

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ:

ΙΕΡΑ ΜΕΓΙΣΤΗ ΜΟΝΗ ΒΑΤΟΠΑΙΔΙΟΥ ΑΓΙΟΥ ΟΡΟΥΣ

ΕΡΓΟ:

**ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗ
ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΚΤΗΣ ΤΗΣ ΙΜΜ ΒΑΤΟΠΑΙΔΙΟΥ**

ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ:

ΚΥΡΙΑΚΟΣ ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ

ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, MSc

ΑΦΡΟΔΙΤΗΣ 34 – ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ 153 41

Τηλ: 6944565600 – email: ksspyr@gmail.com

ΑΦΜ 031001355 – ΔΟΥ ΧΟΛΑΡΓΟΥ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2018



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	1
1. Εισαγωγή	2
2. Παράμετροι κυμάτων στα βαθιά ύδατα	3
3. Διαστασιολόγηση συστήματος κυματοθραυστών	6
4. Αποτελέσματα προσομοιώσεων στην παράκτια ζώνη	14
5. Συμπεράσματα	24

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΠΡΟΜΕΤΡΗΣΗ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β - ΣΧΕΔΙΑ

1. Εισαγωγή

Η λιμενική εγκατάσταση στον Όρμο Βατοπαιδίου αναβαθμίστηκε μέσω της επέκτασης του υφισταμένου προσήνεμου κυματοθραύστη, της κατασκευής νέου υπήνεμου μώλου και της δημιουργίας δίαυλου προσέγγισης μέσω βυθοκόρησης. Αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι αφενός η διερεύνηση της επίδρασης των ανωτέρω έργων στα φαινόμενα διάβρωσης της παραπλήσιας ακτής (Σχήμα 1) και αφετέρου ο σχεδιασμός βέλτιστων έργων προστασίας της εν λόγω ακτής. Η παράκτια ζώνη του Όρμου Βατοπαιδίου προσβάλλεται, κυρίως, από κυματισμούς με βορειοανατολική και βόρεια διεύθυνση προέλευσης. Οι κυματισμοί με βορειοδυτική διεύθυνση προέλευσης είναι ασθενέστεροι καθώς το αντίστοιχο μήκος αναπτύγματος του θαλασσίου πεδίου είναι σημαντικά μικρότερο των αντιστοιχών στα Βορειοανατολικά και Βόρεια, ενώ ο Όρμος είναι προστατευμένος από τους ανατολικούς κυματισμούς. Η μεθοδολογία της μελέτης βασίζεται στην αριθμητική προσομοίωση της διάδοσης κυμάτων, του πεδίου κυματογενών ρευμάτων, της μεταφοράς ιζήματος και της μεταβολής της μορφολογίας του θαλασσίου πυθμένα στην εν λόγω παράκτια ζώνη με στόχο: (α) τη διερεύνηση των φαινομένων διάβρωσης μετά την αναβάθμιση των λιμενικών εγκαταστάσεων και (β) το σχεδιασμό (αποτελεσματικότητα και βελτιστοποίηση διαστάσεων) έργων προστασίας από διάβρωση της ακτής δυτικά του λιμένα.



Σχήμα 1. Η παράκτια ζώνη του Όρμου Βατοπαιδίου πριν την αναβάθμιση του λιμένα.

Κατά μήκος της εν λόγω ακτής υφίσταται παράκτιος τοίχος, ο οποίος οριοθετεί καλλιεργήσιμη έκταση νοτίως της ακτής. Λόγω της διάβρωσης, το πλάτος της ακτής έχει περιορισθεί στα 12 m περίπου στο μέσον της με αποτέλεσμα οι εντονότεροι επερχόμενοι κυματισμοί να προκαλούν ζημιές στον παράκτιο τοίχο λόγω κυματογενούς αναρρίχησης. Το σχετικά μικρό μήκος (περίπου 300 m) και ο προσανατολισμός της ακτής ως προς τους επερχομένους κυματισμούς καθορίζουν τις επιλογές μεθόδων προστασίας της σε δύο: (α) κατασκευή παραλιακού δρόμου και θωράκιση αυτού με ογκόλιθους και (β) κατασκευή παράλληλου προς την ακτή

συστήματος δύο κυματοθραυστών. Η κατασκευή του παράκτιου δρόμου θα επιτύχει την τελική προστασία της καλλιεργήσιμης έκτασης

Το φαινόμενο της διάβρωσης της ακτής αντιμετωπίζεται με την κατασκευή των κυματοθραυστών η οποία αναμένεται πέραν της προστασίας του παράκτιου δρόμου από τους επερχόμενους κυματισμούς να επιβραδύνει και ίσως να αναστρέψει την περαιτέρω διάβρωση της ακτής.

Η μελέτη και ο σχεδιασμός του κυματοθραύστη έγινε σύμφωνα με το CoastalEngineeringManual (CEM) του USACE (2002). Η διερεύνηση των παράκτιων διεργασιών και της επίδρασης του παράλληλου κυματοθραύστη υλοποιήθηκε μέσω της πραγματοποίησης αριθμητικών προσομοιώσεων της διάδοσης κυμάτων, του πεδίου κυματογενών ρευμάτων, της μεταφοράς ιζήματος και της μεταβολής της μορφολογίας του πυθμένα στην εν λόγω παράκτια ζώνη με χρήση του λογισμικού MIKE 21 της DHI (2014). Δεδομένα εισόδου του λογισμικού αποτελούν η μορφολογία και η κοκκομετρία του πυθμένα της παράκτιας ζώνης και το ύψος και η περίοδος των χαρακτηριστικών κυμάτων ανοικτής θάλασσας. Τα δεδομένα βαθυμετρίας και κοκκομετρίας της παράκτιας ζώνης και τα δεδομένα διάταξης των λιμενικών έργων μας παρασχέθηκαν από την Ιερά Μέγιστη Μονή Βατοπαιδίου. Ο καθορισμός του χαρακτηριστικού ύψους και της χαρακτηριστικής περιόδου των κυμάτων στα βαθιά ύδατα υπολογίστηκε με χρήση της μεθόδου JONSWAP σύμφωνα με το CEM (USACE 2002) και ανεμολογικών δεδομένων της EMY.

Στο δεύτερο κεφάλαιο της παρούσας έκθεσης παρουσιάζεται ο υπολογισμός των χαρακτηριστικών των επερχομένων κυμάτων στα βαθιά ύδατα του Όρμου Βατοπαιδίου, στο τρίτο κεφάλαιο η διαστασιολόγηση του παράλληλου προς την ακτή κυματοθραύστη, στο τέταρτο κεφάλαιο τα αποτελέσματα των αριθμητικών προσομοιώσεων κυμάτων, ρευμάτων, στερεομεταφοράς και μορφολογίας στην παράκτια ζώνη του Όρμου Βατοπαιδίου πριν και μετά την κατασκευή του παράλληλου κυματοθραύστη και στο πέμπτο κεφάλαιο τα συμπεράσματα.

2. Παράμετροι κυμάτων στα βαθιά ύδατα

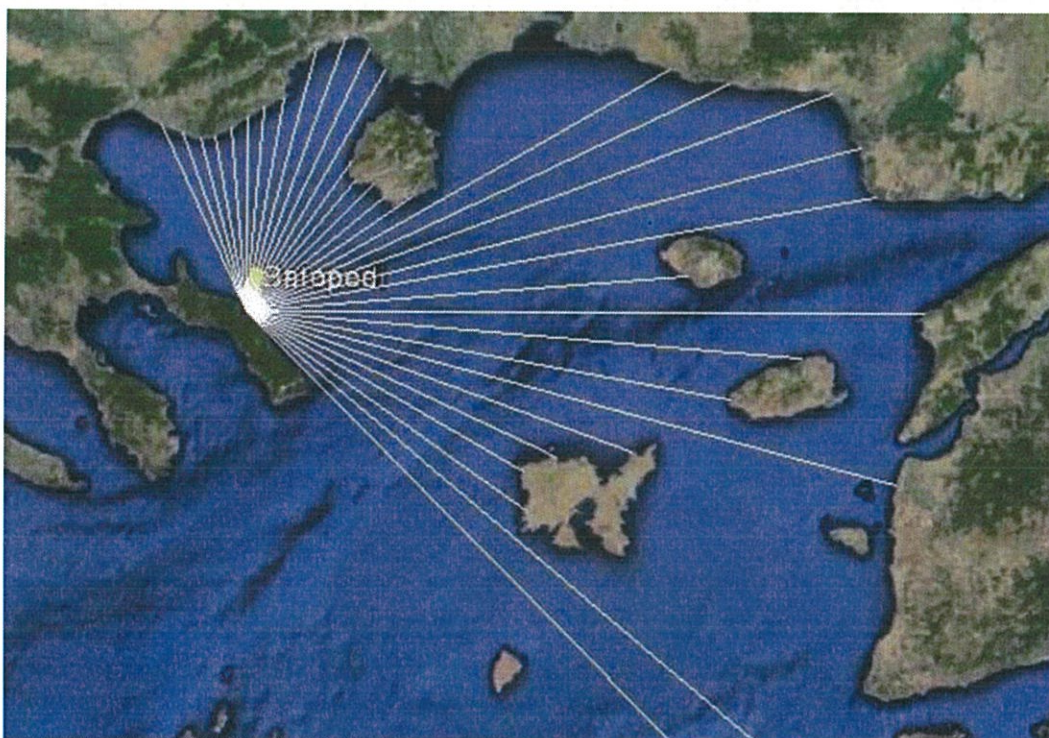
Τα χαρακτηριστικά των κυμάτων στα βαθιά ύδατα του Όρμου Βατοπαιδίου υπολογίστηκαν με χρήση της μεθόδου JONSWAP σύμφωνα με το CEM (USACE 2002) και ανεμολογικών δεδομένων της EMY από τους σταθμούς Μίκρας (Θεσσαλονίκη) και Χρυσούπολης (Καβάλα).

Με χρήση του GoogleEarth μετρήθηκαν τα μήκη θαλασσίου πεδίου από τον Όρμο Βατοπαιδίου (Σχήμα 2) και ανά γωνία 5° προς όλες τις διευθύνσεις. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν τα μήκη αναπτύγματος θαλασσίου πεδίου (fetch) κατά τις δύο διευθύνσεις (βορειοανατολική και βόρεια) προέλευσης των επερχομένων κυματισμών ανοικτά του Όρμου Βατοπαιδίου μέσω της εξίσωσης

$$F = \frac{\sum_{i=1}^N F_i \cos^2 \alpha_i}{\sum_{i=1}^N \cos \alpha_i}$$

όπου F είναι το μήκος θαλασσίου πεδίου στη διεύθυνση με γωνία $\alpha_i = i - A_{\alpha}$ προς τη διεύθυνση του ανέμου με $A_{\alpha} = 5^\circ$ και $N = 9$. Τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 1.

Από τα μέσα ετήσια ανεμολογικά δεδομένα των σταθμών της ΕΜΥ στη Μίκρα και την Χρυσούπολη επιλέχθηκε ως μέγιστη ετήσια ένταση ανέμου τα 8 και 9 Beaufort κατά την ΒΑ και τη Β διεύθυνση, αντίστοιχα. Στη συνέχεια με χρήση της μεθόδου JONSWAP (Ύδλοε 2002), υπολογίσθηκαν το μέγιστο ετήσιο χαρακτηριστικό ύψος κύματος και η αντίστοιχη χαρακτηριστική περίοδος κύματος στα βαθιά ύδατα. Τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 2.



Σχήμα 2. Τα μήκη θαλασσίου πεδίου ως προς τον Όρμο Βατοπαιδίου με χρήση του Google Earth.

Πίνακας 1. Μήκη αναπτύγματος θαλασσίου πεδίου ως προς τον Όρμο Βατοπαιδίου.

Διεύθυνση	ΒΑ	Β
F (Km)	99,43	55,30

Πίνακας 2. Παράμετροι κυμάτων με το μέγιστο ετήσιο χαρακτηριστικό ύψος στα βαθιά ύδατα του Όρμου Βατοπαιδίου.

Διεύθυνση	BA	B
Χαρακτηρισμός προέλευσης κύματος	duration-limited	fetch-limited
Ταχύτητα ανέμου, U_w (m/s)	20,7	24,4
Ένταση ανέμου (Beaufort)	8	9
Διάρκεια πνοής (hrs)	8	8
Χαρακτηριστικό ύψος κύματος, H_s (m)	3,13	3,34
Χαρακτηριστική περίοδος κύματος, T_s (sec)	5,94	5,82
Περίοδος κορυφής φάσματος κύματος, T_p (sec)	6,26	6,13

Στη συνέχεια υπολογίσθηκαν το μέγιστο χαρακτηριστικό ύψος κύματος και η αντίστοιχη χαρακτηριστική περίοδος κύματος στα βαθιά ύδατα με περίοδο επαναφοράς 100 έτη. Θεωρήθηκε ότι το ύψος κύματος ακολουθεί την κατανομή Gumbel σύμφωνα με το CEM (USACE 2002), ενώ η χαρακτηριστική περίοδος προκύπτει από την εμπειρική σχέση κατά Goda (2003). Τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Παράμετροι ακραίων κυμάτων με περίοδο επαναφοράς 100 ετών στα βαθιά ύδατα του Όρμου Βατοπαιδίου.

Διεύθυνση	BA	B
Ακραίο χαρακτηριστικό ύψος κύματος, H_{siao} (m)	5,11	5,45
Ακραία χαρακτηριστική περίοδος κύματος, T_{siao} (sec)	9,22	9,60

3. Διαστασιολόγηση συστήματος κυματοθραυστών

Οι βασικές διαστάσεις των παράλληλων προς την ακτή κυματοθραυστών είναι η απόστασή τους από την ακτή και το μήκος τους ώστε να εξασφαλίζεται λογικό κόστος κατασκευής και ικανή απόσταση του έργου από την ακτή. Το μήκος εκάστου των κυματοθραυστών και η απόσταση μεταξύ τους επιλέχθηκε με κριτήριο την αποτελεσματική προστασία από τους κυματισμούς αλλά και την καλή κυκλοφορία υδάτων. (Σχήμα 3).

Μήκος εκάστου κυματοθραύστη: 60m

Απόσταση μεταξύ κυματοθραυστών: 30m



Σχήμα 3. Η χωροθέτηση των προτεινόμενων παράλληλων προς την ακτή κυματοθραυστών στον Όρμο Βατοπαιδίου.

Στη συνέχεια υπολογίσθηκαν τα χαρακτηριστικά της θραύσης των κυμάτων στη θέση του κυματοθραύστη σύμφωνα με τη μεθοδολογία του Κεφαλαίου II-4-2 του CEM (USACE 2002) θεωρώντας μέση κλίση πυθμένα 1/10. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4 από όπου συμπεραίνεται ότι ο πόδας των κυματοθραυστών ευρίσκεται στην εξωτερική παράκτια ζώνη (εκτός ζώνης θραύσης των κυματισμών) τόσο για τους ετήσιους κυματισμούς όσο και για τους ακραίους κυματισμούς εκατονταετίας.

Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά θραύσης κυμάτων στην παράκτια ζώνη της ακτής ενδιαφέροντος.

Διεύθυνση	BA	B
Ετήσιο ύψος θραύσης κύματος, $H_b(m)$	3,11	3,26
Ετήσιο βάθος θραύσης, $d_b(m)$	3,02	3,25
H_b/d_b	1,03	1,00
Ακραίο ύψος θραύσης κύματος, $H_{b,100yr}(m)$	5,49	5,87
Ακραίο βάθος θραύσης, $d_{b,100yr}(m)$	4,90	5,20
$H_{b,100yr}/d_{b,100yr}$	1,12	1,13

Για τη διαστασιολόγηση της στρώσης θωράκισης του εξωτερικού πρανούς των κυματοθραυστών εφαρμόζεται η μέθοδος του Hudson (όπως αυτή παρουσιάζεται στο CEM 2006, στο CERC_SPM 1984 και στο CIRIA 2007.

Η μέθοδος Hudson για φυσικούς ογκολίθους χρησιμοποιεί το κύμα H1/10.

Η σχέση του Hudson, βάση της οποίας προκύπτει το απαιτούμενο μέσο βάρος του ογκολίθου είναι:

$$\frac{H}{\Delta D_{n50}} = (K_D \cot \alpha)^{1/3} M_{50} = \frac{\rho_s H^3}{K_D (\rho_s / \rho_w - 1)^3 \cot \alpha}$$

όπου, H: το κύμα σχεδιασμού της μελέτης, το οποίο είναι είτε το H1/10 (για φυσικούς ογκολίθους)

ρ_s : το ειδικό βάρος των Φ.Ο. (2,65 t/m³)

ρ_w : η πυκνότητα του θαλάσσιου ύδατος (1,025 t/m³)

Δ : $(\rho_s / \rho_w) - 1$

D_{n50} : το αντίστοιχο μήκος του κύβου της μέσης διαμέτρου του φυσικού ογκολίθου

M_{50} : το μέσο απαιτούμενο βάρος του Φ.Ο. της θωράκισης (με 50% του πλήθους των λίθων να ζυγίζουν πάνω από M_{50})

α : η γωνία κλίσης του πρσανούς (2,5:1 στον κορμό και 3:1 στο ακρομώλιο)

KD: συντελεστής ευστάθειας

Ο συντελεστής ευστάθειας του Hudson KD για Φ.Ο. εξαρτάται από τις συνθήκες θραύσης (θραυόμενοι ή μη-θραυόμενοι κυματισμοί) και το χαρακτηρισμό της διατομής ως κορμό ή ακρομώλιο.

A. STRUCTURE TRUNK

a. Input Data

$H_{des} (?) =$	5,87	m	(The local design wave height - $H_{1/10}$)
$\rho_s (?) =$	2,65	ton/m ³	(specific weight of natural stones)
$\rho_w (?) =$	1,025	ton/m ³	(specific weight of sea water)
$K_D (?) =$	4,0	m	(stability coefficient)
$\Delta =$	1,585		(apparent specific weight)
$D_{n50} =$		m	(is the calculated mean armour stone diameter)
$\tan(\alpha) =$	0,400		(armour slope)
$M_{50} =$	(?)		(mass of the appropriate armour stone - 50%)

b. Application

- (a) The relationship refers to regular waves)
- (b) Does not taken into account the wave period
- (c) The percentage damage is not taken into account
- (d) used to slightly overtopped structures and permeable structures

c. Results

$$M_{50} = W_{50} = 13,45 \text{ ton} \quad \Rightarrow \quad D_{n50} = 1,719 \text{ m}$$

Based on the above the stone gradation should be from 0.75 to 1.25 form the calculated weight thus:

Stone gradation : **10,089** up to **16,814** ton

The armour layer thickness is calculated from the :

$$r = n \times K_{\Delta} \times (W_{50}/W_{st})^{(1/3)}$$

where,

$n(?)$: is the layer number

=

2

$K_{\Delta} (?)$: layer coefficient

=

1

Thus it will be : **3,44** m

Crest width

According to C.E.R.C., 1984 three at least stones should be used for the crest formation, thus

In this case due to low crest structure, five stones for the crest

$$B = 8,59 \text{ m}$$

First underlayer - Filter

According to C.E.R.C., 1984:

For natural stones it should be $(W_{50}/10+W_{50}/15)/2=W_{50F} =$ **1,12** ton.

The corresponding cube dimension referred to the above weight will be : **D50F= 0,75** m

The filter layer thickness should thus be : **t_F = 1,50** m

Stone gradation will be (from 0,70 to 1,30) x **0,78** έως **1,46** ton
 $W_{n50} =$

Note :

The above formula refers to no damage criterion for the primary armour layer. Practicall the no damage criterion refers to damages varring from **0-5%**. If another damage percent is required or accepted then see table 5.22 of CIRIA. **The decrease** of the given coefficient is applied to the **design wave height**.

A. STRUCTURE HEAD

a. Input Data

$H_{des} (?) =$	5,87	m	(The local design wave height - $H_{1/10}$)
$\rho_s (?) =$	2,65	ton/m ³	(specific weight of natural stones)
$\rho_w (?) =$	1,025	ton/m ³	(specific weight of sea water)
$K_D (?) =$	3,2	m	(stability coefficient)
$\Delta =$	1,585		(apparent specific weight)
$D_{n50} =$		m	(is the calculated mean armour stone diameter)
$\tan\alpha (?) =$	0,333		(armour slope)
$M_{50} =$	(?)		(mass of the appropriate armour stone - 50%)

b. Application

- (a) The relationship refers to regular waves)
- (b) Does not taken into account the wave period
- (c) The percentage damage is not taken into account
- (d) used to slightly overtopped structures and permeable structures

c. Results

$$M_{50} = W_{50} = 14,01 \text{ ton} \quad \Rightarrow \quad D_{n50} = 1,742 \text{ m}$$

Based on the above the stone gradation should be from 0.75 to 1.25 form the calculated weight thus:

Stone gradation : **10,509** up to **17,515** ton

The armour layer thickness is calculated from the :

$$r = n \times K_{\Delta} \times (W_{50}/W_{st})^{(1/3)}$$

where,

$n(?)$: is the layer number

=

2

$K_{\Delta} (?)$: layer coefficient

=

1

Thus it will be : **3,48** m

Crest width

According to C.E.R.C., 1984 three at least stones should be used for the crest formation, thus

In this case due to low crest structure, five stones for the crest

$$B = 8,71 \text{ m}$$

First underlayer - Filter

According to C.E.R.C., 1984:

For natural stones it should be $(W_{50}/10+W_{50}/15)/2=W_{50F} =$ **1,17** ton.

The corresponding cube dimension referred to the above weight will be : **D50F= 0,76** m

The filter layer thickness should thus be : **t_F = 1,52** m

Stone gradation will be (from 0,70 to 1,30) x **0,82** έως **1,52** ton
 $W_{n50} =$

Note :

The above formula refers to no damage criterion for the primary armour layer. Practicall the no damage criterion refers to damages varring from **0-5%**. If another damage percent is required or accepted then see table 5.22 of CIRIA. **The decrease** of the given coefficient is applied to the **design wave height**.

Με χρήση των ανωτέρω εξισώσεων προκύπτει:

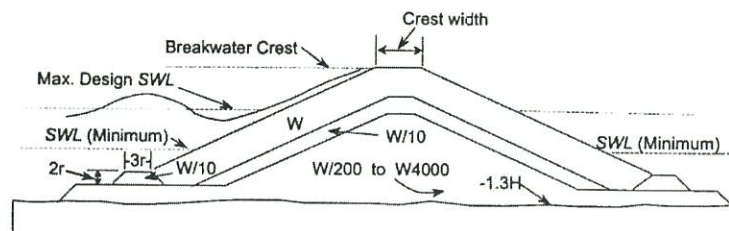
Για τον κορμό του έργου $D_n = 1,72\text{m}$ και μέσο βάρος ογκολίθου $W_s = 13,45\text{tn}$.

Για τον ακρομώλιο του έργου $D_n = 1,74\text{ m}$ και μέσο βάρος ογκολίθου $W_s = 14,45\text{ tn}$.

Το βάρος W κάθε φυσικού ογκολίθου του στρώματος θωράκισης, το οποίο θα αποτελείται από δύο στρώσεις ογκολίθων, θα πρέπει να ικανοποιεί τη συνθήκη $0,75 < W/W_s < 1,25$. Επιλέγεται για την εξωτερική θωράκιση ενιαία διαβάθμιση 10-15tn.

Το εσωτερικό στρώμα θωράκισης θα αποτελείται από δύο στρώσεις ογκολίθων βάρους $W_s/10$ και ο πυρήνας από λιθορριπή βάρους $W_s / 4000$ έως $W_s / 200$.

Το ύψος στέψης του κυματοθραύστη επιλέχθηκε ίσο με 0,5m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και το πλάτος της 8,50m.



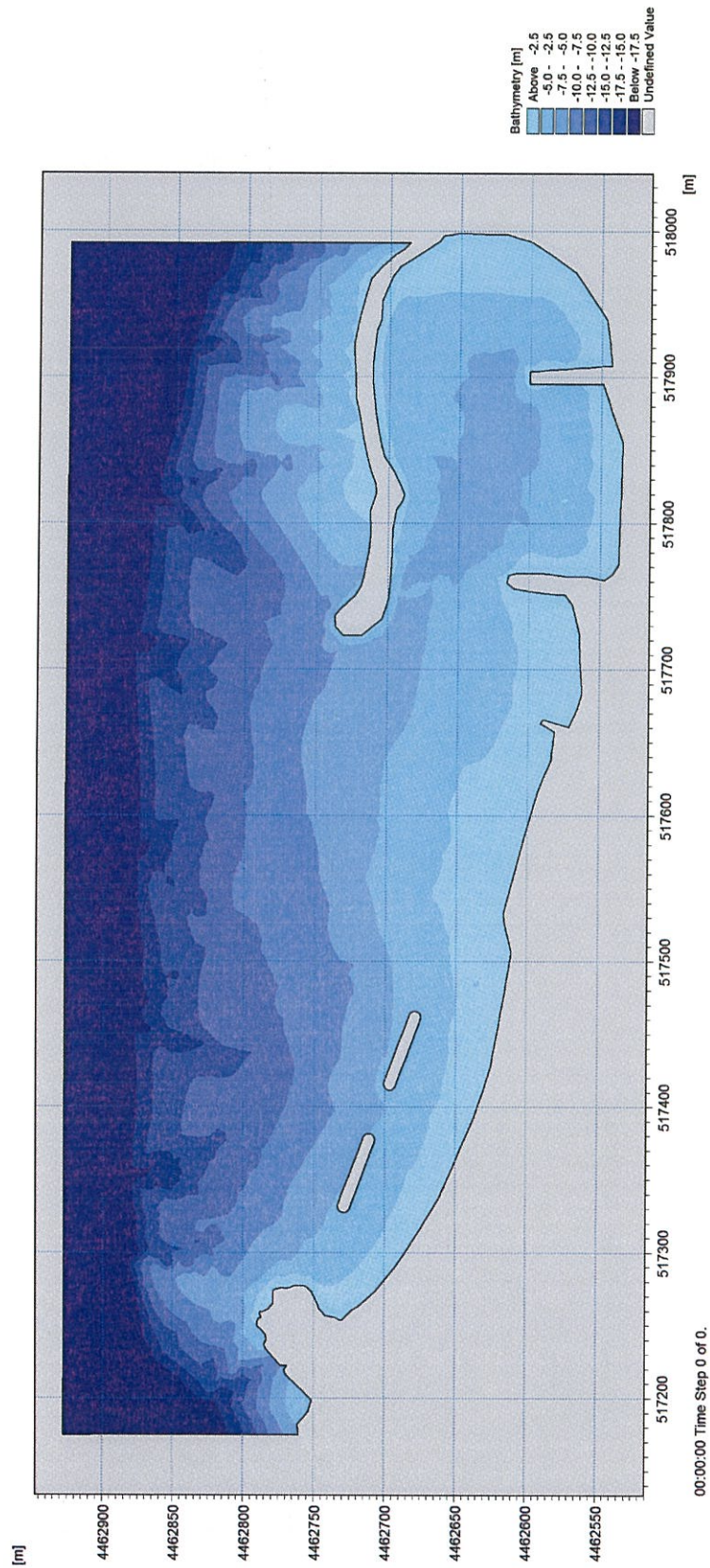
Σχήμα 4. Πρότυπη διατομή κυματοθραύστη με πρανή ογκολίθων σύμφωνα με το CEM (USACE 2002).

4. Αποτελέσματα προσομοιώσεων στην παράκτια ζώνη

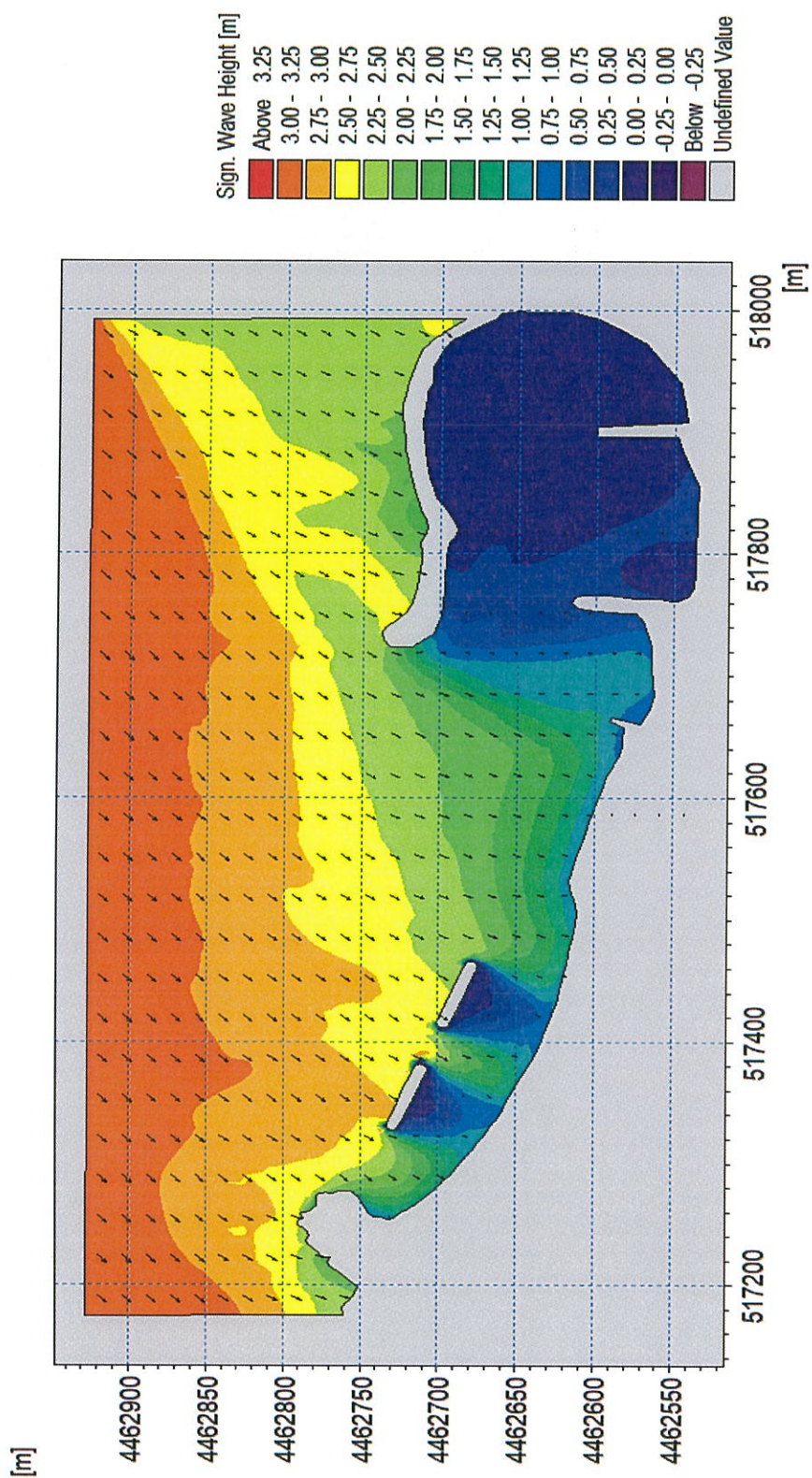
Ο υπολογισμός της διάδοσης των κυμάτων στην παράκτια ζώνη της ακτής ενδιαφέροντος έγινε μέσω προσομοίωσης με χρήση του λογισμικού MIKE 21 (DHI) και συγκεκριμένα της μονάδας SpectralWaves (SW) όπου επιλύεται η εξίσωση μετάδοσης της πυκνότητας δράσης κυμάτων (waveactiondensity). Τα δεδομένα βαθυμετρίας της παράκτιας ζώνης για τη συγκεκριμένη εφαρμογή προήλθαν από τοπογραφικές μετρήσεις τις οποίες μας παρείχε η Ιερά Μέγιστη Μονή Βατοπαιδίου. Με βάση αυτά τα δεδομένα, κατασκευάστηκε το υπολογιστικό πεδίο βαθυμετρίας της παράκτιας ζώνης πριν και μετά την κατασκευή του παράλληλου κυματοθραύστη σε μη-δομημένο πλέγμα.

Εξετάστηκε η επίδραση επερχομένων βορειοανατολικών κυματισμών με χαρακτηριστικό ύψος $HS = 3,13$ m και βορείων κυματισμών με $HS = 3,34$ m σύμφωνα με τα αποτελέσματα του προηγούμενου κεφαλαίου (Πίνακας 2) στην παράκτια ζώνη πριν και μετά την κατασκευή των παράλληλων κυματοθραυστών. Επισημαίνεται ότι εξετάζονται οι ετήσιοι και όχι οι ακραίοι κυματισμοί καθώς σύμφωνα με τη διεθνή πρακτική οι τελευταίοι σχετίζονται με τη διαστασιολόγηση του έργου και όχι με τη συμπεριφορά των παράκτιων διεργασιών λόγω της σπάνιας εμφάνισής τους.

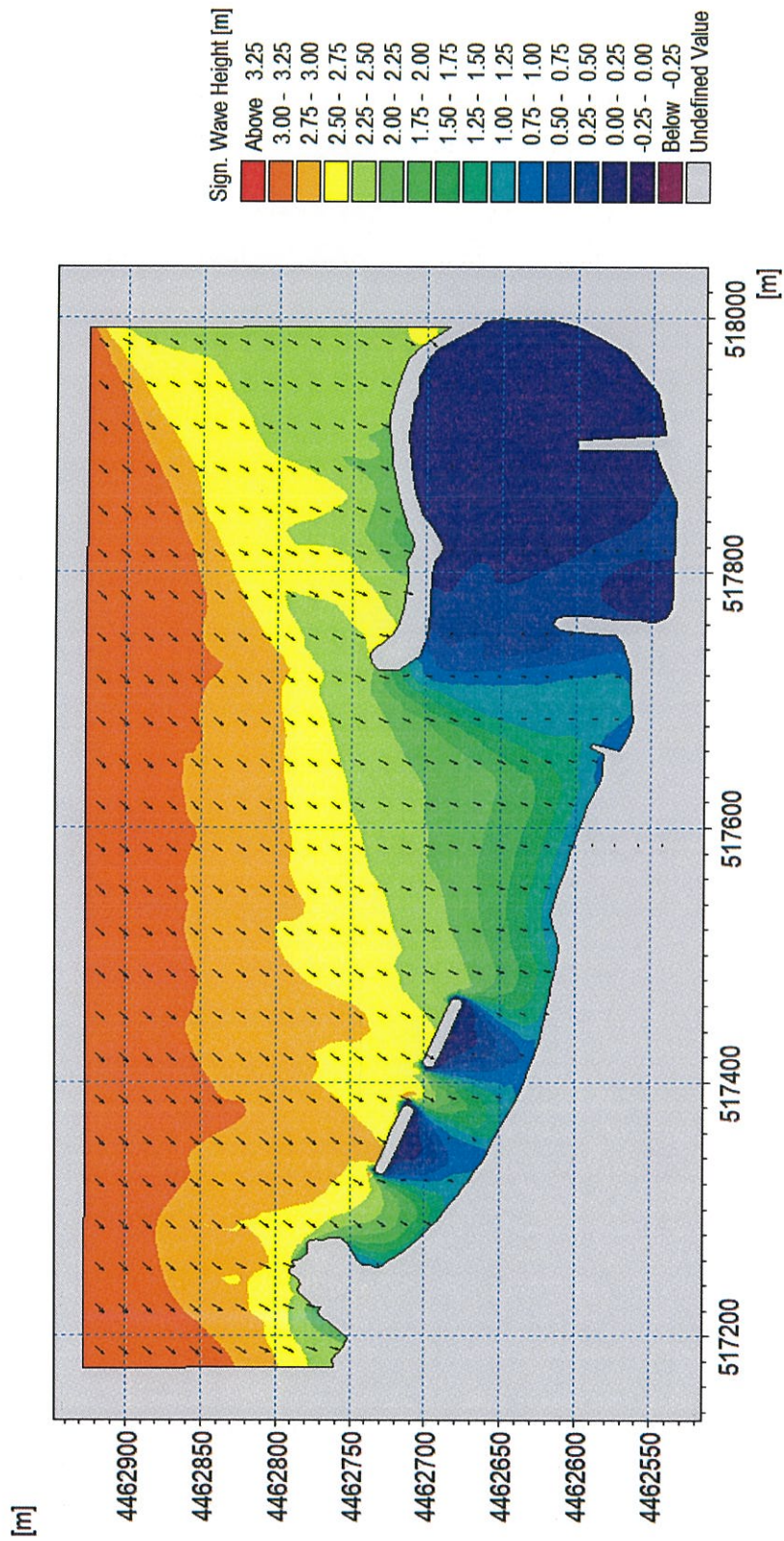
Τα αποτελέσματα κατανομής του χαρακτηριστικού ύψους και της ταχύτητας των κυμάτων φαίνονται στα αντίστοιχα Σχήματα και καταδεικνύουν ότι η παρουσία των παράλληλων κυματοθραυστών προστατεύει αποτελεσματικά την ακτή ενώ ελάχιστα επηρεάζει τους κυματισμούς στην υπόλοιπη παράκτια ζώνη προς τον λιμένα.



Σχήμα 5. Το υπολογιστικό πεδίο βαθυμετρίας της παράκτιας ζώνης με παράλληλους κυματοθραύστες



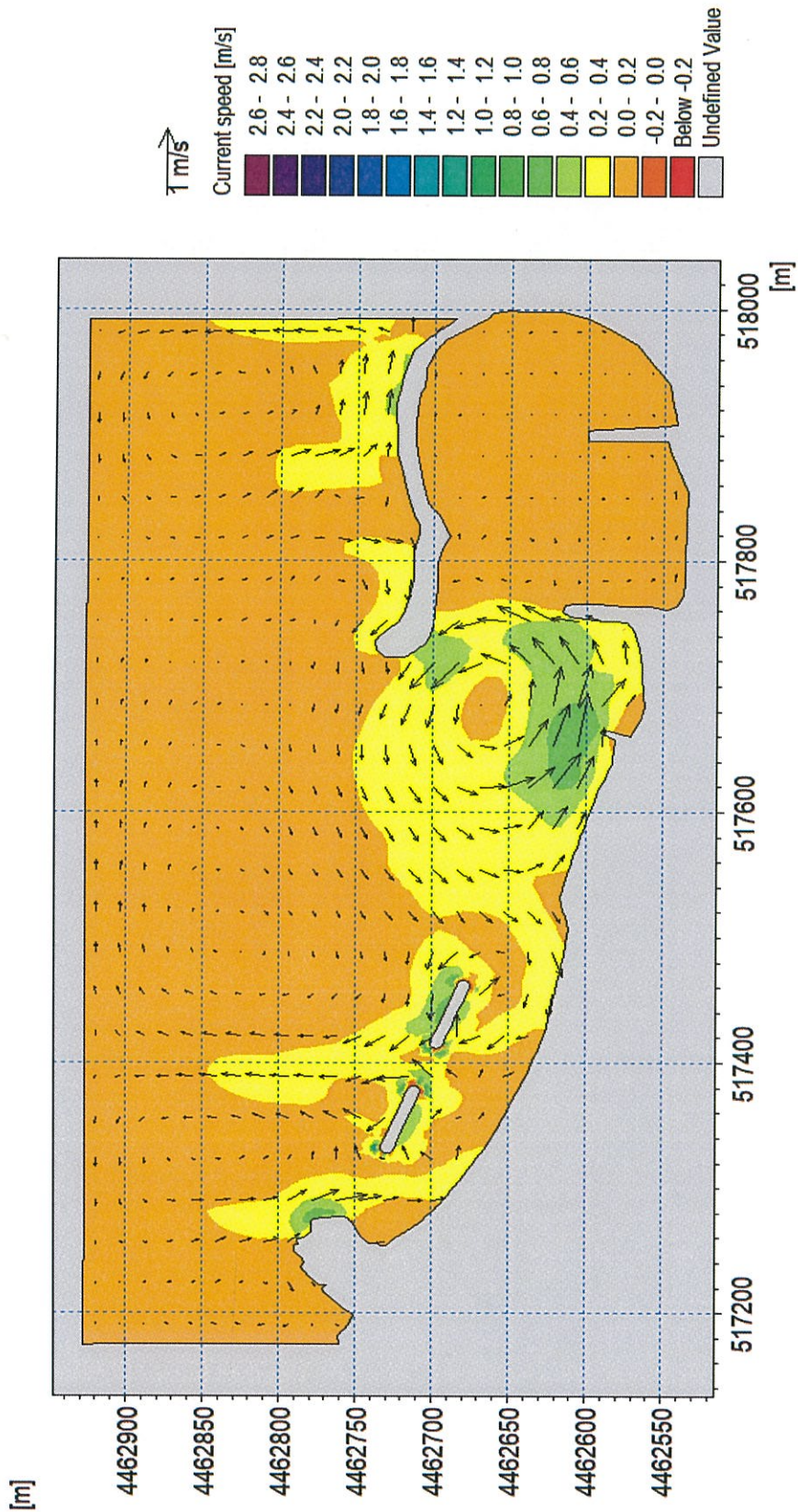
Σχήμα 6. Κατανομή χαρακτηριστικού ύψους κύματος στην παράκτια ζώνη λόγω επερχόμενων βορείων κυματισμών με $H_s = 3,34$ m.



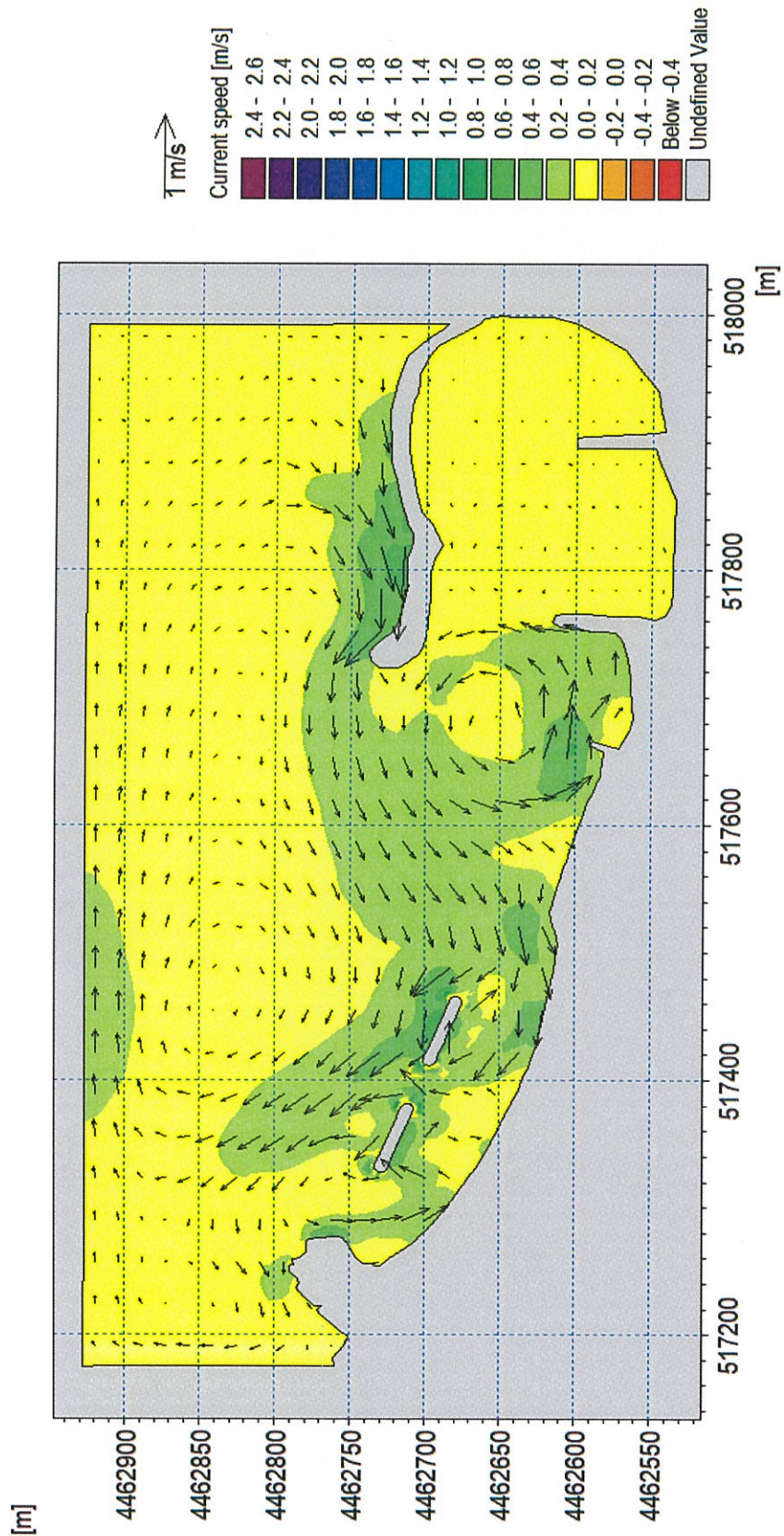
Σχήμα 7. Κατανομή χαρακτηριστικού ύψους κύματος στην παράκτια ζώνη λόγω επερχόμενων βορειοανατολικών κυματισμών με $H_s = 3,13$ m.

Ο υπολογισμός των κυματογενών ρευμάτων, της στερεομεταφοράς και της μεταβολής μορφολογίας του πυθμένα στην παράκτια ζώνη της ακτής ενδιαφέροντος έγινε μέσω προσομοίωσης με χρήση του λογισμικού MIKE 21 και συγκεκριμένα της μονάδας FlowModel (FM), όπου επιλύονται οι εξισώσεις συνέχειας και διατήρησης της ορμής για το δισδιάστατο πεδίο ταχυτήτων (μέση τιμή ως προς το βάθος), υπολογίζεται η στερεομεταφορά μέσω του μοντέλου των EngelundandFredsoe και η μεταβολή της μορφολογίας του πυθμένα μέσω επίλυσης της εξίσωσης Exner. Η μονάδα FM λαμβάνει κυματικά δεδομένα από τη μονάδα SW. Τα δεδομένα κοκκομετρίας της παράκτιας ζώνης ($D_{50} = 0.25 \text{ mm}$) για τη συγκεκριμένη εφαρμογή προήλθαν από κοκκομετρική ανάλυση δειγμάτων, τα οποία μας παρείχε η Ιερά Μέγιστη Μονή Βατοπαιδίου. Οι προσομοιώσεις της μονάδας SW αντιστοιχούσαν σε πραγματικό χρόνο 8ώρης διάρκειας.

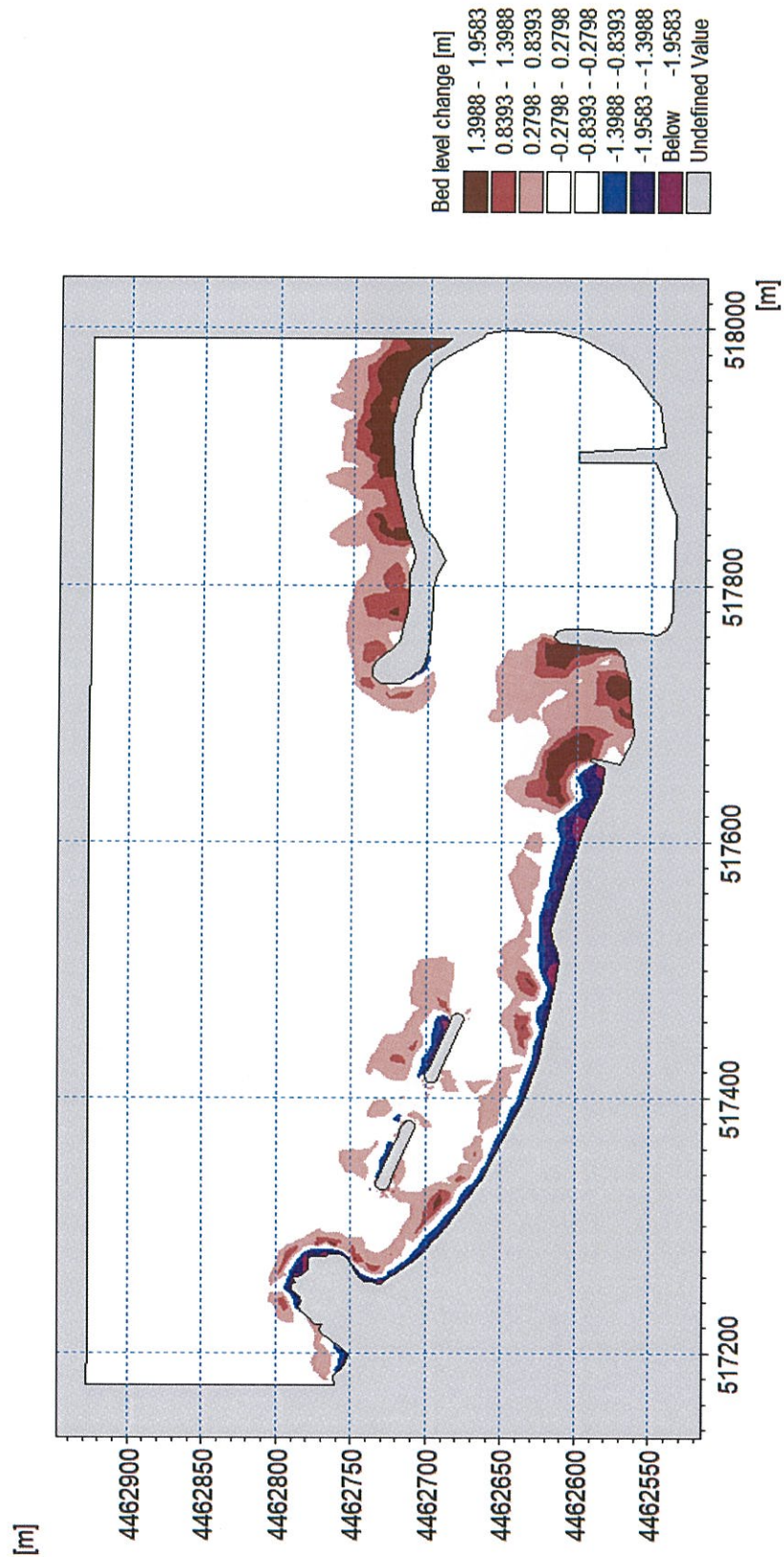
Τα αποτελέσματα κατανομής της κυματογενούς ανύψωσης και των κυματογενών ρευμάτων φαίνονται στα αντίστοιχα Σχήματα μετά από 8 ώρες προσομοίωσης.



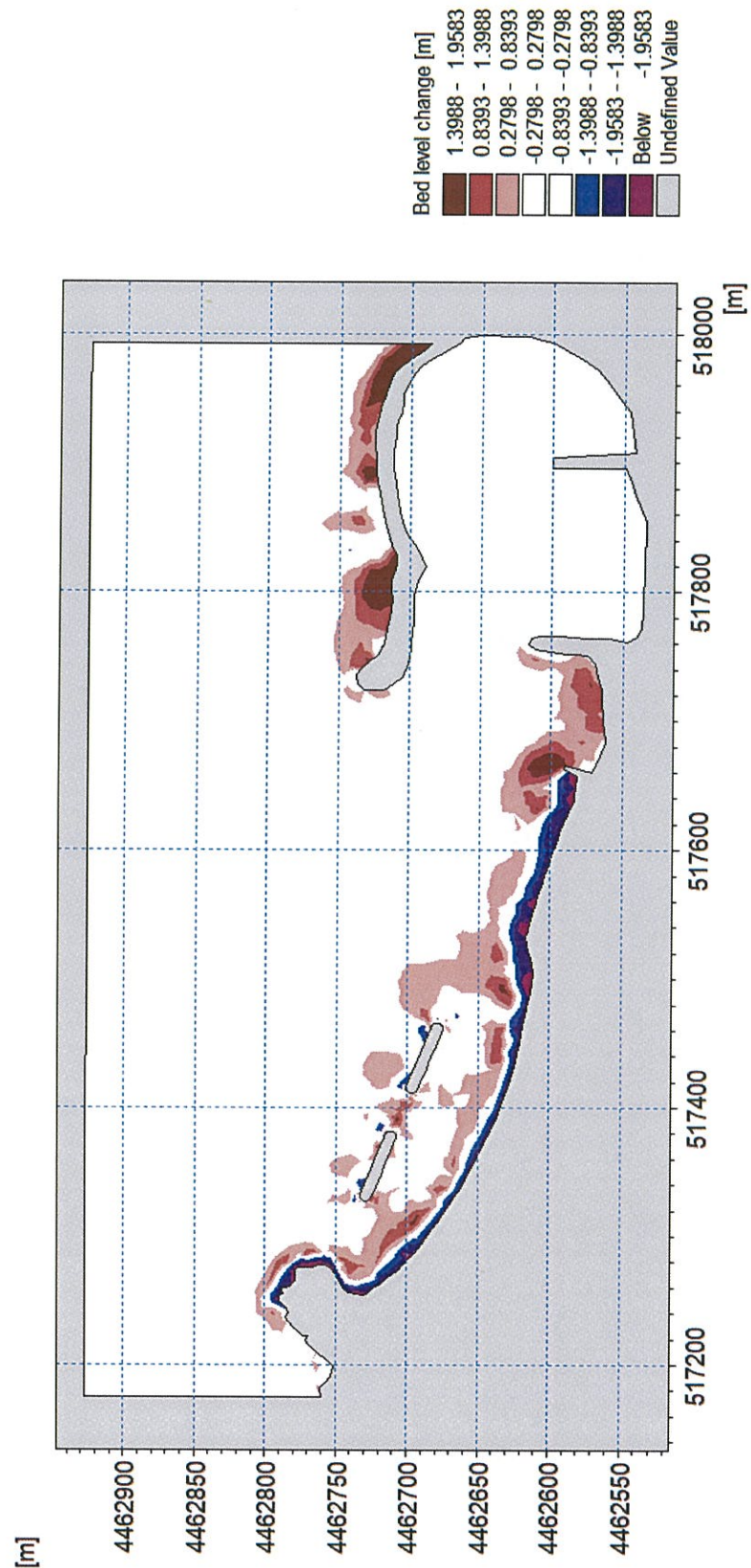
Σχήμα 8. Κατανομή κυματογενών ρευμάτων στην παράκτια ζώνη λόγω επερχόμενων βορείων κυματισμών με $H_s = 3,34$ m. Το διανυσματικό πεδίο απεικονίζει την ταχύτητα των ρευμάτων.



Σχήμα 9. Κατανομή κυματογενών ρευμάτων στην παράκτια ζώνη λόγω επερχόμενων βορειοανατολικών κυματισμών με $H_s = 3,13$ m. Το διανυσματικό πεδίο απεικονίζει την ταχύτητα των ρευμάτων.



Σχήμα 10. Κατανομή μεταβολής μορφολογίας πυθμένα στην παράκτια ζώνη λόγω επερχομένων βορείων κυματισμών με $H_s = 3,34$ m.



Σχήμα 11. Κατανομή μεταβολής μορφολογίας πυθμένα στην παράκτια ζώνη λόγω επερχόμενων βορειοανατολικών κυματισμών με $H_s = 3,13$ m.

Παρατηρείται ότι η παρουσία των παράλληλων κυματοθραυστών μειώνει τουλάχιστον στο ήμισυ την κυματογενή ανύψωση στην ακτή, αποτέλεσμα το οποίο συμβάλει θετικά στην προστασία του παράκτιου τοίχου της ακτής, ενώ σημαντική μείωση επέρχεται και στο μέτρο των κυματογενών ρευμάτων παράλληλα και κοντά στην ακτογραμμή, αποτέλεσμα το οποίο συμβάλει στη δραστική μείωση της διάβρωσης της ακτής.

Τα αποτελέσματα κατανομής της μεταβολής της μορφολογίας του πυθμένα λόγω μεταφοράς ιζήματος φαίνονται στα αντίστοιχα σχήματα. Η μεταβολή της μορφολογίας του πυθμένα είναι γραμμική ως προς το χρόνο.

Παρατηρείται ότι η επίδραση των παράλληλων κυματοθραυστών στην παράκτια ζώνη λόγω των βορείων κυματισμών είναι σημαντικά εντονότερη από αυτήν λόγω των βορειοανατολικών κυματισμών. Συγκεκριμένα, από τα Σχήματα φαίνεται ότι η παρουσία των κυματοθραυστών μειώνει αισθητά τη μεταβολή της μορφολογίας του θαλασσίου πυθμένα στο μέσον κατά μήκος της ακτής και πλησίον της ακτογραμμής

5. Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων συμπεραίνεται ότι η παρουσία των παράλληλων κυματοθραυστών προστατεύει αποτελεσματικά την ακτή ενδιαφέροντος από τους επερχόμενους κυματισμούς, μειώνει την κυματογενή ανύψωση και μειώνει σημαντικά το μέτρο των κυματογενών ρευμάτων και της μεταβολής της μορφολογίας του πυθμένα πλησίον της ακτογραμμής. Συγχρόνως, η παρουσία των κυματοθραυστών δεν επηρεάζει την υπόλοιπη παράκτια ζώνη συμπεριλαμβανομένων των εκβολών του χειμάρρου.

Αθήνα, Ιανουάριος 2018

ΚΥΡΙΑΚΟΣ ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ

Πολιτικός Μηχανικός, MSc Θαλάσσιων έργων

Αφροδίτης 34 – Αγ. Παρασκευή 153 41

Τηλ: 6944565600 – email: ksspyr@gmail.com

ΑΦΜ 031001355 – ΔΟΥ ΧΟΛΑΡΓΟΥ

ΚΥΡΙΑΚΟΣ ΣΠΥΡΟΠΟΥΛΟΣ
ΠΟΛ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, MSc ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΑΦΡΟΔΙΤΗΣ 34 - ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ 153 41
τηλ: 6944565600 - email: ksspyr@gmail.com
ΑΦΜ 031001355 - ΔΟΥ ΧΟΛΑΡΓΟΥ

Θεσσαλονίκη 19/4/2018
ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ
ΕΠΙΣΤΑΣΕΩΝ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ
Μόσχος Τσιμπαζιώτης
Δασολόγος με Α' β.

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ
Θεσσαλονίκη 19/4/2018
Ο ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ
ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ
Στέφανος Στεφάνου
Αρχιτέκτων - Ανδοτηλωτής
Με Α' β.