

ΔΗΜΟΣ ΚΑΒΑΛΑΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΤΜΗΜΑ ΜΕΛΕΤΩΝ & ΕΡΓΩΝ



ΠΡΟΤΙΘΕΜΕΝΟ Ή ΑΝΕΛΑΣ Υ:

ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ στη ΡΑΨΑΝΗ

ΘΕΜΑ :

ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ & ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΑΚΤΗΣ ΡΑΨΑΝΗΣ

ΜΕΛΕΤΗ : ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΝΤΑΞΗΣ:

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2011

ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΓΕΝΙΚΑ

Για τη λήψη των απαραίτητων κυματικών στοιχείων εκπονήθηκε ερευνητικό πρόγραμμα από το ΔΠΘ. Με τα αποτελέσματα που προέκυψαν (συνημμένη η τεχνική έκθεση που συνοδεύει το ερευνητικό πρόγραμμα) συντάχθηκε η παρούσα ακτομηχανική μελέτη. Ακόμη χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία από την προμελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συντάχθηκε από τον κ. Κ. Κηττή και ελέγχθηκε από την τεχνική υπηρεσία του δήμου Καβάλας, η γεωτεχνική έρευνα που συντάχθηκε από την τεχνική υπηρεσία του δήμου Καβάλας και η στατική επίλυση του τοίχου αντιστήριξης που συντάχθηκε επίσης από την τεχνική υπηρεσία του δήμου Καβάλας.

Μετά τις πρόσφατες ζημιές συντάχθηκε από την Επιτροπή Καθορισμού Αιγιαλού και Παραλίας το πρακτικό 6/2010, σύμφωνα με το οποίο διαπιστώθηκε ότι υπάρχει θαλάσσια διάβρωση στις κατασκευές και χρήζουν προστατευτικών έργων.

ΘΕΣΗ ΕΡΓΟΥ

Το έργο θα γίνει κατά ένα τμήμα εντός της θάλασσας (τεχνητός ύφαλος) και κατά ένα τμήμα στη χερσαία ζώνη (ανακατασκευή τοίχου αντιστήριξης και ενίσχυση των υφισταμένων) στην περιοχή της ακτής της Ραψάνης.

ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Στην ακτή της Ραψάνης υπάρχουν κτίρια και εγκαταστάσεις (κεντρικό αντλιοστάσιο της ΔΕΥΑΚ, παιδική χαρά κλπ), ιδιοκτησίας του Δήμου Καβάλας. Επί της γραμμής αιγιαλού, όπως αυτή ορίστηκε, υπάρχει τοίχειο από οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο λειτουργεί ως τοίχος αντιστήριξης για τις εγκαταστάσεις και τα κτίρια που υπάρχουν ανάντι. Μπροστά από το τοίχειο, κατά τη θερινή περίοδο, υπάρχει αμμώδης περιοχή τουλάχιστον πλάτους 15μ.

Η ανάγκη εκπόνησης της παρούσας μελέτης προέκυψε μετά τις έντονες θύελλες που σημειώνονται τα τελευταία χρόνια στην περιοχή και τις ζημιές που προκαλούν. Συγκεκριμένα το 2005, η περιοχή πλήγηκε από σφοδρή θύελλα του νότιου τομέα και κατέρρευσε τμήμα του τοίχου αντιστήριξης μπροστά από το κεντρικό αντλιοστάσιο και την παιδική χαρά, ο οποίος μετά επανακατασκευάστηκε χωρίς όμως να ληφθεί η επίδραση των κυματικών δεδομένων, επειδή δεν υπήρχε ακτομηχανική μελέτη. Με τις έντονες βροχοπτώσεις και θύελλες του χειμώνα 2010-2011 κατέρρευσε ένα άλλο τμήμα του τοίχου, το τμήμα που επανακατασκευάστηκε έφυγε από την κατακόρυφο και αφαιρέθηκε από τους κυματισμούς η υπάρχουσα επίχωση με αμμώδες υλικό που υπήρχε πίσω από το τοίχειο. Παρόμοιες ζημιές παρουσιάζουν και τα υπόλοιπα τμήματα σε μικρότερο βαθμό.

Παρακολουθώντας την εξέλιξη του φαινομένου χρονικά, διαπιστώθηκε ότι όταν κατέρρευσε το τοίχειο και το όμορο έφυγε από την κατακόρυφο, η θάλασσα απομάκρυνε την άμμο που ήταν μπροστά στα τοιχεία και αποκαλύφθηκε το θεμέλιο του τοίχου. Επίσης είχε απομακρύνει και την επίχωση που υπήρχε από πίσω επειδή ήταν από αμμώδες υλικό. Το υπόλοιπο χρονικό διάστημα και χωρίς να προβεί ο δήμος Καβάλας ή κάποιος άλλος φορέας σε κάποια ενέργεια, επιχώθηκε με άμμο που τη μετέφερε η θάλασσα μπροστά από το τοίχειο σε ύψος 1,50μ. πάνω από τη θεμελίωση.

Συνεπώς εύκολα προκύπτει το συμπέρασμα, ότι πρέπει να γίνει ένα μόνιμο έργο εντός και εκτός της θάλασσας, ώστε να αποτραπεί η κατάρρευση των έργων στην ακτή από διάβρωση και υποσκαφή. Μάλιστα υπάρχει κίνδυνος επέκτασης των ήδη υπάρχουσών βλαβών, με συνέπεια τη δημιουργία εκτεταμένων ζημιών και την απειλή ευστάθειας του

υπολοίπου τοίχου, την αποξήλωση και καταστροφή των υποδομών (κεντρικό αντλιοστάσιο της ΔΕΥΑ Καβάλας) που υπάρχουν ανάντι του τοιχείου και την προξένηση απωλειών ακόμη και ανθρώπινων θυμάτων.

ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Επί της ακτής της Ραψάνης υφίσταται τοίχος από οπλισμένο σκυρόδεμα, ο οποίος κατασκευάστηκε σε διάφορες φάσεις. Ο τοίχος έχει θεμελιωθεί επάνω στην άμμο. Κατά το μεγαλύτερο τμήμα του έτους είναι επιχωμένος και από την πλευρά της θάλασσας κατά μέσο όρο 1,50 μ. Υπάρχουν όμως χρονικοί περίοδοι που ο τοίχος απογυμνώνεται και εμφανίζεται όλο το θεμέλιό του.

Κατά το 2005 τμήμα του τοίχου κατέπεσε λόγω των κυματισμών και επανακατασκευάστηκε.

Μετά τις έντονες βροχοπτώσεις των τελευταίων ετών, οι κυματισμοί:

1. Παρέσυραν τμήμα του τοίχου αντιστήριξης του πάρκου και το κατέστρεψαν ολοσχερώς.
2. Σε άλλα τμήματα ο τοίχος μετακινήθηκε από την κατακόρυφο και από την αρχική θέση που είχε κατασκευαστεί και
3. Σε άλλα σημεία παρασύρθηκε από τους κυματισμούς το υλικό επίχωσης (άμμος)

Σημειώνεται ότι κατά τη μελέτη υπολογισμού του τοίχους δεν είχαν ληφθεί υπόψη τα κυματικά στοιχεία.

Για την αντιμετώπιση τέτοιων φαινομένων και στο μέλλον και την αποκατάσταση της ακτής συνάφθηκε προγραμματική σύμβαση με το ΔΠΘ και εκπονήθηκε ένα ερευνητικό πρόγραμμα όσον αφορά την ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ.

Για την αποτροπή παρόμοιων καταστάσεων και την αποκατάσταση της ακτής προτείνονται :

1. η κατασκευή ενός τεχνητού ύφαλου στο θαλάσσιο χώρο και
2. η αποκατάσταση των ζημιών στην ακτή με την απομάκρυνση των σκυροδεμάτων από τα τοιχεία που αστόχησαν, επανακατασκευή των τοίχων αντιστήριξης και έλεγχος και να ενίσχυση των υφιστάμενων κατασκευών, ώστε να φέρουν επαρκώς και με ασφάλεια τα φορτία τους.

Τα αποτελέσματα του ερευνητικού προγράμματος αξιολογήθηκαν και συντάχθηκαν:

1. περιβαλλοντική μελέτη, η οποία συντάχθηκε από τον κ. Κ. Κητή και
2. από την τεχνική υπηρεσία οι λοιπές απαραίτητες μελέτες, όπως :
 - a. γεωτεχνική τεχνική έκθεση
 - b. στατική μελέτη υπολογισμού των τοίχων αντιστήριξης
 - c. τοπογραφική μελέτη

Οι άνεμοι που προξενούν καταστροφές στην ακτή της Ραψάνης είναι κυρίως οι νότιοι άνεμοι. Τα ανεμολογικά στοιχεία χορηγήθηκαν από την ΕΜΥ και είναι :

BF	Ετήσια Συχνότητα Εμφάνισης
	f(%)
1	0.966
2	5.49
3	3.195
4	1.416
5	0.406
6	0.307
7	0.263
8	0.044
9	0.011
10	---
>=11	---
ΣΥΝΟΛΟ	12.10

Εφαρμόζοντας τη μέθοδο CEM προκύπτουν τα παρακάτω κυματικά χαρακτηριστικά :

Ένταση BF	Ταχύτητα (m/s)	Συχνότητα f(%)	Ύψος Hm,0 (m)	Περίοδος Ts (secs)
1	0.88	0.966	0.02	0.66
2	2.49	5.49	0.16	1.91
3	4.57	3.195	0.57	3.61
4	7.03	1.416	1.43	5.74
5	9.83	0.406	2.72	7.23
6	12.92	0.307	3.71	8.02
7	16.28	0.263	4.84	8.76
8	19.89	0.044	6.14	9.48
9	23.73	0.011	7.59	10.18

ΛΕΓΟΜΕΝΑ ΕΠΙ ΤΩΝ ΠΙΘΑΝΩΝ ΛΥΣΕΩΝ

Για την επίλυση του προβλήματος και προτού προχωρήσει η διερεύνηση διαφόρων τεχνικών λύσεων, τέθηκαν εξ αρχής ορισμένες προϋποθέσεις ως εξής :

1. Αρχικά, αποκλείονται τεχνικές παρεμβάσεις πάνω στην ίδια παραλία (πχ. κάθετοι βραχίονες, κλπ.), διότι θα πρέπει να διατηρηθεί η σημερινή, ελκυστική μορφή της παραλίας, και επειδή αυτές οι λύσεις αποτελούν δραστική παρέμβαση στο σύστημα αλληλεπίδρασης άμμου και θάλασσας στο χώρο της ακτής και θα μπορούσαν να προκαλέσουν δυσμενέστερες επιπτώσεις από τις σημερινές, ίσως και αμετάκλητες.
2. Η λύση ενός παράλληλου προς την ακτή τεχνικού έργου είναι επιθυμητή. Για τη διατήρηση της αισθητικής του τοπίου επιδιώχθηκε η κατασκευή να είναι ύφαλη για να μην παρεμποδίζεται ο φυσικός ορίζοντας και την αποφυγή έντονων αλλοιώσεων στην ακτογραμμή. Η ύφαλη κατασκευή μπορεί να είναι *βυθισμένος κυματοθραύστης (τεχνητός ύφαλος*, δηλ. υποθαλάσσια κατασκευή με μια διάμετρο λίθων χωρίς πυρήνα και αυξημένη διαπερότητα). Αυτή η περιορίζει τις αλλοιώσεις στην ακτή στο ελάχιστο. Ο κύριος ρόλος του έργου είναι η μείωση της κυματικής ενέργειας που φθάνει στην ακτή και η προστασία των τοίχων του χερσαίου τμήματος λόγω της θαλάσσιας διάβρωσης. Ο τεχνητός ύφαλος έχει και το πρόσθετο πλεονέκτημα ότι είναι «ελαστική» διατομή κατά την έννοια ότι διαχρονικά προσαρμόζει τη διατομή του στους προσβάλλοντες κυματισμούς και έτσι, στο τέλος εξασφαλίζεται μεγαλύτερη ευστάθεια του έργου.
3. Οποιοδήποτε ο ύφαλος δεν θα πρέπει να είναι κοντά στην ακτή αλλά σε κάποια απόσταση για να μην εμποδίζονται οι λουόμενοι και για να αποφευχθούν προβλήματα από την πιθανή μετακίνηση ογκολίθων του έργου κατά τη φάση προσαρμογής της διατομής του στους προσπίπτοντες κυματισμούς. Η απόστασή του από την ακτή συσχετίζεται και με το μήκος του, αφού είναι γνωστό ότι οι παράλληλες κατασκευές οδηγούν σε συγκέντρωση άμμου πίσω από την πλάτη τους (αμμόδης πτύχωση ή και τόμπολο). Στη συγκεκριμένη περίπτωση της ακτής της Ραψάνης, μια τέτοια συγκέντρωση μπορεί να στερήσει από αμμόδες υλικό το υπόλοιπο τμήμα της ακτής προς τα ανατολικά και να προκύψει απώλεια παραλίας. Εκτός αυτού, θα πρέπει να αποφευχθεί και η δημιουργία τόμπολο. Επομένως, οι συνθήκες εφαρμογής θα πρέπει να είναι ελεγχόμενες για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο και αυτό, μεταξύ άλλων, έχει σχέση με το πηλίκο μήκους/απόσταση του έργου. Επίσης, ο συνδυασμός θέσης και μήκους του έργου δεν θα πρέπει να δημιουργεί αντιξοές καταστάσεις στο υπόλοιπο τμήμα της ακτής στα κατάντη πχ. από το χώρο 4 και ανατολικότερα.

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ

Αντικείμενο του προγράμματος είναι η αντιμετώπιση του προβλήματος απώλειας της ακτής της Ραψάνης του δήμου Καβάλας με αποτέλεσμα τη δημιουργία προβλημάτων στατικότητας στους παρακείμενους τοίχους αντιστήριξης. Με το ερευνητικό πρόγραμμα προτείνεται η εφαρμογή τεχνικών λύσεων που θα είναι αποδεδειγμένα αποτελεσματικές αλλά και εφαρμόσιμες από οικονομική και περιβαλλοντική άποψη.

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε είναι η εφαρμογή εξειδικευμένων και υψηλού επιπέδου μαθηματικών προσομοιωμάτων (μοντέλων) από αυτά που διαθέτει το Εργαστήριο Παράκτιων και Λιμενικών Έργων του ΔΠΘ και εφαρμόζει συνεχώς, εδώ και αρκετά χρόνια με επιτυχία.

Παραδοτέα και τελικά αποτελέσματα είναι τα εξής:

1. Κυματικά στοιχεία και αναπτυσσόμενο κυματικό πεδίο στην περιοχή λόγω των διαφόρων κυματισμών προσβολής, κυρίως, του νότιου τομέα πελάγους.
2. Αναπτυσσόμενο πεδίο ρευμάτων εξαιτίας της δράσης των κυμάτων της περιοχής, που είναι υπεύθυνο για τα φαινόμενα μετακίνησης της άμμου στην ακτή και διάβρωσης της παραλίας.
3. Έλεγχος της αποτελεσματικότητας πιθανών τεχνικών έργων που θα αποσκοπούν στη θεραπεία του φαινομένου και πρόταση των τεχνικών έργων προστασίας : διαστασιολόγηση, έλεγχος της αποτελεσματικότητάς τους, υπολογισμός της διατομής τους.
4. Εξαγωγή συμπερασμάτων – αιτιολόγηση, κατάθεση τελικής πρότασης επίλυσης του προβλήματος (στις πιθανές προτάσεις περιλαμβάνεται και η πρόταση για «μη λύση» εάν αποδειχθεί οικονομικά και περιβαλλοντικά συμφέρουσα).

ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΡΓΟΥ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Διαπιστώνονται τα εξής :

1. ο προτεινόμενος τεχνητός ύφαλος οδηγεί σε δραστική μείωση των φυσικών συνθηκών μπροστά στους τοίχους που έχουν τρωθεί σε ποσοστό από 33-50%.
2. η δραστική μείωση των ρευμάτων αναρρίχησης στο πρανές συνδυάζεται και με το γεγονός ότι ο ύφαλος δεν οδηγεί σε καμία περίπτωση σε συνθήκες τόμπολο στην ακτή από πίσω του αλλά στη δημιουργία μιας περιορισμένης αμμόδους πτύχωσης. Επομένως, η μείωση των ρευμάτων που επιτυγχάνεται από το παράλληλο έργο του τεχνητού υφάλου δεν πρόκειται να αλλάξει δραματικά τη σημερινή ακτογραμμή του δυτικότερου άκρου αλλά, αντίθετα, θα ενισχύσει την υπάρχουσα παραλία με μια περιορισμένη επέκτασή της.
3. τα ρεύματα στο υπόλοιπο τμήμα του δυτικού άκρου της ακτής της Ραψάνης εμφανίζονται είτε χωρίς μείωση της έντασης τους ή με μικρή αύξηση. Εκεί που η ένταση παραμένει ίδια, συνοδεύεται με αλλαγή στη γωνία προσβολής που πλέον δεν είναι κάθετη στην ακτή αλλά πλάγια. Επομένως, οι όποιες επιπτώσεις τους θα είναι μετριασμένες. Σε κάθε περίπτωση οι χώροι αυτοί θα πρέπει να παρακολουθούνται μετά την κατασκευή του έργου, όμως, για την ώρα και με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, δεν συντρέχει λόγος να συμπεριληφθεί και έργο προστασίας του τμήματος αυτού.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Όπως προαναφέρθηκε, ολοκληρώθηκε το ερευνητικό πρόγραμμα στην ακτή της Ραψάνης και κατέληξε στα ακόλουθα συμπεράσματα :

«Η εξεταζόμενη ακτή της Ραψάνης πλήττεται από *κυματισμούς Ν διεύθυνσης*. Οι κυματισμοί αυτοί είναι υπεύθυνοι για την κυματική δράση και την αναπτυσσόμενη παράκτια κυκλοφορία μπροστά στην ακτή εξαιτίας της οποίας παρατηρούνται φαινόμενα μετακίνησης των φερτών υλικών του πυθμένα.

Όταν πνέουν οι ισχυροί άνεμοι του χειμώνα, οι παραγόμενοι υψηλοί κυματισμοί δρουν καταστρεπτικά για την ακτή της Ραψάνης διαβρώνοντας την αμμόδη παραλία της και εναποθέτοντας το υλικό της διάβρωσης μέσα στη θάλασσα σε μικρή απόσταση από την ακτή με τη μορφή παράλληλων υφάλων (σύρτεις).

Τα τελευταία χρόνια η κυματική δράση στο δυτικότερο άκρο της ακτής ήταν ιδιαίτερη έντονη με αποτέλεσμα να έχει οδηγήσει σε σημαντικότερες ζημιές ή ακόμη και κατάρρευση των τοίχων προστασίας που έχουν κατασκευαστεί για την προστασία της χερσαίας ζώνης ...

Για την αντιμετώπισή του προβλήματος είναι καταρχάς απαραίτητο να γίνει προσδιορισμός του κυματικού κλίματος της περιοχής. Προς το σκοπό αυτό, γίνεται χρήση της γνωστής και καθιερωμένης εμπειρικής μεθόδου πρόγνωσης των κυματισμών που περιγράφεται στο εγχειρίδιο Coastal Engineering Manual (CEM) του Σώματος Μηχανικών των ΗΠΑ [1].

Όμως, τα στοιχεία της μεθόδου πρόγνωσης αναφέρονται στα ανοικτά της θάλασσας ενώ για να μελετηθούν τα φυσικά φαινόμενα στην παράκτια περιοχή της Ραψάνης, θα πρέπει να είναι γνωστά τα κυματικά στοιχεία μπροστά στην εξεταζόμενη ακτή.

Η διαδικασία στηρίζεται στη χρήση του δισδιάστατου μαθηματικού μοντέλου W-PROPAGATION του Εργαστηρίου Λιμενικών και Παράκτιων Έργων του ΔΠΘ....

Διαπιστώνεται ότι κατά μήκος της ακτής της Ραψάνης αναπτύσσονται κάθετα ρεύματα αναρρίχησης στο πρηνές της ακτής με ενδεικτικές τιμές μεγέθους 0.3-0.8 m/s (Σχ. 11). Τα ισχυρότερα ρεύματα ενδεικτικού μεγέθους 0.8m/s αναπτύσσονται στο δυτικότερο άκρο της ακτής εκεί δηλ. που βρίσκεται ο τοίχος προστασίας της παιδικής χαράς που υπέστη τις σοβαρότερες ζημιές (Παράρτημα---Φωτογραφίες 3 και 4). Η ένταση των ρευμάτων βαίνει σταδιακά μειούμενη από τα δυτικά προς τα ανατολικά και μπροστά στα τελευταία κτίσματα (πχ. κέντρο «Νεφέλες» και στο γειτονικό του) έχει υποστεί μείωση περίπου 60% (ενδεικτική τιμή 0.3 m/s). Στο ανατολικό άκρο της ακτής στην περιοχή του Φαλήρου, τα ρεύματα είναι εξασθενημένα (σχ.11). Έτσι, συμπεραίνεται ότι το δυτικότερο άκρο της ακτής είναι εκείνο που πρωτίστως απαιτεί προστασία. ...

Η μορφή και το μέγεθος των ρευμάτων αναρρίχησης στην ακτή συσχετίζεται με την παράκτια κυκλοφορία που αναπτύσσεται στις παρυφές της γραμμής θραύσης. Πράγματι, εκεί διαπιστώνεται (Σχ. 11) ότι η κυκλοφορία εμφανίζει δύο διακριτούς κλάδους, έναν κάθετο και έναν παράλληλο. Ο κάθετος αναπτύσσεται μπροστά και σε κοντινή απόσταση από τα δυτικότερα κτίσματα της ακτής (από τον τοίχο της παιδικής χαράς μέχρι το χώρο γειτονικά του κτίσματος της Δ.Ε.Υ.Α.) και είναι αυτός που οδηγεί στα ισχυρά κάθετα ρεύματα αναρρίχησης της περιοχής αυτής, όπως προαναφέρθηκε. Από την άλλη πλευρά, ο παράλληλος κλάδος αναπτυσσόμενος σε κάποια απόσταση από την ακτή με μεγάλες εντάσεις από 0.5-0.9 m/s, συνιστά το «παράλληλο» ρεύμα της ακτής. Παρατηρείται ότι μόνο ένα μέρος του ρεύματος προσβάλλει με καθετότητα (ή σχεδόν καθετότητα) τα κτίσματα της ακτής (από το χώρο γειτονικά της Δ.Ε.Υ.Α. και ανατολικότερα) και για αυτό οι εντάσεις των καθέτων ρευμάτων της ακτής είναι χαμηλότερες, αφού ο κύριος όγκος του ρεύματος κινείται παράλληλα προς την ακτή (Σχ. 11). Στο τέλος της ακτής και στη γωνία της περιοχής του Φαλήρου, το παράλληλο ρεύμα στρέφεται τελικά προς τα ανοικτά όπου και αποφορτίζεται και για αυτό η περιοχή του Φαλήρου εμφανίζει εξασθενημένα ρεύματα. Προκύπτει, συνεπώς, το συμπέρασμα ότι για να εξασφαλιστεί η προστασία της ακτής θα πρέπει κατά κάποιον τρόπο να ανακοπεί ο κάθετος κλάδος της κυκλοφορίας που αναπτύσσεται από τα κύματα μπροστά στο δυτικότερο άκρο της.

Αυτή ήταν η βασική κατεύθυνση στην έρευνα για την αναζήτηση της καταλληλότερης τεχνικής λύσης αλλά τέθηκαν και ορισμένες άλλες προϋποθέσεις ως εξής : ...

Κοντολογίς , ο τεχνητός ύφαλος θα πρέπει να εξασφαλίζει, κυρίως, τον πρωτίστο στόχο της μείωσης της έντασης των ρευμάτων αναρρίχησης του δυτικότερου άκρου της ακτής αλλά χωρίς να αποτελέσει βίαιη και δραστική παρέμβαση στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής και χωρίς η παρουσία του να γίνει η αιτία για την εμφάνιση έντονων αλλοιώσεων στην αμώδη παραλία της Ραψάνης...

Έτσι, ο τεχνητός ύφαλος προτείνεται να τοποθετηθεί παράλληλα και σε απόσταση 103m από την ακτή μπροστά από τον τοίχο προστασίας στο δυτικότερο άκρο της ακτής της Ραψάνης (Σχ. 12 και Παράρτημα –Σχ. 2 και 3) και να έχει μήκος 63m. Το βάθος νερού στο πόδι του είναι 4m και το ελεύθερο βάθος της στέψης 1m ενώ η κλίση των πρηνών του 1:2 (Σχ. 17). Η απαιτούμενη διάμετρος λίθων κατασκευής είναι 1.2m (συντηρητική επιλογή) και του αναχώματος προστασίας του ποδιού του 0.7m. Το πλάτος έδρασης προκύπτει ίσο με 20.2m και το εμβαδόν της επιφάνειας που καταλαμβάνει 1593 m².

Από τα αποτελέσματα της μαθηματικής προσομοίωσης (Σχ. 13 έως και 16) και της συνολικής διερεύνησης του θέματος, προέκυψαν, συγκεντρωτικά, τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1) το προτεινόμενο έργο οδηγεί σε μείωση κατά 50% της κυματικής ενέργειας που προσβάλλει το δυτικότερο άκρο της ακτής, δηλ. την περιοχή του τοίχου προστασίας της παιδικής χαράς μέχρι και το χώρο γειτονικά του αντλιοστασίου της Δ.Ε.Υ.Α. που είναι η περιοχή που έχει εμφανίσει μέχρι σήμερα τις μεγαλύτερες ζημιές (Σχ. . Στην ίδια περιοχή, τα ρεύματα αναρρίχησης στην ακτή μειώνονται σε ένα ποσοστό από 33-50%. Τα ποσοστά μείωσης είναι μεγαλύτερα στα δυτικότερα σημεία και βαίνουν μειούμενα προς τα ανατολικά.

Από τα στοιχεία αυτά προκύπτει άμεσα ότι το έργο θα οδηγήσει σε σημαντικότερη ανακούφιση από την αναπτυσσόμενη κυματική δράση συγκριτικά με τη σημερινή κατάσταση.

2)στην ανατολικότερη περιοχή της ακτής, το κυματικό πεδίο δεν παρουσιάζει αισθητές μεταβολές. Όσον αφορά τα ρεύματα αναρρίχησης στην ακτή, παραμένουν στις ίδιες τιμές στο μεγαλύτερο τμήμα του χώρου μετά το αντλιοστάσιο της Δ.Ε.Υ.Α εκτός από μια αύξηση της τάξης του 17% (Σχ. 15 και 16) στο ανατολικότερο τμήμα του. Όμως, στον ίδιο αυτό χώρο, παρατηρείται σημαντική αλλαγή της διεύθυνσης προσβολής των ρευμάτων λόγω του έργου, που παύει πλέον να είναι κάθετη αλλά γίνεται πλάγια με τη μεγαλύτερη απόκλιση από την καθετότητα στις θέσεις όπου τα ρεύματα έχουν τη μεγαλύτερη ένταση. Συνεπώς, και οι όποιες επιπτώσεις τους στους τοίχους προστασίας θα είναι μετριάσμενες σε σύγκριση με τη σημερινή κατάσταση. Παρόλα αυτά, αυτή είναι μια περιοχή, όπως και η γειτονική πριν από το κέντρο «Νεφέλες», η οποία θα πρέπει να παρακολουθείται μετά την κατασκευή του έργου και στην περίπτωση που εμφανιστούν σοβαρά προβλήματα, τότε θα πρέπει και αυτή να προστατευθεί με έναν όμοιο τεχνητό ύφαλο σε ευθεία γραμμή με τον προτεινόμενο και με διάκενο μεταξύ τους. Όμως, από τα προκείμενα στοιχεία, δεν προκύπτει η ανάγκη συμπερίληψης ενός τέτοιου έργου στην τεχνική πρόταση της παρούσας διερεύνησης.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι μια μέτρια αύξηση των ρευμάτων του 25% παρατηρείται μπροστά στο κέντρο «Νεφέλες» και στο γειτονικό του κτίσμα αλλά εκεί ήδη οι τιμές των ρευμάτων είναι μικρές και, συνεπώς, εκτιμάται ότι η αύξηση αυτή δεν αποτελεί πρόβλημα.

3)παρά τη μείωση των ρευμάτων ακριβώς πίσω από την πλάτη του προτεινόμενου έργου, εν τούτοις οι δημιουργούμενες φυσικές συνθήκες ευνοούν τη συνέχιση της τροφοδοσίας με άμμο του δυτικότερου άκρου της ακτής, αφού, όπως είναι γνωστό, τα παράλληλα έργα οδηγούν στη δημιουργία αμμόδους πτύχωσης στο κεντρικό τμήμα της ακτής που προστατεύουν. Στην περίπτωση της Ραψάνης, θα αναπτυχθεί ένα παράλληλο ρεύμα τόσο από τη δυτική όσο και από την ανατολική πλευρά του υφάλου, τα οποία θα τροφοδοτούν με άμμο την περιοχή μπροστά στον τοίχο προστασίας της παιδικής χαράς. Το μήκος και η απόσταση του έργου έχουν επιλεγεί με τέτοιες τιμές που εξασφαλίζουν μια πολύ περιορισμένη επέκταση της παραλίας ενώ αποτρέπουν εντελώς την πιθανότητα δημιουργίας κατάστασης τόμπολο που είναι ανεπιθύμητη. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, δεν τίθεται, συνεπώς, πρόβλημα αποστέρησης από αμμόδες υλικό των γειτονικών παραλιών προς τα ανατολικά.

Συμπερασματικά, το προτεινόμενο έργο του τεχνητού υφάλου εξασφαλίζει μια σημαντικότερη μείωση της κυματικής δράσης στην περιοχή του δυτικότερου άκρου της ακτής της Ραψάνης που είναι ευπαθές και έχει μέχρι τώρα υποστεί μεγάλες ζημιές χωρίς, όμως, να δημιουργεί αντίξοες συνθήκες στο υπόλοιπο τμήμα της ακτής προς τα ανατολικά, το οποίον αναμένεται να παραμείνει ως έχει αλλά και με την ελάχιστη δυνατή παρέμβαση στο υφιστάμενο φυσικό περιβάλλον.»

ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Σε μικρή σχετικά απόσταση από την περιοχή των έργων, περίπου 2χλμ, βρίσκεται ο προσήνεμος μώλος του λιμανιού της Καβάλας. Κατά τη μελέτη επέκτασής του συντάχθηκε, ελέγχθηκε και εγκρίθηκε αρμοδίως μελέτη γεωτεχνικής έρευνας – αξιολόγηση από τον κ. Γ. Μαυρίδη το 2005, η οποία συμπεριλάμβανε και μία γεώτρηση.

Τα συμπεράσματα είναι :

1. Για την απομάκρυνση των χαλαρών ιζημάτων και ενίσχυση της ευστάθειας του σώματος του υφάλου θα εκσκαφεί η επιφάνεια του πυθμένα κατά 1 μ. κατά μέσο όρο και θα αναπληρωθεί με το υλικό του υφάλου
2. Για το τοιχείο αντιστήριξης στη χερσαία ζώνη δεν απαιτείται η λήψη ιδιαίτερων ειδικών μέτρων για τη θεμελίωσή του παρά μόνο η τοποθέτηση σκύρων σε βάθος 0,50μ. για κατασκευαστικούς λόγους, για την οριζοντίωση της επιφάνειας έδρασης του έργου

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Στα συμπεράσματα που κατέληξε η ΠΠΕ είναι :

«Ανακεφαλαιώνοντας δεν αναμένονται αρνητικές και μη αναστρέψιμες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, λόγω της φύσης, του μεγέθους και της θέσης του έργου. Οι

αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι μικρής έντασης και εμφανίζουν παροδικό χαρακτήρα, δεδομένου ότι συνδέονται άμεσα με τη χρονική περίοδο κατασκευής των έργων και εξαφανίζονται με το πέρας των εργασιών.

Επίσης, τα υπό μελέτη έργα δεν υποβαθμίζουν το οπτικό περιβάλλον της περιοχής, ενώ οδηγούν και στην βελτίωση της ποιότητας των δυνατοτήτων αναψυχής που παρέχει η υπό μελέτη περιοχή, τόσο μέσω της προστασίας των τοίχων και του χερσαίου πρανούς όπισθεν των τοιχείων αλλά και μέσω του εμπλουτισμού του δυτικού τμήματος της παραλίας με αμμώδες υλικό χωρίς παράλληλα να εντείνονται τα φαινόμενα διάβρωσης στο ανατολικό τμήμα της παραλίας. Παράλληλα, ο τεχνητός ύφαλος μπορεί να αποτελέσει πεδίο ανάπτυξης νέας θαλάσσιας χλωρίδας και πανίδας, αλλά και να χρησιμοποιείται από τους λουόμενους κατά τους καλοκαιρινούς μήνες για ανάπαυση κλπ.»

ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Αποτυπώνεται η υφιστάμενη κατάσταση με τις εγκεκριμένες γραμμές παραλίας και αιγιαλού.

ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΙΧΩΝ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ

Κατά τη μελέτη λήφθηκε η επίδραση του κύματος για άνεμο των 7 BF επειδή η εμφάνιση ανέμων 8 και 9 BF έχουν συχνότητα εμφάνισης μια τάξη μεγέθους μικρότερη από τους ανέμους από 5 έως 7BF και επειδή το εξεταζόμενο φαινόμενο εξαρτάται κατά πολύ από την «επαναληπτικότητα» της κυματικής δράσης.

Υπολογίστηκε ΟΧΙ ΓΙΑ ΑΚΡΑΙΑ ΚΑΙΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, θεωρώντας την ίσαλη γραμμή σε απόσταση 15μ. από τον τοίχο. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατασκευή του θαλάσσιου έργου.

Υπό την προϋπόθεση ότι :

1. δεν είναι επιθυμητή η οποιαδήποτε παρέμβαση στο πρανές της ακτής για την προστασία του τοίχου (πχ. κατασκευή κατάλληλης λιθεπένδυσης, τοποθέτηση λιθορριπής προστασίας κ.αλ.) και
2. δεν είναι εφικτή η αύξηση του ύψους στέψης του τοίχου,

προτείνεται η δομική ενίσχυση του ίδιου του τοίχου και της όπισθεν επίχωσης έναντι της κυματικής δράσης συμπεριλαμβανομένης της κυματικής υπερπήδησης. **Η πρόταση είναι μόνο μια προσωρινή λύση**, αφού η ριζική λύση θα επιτευχθεί με την κατασκευή παράλληλου έργου (τεχνητός ύφαλος) για τη μείωση της κυματικής ενέργειας που προσβάλλει τον τοίχο σύμφωνα με όσα περιλαμβάνονται στην Τεχνική Έκθεση του ερευνητικού προγράμματος «Διερεύνηση Ανάπλασης Ακτών του Δήμου Καβάλας : η Ακτή της Ραψάνης».

Στον υπολογισμό του τοίχου που κατέρρευσε, αλλά και στον έλεγχο των υφιστάμενων για τη διαπίστωση της επάρκειας της διατομής τους, λήφθηκε :

- οριζόντιο κινητό φορτίο λόγω των κυματισμών 30 KN/m
- στη στέψη του τοίχου, κατακόρυφο μόνιμο φορτίο 5KN/m (ως στηθαίο και κάγκελο ασφαλείας) και
- κατακόρυφο κινητό φορτίο 5KN/m (ως φορτίο ανθρώπων $3 \cdot 75 = 225 \text{ kg} = 0.25 \text{ KN/m}$)

Θα επανακατασκευαστεί ο τοίχος που κατέρρευσε και θα ενισχυθεί η διατομή των υφιστάμενων τοίχων ώστε να αποκτήσουν επαρκή θεμελίωση. Η σύνδεση του υφιστάμενου σκυροδέματος με το νέο θα γίνει με παθητικά βλήτρα Φ25 (4 τεμ/τμ σύμφωνα με τις κανονιστικές διατάξεις των ισχυόντων κανονισμών).

Η επίχωση πίσω από τα τοιχεία θα γίνει από ογκόλιθους 1m^3 ή διαμέτρου $d=1.2\text{m}$ και τα κενά θα πληρωθούν με συντρίμια και σκυρόδεμα ώστε **το τελικό ειδικό βάρος επίχωσης να είναι μεγαλύτερο από 22 KN/m**. Η πρώτη στρώση πρέπει να τοποθετηθεί με ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να μην τραυματιστούν τα φέροντα στοιχεία. Πάνω από το σκυρόδεμα θα τοποθετηθούν σωλήνες διάτρητοι Φ250 για την τυχούσα αποστράγγιση των υδάτων. Μεταξύ των κενών που θα δημιουργηθούν από τη λιθορριπή θα τοποθετηθούν λιθοσυντρίμια μικρότερης διατομής για να λιγοστεύουν τα κενά και να επιτευχθεί το επιθυμητό βάρος. Η επίχωση θα συνεχιστεί μέχρι ύψους -0,50m από την τελική περιβάλλουσα διαμόρφωση. Τα τελευταία 30cm θα αποτελούνται από λεπτότερο υλικό. Μετά θα τοποθετηθεί σε πλάτος 4μ από τον κορμό του τοιχείου, γαιώφασμα, ξανά σωλήνες διάτρητοι

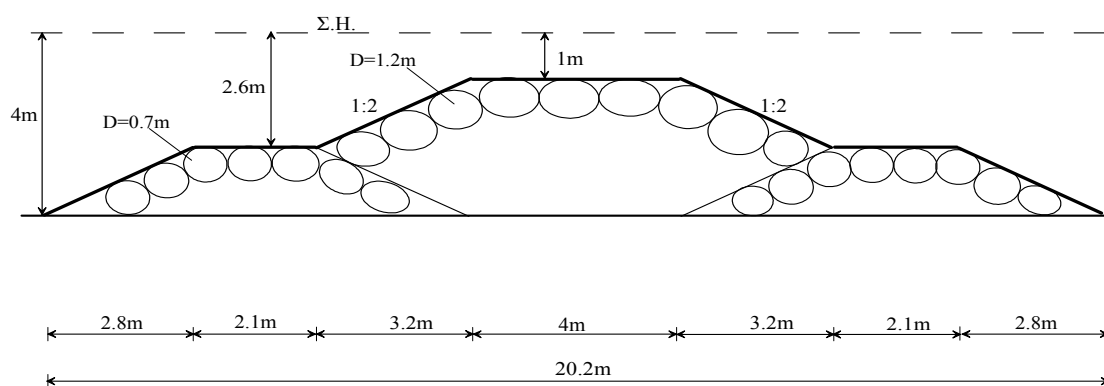
Φ250 και κηπευτικό χώμα μαζί με βράχους διαμέτρου 70cm για τη δημιουργία βραχόκηπου, για την καταστροφή της ενέργειας.

Για την προστασία έναντι της υπερπήδησης, η οποία επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την ευστάθεια του τοίχου προτείνεται, μετά την επανακατασκευή του τοίχου και την ενίσχυση των υφισταμένων,

- Η δημιουργία «ποδιάς» προστασίας έναντι του παφλασμού όπως π.χ. η τοποθέτηση τάπητα από γρασίδι μαζί με ευμεγέθεις λίθους (βραχόκηπο) που θα στηρίζεται σε υποκείμενη στρώση φίλτρου μικρότερης διαμέτρου υλικού (π.χ. χαλίκια) για την αποφυγή καθιζήσεων, ανάντι του τοιχείου.
- Κατάλληλη διάταξη γρήγορης απορροής του νερού από την άνω επιφάνεια με αγωγούς απορροής
- Επένδυση με λιθοριπή κατάντι του τοιχείου και στο ύψος της θεμελίωσης ελάχιστης διαμέτρου $D=0,75m$ σε 2 στρώσεις, άρα συνολικό πάχος λιθοριπής 1,50m πάνω από την εξυγίανση
- Πάνω και κάτω από τη λιθοριπή θα τοποθετηθεί γαιωύφασμα ως φίλτρο και ακολούθως στρώμα άμμου τουλάχιστον πάχους 1,00 m, έτσι ώστε σε περίπτωση έντονων κυματισμών να παραμένει η λιθοριπή και οι κυματισμοί να απομακρύνουν μόνο την άμμο. Πάνω από τη λιθοριπή θα τοποθετηθεί άμμο διατηρώντας τις κλίσεις της επιφάνειας σύμφωνα με την υφιστάμενη κατάσταση, που έχει διαμορφώσει η θάλασσα.

ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΥΦΑΛΟΣ

Σύμφωνα με την ακτομηχανική θα κατασκευαστεί τεχνητός ύφαλος παράλληλα και σε απόσταση 103m από την ακτή μπροστά από τον τοίχο προστασίας στο δυτικότερο άκρο της ακτής της Ραψάνης μήκους 63m. Το βάθος νερού στο πόδι του είναι 4m και το ελεύθερο βάθος της στέψης 1m ενώ η κλίση των πρανών του 1:2. Η απαιτούμενη διάμετρος λίθων κατασκευής είναι 1.2m και του αναχώματος προστασίας του ποδιού του 0.7m. Το πλάτος έδρασης προκύπτει ίσο με 20.2m και το εμβαδόν της επιφάνειας που καταλαμβάνει 1593 m². Ο τεχνητός ύφαλος θα εδρασθεί σε λίθους όπως προκύπτει από την εδαφοτεχνική τεχνική έκθεση



ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΥΦΑΛΟΥ

6. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΛΥΣΗ

6.1 Γενικά

Για την επίλυση του προβλήματος και προτού προχωρήσει η διερεύνηση διαφόρων τεχνικών λύσεων, τέθηκαν εξ αρχής ορισμένες προϋποθέσεις ως εξής :

1)Καταρχάς αποκλείστηκαν οι τεχνικές παρεμβάσεις πάνω στην ίδια παραλία (πχ. κάθετοι βραχίονες, λιθορριπή προστασίας μπροστά στους τοίχους κλπ.), αφενός διότι θα πρέπει να διατηρηθεί η σημερινή, ελκυστική μορφή της παραλίας, αφετέρου, διότι εκτιμήθηκε ότι οι λύσεις αυτές αποτελούν δραστική παρέμβαση στο σύστημα αλληλεπίδρασης άμμου και θάλασσας στο χώρο της ακτής και θα μπορούσαν να προκαλέσουν δυσμενέστερες επιπτώσεις από τις σημερινές. Ίσως και αμετάκλητες.

2)Συνεπώς, αποφασίστηκε να εξεταστεί η λύση ενός παράλληλου προς την ακτή τεχνικού έργου. Όμως, και πάλι, για να διατηρηθεί η αισθητική του τοπίου επιδιώχθηκε η κατασκευή να είναι ύφαλη για να μην παρεμποδίζεται ο φυσικός ορίζοντας αλλά, επίσης και για να αποφευχθούν έντονες αλλοιώσεις στην ακτογραμμή. Οι ύφαλες κατασκευές μπορεί να είναι είτε *βυθισμένοι κυματοθραύστες*, δηλ. κατασκευές από λιθορριπή με αδιαπέρατο πυρήνα αποτελούμενο από λεπτότερο υλικό είτε *τεχνητοί ύφαλοι*, δηλ. υποθαλάσσιες κατασκευές με μια μόνο διάμετρο λίθων χωρίς πυρήνα και αυξημένη διαπερότητα. Επιλέχτηκε η λύση του τεχνητού υφάλου, για να υπάρχει αυτή η διαπερατότητα και έτσι, οι αλλοιώσεις στην ακτή να περιοριστούν στο ελάχιστο. Υπενθυμίζεται ότι ο κύριος ρόλος του έργου είναι η μείωση της κυματικής ενέργειας που φθάνει στην ακτή και η προστασία των τοίχων του χερσαίου τμήματος και όχι η αποκατάσταση μιας αμμώδους παραλίας που διαβρώνεται. Ο τεχνητός ύφαλος έχει και το πρόσθετο πλεονέκτημα ότι είναι «ελαστική» διατομή κατά την έννοια ότι διαχρονικά προσαρμόζει τη διατομή του στους προσβάλλοντες κυματισμούς και έτσι, στο τέλος εξασφαλίζεται μεγαλύτερη ευστάθεια του έργου.

3)Όπως προαναφέρθηκε, τα αριθμητικά αποτελέσματα της αναπτυσσόμενης παράκτιας κυκλοφορίας (Σχ. 11 του ερευνητικού προγράμματος με το ΔΠΘ «ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΝΑΠΛΑΣΗΣ ΑΚΤΩΝ») δείχνουν ότι θα πρέπει να αποκοπεί ο προσπίπτων κάθετος κλάδος (α) του ρεύματος και επομένως, η πιθανή θέση του τεχνητού υφάλου θα πρέπει να αναζητηθεί κάπου μπροστά από τη θέση του τρωθέντος τοίχου (Σχ. 11) . Οποσδήποτε ο ύφαλος δεν θα πρέπει να είναι κοντά στην ακτή αλλά σε κάποια απόσταση για να μην εμποδίζονται οι λουόμενοι και για να αποφευχθούν προβλήματα από την πιθανή μετακίνηση ογκολίθων του έργου κατά τη φάση προσαρμογής της διατομής του στους προσπίπτοντες κυματισμούς. Η απόστασή του από την ακτή συσχετίζεται και με το μήκος του, αφού είναι γνωστό ότι οι παράλληλες κατασκευές οδηγούν σε συγκέντρωση άμμου πίσω από την πλάτη τους (αμμώδης πτύχωση ή και τόμπολο). Στη συγκεκριμένη περίπτωση της ακτής της Ραψάνης, μια τέτοια συγκέντρωση μπορεί να στερήσει από αμμώδες υλικό το υπόλοιπο τμήμα της ακτής προς τα ανατολικά και να προκύψει απώλεια παραλίας. Εκτός αυτού, θα πρέπει να αποφευχθεί και η δημιουργία τόμπολο. Επομένως, οι συνθήκες εφαρμογής θα πρέπει να είναι ελεγχόμενες για να αποφευχθεί κάτι τέτοιο και αυτό, μεταξύ άλλων, έχει σχέση με το πηλίκο μήκους/απόσταση του έργου (δες τα επόμενα). Επίσης, ο συνδυασμός θέσης και μήκους του έργου δεν θα πρέπει να δημιουργεί αντίξοες καταστάσεις στο υπόλοιπο τμήμα της ακτής στα κατάντη πχ. από το χώρο 4 και ανατολικότερα.

Συμπερασματικά, ο τεχνητός ύφαλος θα πρέπει να εξασφαλίζει, κυρίως, τον πρώτιστο στόχο της μείωσης της έντασης των ρευμάτων αναρρίχησης του δυτικότερου άκρου της ακτής αλλά χωρίς να συνιστά βίαιη και δραστική παρέμβαση στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής και χωρίς να αποτελέσει την αιτία για έντονες αλλοιώσεις στην αμμώδη παραλία της Ραψάνης.

Αυτές ήταν οι βασικές προϋποθέσεις πάνω στις οποίες αναζητήθηκε η επίλυση του προβλήματος. Δοκιμάστηκαν πάνω από τριάντα πιθανοί συνδυασμοί θέσης, προσανατολισμού, βάθους νερού, διαστάσεων, διατομής κλπ. του έργου. Κάθε φορά η αποτελεσματικότητα της λύσης εξετάζονταν με βάση τη μορφή της παράκτιας κυκλοφορίας που προέκυπτε από τη διαδικασία της μαθηματικής προσομοίωσης και τα κριτήρια και τις προϋποθέσεις που τέθηκαν ανωτέρω. Ο εξαντλητικός αυτός έλεγχος όλων των δεδομένων και προϋποθέσεων οδήγησε τελικά στην προτεινόμενη τεχνική λύση που παρουσιάζεται με λεπτομέρειες στην επόμενη παράγραφο.

6.2 Προτεινόμενη λύση

Η προτεινόμενη θέση του έργου εικονίζεται στο Σχ.12 ενώ στο Παράρτημα (Σχ. 2 και 3) παρέχεται η θέση του στο χάρτη της Υ.Υ. 321-1-A «Λιμένες και Κόλπος Καβάλας». Κατασκευάζεται ως βυθισμένη λιθορριπή από φυσικούς ογκολίθους σε βάθος νερού 4m με τη στέψη του να βρίσκεται 1m κάτω από την επιφάνεια ηρεμίας. Το μήκος του είναι $L_s=63\text{m}$ και η μέση απόστασή του X από την ακτή είναι $X=103\text{m}$, οπότε το πηλίκιο $L_s/X = 0.61$. Ο άξονάς του σχηματίζει γωνία 28.3° με τη διεύθυνση Α-Δ. Η κλίση των πρανών του είναι 1:2.

Με την ως άνω γεωμετρία του έργου, μέσω του προαναφερομένου ερευνητικού προγράμματος προχώρησε η διαδικασία της μαθηματικής προσομοίωσης με σκοπό τον προσδιορισμό του νέου κυματικού και ρευματικού πεδίου στην περιοχή.

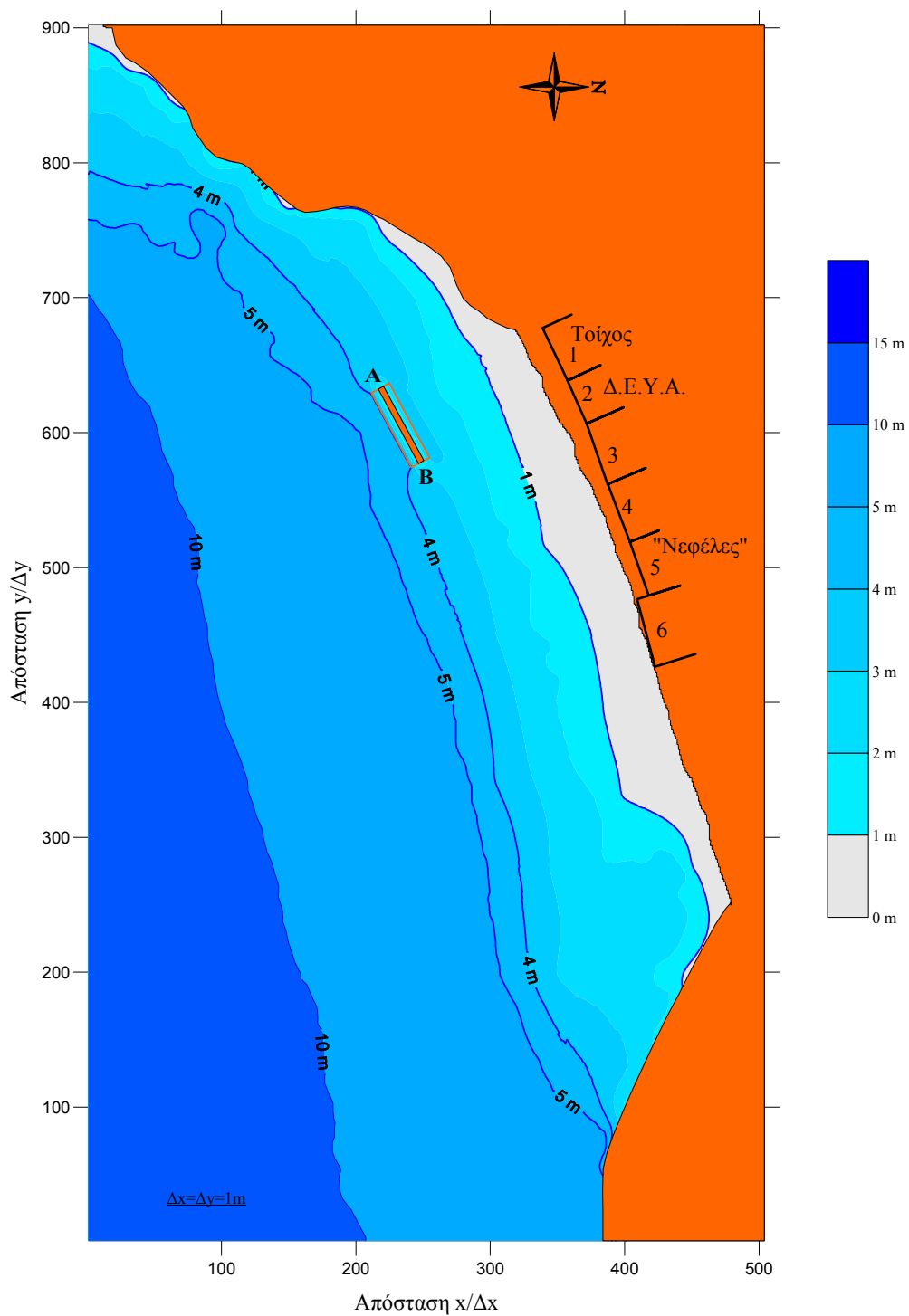
Όσον αφορά τους κυματισμούς προσβολής μπροστά στη θέση του έργου, όπως είναι γνωστό, αυτοί :

- διέρχονται πάνω από τη στέψη του βυθισμένου έργου
- υφίστανται περίθλαση γύρω από τα άκρα του έργου
- υφίστανται ανάκλαση στο έμπροσθεν πρανές του έργου ενώ, τέλος,
- ένα μέρος της κυματικής τους ενέργειας διαπερνά διαμέσου του κορμού του έργου.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του προαναφερθέντος ερευνητικού (δες Πίνακα 2), λόγω του μικρού βάθους στη στέψη του ίσο με 1m, όλοι οι προσβάλλοντες κυματισμοί της περιοχής που παράγονται από 4BF και πάνω υφίστανται θραύση πάνω από το έργο και έτσι, αναμένεται να παρατηρηθούν σημαντικές απώλειες της ενέργειάς τους.

Οι κυματισμοί μετά τη θραύση τους πάνω στη στέψη ανασυντάσσονται στην κατάντη περιοχή του έργου (πλάτη) αλλά με πολύ μικρότερο ύψος και έτσι, αφικνούνται στην ακτή με πολύ μικρότερα ποσά ενέργειας. Συνεπώς, και τα παρατηρηθέντα ρεύματα αναρρίχησης στο δυτικότερο άκρο της Ραψάνης θα είναι ηπιότερα. Το ύψος στην πλάτη τους θα είναι συνδυασμός όλων των παραγόντων που εκτέθηκαν παραπάνω και οι οποίοι λαμβάνονται υπόψη από το μοντέλο προσομοίωσης W-PROPAGATION του προαναφερθέντος ερευνητικού.

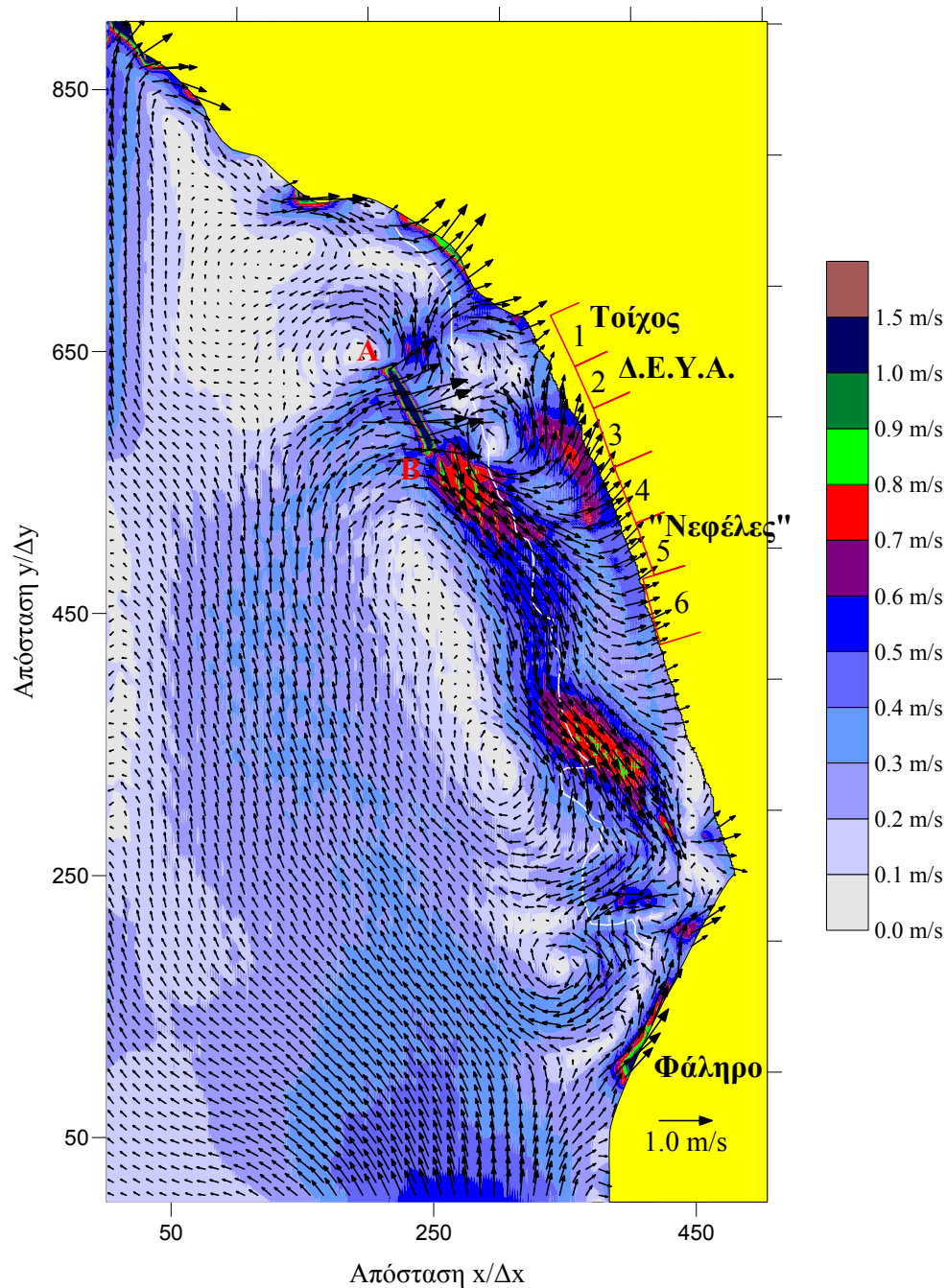
Σύμφωνα με την μαθηματική ανάλυση του προαναφερθέντος ερευνητικού προγράμματος προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα



Σχ. 12 Προτεινόμενη Θέση και Διαστάσεις Έργου

Σχ. 13 Κατανομή Κυματικού Δείκτη H / H_i στην Εσωτερική Περιοχή μπροστά από την Ακτή της Ραψάνης λόγω του Τεχνητού Υφάλου AB

Όπως αναμενόταν, τα κυματικά ύψη πίσω από τον τεχνητό ύφαλο μειώνονται δραστικά. Ακριβώς πίσω από την πλάτη του στα κατάντη, ο συντελεστής διέλευσης K_L υπολογίζεται από το μοντέλο ίσος με 27% ενώ ο συντελεστής ανάκλασης K_r στο έμπροσθεν

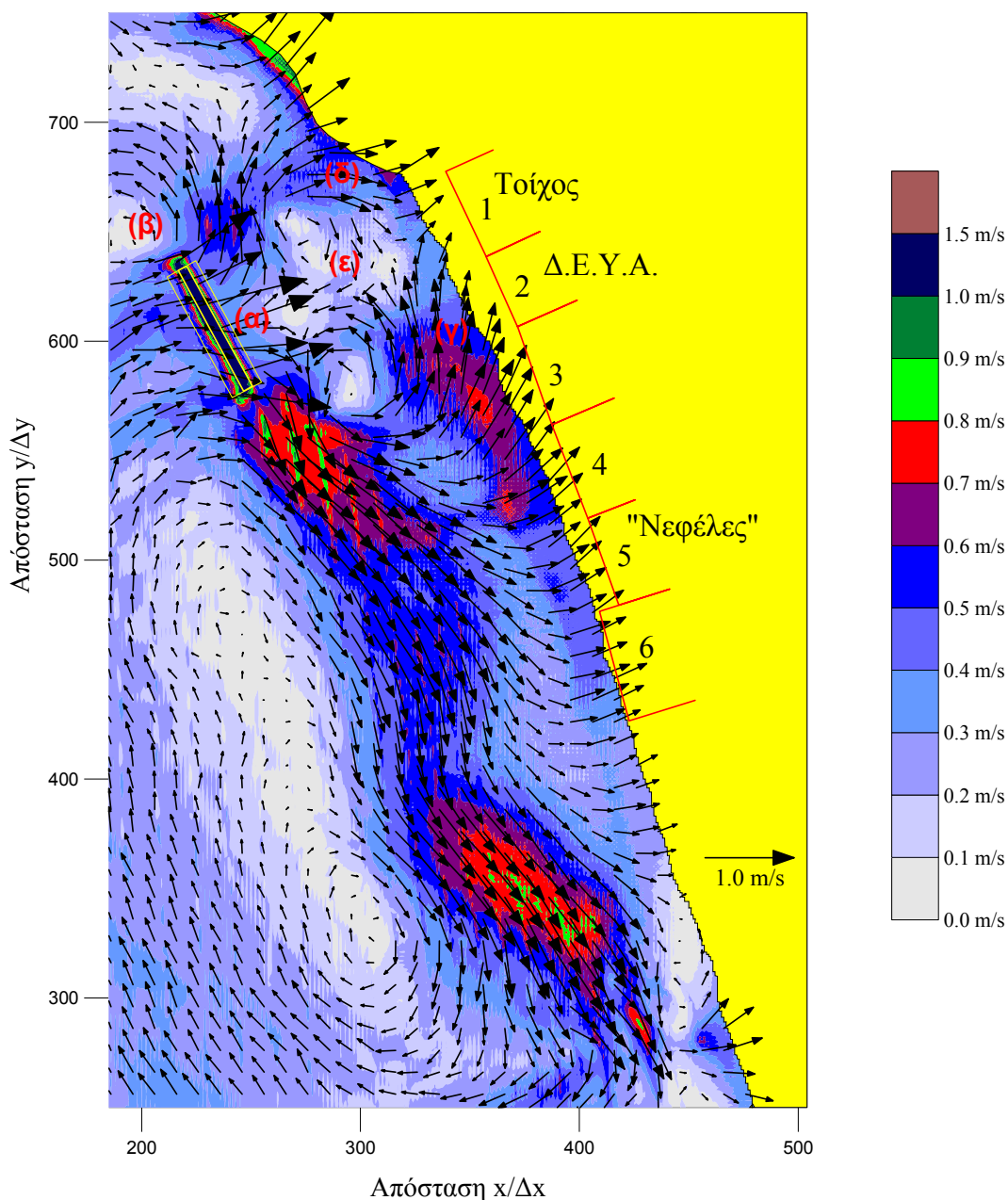


Σχ. 14 Παράκτια Κυκλοφορία και Τιμές Έντασης Ρεύματος (m/s) μπροστά από την Ακτή της Ραψάνης λόγω της παρουσίας του Τεχνητού Υφάλου AB

πρανές ίσος με 10% . Παρατηρείται, επίσης, η σημειούμενη θραύση των κυματισμών λίγο πριν και πάνω από τη στέψη του υφάλου (άσπρη γραμμή). Η μείωση των υψών στην πίσω πλευρά του έργου οδηγεί και σε περιορισμό του εύρους της ζώνης αφρισμού μεταξύ των κτισμάτων 1 και 2, αφού οι κυματισμοί φθάνουν τώρα στην περιοχή αυτή με χαμηλότερο

ύψος και, επομένως, θραύονται σε μικρότερο βάθος κοντύτερα στην ακτή. Πράγματι, ο μέσος όρος ύψους θραύσης μπροστά από τα κτίσματα 1 και 2 υπολογίζεται ίσος με 1.24m έναντι της προηγούμενης τιμής 1.75m, άρα οι κυματισμοί που προσβάλλουν την περιοχή αυτή είναι μειωμένοι κατά 30% και η κυματική ενέργεια κατά 50%. Οι μεταβολές περιορίζονται στην περιοχή του υφάλου ενώ στην υπόλοιπη παράκτια ζώνη της Ραψάνης, δεν παρατηρούνται ουσιαστικές μεταβολές από την περίπτωση χωρίς την παρουσία του έργου.

Στο Σχ. 14 απεικονίζεται η προκύπτουσα παράκτια κυκλοφορία εξαιτίας του προβλεπόμενου τεχνικού έργου. Είναι αμέσως ορατή η δραστική μείωση της ενδεικτικής έντασης των ρευμάτων αναρρίχησης μπροστά στα κτίσματα 1 και 2 που φθάνει και στο επίπεδο του 50%. Στη λεπτομέρεια του Σχ. 15 εμφανίζονται πιο παραστατικά τα βασικά χαρακτηριστικά της αναπτυσσόμενης κυκλοφορίας γύρω από το βυθισμένο έργο.



Σχ. 15 Παράκτια Κυκλοφορία και Τιμές Έντασης Ρεύματος (m/s) στην Περιοχή του Προτεινόμενου Τεχνητού Υφάλου

Στην περιοχή (α) διακρίνεται η ισχυρή ροή πάνω από τη στέψη λόγω της θραύσης των κυματισμών, όπως επίσης και η ισχυρή ροή πάνω από τα δύο ακρομόλια. Μετά τη διέλευση των κυματισμών πάνω από το έργο δημιουργείται ένας στρόβιλος στο δυτικό (άνω) ακρομόλιό του (περιοχή (β)). Ένας κλάδος του στρόβιλου στρέφεται, τελικά, προς τα ανοικτά ενώ ένας άλλος συνεχίζει την πορεία του προς την περιοχή (δ) όπου διαμορφώνεται σε ένα ρεύμα παράλληλο προς την ακτή. Το ρεύμα αυτό αναμένεται να τροφοδοτεί με φερτά υλικά την περιοχή μπροστά από τον τοίχο 1 -περιοχή (ε). Αυτή η περιοχή (ε) πίσω από τον τεχνητό ύφαλο προκύπτει να είναι μια περιοχή ασθενών έως εξασθενημένων ρευμάτων.

Εκτός από το στρόβιλο στο δυτικό ακρομόλιο, αντίστοιχος αλλά μεγαλύτερος και ισχυρότερος στρόβιλος δημιουργείται και στο ανατολικό ακρομόλιο του υφάλου. Ένας κλάδος του ανατολικού στρόβιλου στρέφεται προς το εσωτερικό χώρο πίσω από το έργο (περιοχή (ε)) ενώ ο εναπομένον διαμορφώνεται σε ένα ρεύμα παράλληλο στην ακτή μπροστά στους χώρους 2 και 1 (περιοχή (γ)). Και οι δύο κλάδοι αναμένεται να τροφοδοτούν με φερτά υλικά την περιοχή πίσω από το έργο (περιοχή (ε)) και την ακτή μπροστά στον τοίχο 1 και 2, αντίστοιχα. Ένα μέρος των μεταφερομένων φερτών υλικών ενδεχομένως να προέλθει από την περιοχή μπροστά από το χώρο 3 όπου οι υπολογιζόμενες ενδεικτικές ταχύτητες ρεύματος είναι της τάξης του 0.5-0.6-0.7 m/s και, ίσως να αποδειχθούν στην πράξη διαβρωτικές. Αν απαιτηθεί λεπτομερέστερη εκτίμηση του συγκεκριμένου φαινομένου, τότε θα πρέπει να αναληφθεί ξεχωριστή ακτομηχανική διερεύνηση της περιοχής με μαθηματική προσομοίωση.

Σε κάθε περίπτωση, είναι δεδομένο ότι η περιοχή μπροστά από τον τοίχο 1 και 2 θα τροφοδοτείται με ποσότητες άμμου από τις οποίες αναμένεται να αναπτυχθεί αμμόδης πτύχωση στην παραλία του τοίχου 1. Η παρουσία και το μέγεθος της πτύχωσης συσχετίζεται με το ηλίκιο L_s/X (μήκος έργου/απόσταση από την ακτή). Από τα συγκεντρωτικά δεδομένα της διεθνούς βιβλιογραφίας (δες [1]) προκύπτει ότι η πτύχωση εμφανίζεται, γενικά, όταν

$$\frac{L_s}{X} \leq 1 \quad \text{πτύχωση} \quad (6.2.1)$$

και το τόμπολο, όταν

$$\frac{L_s}{X} \geq 1.5 \quad \text{τόμπολο} \quad (6.2.2)$$

Όμως, οι τιμές αυτές αναφέρονται σε έξαλα έργα που διαπερνούν τη στάθμη ηρεμίας της θάλασσας και όχι σε βυθισμένα. Δεν υπάρχουν αντίστοιχες τεκμηριωμένες τιμές γενικής χρήσης για αυτή την κατηγορία των έργων και για αυτό ακολουθείται η σύσταση του Pilarczyk (2003) [6] ότι για ύφαλα έργα, οι αναφερόμενες ανωτέρω τιμές να διαιρούνται με τον παράγοντα $(1 - K_t)$. Στην περίπτωση μας, όπως προαναφέρθηκε, από τη μαθηματική προσομοίωση προέκυψε ότι $K_t = 0.27$, κι έτσι, η απαίτηση για πτύχωση γίνεται

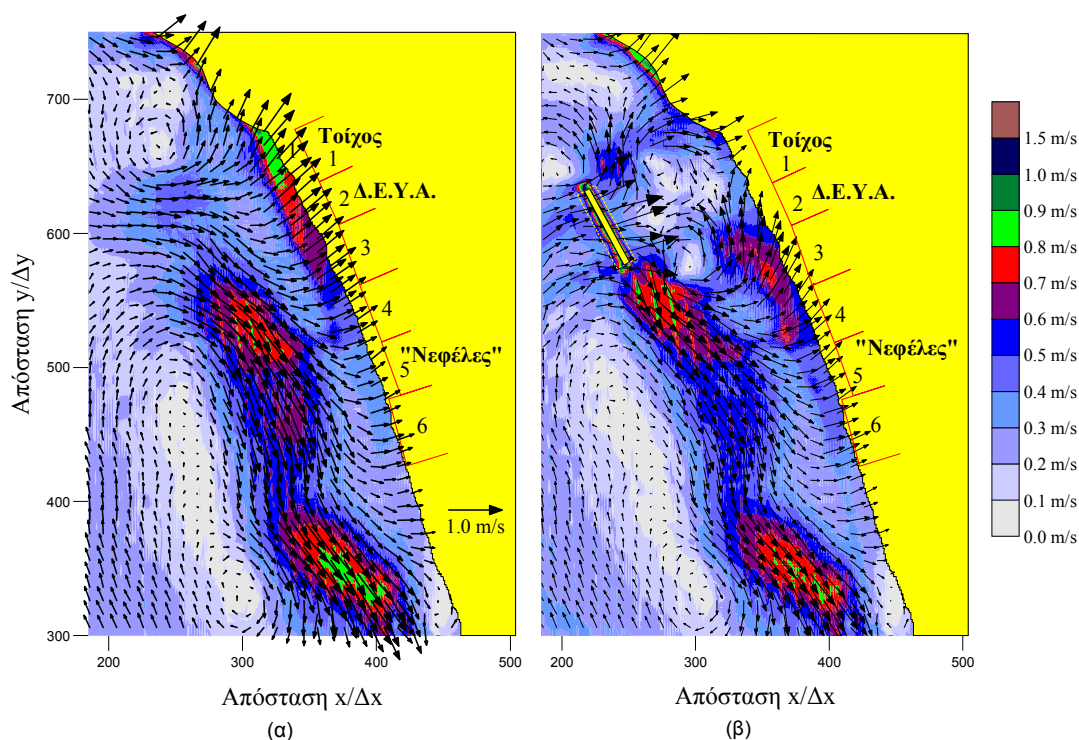
$$\frac{L_s}{X} \leq 1.37 \quad (6.2.3)$$

Επειδή είναι $L_s/X = 0.61$, η ανωτέρω απαίτηση ικανοποιείται και κατά μείζονα λόγο και η απαίτηση (6.2.1) για τα έξαλα έργα. Κάτω από τις συνθήκες αυτές, το δεδομένο είναι ότι με την προτεινόμενη κατασκευή αποκλείεται η περίπτωση τόμπολο που δεν θα ήταν επιθυμητή. Επειδή η τιμή 0.61 απέχει πολύ από την 1.37, μπορεί να βγει το συμπέρασμα ότι η πτύχωση που θα αναπτυχθεί θα είναι ήπιας μορφής. Μπορεί, επίσης, να εφαρμοστεί και η εμπειρική σχέση δείκτη απόκρισης I_s των Ahrens and Cox (1990) [7]

$$I_s = \exp(1.72 - 0.41 \frac{L_s}{X}) \quad (6.2.4)$$

από την οποία προκύπτει τιμή $I_s = 4.35$ που δηλώνει και πάλι δημιουργία περιορισμένης πτύχωσης. Σε κάθε περίπτωση, εάν κριθεί αναγκαίο να εκτιμηθεί με περισσότερη αξιοπιστία η μορφή και οι διαστάσεις της πτύχωσης που αναμένεται να δημιουργηθεί και οι ενδεχόμενες επιπτώσεις στις άμεσα παρακείμενες περιοχές, θα πρέπει να αναληφθεί ξεχωριστή ακτομηχανική διερεύνηση με μεθόδους μαθηματικής προσομοίωσης.

Στο Σχ. 16 παρέχονται για σύγκριση οι εικόνες της κυκλοφορίας πριν (Σχ. 16 (α)) και μετά την κατασκευή του έργου (Σχ. 16(β)) για την εξαγωγή συμπερασμάτων.



Σχ. 16 Παράκτια Κυκλοφορία στην Ακτή της Ραψάνης (α)Πριν και (β)Μετά την Κατασκευή του Προτεινόμενου Έργου

Στην περιοχή του κτίσματος 1 και 2 όπου σημειώθηκαν οι ζημιές, η ποσοστιαία μείωση των ρευμάτων στο δυτικότερο άκρο είναι 37.5%, 50% στο κεντρικό τμήμα του τοίχου και 33.3% στο χώρο 2. Άρα, συμπεραίνεται ότι οι συνθήκες στην περιοχή αυτή λόγω της παρουσίας του τεχνητού υφάλου καθίστανται ηπιότερες στο επίπεδο του 1/3 έως 1/2 των προηγούμενων.

Περαιτέρω, παρατηρείται ότι μπροστά στο κτίσμα 2 και 3, η προσβολή δεν είναι πλέον κάθετη αλλά υπό γωνία, με μεγαλύτερη απόκλιση από την κάθετη μπροστά στο κτίσμα 2. Άρα, μπορεί οι τιμές της έντασης στο τμήμα της ακτής του χώρου 3 να είναι περίπου ίδιες με τις προηγούμενες, όμως, η προσβολή τους είναι πλάγια και, αυτό αναμένεται να μετριάσει τις επιπτώσεις τους πάνω στους τοίχους. Πάντως, εάν στην πράξη αποδειχθεί ότι υπάρχει πρόβλημα στο χώρο αυτό ή στο γειτονικό 4, τότε θα πρέπει να προστατευθεί και αυτό το τμήμα της ακτής κατασκευάζοντας ένα όμοιο τεχνητό ύφαλο σε σειρά με τον προτεινόμενο και με το κατάλληλο άνοιγμα μεταξύ τους. Για την ώρα, όμως, και με βάση την εικόνα κυκλοφορίας που έχει προκύψει, εκτιμάται ότι δεν παρίσταται ανάγκη προσθήκης ενός τέτοιου έργου στην προτεινόμενη από την παρούσα διερεύνηση τεχνική λύση.

Τέλος, και στο χώρο 5 και 6 παρατηρείται μικρή αύξηση των τιμών, όμως, ήδη τα ρεύματα στις περιοχές αυτές είναι ασθενή και, επομένως, κρίνεται ότι δεν θα δημιουργηθεί αξιόλογο πρόβλημα.

Ως κατακλείδα, διαπιστώνονται τα εξής :

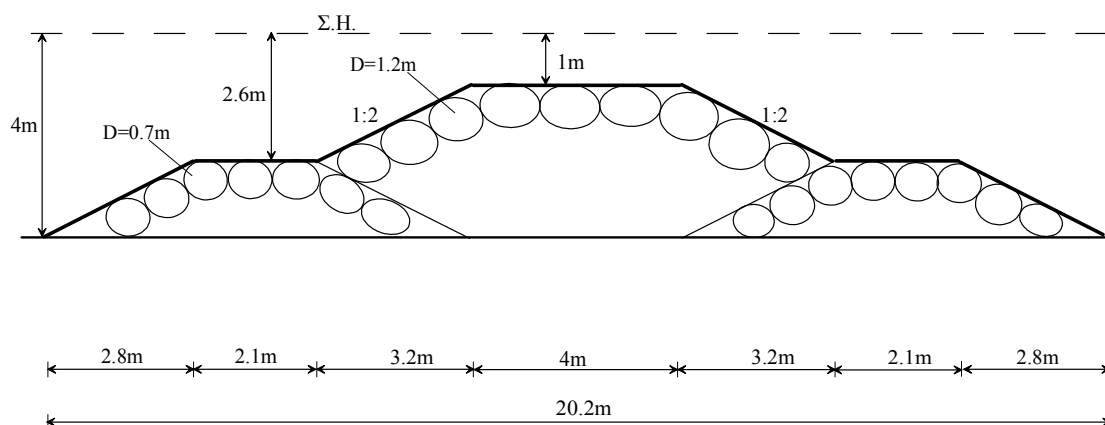
(α)ο προτεινόμενος τεχνητός ύψαλος οδηγεί σε δραστική μείωση των φυσικών συνθηκών μπροστά στους τοίχους που έχουν τρωθεί σε ποσοστό από 33-50%.

(β)η δραστική μείωση των ρευμάτων αναρρίχησης στο πρανές συνδυάζεται και με το γεγονός ότι ο ύψαλος δεν οδηγεί σε καμία περίπτωση σε συνθήκες τόμπολο στην ακτή από πίσω του αλλά στη δημιουργία μιας περιορισμένης αμμώδους πτύχωσης. Επομένως, η μείωση των ρευμάτων που επιτυγχάνεται από το παράλληλο έργο του τεχνητού υφάλου δεν πρόκειται να αλλάξει δραματικά τη σημερινή ακτογραμμή του δυτικότερου άκρου αλλά, αντίθετα, θα ενισχύσει την υπάρχουσα παραλία με μια περιορισμένη επέκτασή της.

(γ)τα ρεύματα στο υπόλοιπο τμήμα του δυτικού άκρου της ακτής της Ραψάνης (χώροι 3 και 4) εμφανίζονται είτε χωρίς μείωση της έντασης τους ή με μικρή αύξηση. Εκεί που η ένταση παραμένει ίδια, συνοδεύεται με αλλαγή στη γωνία προσβολής που πλέον δεν είναι κάθετη στην ακτή αλλά πλάγια. Επομένως, οι όποιες επιπτώσεις τους θα είναι μετριασμένες. Σε κάθε περίπτωση οι χώροι αυτοί θα πρέπει να παρακολουθούνται μετά την κατασκευή του έργου, όμως, για την ώρα και με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, δεν συντρέχει λόγος να συμπεριληφθεί και έργο προστασίας του τμήματος αυτού.

6.3 Διατομή και Ευστάθεια του Έργου

Το βάθος στο πόδι του έργου είναι 4m και πάνω από τη στέψη 1m. Η κλίση των πρανών (εξωτερικό και εσωτερικό) λαμβάνεται ίση με 1:2 και, επομένως, η εγκάρσια διατομή διαμορφώνεται όπως στο Σχ. 17. Το πλάτος έδρασης (μαζί με τα αναχώματα) προκύπτει ίσο με 20.2m και λαμβανομένου υπόψη του μήκους του έργου των 63m, η επιφάνεια που καταλαμβάνει θα είναι $20.2 \times 63 = 1273 \text{ m}^2$ (1593 m^2 μαζί με τα ακρομόλια).



Σχ. 17 Εγκάρσια Διατομή του Τεχνητού Υφάλου

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης διαμέτρου φυσικού ογκολίθου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο τύπος των van der Meer & Pilarczyk (1990) [8] για κυματισμούς μη περιορισμένου βάθους στο πόδι έργων χαμηλής στέψης

$$\frac{h_c}{h} = (2.1 + 0.1 * S) * \exp(-0.14 * N_s) \quad (6.3.1)$$

όπου h =το βάθος στο πόδι του έργου, h_c = το ύψος της στέψης, S =το επίπεδο ζημιών στον κορμό (παράμετρος Broderick) και $N_s = \frac{H_s}{AD_{n50}} s_p^{-1/3} =$ ο φασματικός αριθμός ευσταθείας. Επίσης, είναι D_{n50} = το μέσο μήκος ακμής κύβου ισοδύναμου με την απαιτούμενη διάμετρο, $\Delta = \frac{\rho_s}{\rho_w} - 1$ =σχετική πυκνότητα, s_p = η τοπική κυματική καμπυλότητα και H_s =το προσπίπτον σημαντικό ύψος. Ο ανωτέρω τύπος προέκυψε από την ανάλυση εξαντλητικών εργαστηριακών δοκιμών.

Για κυματισμούς περιορισμένου βάθους μπορεί να γίνει χρήση των συμπερασμάτων που προέκυψαν από το πρόσφατο ευρωπαϊκό πρόγραμμα DELOS (Burcharth et al (2006) [9]) και το οποίο περιλαμβάνει νέα εργαστηριακά αποτελέσματα και παρατηρήσεις πεδίου. Προτείνεται η σχέση

$$\frac{D_{n50}}{h_c} = \frac{\gamma / \Delta}{1.36 - (\gamma / \Delta - 0.23)^2 / 40.06} \quad (6.3.2)$$

όπου γ = ο δείκτης θραύσης, αλλά και ο πρακτικός τύπος

$$D_{n50} \geq 0.29h_c \quad (6.3.3)$$

για ήπιες κλίσεις πυθμένα στη θαλάσσια περιοχή μπροστά από το βυθισμένο έργο, ο οποίος επιβεβαιώνεται από τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από πραγματικά έργα στο πλαίσιο του DELOS. Από τους Burchart et al παρέχονται επίσης και διαγράμματα σχεδιασμού με βάση τη σχέση (6.3.2) για ήπιες κλίσεις του έμπροσθεν πυθμένα. Από τους ίδιους επιστήμονες και για κυματισμούς μη περιορισμένου βάθους προτείνεται η σχέση

$$\frac{H_s}{AD_{n50}} = 0.06 \left(\frac{R_c}{D_{n50}} \right)^2 - 0.23 \left(\frac{R_c}{D_{n50}} \right) + 1.36 \quad (6.3.4)$$

όπου R_c = το ελεύθερο βάθος νερού στη στέψη.

Από τα κυματικά στοιχεία του Πίνακα 2 προκύπτει ότι όλοι οι άνεμοι από ένταση 5 BF και πάνω οδηγούν σε κυματισμούς περιορισμένου βάθους στο βάθος κατασκευής των 4m. Έτσι, εφαρμόζοντας τη σχέση (6.3.2), προκύπτει η απαιτούμενη διάμετρος

$$D_{n50} \geq 1.2m \quad (6.3.5)$$

Όμως, παρατηρείται ότι οι υψηλοί κυματισμοί των μεγάλων εντάσεων BF θραύονται μακριά από το έργο και, επομένως, μετά τη θραύση τους θα ανασυντάσσονται προσβάλλοντας τελικά το έργο με νέα ύψη που ενδεχομένως να μην αντιστοιχούν σε περιορισμένου βάθους κυματισμούς. Εκτιμώντας ότι ένα ύψος 2.5m με δείκτη θραύσης $\gamma = 2.5/4 = 0.625$ θα μπορούσε οριακά να είναι ένα ύψος κύματος που διέρχεται μη θραυόμενο από το πόδι του έργου, η σχέση (6.3.4) δείχνει ότι η διάμετρος 1.2m είναι αρκετή για μια τέτοια περίπτωση ενώ η σχέση (6.3.1) ότι είναι υπερ-αρκετή ακόμα και για το πρώτο επίπεδο ζημιών $S = 2$ (χωρίς ζημιές ή έναρξη ζημιών).

Το συμπέρασμα είναι ότι η διάμετρος των 1.2m για τους λίθους κατασκευής είναι μια συντηρητική επιλογή, η οποία, αν απαιτηθεί, θα μπορούσε να ελαφρυνθεί επιτρέποντας ένα βαθμό επιτρεπόμενων ζημιών.

Με την ίδια διάμετρο θα πρέπει να θωρακιστούν και τα δύο ακρομόλια ενώ για τα αναχώματα για την προστασία του ποδιού του έργου, εμπρός και πίσω (Σχ. 17), μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο τύπος του van der Meer et al (1995) [9]

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = \left(0.24 \frac{h_b}{D_{n50}} + 1.6 \right) * N_{od}^{0.15} \quad (6.3.6)$$

όπου h_b = το βάθος στη στέψη του αναχώματος και N_{od} = ο αριθμός των μονάδων θωράκισης που μετακινούνται εκτός του κορμού του έργου ανά λωρίδα εύρους D_{n50} . Είναι $N_{od} = 0.5$ όταν δεν υπάρχουν ζημιές, $N_{od} = 2$ για αποδεκτές ζημιές και $N_{od} = 4$ για σοβαρές. Επιλέγοντας $N_{od} = 0.5$, προκύπτει ότι η απαιτούμενη διάμετρος για συντηρητική λύση θα είναι $D_{n50} = 0.7\text{m}$.

Ας σημειωθεί ότι ο τύπος (6.3.6) αναφέρεται σε αναδυόμενα έργα και όχι υποθαλάσσια. Όμως, στο πλαίσιο του προγράμματος DELOS έγινε μια σειρά εργαστηριακών δοκιμών και προέκυψε πολύ καλή συμφωνία τιμών και για έργα χαμηλής στέψης. Άλλωστε, τα ύφαλα έργα επιτρέπουν ένα μέρος της κυματικής ενέργειας να διέλθει πάνω από τη στέψη τους, επομένως, οι προκύπτουσες τιμές από τη χρήση του τύπου (6.3.6) είναι, έτσι κι αλλιώς, συντηρητικές.

Τέλος, για τα αναχώματα στα ακρομόλια του έργου, προτείνεται η χρήση διαμέτρου λίθου ίδια με τον κορμό τους, δηλ. $D_{n50} = 1.2\text{m}$, δεδομένου ότι στα σημεία αυτά υπάρχει σημαντική επιπόνηση από τους προσβάλλοντες κυματισμούς και τα αναπτυσσόμενα ρεύματα.

YAIKA: C25 B500C
επικόλληση 7cm

