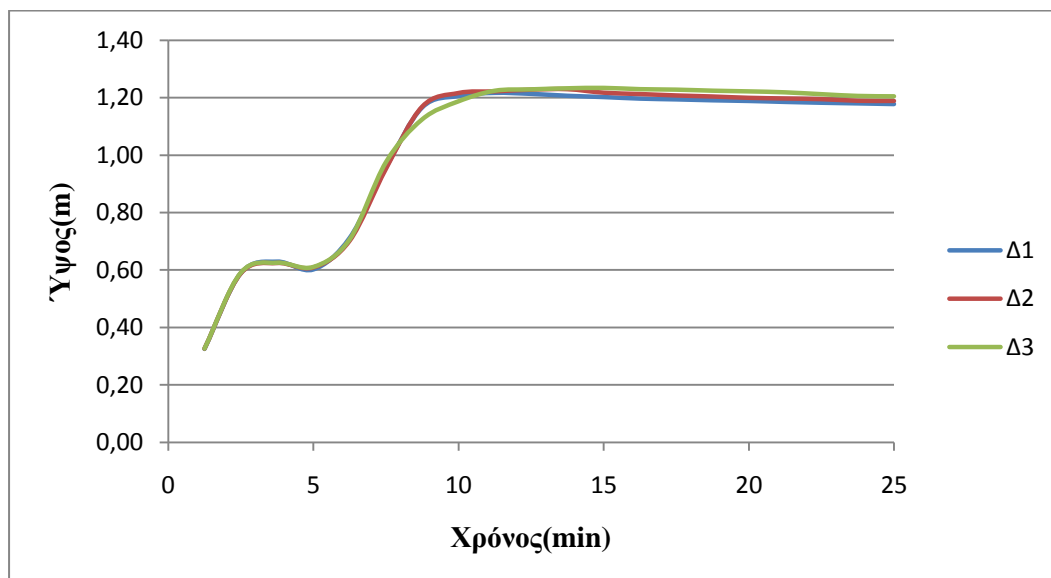
Χρόνος (min)	H=2(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,32554	0,32648	0,32654
2,50	0,58895	0,58828	0,59068
3,75	0,62931	0,62447	0,62558
5,00	0,60208	0,60898	0,61077
6,25	0,71177	0,70203	0,70671
7,50	0,95634	0,95246	0,97535
8,75	1,16578	1,16917	1,12459
10,00	1,20569	1,21639	1,18724
11,25	1,21637	1,22208	1,22396
12,50	1,21296	1,22795	1,22878
13,75	1,20623	1,22967	1,23251
15,00	1,20185	1,21751	1,23397
16,25	1,19639	1,21283	1,22943
17,50	1,19374	1,20792	1,22782
18,75	1,19057	1,20418	1,22419
20,00	1,18825	1,19964	1,22178
21,25	1,18496	1,19735	1,21846
22,50	1,18208	1,19501	1,21202
23,75	1,17981	1,18937	1,20597
25,00	1,17739	1,18891	1,20460

Πίνακας 4.53 M3, H=2m, T=6.7s

Χρόνος (min)	H=2(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,39680	0,39740	0,40890
2,50	0,74633	0,74836	0,67875
3,75	0,86386	0,86803	0,80857
5,00	1,02754	1,02651	1,03630
6,25	1,18970	1,17330	1,10904
7,50	1,28255	1,27008	1,24163
8,75	1,34260	1,29933	1,25927
10,00	1,35488	1,32958	1,25570
11,25	1,35037	1,32132	1,24819
12,50	1,33297	1,32168	1,24561
13,75	1,33680	1,30926	1,25917
15,00	1,31766	1,27784	1,26547
16,25	1,29876	1,26400	1,26049
17,50	1,28463	1,24748	1,25752
18,75	1,27812	1,23192	1,24700
20,00	1,26175	1,21434	1,23450
21,25	1,25369	1,21722	1,23214
22,50	1,24571	1,21825	1,23105
23,75	1,23793	1,22901	1,22986
25,00	1,23247	1,23092	1,22727

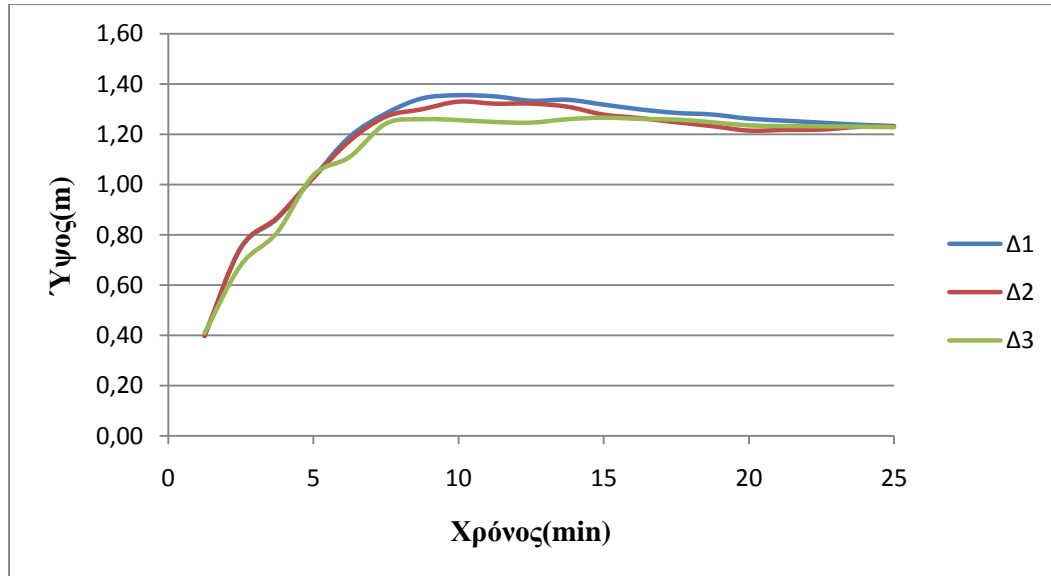


Διάγραμμα 49n M3, H=2m, T=4s



Διάγραμμα 50 M3, H=2m, T=5s





Διάγραμμα 51 M3, H=2m, T=5s

- Στον μετρητή 3, ο οποίος βρίσκεται εξωτερικά του προσήνεμου μώλου, για την περίοδο των 4s παρατηρούμε ότι το ύψος του κύματος έχει μειωθεί, και βρίσκεται μεταξύ των 1.14m και 1.23m, γεγονός που οφείλεται στο φαινόμενο της ανάκλασης του κυματισμού στο μέτωπο του προσήνεμου μώλου. Επίσης είναι φανερό ότι το ύψος κύματος στον μετρητή έχει μια μικρή μεταβολή της τάξης των 3cm το μέγιστο, σε σχέση με τις τρεις διατάξεις, όσον αφορά την κάθε περίοδο. Παρατηρούμε ακόμα ότι όσο αυξάνονται οι περίοδοι αυξάνεται ακόμα περισσότερο το ύψος κύματος στον μετρητή, με αποτέλεσμα στην περίοδο των 5s να κυμαίνεται στην τιμή των 1.19m ενώ στην περίοδο των 6.7s να κυμαίνεται στην τιμή των 1.23m.

4.3.18 Μετρητής 4 , Ύψος κύματος H=2m

Πίνακας 4.54 M4, H=2m, T=4s

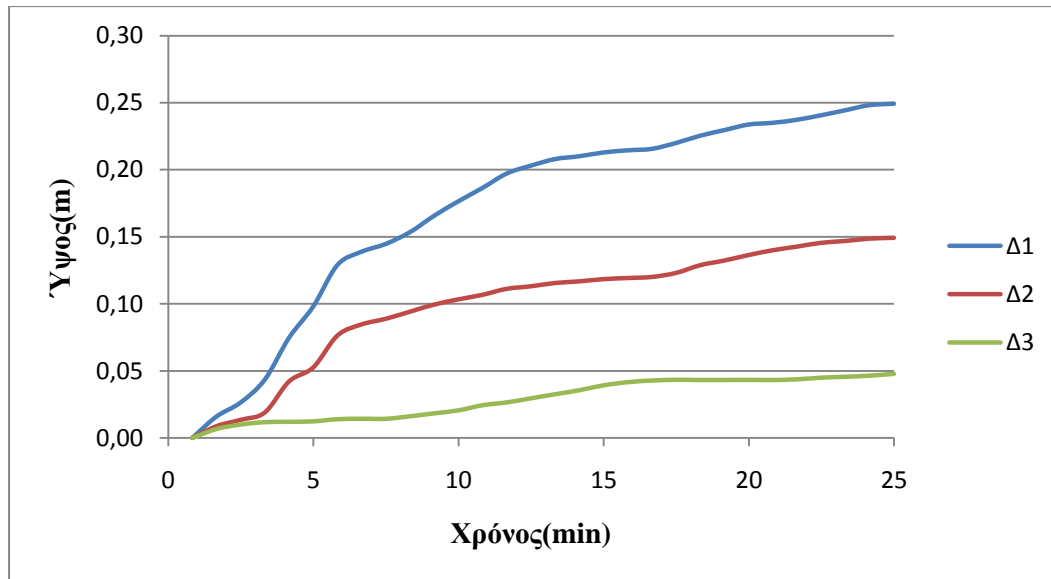
Χρόνος(min)	H=2(m) , T=4(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,00010	0,00010	0,00010
1,67	0,01605	0,00882	0,00670
2,50	0,02654	0,01357	0,01003
3,33	0,04365	0,01908	0,01182
4,17	0,07483	0,04220	0,01207
5,00	0,09812	0,05263	0,01242
5,83	0,12906	0,07639	0,01401
6,66	0,13894	0,08467	0,01437
7,50	0,14478	0,08888	0,01432
8,33	0,15354	0,09417	0,01617
9,16	0,16578	0,09946	0,01840
10,00	0,17655	0,10334	0,02059
10,83	0,18654	0,10674	0,02442
11,66	0,19727	0,11120	0,02652
12,50	0,20313	0,11309	0,02955
13,33	0,20805	0,11555	0,03260
14,16	0,21014	0,11675	0,03560
14,99	0,21296	0,11844	0,03923
15,83	0,21457	0,11924	0,04157
16,66	0,21567	0,12005	0,04280
17,49	0,22003	0,12305	0,04335
18,33	0,22547	0,12881	0,04321
19,16	0,22965	0,13230	0,04320
19,99	0,23381	0,13636	0,04330
20,83	0,23507	0,13995	0,04319
21,66	0,23736	0,14265	0,04371
22,49	0,24071	0,14548	0,04493
23,32	0,24445	0,14686	0,04562
24,16	0,24825	0,14860	0,04643
25,00	0,24934	0,14921	0,04777

Πίνακας 4.55 M4, H=2m, T=5s

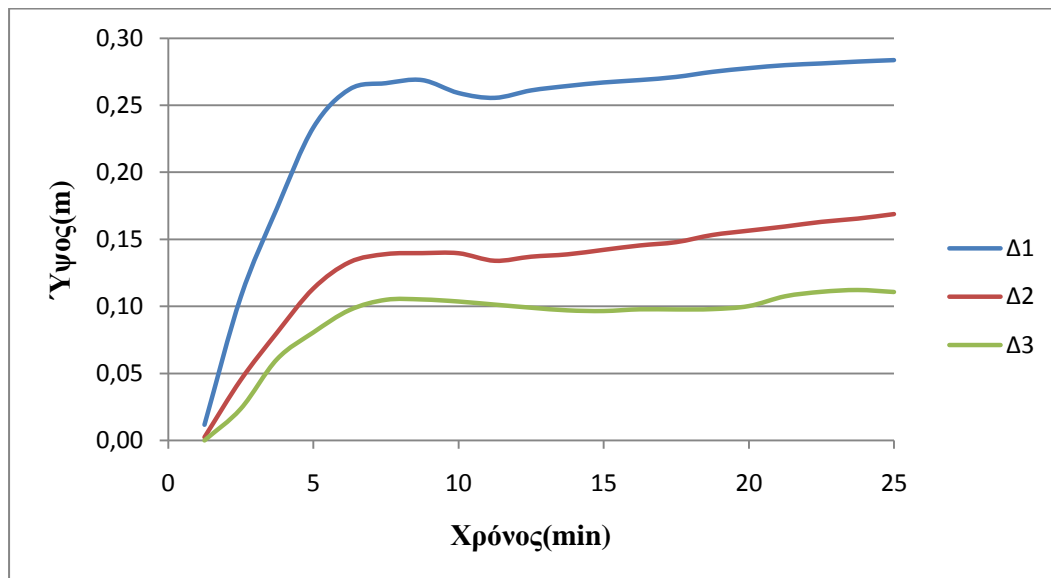
Χρόνος (min)	H=2(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,01180	0,00239	0,00010
2,50	0,10703	0,04510	0,02371
3,75	0,17334	0,08040	0,06071
5,00	0,23335	0,11328	0,08062
6,25	0,26190	0,13290	0,09735
7,50	0,26639	0,13890	0,10495
8,75	0,26868	0,13962	0,10520
10,00	0,25905	0,13954	0,10366
11,25	0,25546	0,13393	0,10135
12,50	0,26101	0,13697	0,09905
13,75	0,26428	0,13871	0,09707
15,00	0,26693	0,14207	0,09658
16,25	0,26871	0,14536	0,09786
17,50	0,27104	0,14782	0,09775
18,75	0,27483	0,15317	0,09802
20,00	0,27758	0,15639	0,10025
21,25	0,27982	0,15948	0,10755
22,50	0,28109	0,16294	0,11090
23,75	0,28248	0,16536	0,11225
25,00	0,28357	0,16872	0,11076

Πίνακας 4.56 M4, H=2m, T=6.7s

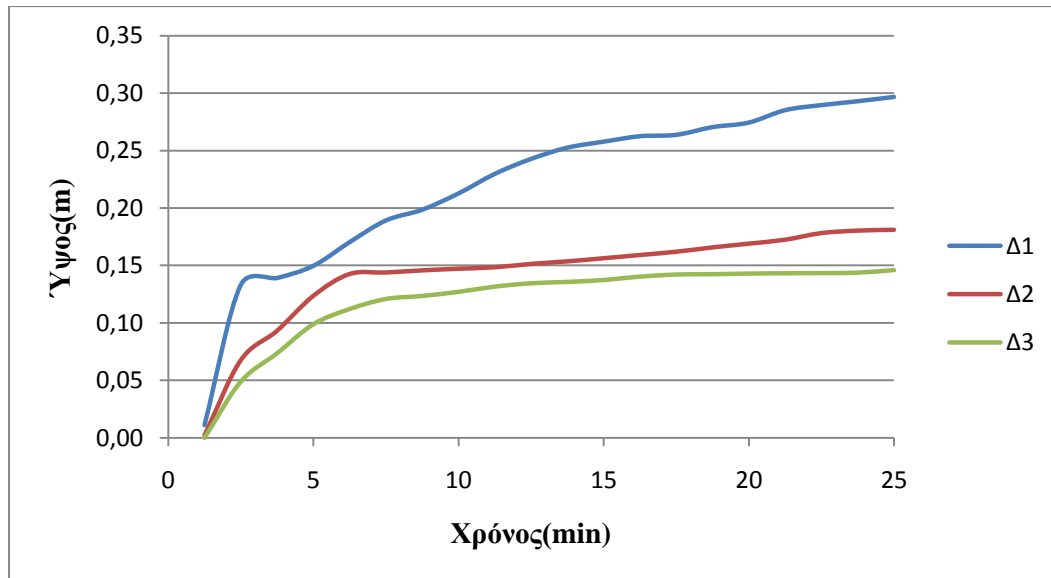
Χρόνος (min)	H=2(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,01116	0,00228	0,00010
2,50	0,13312	0,06765	0,04892
3,75	0,13915	0,09328	0,07358
5,00	0,14976	0,12367	0,09886
6,25	0,17039	0,14269	0,11203
7,50	0,18928	0,14397	0,12078
8,75	0,19860	0,14584	0,12341
10,00	0,21281	0,14726	0,12697
11,25	0,22980	0,14853	0,13149
12,50	0,24285	0,15145	0,13442
13,75	0,25263	0,15368	0,13559
15,00	0,25784	0,15639	0,13727
16,25	0,26260	0,15921	0,14019
17,50	0,26378	0,16205	0,14201
18,75	0,27052	0,16582	0,14230
20,00	0,27448	0,16907	0,14285
21,25	0,28527	0,17253	0,14309
22,50	0,28967	0,17829	0,14327
23,75	0,29304	0,18042	0,14363
25,00	0,29679	0,18115	0,14584



Διάγραμμα 52 M4, H=2m, T=4s



Διάγραμμα 53 M4, H=2m, T=5s



Διάγραμμα 54 M4, H=2m, T=6,7s

- Στον μετρητή 4, ο οποίος βρίσκεται εσωτερικά του προσήνεμου μάλου, σε κοντινή απόσταση από αυτόν και περίπου στο μέσο του, παρατηρούμε ότι για την διάταξη 1 και για τις τρεις περιόδους, το ύψος κύματος έχει μειωθεί κατά μεγάλο ποσοστό, αφού κυμαίνεται μεταξύ των 25cm και 29.5cm. Στην διάταξη 2 το ύψος κύματος μειώνεται ακόμα περισσότερο, πλησιάζοντας την τιμή των 15cm για την περίοδο των 4s, με τις άλλες δύο περιόδους να έχουν πολύ μικρή απόκλιση σε σχέση με την περίοδο των 4s. Για τη διάταξη 3 παρατηρούμε ότι το ύψος κύματος ελαττώνεται αρκετά σημαντικά σε σχέση με την διάταξη 1, καθώς η τιμή του για τις τρεις περιόδους κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 4.5cm και 14.5cm.

### 4.3.19 Μετρητής 5 , Ύψος κύματος H=2m

Πίνακας 4.57 M5, H=2m, T=4s

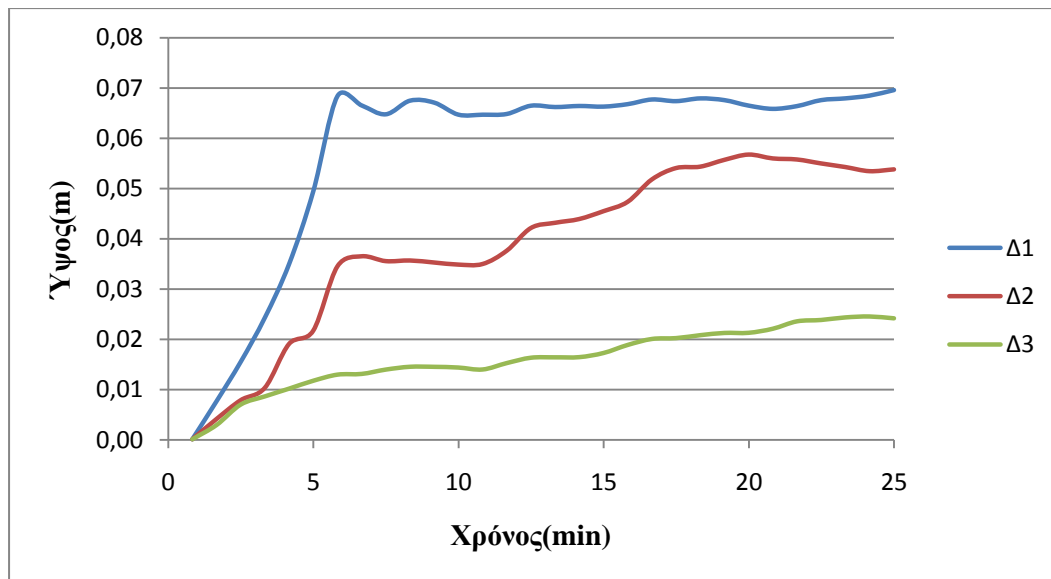
Χρόνος(min)	H=2(m) , T=4(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,00010	0,00010	0,00010
1,67	0,00766	0,00413	0,00294
2,50	0,01549	0,00788	0,00701
3,33	0,02430	0,01036	0,00864
4,17	0,03495	0,01909	0,01018
5,00	0,04941	0,02172	0,01175
5,83	0,06837	0,03453	0,01297
6,66	0,06652	0,03652	0,01311
7,50	0,06476	0,03556	0,01398
8,33	0,06747	0,03569	0,01454
9,16	0,06709	0,03529	0,01453
10,00	0,06469	0,03487	0,01439
10,83	0,06468	0,03498	0,01400
11,66	0,06482	0,03764	0,01527
12,50	0,06647	0,04216	0,01634
13,33	0,06620	0,04319	0,01642
14,16	0,06641	0,04395	0,01646
14,99	0,06629	0,04550	0,01728
15,83	0,06678	0,04737	0,01889
16,66	0,06770	0,05182	0,02008
17,49	0,06738	0,05409	0,02025
18,33	0,06792	0,05437	0,02083
19,16	0,06758	0,05572	0,02128
19,99	0,06649	0,05677	0,02131
20,83	0,06584	0,05601	0,02212
21,66	0,06639	0,05579	0,02359
22,49	0,06758	0,05501	0,02386
23,32	0,06793	0,05429	0,02438
24,16	0,06847	0,05347	0,02456
25,00	0,06958	0,05383	0,02419

Πίνακας 4.58 M5, H=2m, T=5s

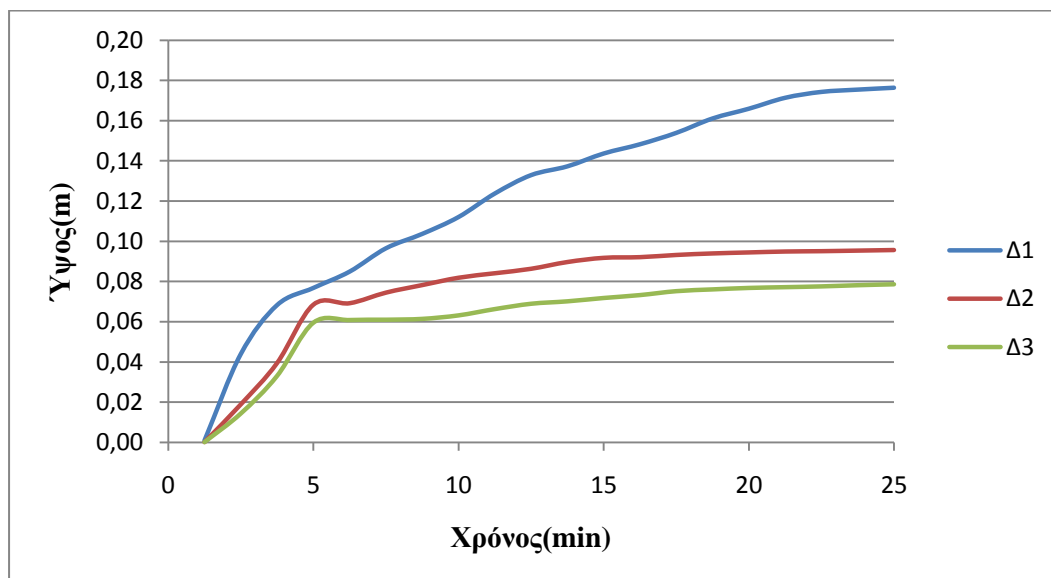
Χρόνος (min)	H=2(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,00093	0,00012	0,00010
2,50	0,04392	0,01889	0,01432
3,75	0,06827	0,03946	0,03305
5,00	0,07681	0,06852	0,05953
6,25	0,08494	0,06924	0,06087
7,50	0,09652	0,07452	0,06103
8,75	0,10368	0,07827	0,06145
10,00	0,11207	0,08193	0,06319
11,25	0,12376	0,08415	0,06632
12,50	0,13291	0,08639	0,06897
13,75	0,13728	0,08975	0,07018
15,00	0,14365	0,09183	0,07184
16,25	0,14824	0,09218	0,07329
17,50	0,15391	0,09327	0,07524
18,75	0,16108	0,09402	0,07612
20,00	0,16593	0,09453	0,07685
21,25	0,17135	0,09498	0,07723
22,50	0,17429	0,09515	0,07762
23,75	0,17543	0,09543	0,07821
25,00	0,17637	0,09572	0,07867

Πίνακας 4.59 M5, H=2m, T=6.7s

Χρόνος (min)	H=2(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,00087	0,00012	0,00010
2,50	0,07244	0,02811	0,02265
3,75	0,12743	0,05435	0,05277
5,00	0,14556	0,06531	0,06049
6,25	0,15127	0,07069	0,06692
7,50	0,16577	0,08078	0,07671
8,75	0,19177	0,09370	0,08749
10,00	0,21568	0,10410	0,09503
11,25	0,23718	0,11344	0,10824
12,50	0,25089	0,12149	0,11237
13,75	0,26128	0,12631	0,11989
15,00	0,27178	0,13038	0,12496
16,25	0,27848	0,13347	0,12341
17,50	0,28486	0,13576	0,12519
18,75	0,28900	0,13770	0,12753
20,00	0,29187	0,14367	0,12986
21,25	0,29259	0,14794	0,13027
22,50	0,29493	0,14589	0,13103
23,75	0,29518	0,14617	0,13185
25,00	0,29534	0,14693	0,13205

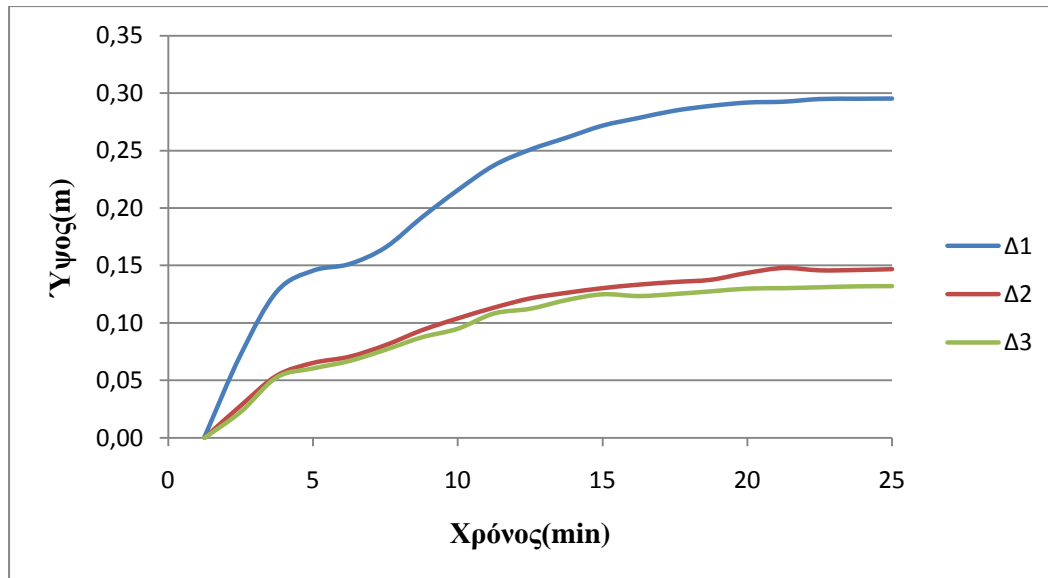


Διάγραμμα 55 M5, H=2m, T=4s



Διάγραμμα 56 M5, H=2m, T=5s





Διάγραμμα 57 M5, H=2m, T=6.7s

- Στον μετρητή 5, ο οποίος βρίσκεται περίπου στο μέσο της λιμενολεκάνης, παρατηρούμε ότι για την περίοδο των 4s και για την διάταξη 1, το ύψος κύματος έχει μειωθεί κατά πολύ μεγάλο ποσοστό, αφού αγγίζει την τιμή των 7cm, ενώ μεταξύ των τριών διατάξεων δεν παρουσιάζονται μεγάλες διαφορές καθώς για την διάταξη 2 το ύψος κύματος μειώνεται κατά 2cm και για την διάταξη 4.5 κατά 3cm σε σχέση με την διάταξη 1. Για τις περιόδους των 5s και 6.7s παρατηρούμε ότι οι τιμές διαφέρουν πολύ μεταξύ τους αλλά και σε σχέση με την περίοδο των 4s. Για την διάταξη 1 και την περίοδο των 5s η τιμή του ύψους κύματος συγκλίνει στην τιμή των 17.5cm, περίπου διπλάσια σε σχέση με την τιμή για την διάταξη 1 της περιόδου των 4s, ενώ για τις διατάξεις 2 και 3, αγγίζει τις τιμές των 9.5cm και 7.5cm αντίστοιχα. Για την διάταξη 1 και την περίοδο των 6.7s η τιμή του ύψους κύματος συγκλίνει στην τιμή των 29.5cm, τετραπλάσια σε σχέση με την τιμή για την διάταξη 1 της περιόδου των 4s, ενώ για τις διατάξεις 2 και 3, αγγίζει τις τιμές των 14.5cm και 13cm αντίστοιχα.

4.3.20 Μετρητής 6 , Ύψος κύματος H=2m

Πίνακας 4.60 M6, H=2m, T=4s

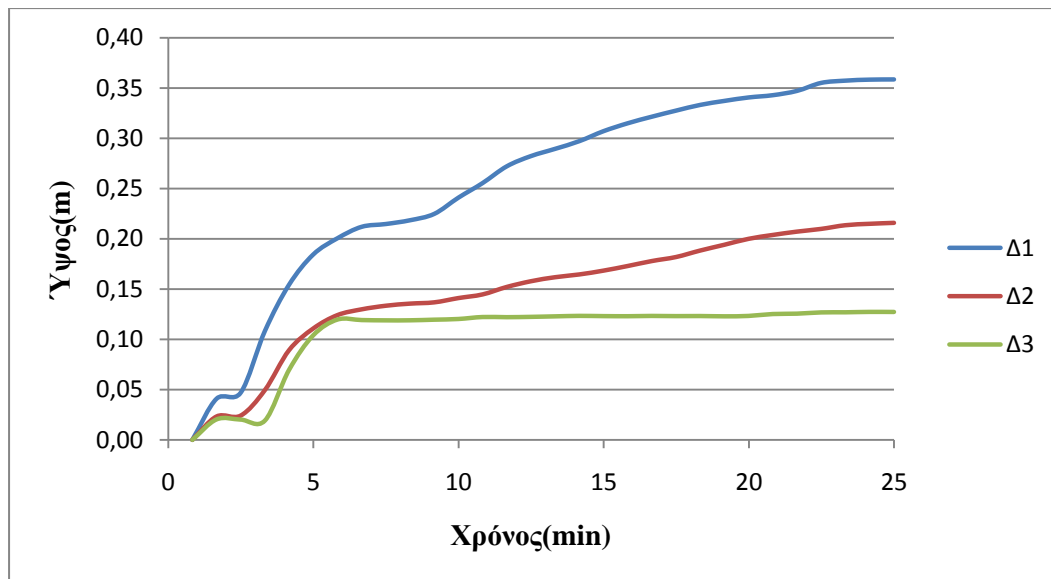
Χρόνος(min)	H=2(m) , T=4(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,00010	0,00010	0,00010
1,67	0,04099	0,02335	0,02045
2,50	0,04701	0,02426	0,02026
3,33	0,10833	0,04956	0,01927
4,17	0,15435	0,08928	0,06970
5,00	0,18440	0,11082	0,10402
5,83	0,20050	0,12414	0,11965
6,66	0,21190	0,12985	0,11913
7,50	0,21467	0,13344	0,11884
8,33	0,21841	0,13553	0,11889
9,16	0,22472	0,13680	0,11952
10,00	0,24085	0,14104	0,12020
10,83	0,25534	0,14470	0,12216
11,66	0,27201	0,15210	0,12199
12,50	0,28219	0,15779	0,12232
13,33	0,28941	0,16179	0,12282
14,16	0,29703	0,16454	0,12329
14,99	0,30695	0,16833	0,12307
15,83	0,31481	0,17292	0,12296
16,66	0,32135	0,17786	0,12324
17,49	0,32741	0,18187	0,12305
18,33	0,33307	0,18831	0,12314
19,16	0,33706	0,19405	0,12286
19,99	0,34047	0,19993	0,12325
20,83	0,34272	0,20377	0,12513
21,66	0,34699	0,20710	0,12549
22,49	0,35496	0,20980	0,12675
23,32	0,35719	0,21347	0,12686
24,16	0,35820	0,21487	0,12724
25,00	0,35839	0,21582	0,12720

Πίνακας 4.61 M6, H=2m, T=5s

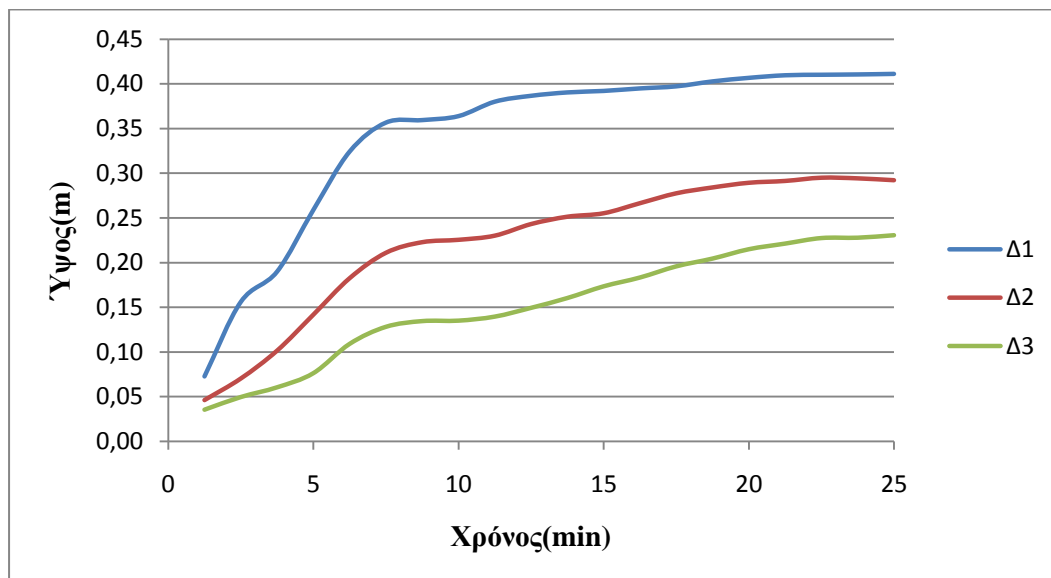
Χρόνος (min)	H=2(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,07261	0,04633	0,03545
2,50	0,15592	0,07043	0,04960
3,75	0,18989	0,10158	0,06050
5,00	0,25894	0,14179	0,07634
6,25	0,32427	0,18256	0,10914
7,50	0,35672	0,21095	0,12821
8,75	0,35951	0,22279	0,13461
10,00	0,36396	0,22545	0,13513
11,25	0,38011	0,23007	0,13963
12,50	0,38670	0,24304	0,14946
13,75	0,39048	0,25124	0,16044
15,00	0,39215	0,25512	0,17354
16,25	0,39496	0,26637	0,18341
17,50	0,39728	0,27738	0,19588
18,75	0,40281	0,28395	0,20460
20,00	0,40679	0,28918	0,21504
21,25	0,40967	0,29122	0,22136
22,50	0,41025	0,29482	0,22758
23,75	0,41059	0,29412	0,22796
25,00	0,41123	0,29202	0,23073

Πίνακας 4.62 M6, H=2m, T=6.7s

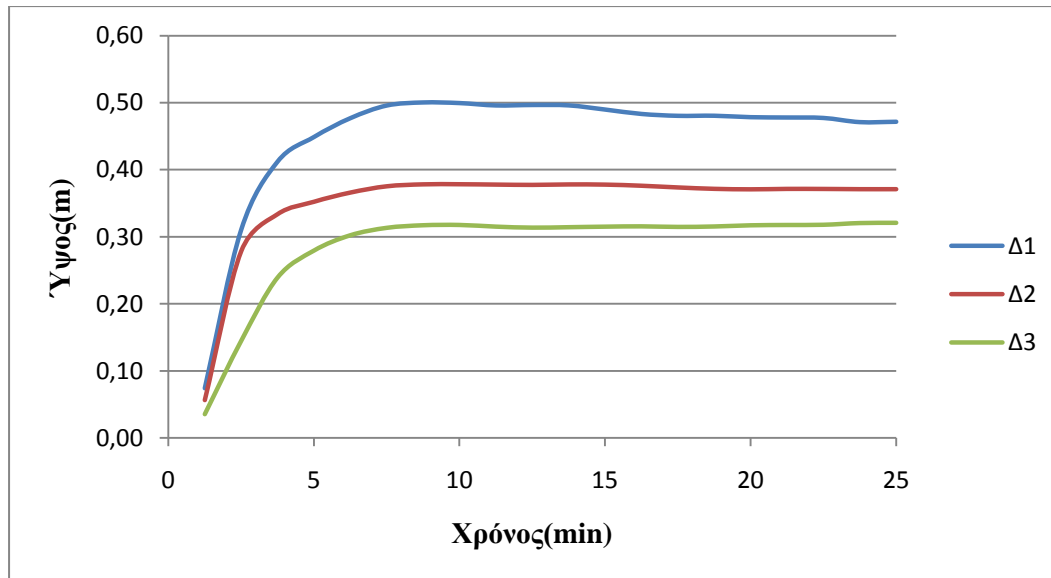
Χρόνος (min)	H=2(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,07423	0,05619	0,03533
2,50	0,31051	0,27824	0,14474
3,75	0,41215	0,33356	0,23924
5,00	0,44886	0,35209	0,27949
6,25	0,47698	0,36581	0,30233
7,50	0,49583	0,37517	0,31342
8,75	0,50038	0,37806	0,31726
10,00	0,49947	0,37823	0,31773
11,25	0,49593	0,37771	0,31521
12,50	0,49659	0,37727	0,31373
13,75	0,49603	0,37793	0,31440
15,00	0,48982	0,37765	0,31519
16,25	0,48324	0,37598	0,31564
17,50	0,48045	0,37343	0,31480
18,75	0,48060	0,37138	0,31546
20,00	0,47843	0,37064	0,31718
21,25	0,47797	0,37129	0,31769
22,50	0,47726	0,37123	0,31798
23,75	0,47109	0,37086	0,32054
25,00	0,47157	0,37084	0,32089



Διάγραμμα 58 M6, H=2m, T=4s



Διάγραμμα 59 M6, H=2m, T=5s



Διάγραμμα 60 M6, H=2m, T=6.7s

- Στον μετρητή 6, ο οποίος βρίσκεται στην είσοδο της λιμενολεκάνης, παρατηρούμε ότι για την διάταξη 1 και για τις τρεις περιόδους, το ύψος κύματος έχει μειωθεί κατά πολύ, αφού αγγίζει την τιμή των 35.8cm για την περίοδο των 4s, την τιμή των 41cm για την περίοδο των 5s και την τιμή των 47 cm για την περίοδο των 6.7s, δηλαδή παρατηρείται και μια αύξηση όσο αυξάνονται οι περίοδοι . Για την διάταξη 2 και την περίοδο των 4s, το ύψος κύματος μειώνεται στα 21.5cm, ενώ για την περίοδο των 5s και 6.7s μειώνεται στα 29cm και 37cm αντίστοιχα. Για την διάταξη 3 και την περίοδο των 4s, το ύψος κύματος μειώνεται στο 12.7cm, ενώ για την περίοδο των 5s και 6.7s μειώνεται στα 23cm και 32cm αντίστοιχα. Δηλαδή παρατηρείται μια σημαντική μείωση του ύψους κύματος στην διάταξη 2 σε σχέση με την διάταξη 1 και ακόμα πιο μεγάλη για την διάταξη 3 σε σχέση με τις άλλες δύο, όπως επίσης και σημαντική αύξηση του ύψους κύματος όσο αυξάνονται οι περίοδοι για κάθε διάταξη.

4.3.21 Μετρητής 7 , Ύψος κύματος H=2m

Πίνακας 4.63 M7, H=2m, T=4s

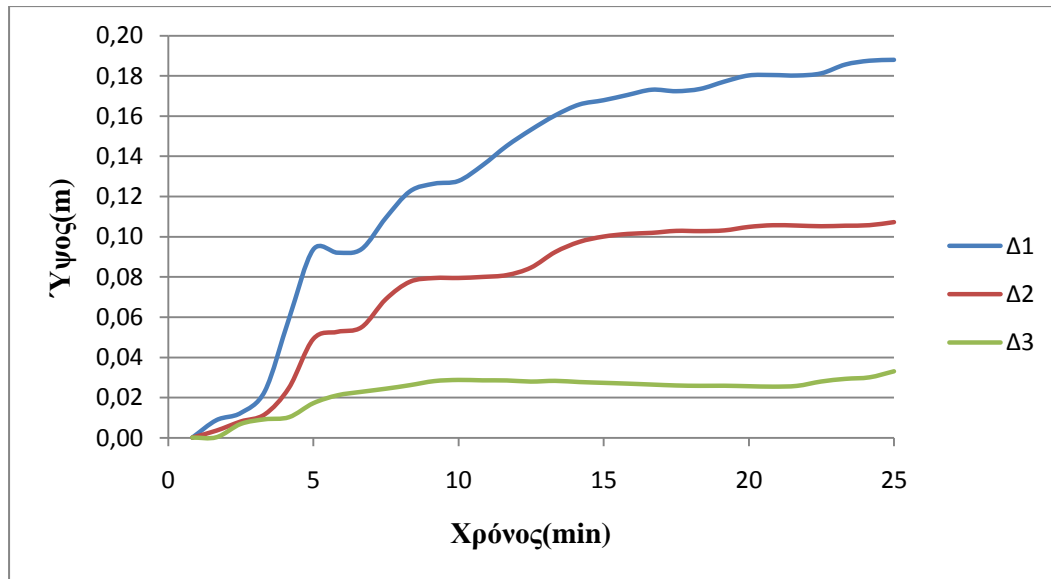
Χρόνος(min)	H=2(m) , T=4(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
0,83	0,00010	0,00010	0,00010
1,67	0,00879	0,00358	0,00026
2,50	0,01231	0,00809	0,00688
3,33	0,02321	0,01167	0,00921
4,17	0,05936	0,02495	0,01025
5,00	0,09365	0,04914	0,01722
5,83	0,09210	0,05272	0,02115
6,66	0,09391	0,05503	0,02290
7,50	0,10941	0,06895	0,02444
8,33	0,12262	0,07766	0,02621
9,16	0,12643	0,07950	0,02824
10,00	0,12776	0,07952	0,02882
10,83	0,13558	0,08005	0,02861
11,66	0,14521	0,08097	0,02857
12,50	0,15323	0,08467	0,02801
13,33	0,16038	0,09242	0,02836
14,16	0,16582	0,09749	0,02777
14,99	0,16793	0,10012	0,02738
15,83	0,17058	0,10145	0,02697
16,66	0,17319	0,10199	0,02651
17,49	0,17244	0,10297	0,02606
18,33	0,17358	0,10285	0,02588
19,16	0,17722	0,10321	0,02592
19,99	0,18026	0,10493	0,02569
20,83	0,18048	0,10579	0,02548
21,66	0,18024	0,10560	0,02585
22,49	0,18131	0,10528	0,02802
23,32	0,18571	0,10554	0,02936
24,16	0,18761	0,10581	0,03011
25,00	0,18805	0,10732	0,03312

Πίνακας 4.64 M7, H=2m, T=5s

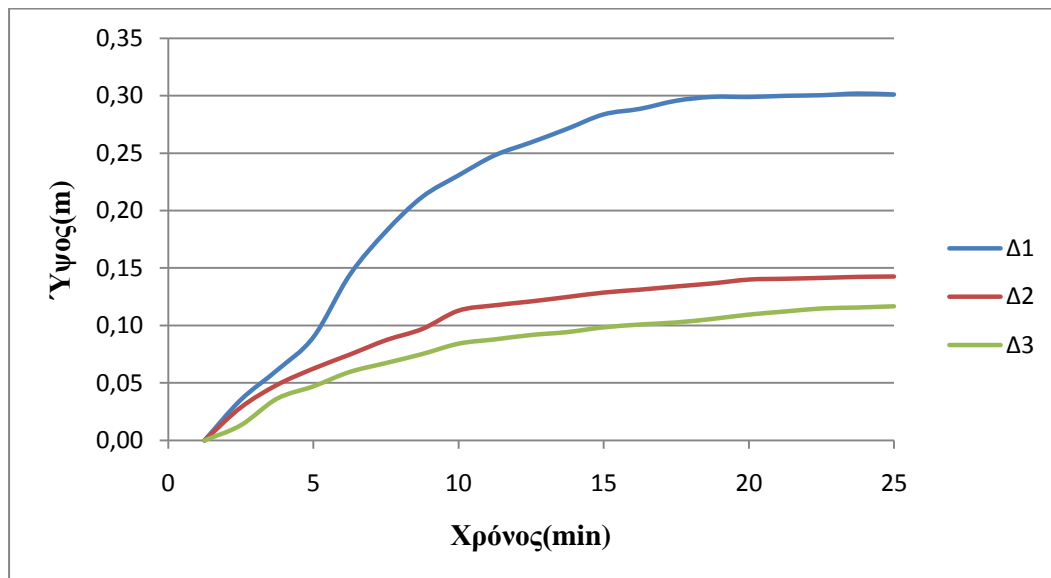
Χρόνος (min)	H=2(m) , T=5(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,00010	0,00010	0,00010
2,50	0,03540	0,02871	0,01331
3,75	0,06117	0,04834	0,03645
5,00	0,08987	0,06247	0,04713
6,25	0,14394	0,07463	0,05968
7,50	0,18188	0,08719	0,06746
8,75	0,21193	0,09692	0,07528
10,00	0,23067	0,11283	0,08431
11,25	0,24813	0,11748	0,08805
12,50	0,25937	0,12087	0,09187
13,75	0,27123	0,12471	0,09439
15,00	0,28373	0,12854	0,09853
16,25	0,28854	0,13106	0,10096
17,50	0,29557	0,13387	0,10279
18,75	0,29896	0,13652	0,10587
20,00	0,29888	0,13984	0,10963
21,25	0,29987	0,14054	0,11231
22,50	0,30037	0,14127	0,11496
23,75	0,30185	0,14216	0,11578
25,00	0,30103	0,14248	0,11684

Πίνακας 4.65 M7, H=2m, T=6.7s

Χρόνος (min)	H=2(m) , T=6,7(s)		
	Ύψος κύματος(m)		
	Δ1	Δ2	Δ3
1,25	0,00010	0,00010	0,00010
2,50	0,02767	0,01562	0,01337
3,75	0,07283	0,03345	0,03487
5,00	0,17356	0,07627	0,08265
6,25	0,23550	0,10165	0,10460
7,50	0,26514	0,11299	0,10797
8,75	0,29475	0,12671	0,11609
10,00	0,31158	0,13331	0,11858
11,25	0,32480	0,13608	0,11991
12,50	0,34017	0,14215	0,12223
13,75	0,35054	0,14816	0,12537
15,00	0,35639	0,15341	0,12805
16,25	0,36059	0,15636	0,12838
17,50	0,36357	0,15891	0,12893
18,75	0,36592	0,16159	0,13103
20,00	0,36648	0,16248	0,13244
21,25	0,36792	0,16260	0,13298
22,50	0,36815	0,16193	0,13317
23,75	0,36867	0,16121	0,13354
25,00	0,36972	0,16023	0,13796

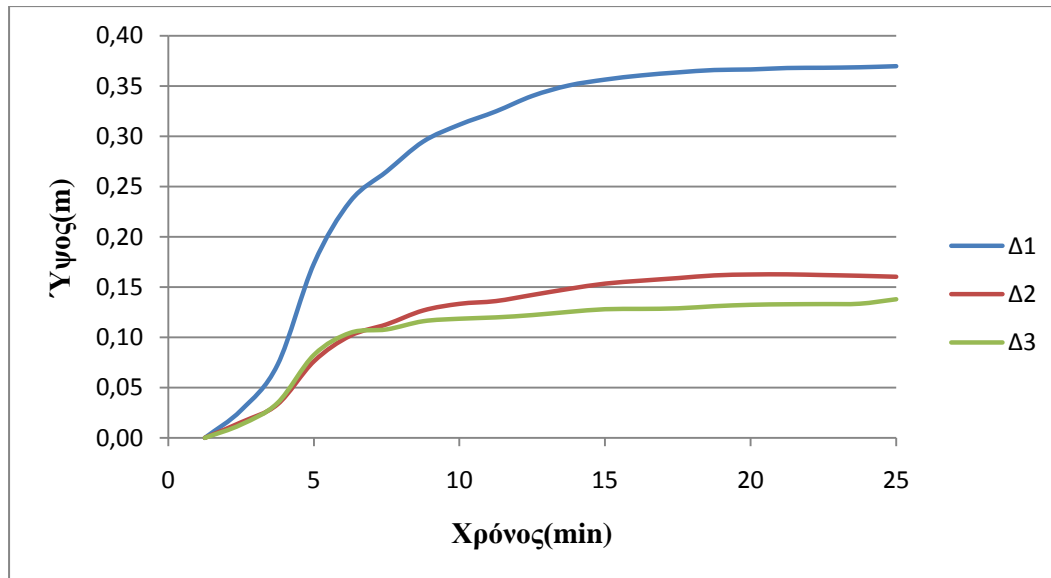


Διάγραμμα 61 M7, H=2m, T=4s



Διάγραμμα 62 M7, H=2m, T=5s





Διάγραμμα 63 M7, H=2m, T=6.7s

- Στον μετρητή 7, ο οποίος βρίσκεται σε πιθανή θέση παραβολής, παρατηρούμε ότι για την διάταξη 1 και για την περίοδο των 4s, το ύψος κύματος ελαττώνεται στα 18.8cm, ενώ για τις περιόδους των 5s και 6.7s αυξάνεται σε σχέση με την περίοδο των 4s και συγκλίνει στις τιμές των 30cm και 37cm αντίστοιχα. Στην διάταξη 2, για την περίοδο των 4s, η τιμή του ύψους κύματος ελαττώνεται κατά 8cm σε σχέση με τη διάταξη 1, ενώ για τις περιόδους των 5s και 6.7s η τιμή ελαττώνεται κατά 16cm και 20cm αντίστοιχα. Στην διάταξη 3, για την περίοδο των 4s, η τιμή του ύψους κύματος ελαττώνεται κατά 7cm σε σχέση με τη διάταξη 2, ενώ για τις περιόδους των 5s και 6.7s η τιμή ελαττώνεται περίπου κατά 3cm και 2.5cm αντίστοιχα.



---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

---

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

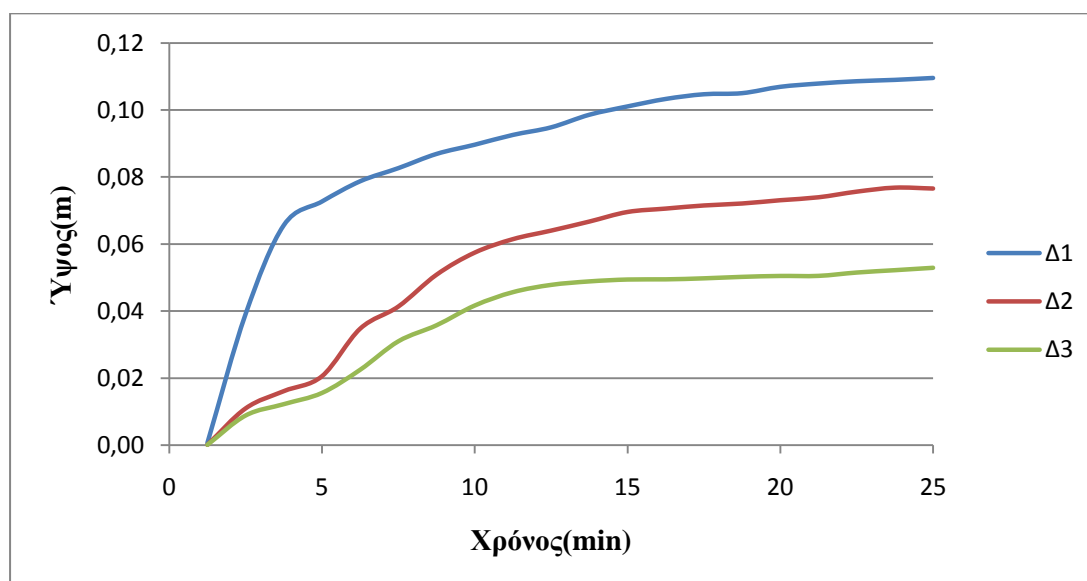
---

Στην συγκεκριμένη μελέτη εξετάστηκε η λειτουργία και η πιθανή βελτιστοποίηση της διάταξης του προσήνεμου μώλου, όσον αφορά την προστασία που παρέχει στη λιμενολεκάνη αλλά και ευρύτερα στον λιμένα Κολυμπαρίου, από προσπίπτοντες κυματισμούς κύριας διεύθυνσης και πιο συγκεκριμένα από κυματισμούς βόρειας διεύθυνσης. Ο προσήνεμος μώλος του λιμένα αποτελεί εξωτερικό λιμενικό έργο με πρηνή, σύμφωνα με τη νέα διάταξη που είχε προταθεί από τον δήμο Κολυμπαρίου. Εξετάστηκαν επομένως η νέα διάταξη (Δ3) που προτάθηκε από τον δήμο, η υφιστάμενη διάταξη (Δ1) και μια επιπλέον διάταξη (Δ2), όπως προαναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια. Τα κύματα που επιλέχθηκαν προς προσομοίωση είναι 9 τον αριθμό, μονοχρωματικά και η επιλογή τους έγινε από παλαιότερο πείραμα που διεξήχθη στο Ε.Λ.Ε. του Ε.Μ.Π. Η προσομοίωση των κυματικών φαινομένων στην περιοχή μελέτης έγινε με χρήση του υπολογιστικού μοντέλου MIKE 21BW, στο οποίο μετρήθηκε το ύψος κύματος που φθάνει σε 7 χαρακτηριστικά σημεία εντός και εκτός λιμενολεκάνης, από τα δεδομένα κύματα με τα χαρακτηριστικά ύψη και περιόδους τους, για τις τρεις διατάξεις του προσήνεμου μώλου. Τα αποτελέσματα των αριθμητικών προσομοιώσεων παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτά μπορούμε να οδηγηθούμε στα εξής συμπεράσματα.

- Η υφιστάμενη διάταξη (Δ1) του προσήνεμου μώλου παρέχει στο λιμένα αρκετή προστασία από τους κυματισμούς βόρειας διεύθυνσης, εξετάζοντας τα ύψη κύματος σε όλες τις θέσεις εντός της λιμενολεκάνης, δηλαδή σε πιθανές θέσεις παραβολής αλλά και στο κέντρο της λιμενολεκάνης. Η μέγιστη τιμή ύψους που καταγράφηκε είναι 47cm στην είσοδο της λιμενολεκάνης για προσπίπτοντα κυματισμό χαρακτηριστικού ύψους  $H=2m$  και χαρακτηριστικής περιόδου  $T=6.7s$ .
- Η προτεινόμενη δεύτερη διάταξη (Δ2) του προσήνεμου μώλου ενισχύει σημαντικά την προστασία που παρέχει ο μώλος στον λιμένα, καθώς σε όλες τις θέσεις εντός της λιμενολεκάνης ανακόπτει το ύψος του προσπίπτοντος κυματισμού περίπου κατά 10cm σε σχέση με την

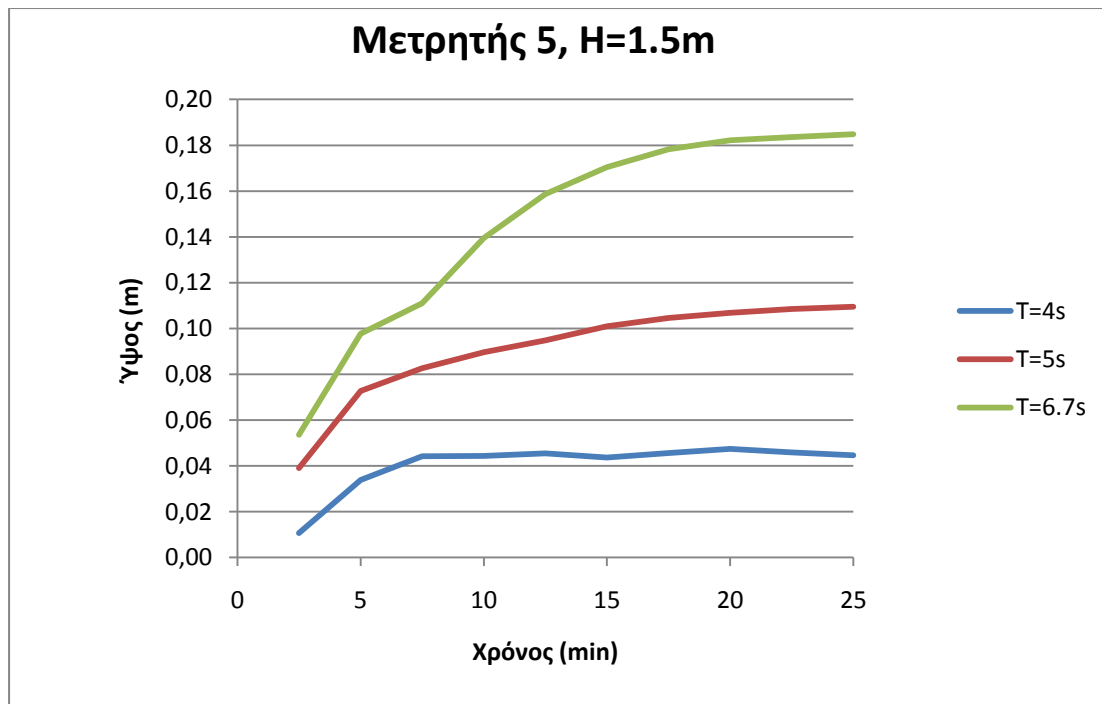
Δ1. Το μέγιστο ύψος κύματος που μετρήθηκε είναι 37cm στην είσοδο της λιμενολεκάνης για προσπίπτοντα κυματισμό χαρακτηριστικού ύψους  $H=2m$  και περιόδου  $T=6.7s$ , γεγονός που αποδεικνύει ότι η Δ2 του μώλου, παρέχει πλήρη προστασία στον λιμένα.

- Η προτεινόμενη τρίτη διάταξη (Δ3) του προσήνεμου μώλου προσφέρει ακόμα μεγαλύτερη προστασία στον λιμένα, καθώς ανακόπτει το ύψος κύματος εντός της λιμενολεκάνης περίπου κατά 20cm για το πιο μεγάλο ύψος προσπίπτοντος κυματισμού, σε σχέση με την πρώτη διάταξη, σχεδόν μηδενίζοντας την τιμή του ύψους για τα πιο μικρά προσπίπτοντα κύματα. Η μέγιστη τιμή ύψους που μετρήθηκε είναι 32cm για κύμα με χαρακτηριστικό ύψος  $H=2m$  και χαρακτηριστική περίοδο  $T=6.7s$ , στην είσοδο της λιμενολεκάνης.
- Συνοψίζοντας, όσον αφορά τις τρεις διατάξεις, παρατηρούμε ότι η Δ1 παρέχει επαρκή προστασία στην λιμενολεκάνη, η Δ2 όπου ο μώλος είναι προεκταμένος κατά 50m ανακόπτει το ύψος κύματος κατά περίπου 10cm παρέχοντας ακόμα μεγαλύτερη προστασία, ενώ η Δ3 όπου ο μώλος είναι προεκταμένος κατά 50m με γωνία  $30^\circ$  προς νότο επιπλέον της Δ2, παρέχει την μέγιστη εξασφάλιση στον λιμένα, κατορθώνοντας να μειώσει ακόμα περισσότερο το ύψος των προσπιπτόντων κυματισμών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η μέτρηση στο κέντρο της λιμενολεκάνης (μετρητής 5) για προσπίπτοντα κυματισμό με χαρακτηριστικό ύψος και περίοδο,  $H=1.5m$  και  $T=5s$  αντίστοιχα. Οι τιμές του ύψους κύματος δίδονται στο ακόλουθο διάγραμμα.



Διάγραμμα 64 M5,  $H=1.5m$ ,  $T=5s$

- Πολύ σημαντικό ρόλο στο ύψος κυματισμού που φθάνει μέσα στην λιμενολεκάνη παίζει η χαρακτηριστική περίοδος του προσπίπτοντος κύματος. Παρατηρείται από όλους σχεδόν τους μετρητές ότι για ένα δεδομένο χαρακτηριστικό ύψος κύματος, η τιμή του ύψους που φθάνει στη λιμενολεκάνη αυξάνει, όσο πιο μεγάλη είναι η χαρακτηριστική περίοδος του κύματος. Αυτό συμβαίνει καθώς όσο αυξάνει η περίοδος αυξάνει και το μήκος κύματος, οπότε οι πιο μακροί κυματισμοί που θραύονται πιο δύσκολα, εισέρχονται με μεγαλύτερη ενέργεια στη λιμενολεκάνη και προκαλούν φαινόμενα όπως ανάκλαση αλλά και αυξάνουν το ύψος κύματος μέσα σε αυτή. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει και στις τρεις διατάξεις του προσήνεμου μώλου. Βέβαια δεν υπάρχει κάποια γραμμική ή άλλη συσχέτιση για την αύξηση του ύψους ανάμεσα στις περιόδους καθώς παρατηρούνται δυσανάλογες διαφορές ανάλογα με την θέση των μετρητών και ανάλογα με το αρχικό ύψος του προσπίπτοντος κυματισμού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το ύψος κύματος στο μέσο της λιμενολεκάνης (μετρητής 5) για την διάταξη 1, για προσπίπτοντα κυματισμό χαρακτηριστικού ύψους  $H=1.5\text{m}$  και για τις τρεις διαφορετικές περιόδους  $T=4\text{s}$ ,  $T=5\text{s}$  και  $T=6.7\text{s}$ , που παρουσιάζεται στο ακόλουθο διάγραμμα.



**Διάγραμμα 65** Ύψη κύματος για τρεις περιόδους, για ύψος προσπίπτοντος  $H=1.5\text{m}$

- Παρατηρείται ότι ο προσπίπτον βόρειος κυματισμός με χαρακτηριστικό ύψος  $H=2\text{m}$  και χαρακτηριστική περίοδο  $T=6.7\text{s}$  προκαλεί σημαντική διαταραχή στην ηρεμία της λιμενολεκάνης καθώς τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε 2 πιθανές θέσεις παραβολής έδειξαν ότι το ύψος κύματος αγγίζει τις τιμές των 30cm και 37cm αντίστοιχα, για την υφιστάμενη διάταξη ( $\Delta 1$ ). Με την δεύτερη διάταξη ( $\Delta 2$ ) οι τιμές μειώνονται σε 14cm και 16cm αντίστοιχα, ενώ με την τρίτη διάταξη μειώνονται ακόμα περισσότερο σε 13cm και 14cm αντίστοιχα.
- Πιο ευάλωτη θέση αποδεικνύεται η είσοδος του λιμένα καθώς για όλους τους κυματισμούς καταγράφονται μεγαλύτερα ύψη κύματος σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες θέσεις εντός αυτού. Χαρακτηριστικό πρόβλημα δημιουργείται στην είσοδο για προσπίπτοντα κυματισμό με χαρακτηριστικό ύψος  $H=2\text{m}$  και περίοδο  $T=6.7\text{s}$  καθώς για την υφιστάμενη διάταξη ( $\Delta 1$ ) η μετρούμενη τιμή του ύψους αγγίζει τα 47cm, ενώ με την δεύτερη διάταξη η τιμή μειώνεται στα 37cm. Η τρίτη διάταξη ( $\Delta 3$ ) μειώνει ακόμα περισσότερο το ύψος κύματος στα 32cm.
- Ο βόρειος προσπίπτον κυματισμός με χαρακτηριστικά  $H=2\text{m}$  και  $T=6.7\text{s}$  προκαλεί την μεγαλύτερη διαταραχή στην λιμενολεκάνη καθώς και στην είσοδο αυτής, για την υφιστάμενη διάταξη του προσήνεμου μώλου. Τα ύψη κύματος ξεπερνούν τα 37cm, τιμή που καθιστά την λειτουργία του λιμένα μη ασφαλή, οπότε ο λιμένας δεν θεωρείται λειτουργικός για ομοίου και μεγαλύτερου ύψους προσπίπτοντες κυματισμούς. Σύμφωνα με τους ανεμογενείς κυματισμούς που υπολογίστηκαν στο Κεφάλαιο 2, κυματισμός που μπορεί να προκαλέσει ανάλογο πρόβλημα στη λειτουργία του λιμένα είναι αυτός με χαρακτηριστικά  $H=1.97\text{m}$  και  $T=5.7\text{s}$ , με ετήσια διάρκεια πνοής του αντίστοιχου ανέμου 1.25%, αλλά και τα κύματα με μεγαλύτερα ύψη που δημιουργούνται στην περιοχή από μεγαλύτερους άνεμους. Αθροιστικά, η ετήσια διάρκεια πνοής όλων αυτών των ανέμων είναι 1.99%, ποσοστό το οποίο μεταφράζεται σε περίπου 7 ημέρες τον χρόνο, δηλαδή για αυτό το διάστημα του έτους ο λιμένας δεν θα είναι λειτουργικός, για την υφιστάμενη διάταξη ( $\Delta 1$ ) του προσήνεμου μώλου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Μέμος Κ., 2008. 'Εισαγωγή Στα Λιμενικά Έργα', Εκδόσεις Συμμετρία, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Μέμος Κ., 2008. 'Λιμενικά Συστήματα', ΕΜΠ, Αθήνα.
- Μέμος Κ., 2007. 'Θαλάσσια Υδροδυναμική', Σημειώσεις Μαθήματος ΔΠΜΣ 'Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων', ΕΜΠ, Αθήνα.
- Μουτζούρης Κ.Ι., 2005. 'Εισαγωγή στην Ακτομηχανική', Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα.
- Μπαλάσκα Δ., 2005. 'Πειραματική διερεύνηση κυματικής διείδυσης από αγωγούς ανανέωσης ύδατος σε δύο λιμενολεκάνες' (Α. Κήρυκος, Ν. Ικαρίας - Κολυμβάρι, Ν. Κρήτης), Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα .
- Ουρλόγλου Ο., 2009. 'Παράκτια διάβρωση και εφαρμογή στο Δήμο Αλυκών Ζακύνθου', Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα
- Σιγαλός Λ., 2006. 'Πειραματική διερεύνηση κυματικής διείδυσης από αγωγούς ανανέωσης ύδατος στη λιμενολεκάνη του Κολυμπαρίου Ν.Κρήτη', Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα
- Τσακαλομάτης Δ., 2007. ' Ανάκτηση κυματικής ενέργειας και ένταξη της στον υβριδικό σταθμό της Ικαρίας', Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα
- Χονδρός Μ., 2008. ' Διάδοση και θραύση κυματισμών στην παράκτια ζώνη.' Διπλωματική εργασία, Ε.Μ.Π., Αθήνα.
- Agnon, Y., Madsen, P.A., Schäffer, H.A., 1999. A new approach to high order Boussinesq models. In: J. Fluid Mech. 399, 319.
- Avgeris, I., 2001. Wave propagation in coastal zone. In: National Technical University of Athens, library.

- Beji, S., Nadaoka, K., 1996. A formal derivation and numerical modeling of the improved Boussinesq equations for varying depth. In: Ocean Eng. 23 (8), 691-704.
- CEM, Coastal Engineering Manual, 2008, In: <http://chl.erdc.usace.army.mil/cem> Last access: June 2010.
- Chondros, M.K., Memos, C.D., Karambas T.V., 2009. A Boussinesq-type model incorporating breaking waves. In: Proceedings of the 33rd IAHR Congress, Vancouver.
- Israeli, M., Orszag, S.A., 1981. Approximation of radiation boundary conditions. In: J. Comp. Phys. 41, 115-135.
- Iversen, H.W., 1952. Waves and Breakers in Shoaling Water. In: Proceedings of the 3rd Coastal Engineering Conference, American Society of Civil Engineers, pp 1-12.
- Karambas, T.V., Koutitas, C., 1992. A breaking wave propagation model based on the Boussinesq equations. In: Coastal eng. 18, 1-19.
- Karambas, T.V., Koutitas, C., 2002. Surf and swash zone morphology evolution induced by nonlinear waves. In: Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering 128, no 3, 102-113.
- Karambas, T.V., Memos, C.D., 2009. A Boussinesq model for nonlinear fully dispersive water waves. In: Journal of Waterw., Port, Coastal, and Ocean Engr. Vol.135, Number 5, pp.187-199.
- Kennedy, A.B., Chen, Q., Kirby, J.T., Dalrymple, R.A., 1999. Part 1. Boussinesq modeling of wave transformation, breaking, and run-up I: 1D. In: J. of Waterw., Port, Coastal, and Ocean Engr. January/February 2000.



- Lee, C., Suh, K.D., 1998. Internal generation of waves for time-dependent mild-slope equations. In: Coastal Engineering, 34, pp. 35-57.
- Madsen, P.A., Sørensen, O.R., 1992. A new form of the Boussinesq equations with improved linear dispersion characteristics. Part 2: A slowly-varying Bathymetry. In: Coastal Eng., 18, 183-204.
- Madsen, P.A., Schäffer, H.A., Sørensen, O.R., 1997a. Surf zone dynamics simulated by a Boussinesq type model: part 1. Model description and cross-shore motion of regular waves. In: Coast. Eng. 32, 255– 287.
- Rayleigh, L., 1876. On Waves. In: Phil. Mag., Vol 1, pp 257-279
- Sørensen, O.R, Schäffer, H.A., Madsen P.A., 1998. Surf zone dynamics simulated by a Boussinesq type model. Part III: Wave-induced horizontal nearshore circulations. In: Coastal Eng., 33, 155-176.
- Sørensen, O.R., Schäffer, H.A., Sørensen, L.S., 2004. Boussinesq type modelling using an unstructured finite element technique. In: Coastal Eng., 50, 181-198.
- Svendsen, I.A., 1984. Wave heights and set-up in a surf zone. In: Coastal Eng. 44, 1-12.
- Svendsen, I.A., Madsen, P.A., 1984. A turbulent bore on a beach. In: J. Fluid Mech. 148, 73-96.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΠΙΝΑΚΕΣ Ε.Μ.Υ.

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ										
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ			ΓΕΩΓ. ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ			ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ(m)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ	
ΣΟΥΔΑ	16746	35			24				1960 ΕΩΣ 2010	
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ										
BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM	SUM
0	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,98	31,99
1	0,21	0,04	0,41	0,03	0,09	0,02	0,24	0,16	0,01	1,21
2	2,71	1,34	3,13	1,65	1,38	0,81	3,65	1,86	0,08	16,60
3	4,40	2,03	3,33	1,01	0,77	0,70	6,53	2,54	0,00	21,31
4	4,61	1,72	1,39	0,65	0,46	0,37	6,28	1,82	0,00	17,29
5	2,22	0,61	0,30	0,24	0,23	0,13	2,56	0,37	0,00	6,67
6	1,31	0,32	0,11	0,13	0,19	0,05	1,06	0,16	0,00	3,33
7	0,51	0,03	0,07	0,05	0,04	0,05	0,36	0,11	0,00	1,20
8	0,18	0,01	0,00	0,07	0,03	0,01	0,06	0,01	0,00	0,36
≥ 9	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,06
<b>SUM</b>	<b>16,17</b>	<b>6,09</b>	<b>8,75</b>	<b>3,83</b>	<b>3,20</b>	<b>2,13</b>	<b>20,76</b>	<b>7,02</b>	<b>32,06</b>	<b>100</b>

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ										
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ			ΓΕΩΓ. ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ			ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ(m)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ	
ΣΟΥΔΑ	16746	35			24				1960 ΕΩΣ 2010	
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ										
BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM	SUM
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,96	29,96
1	0,30	0,08	0,35	0,16	0,08	0,03	0,18	0,08	0,00	1,27
2	2,65	1,24	2,92	1,48	1,38	0,60	3,56	1,99	0,09	15,91
3	4,15	2,02	4,13	0,88	0,79	0,55	5,81	2,95	0,01	21,31
4	4,70	1,56	1,80	0,48	0,81	0,38	5,71	2,49	0,00	17,94
5	2,61	0,44	0,43	0,34	0,55	0,16	2,70	0,83	0,00	8,08
6	1,21	0,21	0,17	0,17	0,27	0,08	1,30	0,19	0,00	3,60
7	0,40	0,02	0,07	0,07	0,10	0,02	0,49	0,08	0,00	1,26
8	0,21	0,04	0,01	0,02	0,06	0,02	0,18	0,03	0,00	0,57
≥ 9	0,06	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,11
<b>SUM</b>	<b>16,30</b>	<b>5,61</b>	<b>9,89</b>	<b>3,62</b>	<b>4,07</b>	<b>1,85</b>	<b>19,95</b>	<b>8,65</b>	<b>30,06</b>	<b>100</b>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ										
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ(m)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ					
ΣΟΥΔΑ	16746	35	24		1960 ΕΩΣ 2010					
ΜΑΡΤΙΟΣ										
BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM	SUM
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,49	28,49
1	0,27	0,07	0,30	0,05	0,05	0,03	0,26	0,05	0,02	1,11
2	2,45	1,07	4,34	1,47	1,04	0,41	3,40	2,47	0,13	16,79
3	4,28	1,77	5,38	1,19	0,58	0,37	5,96	3,59	0,03	23,14
4	4,02	1,33	2,36	0,69	0,50	0,25	6,25	2,76	0,00	18,16
5	1,95	0,40	0,65	0,23	0,32	0,09	2,92	1,05	0,00	7,63
6	0,72	0,18	0,18	0,10	0,10	0,05	1,39	0,38	0,00	3,12
7	0,25	0,06	0,08	0,07	0,04	0,00	0,60	0,07	0,00	1,17
8	0,04	0,02	0,07	0,04	0,05	0,00	0,16	0,00	0,00	0,38
≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03
<b>SUM</b>	<b>13,99</b>	<b>4,91</b>	<b>13,37</b>	<b>3,85</b>	<b>2,69</b>	<b>1,19</b>	<b>20,95</b>	<b>10,39</b>	<b>28,66</b>	<b>100</b>

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ										
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ(m)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ					
ΣΟΥΔΑ	16746	35	24		1960 ΕΩΣ 2010					
ΑΠΡΙΛΙΟΣ										
BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM	SUM
0	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,24	28,25
1	0,24	0,09	0,38	0,11	0,06	0,06	0,20	0,16	0,03	1,32
2	2,69	0,73	4,91	1,95	0,80	0,40	3,74	3,38	0,14	18,73
3	3,11	1,22	6,58	1,32	0,40	0,33	6,55	4,68	0,00	24,19
4	1,73	0,81	2,30	0,64	0,37	0,27	6,82	3,42	0,00	16,37
5	0,63	0,08	0,51	0,27	0,24	0,08	4,20	1,13	0,00	7,13
6	0,20	0,04	0,14	0,12	0,14	0,07	1,92	0,27	0,00	2,91
7	0,08	0,00	0,05	0,10	0,06	0,02	0,52	0,07	0,00	0,89
8	0,00	0,00	0,04	0,02	0,02	0,01	0,09	0,00	0,00	0,17
≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,05
<b>SUM</b>	<b>8,68</b>	<b>2,96</b>	<b>14,91</b>	<b>4,56</b>	<b>2,08</b>	<b>1,23</b>	<b>24,06</b>	<b>13,11</b>	<b>28,41</b>	<b>100</b>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ										
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ(m)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ					
ΣΟΥΔΑ	16746	35	24		1960 ΕΩΣ 2010					
ΜΑΪΟΣ										
BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM	SUM
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,41	30,41
1	0,25	0,07	0,60	0,08	0,09	0,00	0,39	0,11	0,04	1,63
2	2,98	0,71	5,84	2,14	0,62	0,36	3,74	4,60	0,12	21,10
3	3,00	1,22	6,16	1,09	0,22	0,16	5,89	6,44	0,04	24,21
4	1,86	0,45	2,35	0,27	0,16	0,11	5,33	3,95	0,00	14,48
5	0,38	0,05	0,33	0,07	0,14	0,04	2,91	1,35	0,00	5,27
6	0,09	0,04	0,08	0,03	0,06	0,03	1,51	0,39	0,00	2,24
7	0,01	0,02	0,00	0,01	0,03	0,01	0,47	0,06	0,00	0,60
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,06
≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>SUM</b>	<b>8,57</b>	<b>2,55</b>	<b>15,35</b>	<b>3,69</b>	<b>1,33</b>	<b>0,70</b>	<b>20,31</b>	<b>16,91</b>	<b>30,60</b>	<b>100</b>

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ										
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ(m)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ					
ΣΟΥΔΑ	16746	35	24		1960 ΕΩΣ 2010					
ΙΟΥΝΙΟΣ										
BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM	SUM
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	28,26	28,27
1	0,41	0,05	0,46	0,05	0,02	0,02	0,50	0,19	0,00	1,70
2	4,54	0,41	3,89	1,21	0,44	0,24	3,66	5,92	0,11	20,41
3	4,65	1,16	4,71	0,77	0,10	0,14	6,16	7,84	0,02	25,54
4	2,51	0,65	1,96	0,13	0,08	0,06	6,43	4,18	0,00	15,99
5	0,38	0,05	0,22	0,01	0,01	0,01	3,14	1,37	0,00	5,19
6	0,03	0,00	0,04	0,01	0,03	0,01	1,82	0,34	0,00	2,27
7	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,45	0,06	0,00	0,53
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,10
≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>SUM</b>	<b>12,51</b>	<b>2,33</b>	<b>11,29</b>	<b>2,18</b>	<b>0,67</b>	<b>0,47</b>	<b>22,26</b>	<b>19,90</b>	<b>28,39</b>	<b>100</b>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ										
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ(m)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ					
ΣΟΥΔΑ	16746	35	24		1960 ΕΩΣ 2010					
ΙΟΥΛΙΟΣ										
BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM	SUM
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	30,76	30,77
1	0,34	0,01	0,18	0,05	0,04	0,01	0,38	0,32	0,01	1,33
2	5,42	0,82	1,92	0,54	0,31	0,28	4,27	7,00	0,07	20,64
3	7,22	1,41	2,54	0,33	0,12	0,16	5,61	8,15	0,03	25,57
4	4,58	0,67	0,78	0,05	0,02	0,14	4,44	4,50	0,00	15,17
5	0,78	0,03	0,08	0,01	0,00	0,03	2,32	1,10	0,00	4,34
6	0,16	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	1,18	0,27	0,00	1,64
7	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,04	0,00	0,48
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,06
≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>SUM</b>	<b>18,52</b>	<b>2,94</b>	<b>5,51</b>	<b>0,97</b>	<b>0,49</b>	<b>0,64</b>	<b>18,68</b>	<b>21,38</b>	<b>30,87</b>	<b>100</b>

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ										
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ(m)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ					
ΣΟΥΔΑ	16746	35	24		1960 ΕΩΣ 2010					
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ										
BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM	SUM
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,60	33,60
1	0,40	0,08	0,17	0,03	0,04	0,01	0,58	0,28	0,01	1,60
2	5,09	0,83	1,86	0,54	0,26	0,24	4,44	6,56	0,09	19,90
3	7,07	1,76	1,88	0,24	0,11	0,24	5,99	8,39	0,01	25,68
4	4,64	0,67	0,49	0,04	0,02	0,04	4,70	3,95	0,00	14,54
5	0,83	0,04	0,02	0,00	0,02	0,02	1,58	0,84	0,00	3,34
6	0,14	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,80	0,21	0,00	1,17
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,01	0,00	0,15
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>SUM</b>	<b>18,16</b>	<b>3,39</b>	<b>4,43</b>	<b>0,84</b>	<b>0,45</b>	<b>0,55</b>	<b>18,22</b>	<b>20,25</b>	<b>33,71</b>	<b>100</b>

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ										
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ(m)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ					
ΣΟΥΔΑ	16746	35	24		1960 ΕΩΣ 2010					
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ										
BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM	SUM
0	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,17	37,18
1	0,41	0,13	0,27	0,07	0,07	0,03	0,24	0,26	0,02	1,49
2	4,08	1,04	3,30	1,51	0,68	0,27	3,63	3,74	0,05	18,29
3	6,35	2,10	4,15	0,59	0,27	0,20	5,82	5,32	0,00	24,80
4	3,63	0,96	1,20	0,13	0,02	0,08	4,36	3,33	0,00	13,70
5	0,45	0,10	0,03	0,00	0,00	0,04	1,75	0,90	0,00	3,28
6	0,15	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,55	0,24	0,00	0,98
7	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,02	0,00	0,26
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03
≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>SUM</b>	<b>15,09</b>	<b>4,35</b>	<b>8,97</b>	<b>2,30</b>	<b>1,04</b>	<b>0,61</b>	<b>16,60</b>	<b>13,81</b>	<b>37,23</b>	<b>100</b>

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ										
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ(m)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ					
ΣΟΥΔΑ	16746	35	24		1960 ΕΩΣ 2010					
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ										
BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM	SUM
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35,98	35,98
1	0,38	0,11	0,54	0,06	0,12	0,01	0,14	0,06	0,02	1,44
2	3,41	1,70	5,47	2,11	1,29	0,59	2,80	2,25	0,05	19,67
3	5,87	2,98	6,03	1,13	0,35	0,22	4,42	3,34	0,01	24,33
4	4,60	1,55	1,62	0,16	0,22	0,13	3,37	1,92	0,00	13,58
5	1,40	0,31	0,23	0,05	0,11	0,01	1,04	0,39	0,00	3,55
6	0,41	0,10	0,06	0,03	0,06	0,01	0,30	0,05	0,00	1,04
7	0,13	0,00	0,01	0,01	0,03	0,00	0,04	0,07	0,00	0,28
8	0,03	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,08	0,00	0,13
≥ 9	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
<b>SUM</b>	<b>16,22</b>	<b>6,75</b>	<b>13,98</b>	<b>3,56</b>	<b>2,19</b>	<b>0,96</b>	<b>12,10</b>	<b>8,17</b>	<b>36,06</b>	<b>100</b>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ										
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ(m)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ					
ΣΟΥΔΑ	16746	35	24		1960 ΕΩΣ 2010					
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ										
BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM	SUM
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,54	38,54
1	0,13	0,04	0,32	0,04	0,17	0,05	0,25	0,08	0,06	1,13
2	2,61	1,76	4,98	2,12	2,05	0,78	3,08	1,76	0,11	19,25
3	3,97	2,55	4,67	1,11	0,83	0,51	5,42	2,31	0,00	21,36
4	2,56	1,50	1,51	0,50	0,53	0,15	4,28	1,59	0,00	12,61
5	1,23	0,28	0,33	0,13	0,16	0,12	1,70	0,45	0,00	4,40
6	0,58	0,07	0,09	0,06	0,14	0,03	0,68	0,18	0,00	1,83
7	0,15	0,03	0,01	0,07	0,11	0,01	0,18	0,09	0,00	0,64
8	0,09	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,06	0,03	0,00	0,20
≥ 9	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03
<b>SUM</b>	<b>11,34</b>	<b>6,22</b>	<b>11,91</b>	<b>4,03</b>	<b>4,01</b>	<b>1,65</b>	<b>15,63</b>	<b>6,49</b>	<b>38,71</b>	<b>100</b>

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΑΝΕΜΟΥ										
ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΜΗΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΓΕΩΓ. ΠΛΑΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ(m)	ΠΕΡΙΟΔΟΣ					
ΣΟΥΔΑ	16746	35	24		1960 ΕΩΣ 2010					
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ										
BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CLM	SUM
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,67	33,67
1	0,18	0,05	0,37	0,07	0,15	0,05	0,22	0,08	0,01	1,15
2	2,67	1,47	3,04	1,90	1,57	0,84	3,49	2,22	0,10	17,31
3	3,85	2,50	3,22	1,48	1,03	0,68	6,01	2,35	0,00	21,13
4	3,75	2,05	1,28	0,34	0,52	0,24	5,96	1,58	0,00	15,73
5	1,85	0,49	0,44	0,23	0,31	0,10	2,64	0,66	0,00	6,72
6	0,93	0,17	0,14	0,17	0,13	0,06	0,77	0,19	0,00	2,55
7	0,53	0,05	0,05	0,14	0,05	0,02	0,36	0,06	0,00	1,25
8	0,15	0,02	0,00	0,06	0,05	0,01	0,09	0,03	0,00	0,40
≥ 9	0,02	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,08
<b>SUM</b>	<b>13,93</b>	<b>6,80</b>	<b>8,53</b>	<b>4,41</b>	<b>3,84</b>	<b>2,00</b>	<b>19,55</b>	<b>7,15</b>	<b>33,79</b>	<b>100</b>