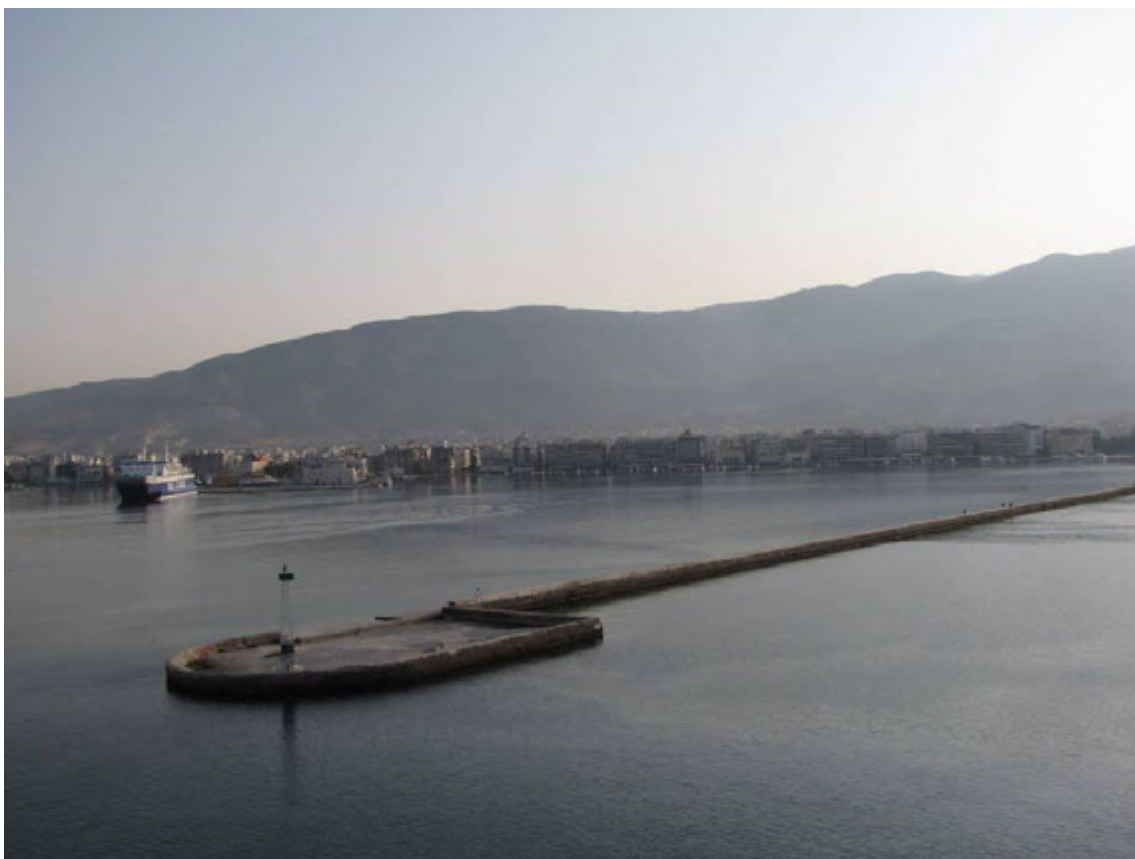




ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΛΙΜΕΝΑ ΒΟΛΟΥ

ΕΡΓΟ: ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΣΚΑΦΩΝ ΑΚΡΟΜΩΛΙΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΒΟΛΟΥ



Στάδιο: Τεχνική Μελέτη Έργων Αποκατάστασης

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2016

Πίνακας περιεχομένων

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
1.1.	Αντικείμενο	3
1.2.	Ομάδα Εκπόνησης	4
2.	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΑΥΤΟΨΙΑ & ΕΥΡΗΜΑΤΑ.....	5
2.1.	Γενικές εκτιμήσεις – θεώρηση για την κατάσταση της κατασκευής.....	5
2.2.	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων Υποθαλάσσιας Αυτοψίας – Φωτογραφική Παρουσίαση	10
3.	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ	23
3.1.	Γενικές εκτιμήσεις – θεώρηση για την κατάσταση της κατασκευής.....	23
3.2.	Ανεμολογικά στοιχεία	23
3.3.	Στοιχεία παλίρροιας.....	25
3.4.	Εκτίμηση κυματικού κλίματος	26
3.4.1.	Γένεση κυμάτων.....	26
3.4.2.	Κυματισμοί στα βαθιά.....	28
3.4.3.	Υπολογισμός Τοπικών Κυματικών Χαρακτηριστικών – Ρήχωση - Διάθλαση 29	
3.4.5	Τοπικά κυματικά χαρακτηριστικά ΝΑ κυματισμού.....	30
3.4.6	Τοπικά κυματικά χαρακτηριστικά Ν κυματισμού.....	31
4.	ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΡΓΟΥ	32
5.	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ	41
5.1	Γενικά.....	41
5.2	Διαστασιολόγηση Θωράκισης Καμπύλου δυτικού τμήματος ακρομωλίου	42
5.2.1	Κυματισμοί που δημιουργούνται από διέλευση πλοίων.....	42
5.2.2	Διαστασιολόγηση προτεινόμενης στρώσης θωράκισης.....	52
5.3	Διαστασιολόγηση Θωράκισης Προσήνεμον Τμήματος Ακρομωλίου.....	56
6.	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	57

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Αντικείμενο

Η παρούσα συντάσσεται στα πλαίσια της από 2.07-2016 σύμβασης με τίτλο «**ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΣΚΑΦΩΝ ΑΚΡΟΜΩΛΙΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΒΟΛΟΥ**». Στόχος της μελέτης είναι η αποκατάσταση της εμφανισθείσας κατάρρευσης του υφιστάμενου προφυλακτήριου τοίχου του ακρομωλίου του κυματοθραύστη του λιμένα όπως και των υπολοίπων υποσκαφών που εντοπίζονται κατά μήκος της περιμέτρου του εν λόγω τοιχείου. Στο ίδιο πλαίσιο εξετάζεται και η συνολική κατάσταση της υφιστάμενης κατασκευής έτσι ώστε να εξετασθεί εάν απαιτείται η λήψη πρόσθετων μέτρων, ώστε μελλοντικά να αποτραπούν αντίστοιχα φαινόμενα.

Η μελέτη συντάσσεται από την Εταιρεία ΠΛΕΥΣΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗ που είναι εξειδικευμένη σε λιμενικά έργα.

Για την εκπόνηση της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία που παρασχέθηκαν από τον Οργανισμό Λιμένα Βόλου, ενώ στο πλαίσιο της εκπόνησής της εκτελέσθηκε και υποθαλάσσια αυτοψία από τον επαγγελματία αυτοδύτη κο Θεμιστοκλή Πολυζώη.

Η αυτοψία εκτελέσθηκε στις 22/07/2016, παρουσία του Λιμενολόγου Πολιτικού Μηχανικού Βερελή Σπ. Γεωργίου, υπεύθυνου της ΠΛΕΥΣΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗ για τη σύνταξη της παρούσης. Τα αποτελέσματα της ερευνητικής εργασίας παραδόθηκαν στις 31/07/2016 στην ομάδα μελέτης.

Το έργο είναι παλαιά κατασκευή, προ του 1950, και γενικά δεν υπάρχουν παλαιές μελέτες και εν γένει τεχνικά στοιχεία που να μπορούν να παρέχουν πληροφορίες αναφορικά με τη μορφή των διατομών του ακρομωλίου, τα υλικά και τον τρόπο κατασκευής του. Για το λόγο αυτό κρίθηκε απαραίτητη η εκτέλεση της υποθαλάσσιας αυτοψίας, εκ των αποτελεσμάτων της οποίας εντοπίστηκαν τα προβλήματα της κατασκευής και προέκυψαν οι παρεμβάσεις που θα πρέπει να γίνουν, ώστε να επιτευχθεί η αποκατάσταση του έργου στο σύνολό του.

Η εξέταση και η έρευνα αρχικά εστιάσθηκαν στο σημείο κατάρρευσης του υφιστάμενου λιθόκτιστου τοιχείου και εν συνεχεία επεκτάθηκαν σε όλο το υπόλοιπο τμήμα του έργου, καθώς εντοπίστηκαν σημαντικά προβλήματα υποσκαφών που ενδέχεται να οδηγήσουν σύντομα σε νέες καταρρεύσεις του τοίχου ή και σοβαρές υποχωρήσεις στη χερσαία ζώνη του ακρομωλίου. Η όλη κατάσταση του έργου δείχνει ιδιαίτερα προβληματική και κρίθηκε εξ αρχής ότι για την αντιμετώπιση των προβλημάτων του θα απαιτηθούν σημαντικής έκτασης εργασίες αποκατάστασης.

Η υφιστάμενη κατασκευή εδράζεται επί παλαιού πρίσματος λιθορριπών, γενικά μικρής διαβάθμισης, το οποίο εμφανίζει, όπως όλο το έργο, κατά τόπους σημάδια αποδόμησης, ενώ το μέγεθος των λιθορριπών του είναι γενικά μικρό και υποκείμενο σε πιθανές μετακινήσεις είτε λόγω της κυματικής δράσης από τα διερχόμενα πλοία είτε λόγω της χρήσης των προπελών τους είτε

τέλος από την κυματική δράση του νότιου τομέα που προσβάλλουν κυρίως το προσήνεμο τμήμα του.

Η μορφή και η σημερινή κατάσταση του πρανούς υποδηλώνουν ότι οι εργασίες αποκατάστασης θα πρέπει να επεκταθούν και στο τμήμα αυτό της κατασκευής, καθώς στην ουσία αποτελεί την θεμελίωση των υπερκατασκευών, οι οποίες ακόμη και εάν αποκατασταθούν μπορεί να κινδυνεύσουν μελλοντικά από νέες υποχωρήσεις και μετακινήσεις του υποκείμενου πρίσματος θεμελίωσης.

Οι προτεινόμενες εργασίες αποκατάστασης επιλέχθηκαν με κριτήριο την συνολική αποκατάσταση των παραπάνω προβλημάτων αλλά και την ασφαλή υλοποίησή τους κατά την φάση εκτέλεσης τους.

1.2. Ομάδα Εκπόνησης

Στην εκπόνηση του έργου συμμετείχαν οι κάτωθι μηχανικοί και επιστήμονες:

- Βερελής Σπ. Γεώργιος, MSc Λιμενολόγος Πολιτικός Μηχανικός, με υπερεικοσαετή εμπειρία σε λιμενικά έργα, Υπεύθυνος – Συντονιστής Μελέτης
- Ηλιοπούλου Π. Κωστούλα, Λιμενολόγος και Περιβαλλοντολόγος Πολιτικός Μηχανικός Υπεύθυνος Σύνταξης Τευχών
- Γεωργία Ντασένου, Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός, Μέλος της Ομάδας Μελέτης
- Γεωργία Μαρίνου, Γεωλόγος, Μέλος της Ομάδας Μελέτης, Υπεύθυνη Σχεδίων

2. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΑΥΤΟΨΙΑ & ΕΥΡΗΜΑΤΑ

2.1. Γενικές εκτιμήσεις – θεώρηση για την κατάσταση της κατασκευής

Το υφιστάμενο ακρομώλιο του κυματοθράυστη – προσήνεμου μώλου του λιμένα του Βόλου βρίσκεται στο νοτιοδυτικό πέρας της κατασκευής και έχει ημικυκλικό σχήμα. Ο προσήνεμος μώλος του λιμένα είναι ένα έργο σημαντικού μήκους, με διαμορφωμένα κατακόρυφα μέτωπα και στις δύο πλευρές του (προσήνεμη αλλά και υπήνεμη με κρηπιδώμα εξυπηρέτησης).

Στην εσωτερική πλευρά των κρηπιδωμάτων του έργου, λόγω σημαντικών προβλημάτων της παλαιάς λιθοδόμητης ανωδομής του, εκτελέστηκαν σχετικά πρόσφατα εργασίες αποκατάστασής της, με κατασκευή, επί του παλαιού έργου, νέας εν προβόλω ανωδομής, με εύρος προεκβολής περίπου 1,0μ. Για την επέκταση αυτή χρησιμοποιήθηκαν αντεστραμμένες μεταλλικές διατομές L, οι οποίες αναρτήθηκαν στο παλιό μέτωπο. Επί των διατομών αυτών τοποθετήθηκαν τα καλούπια και ακολούθησε η σκυροδέτηση της νέας ανωδομής. Οι διατομές L παρέμειναν στο μέτωπο του παλαιού κρηπιδώματος (σαν θυσιαζόμενες στηρίξεις), χωρίς πρόβλεψη ιδιαίτερης αντιδιαβρωτικής προστασίας, με αποτέλεσμα σήμερα να εμφανίζουν πολύ σοβαρά προβλήματα οξειδωσης. Εκτιμάται ότι σύντομα θα πρέπει να εκτελεσθούν εργασίες συντήρησης για να αποφευχθούν ρηγματώσεις ή υποχωρήσεις της νέας ανωδομής.

Το κρηπιδώμα του προσήνεμου μώλου καταλήγει στην περιοχή του ακρομωλίου του έργου, καταλαμβάνοντας μικρό στην αρχή του μήκος, περίπου 15,80μ. Εξαιτίας της κατασκευής της νέας ανωδομής, η στέψης της υπέρκειται της στάθμης κυκλοφορίας της χερσαίας ζώνης του προσήνεμου μώλου κατά 40εκ. περίπου.

Από το σημείο αυτό αρχίζει ο προφυλακτήριος τοίχος του ακρομωλίου. Ο τοίχος είναι παλαιά κατασκευή και είναι δομημένος στο έξαλο του τμήμα με λίθους, καθ' όλο το μήκος της περιμέτρου του στο ακρομώλιο. Στο άνω τμήμα της στέψης του έχει κατασκευαστεί «σενάζι» από σκυρόδεμα, πάχους 25-30εκ. Το σκυρόδεμα αυτό έχει υποστεί σημαντικές φθορές, το πιθανότερο λόγω παλαιότητας, με αποκολλημένα και σαθρά τμήματα έτοιμα να καταπέσουν. Στα περισσότερα σημεία έχουν αποκαλυφθεί τα αδρανή του παλαιού σκυροδέματος.

Το γεγονός ότι το ακρομώλιο είναι παλαιά κατασκευή αιτιολογεί και τον τρόπο δόμησης της, που συνάδει με την τεχνοτροπία και τα τεχνικά δεδομένα της εποχής. Συγκεκριμένα πρόκειται κατ' αρχήν για έργο που το έξαλο του τμήμα του εδράζεται επί πρίσματος λιθορριπών και λίθων διαφόρων διαβαθμίσεων, επί του οποίου δομήθηκαν τα υπερκείμενα τμήματα του, συνιστώμενα κυρίως από χυτά ύφαλα σκυροδέματα και μικρούς τεχνητούς ογκολίθους.

Όσον αφορά το ύφαλο πρίσμα θεμελίωσης και όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα της υποθαλάσσιας αυτοψίας κατασκευάστηκε σε δύο διαφορετικές στέψεις, ανάλογα με το ύψος των υπερκείμενων κατασκευών και την επιθυμητή στάθμη έδρασης σε δύο διαφορετικά τμήματα του έργου. Ειδικότερα ο τοίχος που κατασκευάζεται άνωθεν του πρίσματος έχει διαφορετικό ύψος,

ανάλογα με τον βαθμό έκθεσης του στα υδροδυναμικά φορτία (αυτά που θεωρούνταν κρίσιμα κατά την εποχή της κατασκευής του). Η τελική στάθμη στέψης του τοίχου είναι ίδια σε όλο το ακρομώλιο, διαφοροποιείται όμως το ύψος του από αυτήν μέχρι και την στάθμη έδρασης των επιμέρους τμημάτων του.

Πιο αναλυτικά ο τοίχος αποτελείται ουσιαστικά από δύο επιμέρους τμήματα. Το πρώτο είναι το υποθαλάσσιο, το οποίο στο μεγαλύτερο μήκος του περιγράμματος του αποτελείται από παλαιού τύπου μικρούς εν γένει τεχνητούς ογκολίθους, που ανάλογα δομείται με μονή ή διπλή σειρά τ.ο. Αυτό που θεωρείτο, κατά την εποχή που κατασκευάστηκε, ότι προσβάλλεται από υψηλότερα υδροδυναμικά φορτία έχει κατασκευαστεί με διπλή σειρά τ.ο., ενώ το υπόλοιπο με μονή αντίστοιχα.

Επί των τ.ο. για παραληφθούν πιθανές υποχωρήσεις τους αλλά και για να διαμορφωθεί επίπεδη επιφάνεια έδρασης του τελικού τμήματος του τοίχου (λιθόδητου), κατασκευάστηκε –διαστρώθηκε κάποιος μορφής σκυρόδεμα ή/και λιθόδεμα μεταβλητού συνήθως πάχους. Σε ορισμένες περιπτώσεις εντοπίστηκαν και μεμονωμένα πλακοειδή στοιχεία π.χ. πλάκες μαρμάρου ή φυσικοί επίπεδοι λίθοι.

Πέραν των ανωτέρω η διαμόρφωση αυτή «βοήθησε» στην εν ξηρώ δόμηση του υπερκείμενου λιθόδητου τοιχείου. Από την αποτύπωση που εκτελέστηκε προέκυψε ότι η άνω στάθμη της ξεενρίζει από το +0,10 έως 0,30μ. περίπου. Επί της εν λόγω διαμόρφωσης κατασκευάστηκε το λιθόδητο τοίχιο με την στέψη του να βρίσκεται μεταξύ +1,50μ. και 1,70μ. Η διακύμανση αυτή οφείλεται στα προβλήματα που έχει αντιμετωπίσει μέχρι σήμερα το έργο, δηλαδή σε υποχωρήσεις των υποκείμενων τμημάτων αλλά και της χερσαίας ζώνης που οφείλονται σε υποσκαφές και σπηλαιώσεις ή / και συνιζήσεις των λιθορριπών του πρίσματος θεμελίωσης (με τα χρόνια σταδιακά συμπυκνώνονται με αποτέλεσμα να υποχωρούν).

Σημειώνεται ότι λόγω της απουσίας τοπογραφικού και βυθομετρικού διαγράμματος, οι αναφερόμενες στάθμες έχουν προκύψει από επί τόπου μετρήσεις και είναι σχετικές ως προς την στάθμη των υδάτων κατά την ημέρα εκτέλεσης της υποθαλάσσιας αυτοψίας. Οι στάθμες που αναφέρονται, τόσο στο παρόν όσο και στα σχέδια της μελέτης, αφορούν στην **στάθμη ηρεμίας (Σ.Η.)**, την ημέρα εκτέλεσης της υποθαλάσσιας αυτοψίας. Από παρατηρήσεις κατά την διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών η διακύμανση των υδάτων ήταν πολύ μικρή, γεγονός που επιβεβαιώνεται από των μέσο εύρος των διαθέσιμων παλιρροιακών στοιχείων, που δεν υπερβαίνει τα 20εκ. ημερησίως. Σε κάθε περίπτωση προ της έναρξης των εργασιών αποκατάστασης, ο Ανάδοχος υποχρεούται στην εκτέλεση αναλυτικών και πλήρως εξαρτημένων ερευνητικών εργασιών (τοπογραφική και βυθομετρική αποτύπωση) από την στάθμη αναφοράς της Γ.Υ.Σ. (ή τη Μέση Στάθμη της Θάλασσας – Μ.Σ.Θ.) στο κρατικό σύστημα συντεταγμένων όπως και να προσαρμόσει – εξαρτήσει σε αυτήν, όλες τις στάθμες οι οποίες αναφέρονται – προσδιορίζονται στην παρούσα οριστική μελέτη και στα συνοδευόμενα αυτής σχέδια. Σε περίπτωση αποκλίσεων από τις αναφερόμενες στη μελέτη στάθμες, αυτές θα πρέπει να προσαρμοσθούν κατάλληλα με κριτήριο την επαναφορά του έξαλου τμήματος του έργου στις προ των εργασιών διαστάσεις και στάθμες του, πλην ορισμένων που αφορούν κυρίως στην τεχνική λειτουργικά επάρκεια του (π.χ. ρήσεις της χερσαίας ζώνης για την απορροή των ομβρίων υδάτων).

Στην εσωτερική πλευρά του τοίχου και σχεδόν σε όλη την περίμετρο του ακρομωλίου έχει διαμορφωθεί δεύτερο λιθόκτιστο τμήμα (σκαλί ως καθιστικό «παγκάκι»). Από επιτόπου μετρήσεις προκύπτει ότι το ύψος του τοιχίου αυτού είναι της τάξης των 45εκ., ενώ το βάθος του περίπου 60εκ.

Οι τεχνητοί ογκόλιθοι (τ.ο.) που χρησιμοποιήθηκαν ως υποδομή για την έδραση του έξαλου τμήματος είναι σχετικά μικρών διαστάσεων. Η διάσταση του βάθους δεν ήταν γνωστή κατά την εκπόνηση της μελέτης, καθώς δεν υπήρχαν λόγω της παλαιότητας του έργου σχέδια «ΟΠΩΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΚΑΝ».

Βάσει της αυτοψίας *τρία* διαφορετικά τμήματα έχουν κατασκευασθεί αναφορικά με τη μορφή και τις διαστάσεις της εκ τ.ο. υποδομής έδρασης του λιθόκτιστου τοιχίου. Το πρώτο τμήμα ξεκινά από την συναρμογή με το κρηπίδωμα του προσήνεμου μώλου και έχει μήκος περίπου 5,0μ. Στο τμήμα αυτό το υπόβαθρο έχει δομηθεί με μικρούς ορθογωνικούς λίθους (οικοδομικού τύπου), οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με κάποιες μορφής κονίαμα. το τμήμα αυτό εκτείνεται περίπου μέχρι το σημείο της κατάρρευσης του προφυλακτήριου τοιχίου (δεν είναι γνωστό εάν εκτεινόταν και κάποια μέτρα παραπάνω προς το τμήμα κατάρρευσης). Το τμήμα αυτό αποτελεί στην ουσία την συναρμογή του ακρομωλίου με το υπόλοιπο τμήμα του προσήνεμου μώλου του έργου.

Αμέσως στην συνέχεια του η υποδομή διαμορφώνεται με μονή στήλη τ.ο. διαστάσεων 1,0 x 1,5μ. (πλάτος x ύψος - περίπου). Η στάθμη έδρασης των τ.ο. βρίσκεται στα -1,40÷-1,45μ. από την Σ.Η. Η μονή αυτή σειρά τ.ο. συνεχίζεται σε όλη την δυτική περίμετρο του ακρομωλίου, καταλήγοντας στο σημείο που εκτείνεται σε απόσταση 37,25μ. (η απόσταση αυτή αφορά το μήκος της περιμέτρου του ακρομωλίου μετρούμενο στην εξωτερική παρειά του τοίχου) από το σημείο μηδέν στην συναρμογή με το κρηπίδωμα του προσήνεμου μώλου).

Από το σημείο αυτό το υποθαλάσσιο τμήμα του τοίχου εμφανίζει «σκαλοπάτι» καθώς πλέον συνίσταται από διπλή σειρά τ.ο. με την έδρασή τους περί τα -3,80÷-4,0μ. Οι περισσότεροι τεχνητοί ογκόλιθοι κάθε στήλης έχουν διαστάσεις 1,70 x 2,1μ. (ύψος x πλάτος). Το έξαλο τμήμα του τοίχου παραμένει λιθόκτιστο, ενώ στην στέψη του διαμορφώνεται μαρκίζα από σκυρόδεμα ιδίου πάχους με αυτήν του πρώτου τμήματος.

Πρέπει να επισημανθεί ότι στα δύο πρώτα τμήματα της περιμέτρου του τοίχου οι προαναφερθέντες τ.ο. φαίνεται να εδράζονται στην υποκείμενη λιθορριπή του πρίσματος ή και σε αντίστοιχο αλλά λεπτότερο θραυστό υλικό, το οποίο όμως έχει «απολεσθεί» στο μεγαλύτερο ποσοστό του. Στο τμήμα που συνίσταται από δύο στήλες (μετά τα 37,25μ. από αρχής) κατά τόπους - όπου ο δύτες είχε την σχετική ορατότητα - εμφανίζονταν και τρίτη σειρά μικρότερων τ.ο. ή μικρών ορθογωνικών λίθων, επί των οποίων εδράζονταν οι υπερκείμενες στήλες. Η διαμόρφωση αυτή δεν μπόρεσε να διερευνηθεί περαιτέρω λόγω της κατάστασης της κατασκευής αλλά και της αδυναμίας του δύτε να αφαιρέσει λίθους που υπερκάλυπταν την έδραση των στηλών.

Σε όλα τα επιμέρους τμήματα το πρίσμα θεμελίωσης που υπόκειται των στηλών των τ.ο., προεξέχει του μετώπου τους κατά 2,0μ. περίπου, πλην του τμήματος κοντά στην περιοχή του φάρου, που φαίνεται να έχει αποδομηθεί, με το μέσο πλάτος του να έχει μειωθεί στο 1,0μ. περίπου. Δηλαδή

περιμετρικά του μετώπου υπάρχει διαμορφωμένη παγκίνα με μεταβλητή στάθμη στέψης (ανάλογα σε πιο τμήμα του περιμετρικού τοιχίου βρίσκεται) και μεταβλητό πλάτος στέψης.

Η διαφοροποίηση στην διαμόρφωση μονής και διπλής σειράς τ.ο. οφείλεται όπως αναφέρθηκε στην αρχική εκτίμηση για το πιο τμήμα του έργου πλήττεται περισσότερο από τα υδροδυναμικά φορτία. Συγκεκριμένα η κατασκευή της διπλής στήλης έχει προβλεφθεί στο προσήνεμο νότιο τμήμα του ακρομωλίου, δηλαδή σε αυτό που προσβάλλεται από τους κυματισμούς που γεννώνται εντός του Παγασητικού κόλπου. Οι κυματισμοί που προσβάλλουν το ακρομώλιο είναι αυτοί που προέρχονται από τις Ν και ΝΑ διευθύνσεις προώθησης. Ο κατασκευασθείς μεταγενέστερα υπήνεμος μώλος, ως αποσπασμένος κυματοθραύστης σε απόσταση 500μ. περίπου Ν-ΝΔ του προσήνεμου, προστατεύει το Δ τμήμα του ακρομωλίου από τους κυματισμούς που προωθούνται από τη ΝΔ διεύθυνση και μερικώς από αυτούς της Ν διεύθυνσης. Οι κυματισμοί της Ν-ΝΑ και ΝΑ διεύθυνσης προώθησης προωθούνται παράλληλα προς το δυτικό τμήμα, χωρίς επί της ουσίας να το επηρεάζουν. Βάσει των ανωτέρω το έργο κατασκευάστηκε με την θεώρηση ότι η κύρια αιτία προσβολής ήταν οι κυματισμοί και όχι οποιαδήποτε άλλη μορφή δράσης, όπως είναι τα υδροδυναμικά φορτία που προκαλούνται από τη διέλευση των διερχόμενων πλοίων, είτε αυτή οφείλεται στην δράση των προπελών τους είτε στους δημιουργούμενους κυματισμούς από την πλεύση τους.

Ο σχεδιασμός του έργου στηρίχθηκε στα τεχνικά δεδομένα των πλοίων της εποχής κατασκευής του έργου, δηλαδή πλοία του τέλους του 19^{ου} ή έως και το μέσο του 20^{ου} αιώνα. Παρά ταύτα η εξέλιξη της ναυτιλίας και ειδικότερα της ναυπηγικής των πλοίων, με σκοπό την αύξηση των μεταφερόμενων φορτίων (υλικών και επιβατών) και της ταχύτητας πλεύσης εντός και εκτός λιμένα, οδήγησε κατ' αρχήν στην αύξηση του μεγέθους τους αλλά και στην χρήση πολύ πιο εξελιγμένων και ισχυρών κινητήρων. Παράλληλα τα σύγχρονα πλοία διαθέτουν προπέλες πολύ μεγαλύτερης διαμέτρου και πολύ μεγαλύτερης ταχύτητας περιστροφής και κατ' επέκταση ισχύος, μεγαλύτερο αριθμό προπελών με ή χωρίς κεντρικό πηδάλιο, πλευρικές προπέλες (bow and stern thrusters) εξοπλισμό δηλαδή που εξασφαλίζει τις απαιτήσεις της σύγχρονης ναυπηγικής και ασφαλούς και ευέλικτης πλεύσης των πλοίων.

Οι ανωτέρω εξελίξεις όμως είχαν σαν αποτέλεσμα στην διαφοροποίηση των κρίσιμων φορτίων που προσβάλλουν τις λιμενικές εγκαταστάσεις, είτε αυτές είναι κρηπιδώματα είτε όπως στην εξεταζόμενη περίπτωση εξωτερικά έργα τα οποία βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από τα πορεία πλεύσης των πλοίων. Έτσι ενώ η νότια προσήνεμη πλευρά του ακρομωλίου εξακολουθεί να προσβάλλεται από τους προσπίπτοντες σε αυτήν κυματισμούς – χωρίς ουσιαστική αλλαγή στα αναπτυσσόμενα φορτία – η δυτική και η βορειοδυτική αντίθετα πλέον πλήττεται από τα υδροδυναμικά φορτία που προέρχονται κυρίως από την πλεύση των πλοίων. Στην συγκεκριμένη περίπτωση του ακρομωλίου εκτιμάται ότι η κύρια δράση που επιβαρύνει τον τοίχο είναι οι κυματισμοί που προέρχονται από την πλεύση των εισερχόμενων και εξερχόμενων πλοίων και όχι οι προπέλες αυτών. Η επιρροή της δράσης των προπελών συνήθως συναντάται σε κρηπιδώματα – κατακόρυφα μέτωπα στα οποία εξυπηρετούνται τα πλοία, δηλαδή σε εγκαταστάσεις που βρίσκονται σε μικρή απόσταση από τις προπέλες των πλοίων. Στην περίπτωση του ακρομωλίου του λιμένα η διέλευση των πλοίων εκτελείται αφενός μεν σε ικανή απόσταση αφετέρου δε η πορεία της πλεύσης τους είναι τέτοια που δεν είναι δυνατό να επηρεάσουν ουσιαστικά την περιοχή του ακρομωλίου.

Αντίθετα τα διερχόμενα πλοία με τις όλο και αυξανόμενες ταχύτητες πλεύσης δημιουργούν κυματισμούς, σχετικά μεγάλου ύψους και σε σχετικά κοντινές αποστάσεις, με αποτέλεσμα τα προκύπτοντα υδροδυναμικά φορτία να μην μπορούν να αναληφθούν από τις παλαιές κατασκευές, όπως η υφιστάμενη, οι οποίες τις περισσότερες φορές δεν είναι σχεδιασμένες για αυτού του μεγέθους και τύπου φορτίσεις.

Η αλλαγή αυτή σε συνδυασμό με το ότι το δυτικό και βόρειο τμήμα του ακρομωλίου είχαν κατασκευαστεί επί στηλών σε μικρότερα βάθη (από αυτές της προσήνεμης νότιας πλευράς του έργου) οδήγησε στην σταδιακή φθορά των κατασκευών και ιδιαίτερα της θεμελίωσης τους. Η προσβολή των στηλών επιδεινώθηκε περαιτέρω από το γεγονός της ύπαρξης των κατακόρυφων μετώπων των τοίχων, λόγω της δημιουργίας έντονων ανακλαστικών φαινομένων με σημαντική ενίσχυση της προσπίπτουσας κυματικής ενέργειας.

Οι στήλες του τοίχου άρχισαν σταδιακά να υποσκάπτονται, χάνοντας το υλικό της έδρασης τους, το οποίο θα ήταν κατά πάσα πιθανότητα λεπτότερο από αυτό του κυρίως πρίσματος θεμελίωσης. Η υποσκαφή αυτή προχώρησε (όπως προκύπτει εκ του αποτελέσματος και της σημερινής κατάστασης του έργου) και υπό την επιφάνεια έδρασης των στηλών «ξεπλένονταν» και μέρος του υπάρχοντος ανακουφιστικού πρίσματος όπισθεν της στήλης. Αποτέλεσμα της όλης διαδικασίας είναι η δημιουργία σπηλαιώσεων και στην περιοχή όπισθεν του τοίχου, οι οποίες εν πολλοίς έχουν οδηγήσει σε υποχώρηση της επιφάνειας κυκλοφορίας καθ' όλη σχεδόν την περίμετρο του τμήματος του τοίχου που διαμορφώνεται με μονή στήλη. Οι σπηλαιώσεις όπισθεν του τοίχου πιθανά επιδεινώνονται και από τους κατά τόπους διευρυνμένους αρμούς του τοίχου, από τους οποίους σταδιακά «ξεπλένεται» το λεπτόκοκκο υλικό των επιχώσεων της χερσαίας ζώνης.

Γενικά τα προβλήματα «διάβρωσης» του έργου έχουν προχωρήσει σε κάθε περίπτωση και στην περιοχή όπισθεν του τοίχου έχοντας «ξεπλύνει» σημαντικό ποσοστό από τα υλικά του πυρήνα του. Οι εντοπισθείσες κλίσεις της επιφάνειας κυκλοφορίας προς την πλευρά της θάλασσας και ειδικότερα στο τμήμα από το σημείο της κατάρρευσης μέχρι και λίγο πριν τον υφιστάμενο φάρο του ακρομωλίου, υποδηλώνουν απώλεια υλικού. Στο ίδιο τμήμα της χερσαίας ζώνης, πέραν των παραπάνω υποχωρήσεων εμφανίζονται έντονες και συνεχείς ρηγματώσεις, που οφείλονται στην κατά τόπους απώλεια έδρασης τους, λόγω της απομάκρυνσης του θραυστού ή λιθόρριπτου υλικού όπισθεν των τοίχων (γενιά των επιχώσεων πίσω από τα περιμετρικά τοιχεία). Από την εικόνα του έργου εκτιμάται ότι οι απώλειες των υλικών όπισθεν του τοίχου θα είναι μεγάλες. Το πραγματικό μέγεθος τους μπορεί να εκτιμηθεί μόνο κατά την φάση εκτέλεσης των εργασιών αποκατάστασης και την καθαίρεση των επιστρώσεων της χερσαίας ζώνης.

Σε αρκετά σημεία του τοίχου φαίνεται να μην υπάρχουν - στην παρούσα φάση τουλάχιστον - τμήματα τ.ο. που αρχικά ρηγματώθηκαν και κατέπεσαν στην συνέχεια στο πυθμένα της θάλασσας. Οι «οπές» που έχουν διαμορφωθεί έχουν σε ορισμένα ενοποιηθεί με τις υποσκαφές υποδηλώνοντας μεγάλη απώλεια υλικού. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε μία τουλάχιστον περίπτωση ο δύτης κατέγραψε βάθος σπηλαιώσης που υπερέβαινε το 1,50μ.

Οι απώλειες των υλικών όπισθεν των τοίχων εκτιμάται ότι θα είναι μεγάλες. Το μέγεθος τους είναι δυνατόν να εκτιμηθεί μόνο κατά την φάση εκτέλεσης των εργασιών αποκατάστασης.

Η κατάρρευση του πρώτου τμήματος οφείλεται τόσο στις δημιουργηθείσες υποσκαφές όσο και στις σπηλαιώσεις όπισθεν του τοίχου. Το συγκεκριμένο σημείο αποτελεί σημείο συναρμογή του ακρομωλίου με το παλαιό κρηπίδωμα του προσήνεμου μώλου, που έτσι κι αλλιώς είναι ευπαθές σημείο για μία κατασκευή, πολύ δε περισσότερο για την συγκεκριμένη περίπτωση που η κατασκευή είναι πάρα πολύ παλιά και πέραν της τεχνικής η πάροδος των ετών το έχει επηρεάσει.

Η κατάσταση της κατασκευής στο πρώτο αυτό τμήμα θεωρείται ιδιαίτερα σοβαρή και ενδέχεται σύντομα να υπάρξει και νέα κατάρρευση τμήματος του έργου. Ήδη σε ορισμένα σημεία ο προφυλακτήριος τοίχος έχει λάβει έντονη κλίση και παράλληλα έχουν δημιουργηθεί έντονες και διαμπερείς κατακόρυφες ρωγμές. Οι ρωγμές είναι αποτέλεσμα της ανομοιομορφης απώλειας στήριξης του τοίχου (των τ.ο.) και των αντίστοιχων διαφορικών καθιζήσεων των επιμέρους τμημάτων του.

Αντίθετα στο νότιο τμήμα του ακρομωλίου δεν εμφανίζονται σημαντικές τουλάχιστον υποσκαφές, καθώς δεν προσβάλλεται - στον ίδιο βαθμό τουλάχιστον με το δυτικό και το βόρειο αντίστοιχα - ενώ και η στάθμη έδρασης των στηλών είναι σε σημαντικά μεγαλύτερο βάθος. Δηλαδή η κατασκευή στο τμήμα αυτό δεν αντιμετωπίζει προβλήματα από τα αναπτυσσόμενα υδροδυναμικά φορτία.

Στη συνέχεια του παρόντος τεύχους παρουσιάζονται χαρακτηριστικές φωτογραφίες στις οποίες αποτυπώνονται τα παραπάνω προβλήματα.

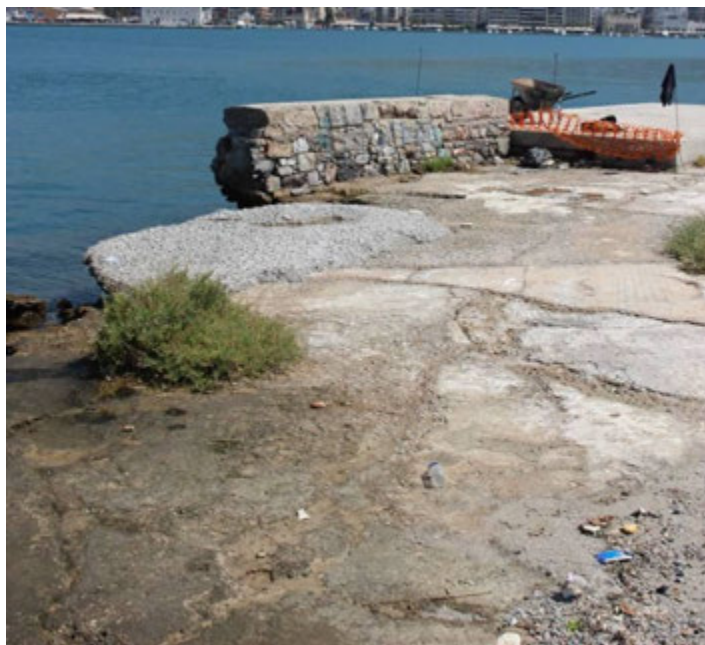
Παρ' ότι στην προσήνεμη πλευρά του έργου δεν εμφανίζονται σημαντικά τουλάχιστον προβλήματα υποσκαφών των υπάρχουσών στηλών, εντοπίστηκαν έντονα προβλήματα υποχωρήσεων στις επιστρώσεις της χερσαίας ζώνης οι οποίες οφείλονται σε κάθε περίπτωση σε σπηλαιώσεις, λόγω απώλειας του υποκείμενου αυτών υλικού. Η κύρια αιτία της διάβρωσης στην περίπτωση αυτή είναι οι εξαιρετικά διευρυμένοι κατακόρυφοι αρμοί μεταξύ των στηλών, οι οποίοι εμφανίζονται με κυμαινόμενο πλάτος που κυμαίνεται μεταξύ 10 και 30εκ. Στην περίπτωση αυτή η κυματική ενέργεια διέρχεται δια μέσου των αρμών στον κορμό του έργου ξεπλένοντας κυρίως το λεπτόκοκκο υλικό όπισθεν των στηλών του τοίχου. Η έκταση του φαινομένου και στην περίπτωση αυτή δεν είναι δυνατόν να εκτιμηθεί στην παρούσα φάση, παρά μόνο με την άρση – καθαίρεση των επιστρώσεων των σκυροδεμάτων, επί τόπου του έργου στην φάση της υλοποίησης των εργασιών αποκατάστασης. Θεωρείται όμως ότι οι απώλειες υλικού που θα προκύψουν θα είναι ιδιαίτερα μεγάλες και πιθανότερα μεγαλύτερες από αυτές των προηγούμενων τμημάτων του έργου. Το πρόβλημα των διευρυμένων αρμών συνεχίζεται και στο τελευταίο τμήμα του μώλου (ΔΕ- βλ. σχ. Μ 63-07/16-ΟΜ-004 «ΟΨΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ – ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΡΜΩΝ ΠΡΟΦΥΛΑΚΤΗΡΙΟΥ ΤΟΙΧΙΟΥ», με τα ίδια ή και μεγαλύτερα εύρη και αντίστοιχες υποχωρήσεις στις επιστρώσεις της χερσαίας ζώνης.

2.2. Παρουσίαση Αποτελεσμάτων Υποθαλάσσιας Αυτοψίας – Φωτογραφική Παρουσίαση

Στο παρόν γίνεται συνοπτική παρουσίαση της υποθαλάσσιας αυτοψίας που διεξήχθη στις 22/07/2016.

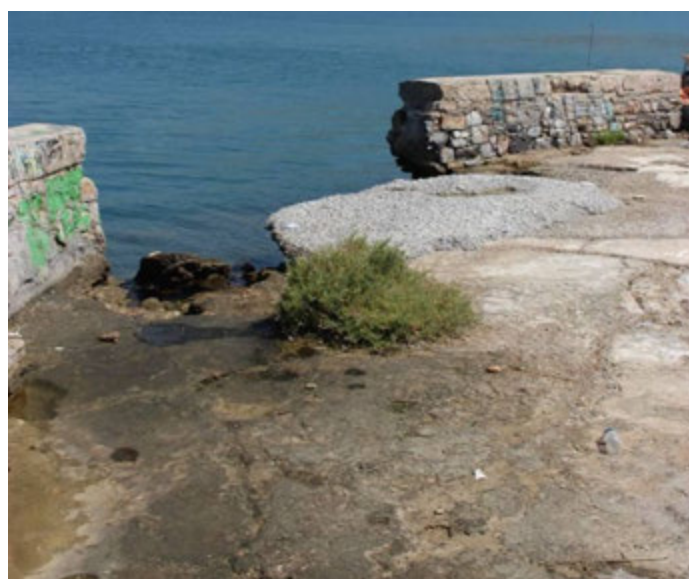
Η υποθαλάσσια αυτοψία ξεκίνησε από το σημείο συναρμογής του κρηπιδώματος του προσήνεμου μώλου με τον προφυλακτήριο τοίχο. Το σημείο βρίσκεται στην υπήνεμη πλευρά του ακρομωλίου εγγύς του σημείου που παρατηρήθηκε η πρόσφατη κατάρρευση του τοίχου.

Για την οριζοντιογραφική αποτύπωση τοποθετήθηκαν πασσαλάκια επί της υφιστάμενης «παγκίνας» του πρίσματος θεμελίωσης, σε απόσταση περίπου 2,0μ. από το υφιστάμενο μέτωπο του τοίχου.

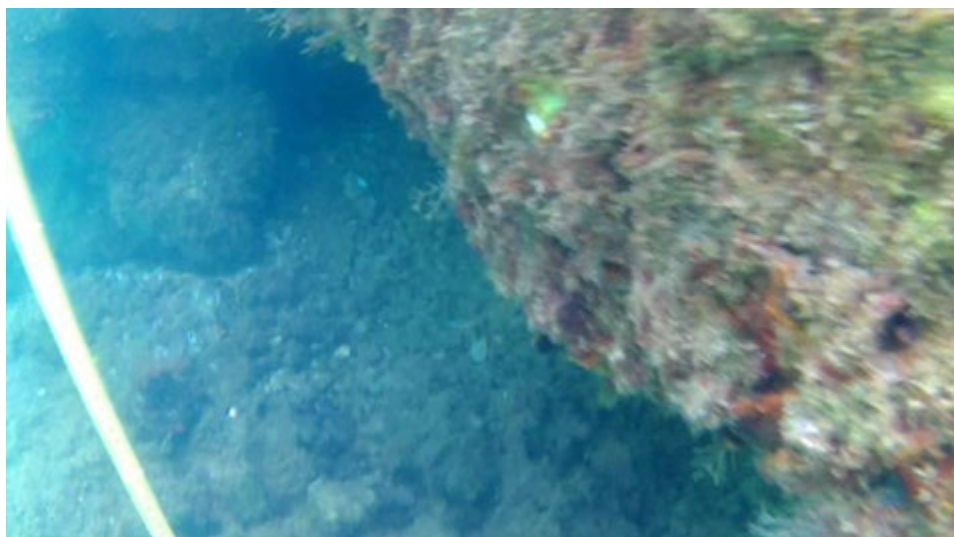


Φωτ. 2-1 Άποψη του καταρρεύσαντος τμήματος του λιθόκτιστου τοιχίου

Στην ανωτέρω φωτογραφία διακρίνεται επίσης η ανωδομή του προσήνεμου μώλου που καταλήγει μέχρι το σημείο εκκίνησης του τοιχίου, οι έντονες ρηγματώσεις στις επιστρώσεις της χερσαίας ζώνης, όπως και σχετικά πρόσφατα σκυροδέματα, τα οποία έχουν διαστρωθεί ώστε να συμπληρωθούν σημεία – επιφάνειες που είχαν αρχίσει να υποχωρούν έντονα (προ της κατάρρευσης).



Φωτ. 2-2 Άποψη του καταρρεύσαντος τμήματος του λιθόκτιστου τοιχίου.



Φωτ. 2-3 Άποψη υποσκαφής στο 1^ο τμήμα από αρχής

Η φωτογραφία παρουσιάζει το πρώτο τμήμα του ακρομωλίου και συγκεκριμένα αυτό προ του σημείου κατάρρευσης του τοίχου. Όπως αναφέρθηκε σε αυτό το μικρό τμήμα ο τοίχος δεν εδράζεται επί τ.ο. αλλά σε κάποια μορφής λιθόδεμα, το οποίο «ξεενερίζει» περίπου στα +0,15-+0,20μ. από την Σ.Η. Η έδραση του τοίχου βρίσκεται στην στάθμη -1,0μ. (περίπου). Η εν λόγω διαμόρφωση φαίνεται να έχει δομηθεί σε όλο το ύψος της από μικρούς ορθογωνικούς λίθους, οι οποίοι φέρουν κάποιας μορφής συνδετικό κονίαμα. όπως και στα υπόλοιπα τμήματα του έργου οι λίθοι εδράζονται επί του υποκείμενου πρίσματος θεμελίωσης. Στο τμήμα αυτό εμφανίζεται υποσκαφή – σπηλαίωση των λίθων που αποτελούν την έδραση του λιθόκτιστου περιμετρικού τοιχίου. Σύμφωνα με το δύτη οι διαστάσεις της σπηλαίωσης είναι: 0,80μ. (βάθος) x 0,70μ. (ύψος) x 1,50μ. (πλάτος). Από την διάσταση του βάθους της φαίνεται ότι έχουν αποκολληθεί οι πρώτες δύο σειρές των λίθων που συνιστούν την υποδομή έδρασης του τοιχίου.

Στην συνέχεια και σε απόσταση 5,0μ. περίπου από αρχής (μετρούμενη απόσταση επί της παγκίνας) συναντάται το καταρρεύσαν τμήμα του λιθόκτιστου τοιχίου. Το τμήμα αυτό είναι στην ουσία το πρώτο στο οποίο η υποδομή θεμελίωσης του τοίχου γίνεται επί μίας σειράς τ.ο.



Φωτ. 2-4 Υποθαλάσσια άποψη των τεχνητών ογκολίθων του καταρρεύσαντος τμήματος

Στην ανωτέρω φωτογραφία διακρίνονται οι τ.ο., η ορθογωνική τους μορφή και οι σαμπανιάστρες που είχαν χρησιμοποιηθεί για την ανάρτησή τους.

Η έδραση των τ.ο. προβλέπονταν αντίστοιχα επί του υφιστάμενου πρίσματος λιθορριπών σε στάθμες που κυμαίνονται μεταξύ 1,40μ. και 1,45μ. από την Σ.Η. της θάλασσας. Το εύρος της «παγκίνας» εμπροσθεν του παλαιού μετώπου είναι της τάξης των 2,0μ.

Στην συνέχεια του καταρρεύσαντος τμήματος η δόμηση του τοίχου εξακολουθεί ίδια, δηλαδή με μονή στήλη τεχνητού ογκολίθου, η έδραση της οποίας βρίσκεται στα -1,40μ. ÷ -1,45μ. Σημειώνεται ότι στα 2,0μ. από το σημείο κατάρρευσης ο τοίχος εμφανίζει μεγάλη διαμπερή και διευρυμένη ρωγμή, ενώ έχει λάβει πολύ έντονη κλίση προς την πλευρά της θάλασσας. Το τμήμα αυτό πρόκειται σύντομα να καταπέσει, καθώς έχει απολεσθεί η έδραση της υποκείμενης στήλης, παρ' ότι δεν αποτυπώθηκε στην αυτοψία λόγω της μεγάλης κλίσης του τοιχίου.



Φωτ. 2-5 Τμήμα τοιχίου υπό κατάρρευση

Τα ανωτέρω ευρήματα παρουσιάζονται στο Μ 63-07/16-ΟΜ-002 «ΟΨΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ – ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΡΜΩΝ». Οι αποστάσεις από αρχής έχουν μετρηθεί κατά την εκτέλεση της αυτοψίας επί της περιμετρικής παγκίνας, σε απόσταση 2,0μ. από το υφιστάμενο μέτωπο του τοίχου. Στα σχέδια της μελέτης οι αποστάσεις αυτές έχουν μεταφερθεί στο μέτωπο του τοίχου. Πιθανές μικροαποκλίσεις λόγω τοπογραφικής και βυθομετρικής αποτύπωσης ενδέχεται να εμφανιστούν κατά την φάση κατασκευής, οι οποίες δεν είναι κρίσιμες τόσο για την εκτίμηση των ζημιών και των αιτιών τους όσο και στην εκτίμηση των ποσοτήτων των υλικών των εργασιών αποκατάστασης.

Αμέσως στην συνέχεια και έως τα 15,80μ. από αρχής η διατομή διατηρεί την ίδια διαμόρφωση, δηλαδή συνίσταται από μονή στήλη τ.ο. που εδράζονται στα -1,40μ. ÷ -1,45μ. Στην έδραση του τοίχου εντοπίστηκαν σημαντικές απώλειες υλικού, παρ' ότι δεν είναι άμεσα εμφανείς λόγω ατάκτων λίθων που εντοπίζονται εμπροσθεν του μετώπου (πιθανώς έχουν μετακινηθεί από τα αναπτυσσόμενα φορτία). Οι υποσκαφές εμφανίζονται με σημαντικά βάθη που υπερβαίνουν το 0,50μ. Λόγω της έντονης διαφορικότητας που καταγράφηκε στην έδραση του τοίχου και κατ'

επέκταση των στηλών (σημειακά εμφανίζονται σημεία στήριξης των στηλών) στην υπερδομή του τοίχου (στο λιθόκτιστο δηλαδή τμήμα του) εμφανίζεται σημαντική διαμπερής ρωγμή.

Στο πέρας του υποτημήματος αυτού και συγκεκριμένα στα 15,80μ. συναντάται σημαντική σπηλαίωση και υποσκαφή στην έδραση των τ.ο. του τοίχου. Οι διαστάσεις της όπως καταγράφηκαν από τον δότη είναι: 0,40μ. (ύψος) x 0,70μ. (πλάτος) x 1,60μ. (βάθος). Το βάθος της στήλης στο σημείο αυτό -1,43μ. από την Σ.Η της θάλασσας.

Η παγκίνα των λιθορριπών σε όλο αυτό το τμήμα είναι περίπου σταθερή με πλάτος έμπροσθεν του μετώπου περί τα 2,0μ. Σε απόσταση 1,0μ. από το μέτωπο η στάθμη στέψης της είναι περίπου σταθερή κυμαινόμενη μεταξύ 1,40 και 1,45μ. από την Σ.Η. Από το σημείο αυτό και μέχρι το φρύδι της διαμόρφωσής της (στα 2,0μ. από το μέτωπο) αρχίζει να παίρνει κλίση και μετά από τα 2,0μ. το πρανές «πέφτει» απότομα σχετικά μέχρι τον πυθμένα της θάλασσας. Παρ' ότι δεν λήφθηκαν διατομές κατά την περίμετρο του έργου - για την πλήρη αποτύπωση του πρανούς - από τα διαθέσιμα στοιχεία (ναυτικοί χάρτες) αλλά και από την λήψη δύο διατομών του προκύπτει ότι είναι 3:2 (οριζόντια: κατακόρυφα).

Οι λίθοι που συνιστούν το πρίσμα των λιθορριπών είναι γενικά μικρής διαβάθμισης και κυμαίνονται μεταξύ 30 και 50χγρ. όπως δε αναφέρεται και στην συνέχεια του τεύχους, η διαβάθμιση αυτή δεν είναι επαρκής έναντι των αναπτυσσόμενων υδροδυναμικών φορτίων. Ιδιαίτερα για το πρώτο αυτό τμήμα που η στάθμη έδρασης βρίσκεται ψηλά και η επιρροή των υδροδυναμικών φορτίων των πλοίων είναι μεγάλη.

Όπως αναφέρθηκε στην παρ. 2.1 στο ίδιο τμήμα εμφανίζεται ένα ακόμη σημαντικό πρόβλημα, το οποίο εντοπίστηκε επιβεβαιώνοντας τις εκτιμήσεις για την κατάσταση του έργου, ενώ παράλληλα επιτείνει και το γενικότερο πρόβλημα των πρώτων τμημάτων του περιμετρικού τοίχου. Το πρόβλημα στις υποχωρήσεις των επιστρώσεων της χερσαίας ζώνης και συγκεκριμένα στις κλίσεις που έχουν λάβει προς την πλευρά της θάλασσας. Ιδιαίτερα έντονη είναι η συνεχής ρωγμή που ξεκινά από την ανωδομή του κρηπιδώματος του προσήνεμου μώλου και καταλήγει μετά το σημείο που παρατηρήθηκε η σημαντική σπηλαίωση (περίπου στα 27,0-28,0μ. αμέσως προ του φάρου). Η ρωγμή αυτή διασχίζει όλο το χερσαίο χώρο, αντίθετα με τις υπόλοιπες που εμφανίζονται σε διάφορα σημεία των επιστρώσεων, διατηρώντας την συνέχεια και καταλήγοντας στον προφυλακτήριο τοίχο σε θέση σημαντικής αντίστοιχα κατακόρυφης ρωγμής. Το τμήμα αυτό του ακρομωλίου είναι από τα πλέον προβληματικά και θεωρείται ότι πέραν των επικίνδυνων για τον τοίχο υποσκαφών υφίστανται και σημαντικές σπηλαιώσεις υπό των επιστρώσεων της χερσαίας ζώνης. Το μέγεθος της απώλειας των υλικών θα διαπιστωθεί μόνο μετά την καθαίρεση των επιστρώσεων της χερσαίας ζώνης.



Φωτ. 2-6 Συνεχής ρωγμή επί των χερσαίων χώρων



Φωτ. 2-7 Συνεχής ρωγμή επί των χερσαίων χώρων που καταλήγει στο τοίχιο

Η ρωγμή ξεκινά από την ανωδομή του προσήνεμου μώλου και καταλήγει στο προφυλακτήριο τοίχιο, λίγο πριν από τον φάρο. Στο τελευταίο της τμήμα γίνεται παράλληλη προς τον τοίχο, δείγμα της σταδιακής απώλειας στήριξης και των παρακείμενων τμημάτων.

Σε συνέχεια της παρουσίασης των αποτελεσμάτων της υποθαλάσσιας αυτοψίας έμπροσθεν του μετώπου του τοίχου ακολουθεί το υποτμήμα που εκτείνεται μεταξύ των 15,80μ. και 23,40μ. Τα προβλήματα είναι αντίστοιχα όσον αφορά τις υποσκαφές στην έδραση του τοίχου. Συγκεκριμένα εντοπίζεται συνεχής υποσκαφή, κυμαινόμενου ύψους 30 έως 40εκ., η οποία από εμπρός δεν είναι απόλυτα διακριτή λόγω των ατάκτων ερριμένων λίθων επί της παγκίνας του πρίσματος έδρασης. Στα πέρας του υποτμήματος εμφανίζεται νέα μεγάλη σπηλαιώση με διαστάσεις 0,50μ. (ύψος) x 2,0μ. (πλάτος) x 1,40μ. (βάθος). Η παγκίνα δεν εμφανίζει σημαντική διαφοροποίηση στο πλάτος της.

Το επόμενο υποτμήμα φτάνει μέχρι και τα 29,20μ. από αρχής στην περιοχή όπου έχει κατασκευαστεί και τοποθετηθεί το βάθρο του φανού του ακροωλίου. Η υποσκαφή υπό του τοίχου

δεν διαφοροποιείται επί της ουσίας, δηλαδή παραμένει συνεχής και τοπικά εμφανίζει ύψος άνω του 0,50μ. Η παγκίνα εμφανίζει σημαντική μείωση στο πλάτος της, το οποίο διαμορφώνεται της τάξης του 1,0μ. Συγκεκριμένα από την καταγραφή του δύτη προκύπτει ότι στα 80εκ. από το μέτωπο το βάθος είναι στα 1,30μ. (πιθανώς προεξέχον λίθος), στο 1,0μ. γίνεται 2,0μ. και στα 3,0μ. γίνεται 3,0μ., έχοντας λάβει πλέον την γενική κλίση του πρανούς των λιθορριπών. Οι αναφορές στον χερσαίο χώρο και των δύο υποτμημάτων έχουν ήδη παρουσιασθεί ανωτέρω.

Το επόμενο υποτμήμα φτάνει μέχρι και τα 32,50μ. από αρχής, λίγο μετά το πέρας του βάθρου του φάρου. Τα ευρήματα που αφορούν στην υποσκαφή του τοίχου παραμένουν πρακτικά τα ίδια. Δηλαδή συνεχής υποσκαφή κυμαινόμενου ύψους 30-50εκ. Η υποσκαφή είναι συνεχής με τους λίθους έμπροσθεν του μετώπου να έχουν απομακρυνθεί πλήρως. Είναι δηλαδή πολύ περισσότερο εμφανής σε σχέση με τα προηγούμενα τμήματα. Η παγκίνα έμπροσθεν του τοιχείου συνεχίζει να εμφανίζει μικρότερο πλάτος (της τάξης του 1,0μ.) και μακροσκοπικά πιο απότομες κλίσεις πρανούς.

Ο προφυλακτήριος τοίχος δεν εμφανίζει αντίστοιχα κατακόρυφες ρωγμές, παρά μόνο οριζόντιες, οι οποίες μπορεί να είναι είτε αποτέλεσμα των παρακείμενων υποχωρήσεων είτε και λόγω της φθοράς του τοιχείου από το θαλάσσιο περιβάλλον (και της ηλικίας του). Σε κάθε όμως περίπτωση το σημείο αυτό θεωρείται αντίστοιχα πολύ επιβαρυνόμενο κυρίως λόγω της καμπύλης διαμόρφωσής του και του σημείου που βρίσκεται (υπόκειται τόσο στην κυματική δράση όσο και στα υδροδυναμικά φορτία των πλοίων). Οι υποσκαφές που είναι συνεχείς εμφανίζονται με μεγαλύτερο βάθος συγκριτικά με τα προηγούμενα τμήματα. Το μειωμένο πλάτος της παγκίνας, που θα πρέπει να ενισχυθεί, επιβεβαιώνει τα ανωτέρω. Τέλος, η παρουσία του φάρου λόγω του βάρους του, δημιουργεί πρόσθετο φορτίο που μπορεί να ενεργοποιήσει διεγερμένες επιφάνειες ολίσθησης και κατάρρευσης, καθιστώντας τόσο το παρόν όσο και το προηγούμενο υποτμήμα ιδιαίτερα επικίνδυνα όσον αφορά την πιθανότητα κατάρρευσης του τοίχου. Στο τμήμα αυτό δεν διακρίνονται ρηγματώσεις στις επιστρώσεις της χερσαίας ζώνης, αν και σημαντικό τους τμήμα καλύπτεται από αμμοχάλικα που έχουν διαστρωθεί κατά το παρελθόν.

Πέραν όμως των ανωτέρω η περιοχή στην οποία έχει τοποθετηθεί ο φάρος θεωρείται ιδιαίτερα επικίνδυνη, καθώς έχει ήδη εντοπισθεί μία ακόμη μετακίνηση που υποδηλώνει την σοβαρότητα της σημερινής κατάστασης. Συγκεκριμένα στο σημείο αμέσως έμπροσθεν του βάθρου του παρατηρείται ότι ο τοίχος εμφανίζει δύο διαμπερείς κατακόρυφες ρωγμές, με τον ενδιάμεσο μεταξύ τους τμήμα του τοίχου να έχει πλέον μετακινηθεί προς την πλευρά της θάλασσας. Από την επί τόπου αυτοψία (ακολουθεί σχετική φωτογραφία) η εκτίμηση που γίνεται είναι ότι το βάθρο του φάρου έχει μετακινηθεί προς την θάλασσα και ωθώντας τον τοίχο έχει προκαλέσει την ρηγματώση και παράλληλα τη μετακίνηση του λιθόκτιστου τμήματος του. Η μετακίνηση του βάθρου έχει συμβεί εξαιτίας της απώλειας των υλικών υπό της έδρασης του τοίχου ή και από πιθανές σπληαιώσεις που σήμερα δεν είναι δυνατόν να εντοπισθούν οι οποίες εκτείνονται και υπό του βάθρου. Αποτέλεσμα της απώλειας υλικού ήταν η υποχώρηση των επιστρώσεων και κατ' επέκταση η μετακίνηση του βάθρου προς τον τοίχο, ο οποίος ρηγματώθηκε και μετακινήθηκε στο συγκεκριμένο τμήμα προς την θάλασσα. Η κατάσταση παρουσιάζεται στην επόμενη φωτογραφία.



Φωτ. 2-8 Τμήμα τοίχου που έχει αποκολληθεί έμπροσθεν του φάρου

Γενικότερα το τμήμα περί τον φανό αλλά και σε όλη το καμπύλο νότιο περίγραμμα του ακρομωλίου που εντοπίζεται το μειωμένο πλάτος της παγκίνας, θεωρείται ιδιαίτερα επικίνδυνο που χρήζει άμεσης αποκατάστασης.

Το τελευταίο υποτμήμα της διαμόρφωσης του τοίχου με μονή στήλη εκτείνεται μέχρι το σημείο 37,25μ. από αρχής. η υποσκαφή στο υποτμήμα αυτό σταματά σταδιακά μέχρι το πέρας του. Αμέσως μετά τα 37,25μ. ο τοίχος εμφανίζει «σκαλοπάτι», λόγω της διαμόρφωσης της στήλης με δύο τ.ο. και έδραση στα -4,0μ. περίπου. Το άνω της στάθμης της θάλασσας τμήμα του τοίχου δεν εμφανίζει σοβαρά προβλήματα.

Όπως αναφέρθηκε και στην παρ. 2.1 παρ' ότι η έδραση του επόμενου τμήματος βρίσκεται στα -4,0μ. περίπου, ο δύτης κατέγραψε σε ορισμένα σημεία και κάτω από την εν λόγω στάθμη τ.ο. ή μικρά τεμάχια σκυροδέματος, τα οποία προσπάθησε να αποκαλύψει σκάβοντας με τον εξοπλισμό χειρός του. Δεν μπόρεσε όμως να φτάσει σε ικανό βάθος ώστε να διαπιστώσει εάν έχει τοποθετηθεί ένας ακόμη τ.ο. ή πρόκειται για μικρή σφήνα που χρησιμοποιήθηκε για φέρει στην ίδια στάθμη την έδραση των υπερκειμένων τ.ο. Άνω της στήλης έχει κατασκευαστεί επιπεδωτική στρώση («φιλέτο») από σκυρόδεμα, περίπου 40εκ., επί της οποίας εδράζεται το λιθόδμητο τοίχιο. Η διαμόρφωση είναι αντίστοιχη με αυτήν των προηγούμενων τμημάτων του ακρομωλίου.

Στο τμήμα αυτό, μέχρι και το σημείο Δ σε απόσταση 61,0μ. περίπου από αρχής δεν εντοπίστηκαν σημάδια υποσκαφής στην έδραση των στηλών, το πιθανότερο για τους λόγους που αναφέρθηκαν σε προηγούμενες παραγράφους.

Πλην των δύο πρώτων στηλών στο τμήμα αυτό εντοπίστηκαν μεγάλου εύρους αρμοί μεταξύ των στηλών, το πλάτος των οποίων κυμαίνεται μεταξύ 15 έως 30εκ. Οι αρμοί είναι ιδιαίτερα μεγάλοι και οδήγησαν σε σταδιακή έκπλυση του όπισθεν του τοίχου λιθόρριπτου υλικού. Οι εκτιμώμενες

απώλειες του υλικού είναι σε κάθε περίπτωση μεγάλες καθώς ο δύτης σε αρκετές θέσεις αρμών δεν εντόπισε υλικό όπισθεν της στήλης. Η απώλεια του υλικού έχει οδηγήσει σε σημαντικές υποχωρήσεις στις επιστρώσεις της χερσαίας ζώνης. Χαρακτηριστικό των απωλειών αυτών είναι η εμφάνιση σημαντικής κατακόρυφης και διαμπερούς ρωγμής στα 43,50μ. περίπου από αρχής. Στο συγκεκριμένο σημείο εντοπίστηκε αρμός μεταξύ των στηλών, εύρους περίπου 30εκ. Αντίστοιχα ο δύτης κατέγραψε απουσία υλικού όπισθεν των τ.ο. σε βάθος μεγαλύτερο των 3,0μ.



Φωτ. 2-9 Κατακόρυφη ρωγμή στο προφυλακτήριο τοιχίο, στην θέση 45μ. από αρχής (περίπου)

Στο πέρας του τμήματος (σημείο Δ) και συγκεκριμένα στην γωνία του κρηπιδοτοίχου, η στήλη εμφανίζει σημαντική αποκόλληση τμήματος τεχνητού ογκολίθου, πιθανώς από χτύπημα ή χτυπήματα σκαφών. Οι διαστάσεις της αποκόλλησης, που συναντάται στο άνω τ.ο. της στήλης, είναι 1,90μ. (ύψος) x 2,40μ. (πλάτος) x 0,80μ. (βάθος). Στο ίδιο σημείο επίσης εμφανίζεται σημαντική αποκόλληση και απουσία μέρους του έξαλου τμήματος του τοιχείου.



Φωτ. 2-10 Ακραίος τ.ο. στην γωνιακή στήλη, σε απόσταση 61,0μ. από αρχής (σημείο Δ)

Στην ίδια θέση ο αρμός μεταξύ των τ.ο. (της γωνιακής και της προηγούμενης στήλης) είναι επίσης 30εκ. και αντίστοιχα δεν υπάρχει υλικό όπισθεν των στηλών. Γενικά πρόκειται για επιβαρυνμένο σημείο του έργου που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής.

Σημειώνεται τέλος ότι το έξαλο τμήμα του λιθοκτιστου τοιχείου διαφοροποιείται, καθώς η δόμηση του τοίχου έχει γίνει με χρήση ευμεγεθών ορθογωνισμένων λίθων, όπως φαίνεται στην φωτογραφία που ακολουθεί:



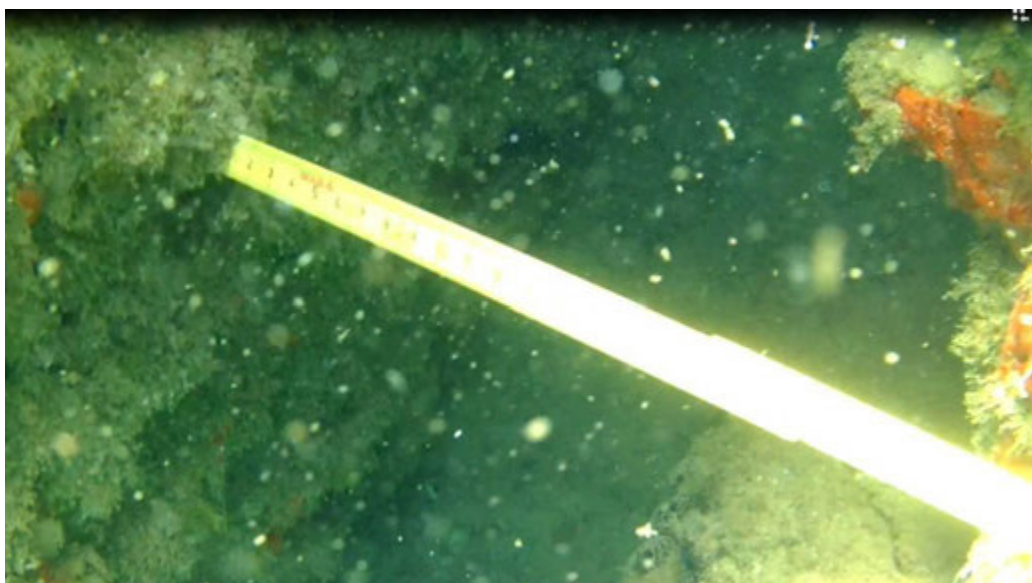
Φωτ. 2-11 Διαμπερής ρωγμή αμέσως προ της γωνιακής στήλης – άποψη της δόμησης του λιθόδομητου τοιχείου στο σημείο Δ

Διακρίνεται ότι η ρωγμή εμφανίζεται στην θέση του κατακόρυφου αρμού των στηλών και συνεχίζεται με σταθερή κλίση περίπου 45° προς τα επάνω.

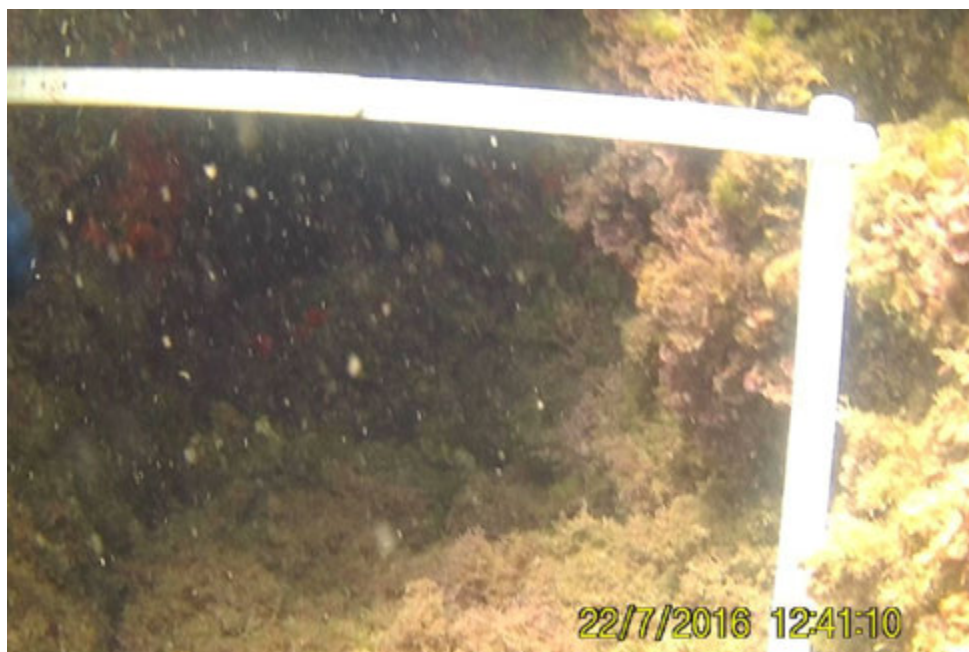
Η αποκόλληση του γωνιακού τ.ο. εμφανίζεται και στην ανατολική πλευρά της στήλης, μετά την γωνία, ενώ ακριβώς πάνω από την γωνία συναντάται κατακόρυφος διαμπερής αρμός και στο προφυλακτήριο τοιχίο.

Το τελευταίο τμήμα του ακροωλίου εκτείνεται μετά το σημείο Δ ευθύγραμμα μέχρι και το σημείο συναρμογής του ακροωλίου με τον προσήνεμο μώλο (σημείο Ε). Το μήκος του τμήματος αυτού είναι περίπου 16,30μ. Η δόμηση του είναι αντιστοιχεί με αυτήν του προηγούμενου τμήματος, δηλαδή διπλή στήλη με έδραση στα -4,0μ. περίπου. Διαφοροποίηση παρατηρείται όσον αφορά την προστασία του πρίσματος θεμελίωσης. Συγκεκριμένα έμπροσθεν της υφιστάμενης έχουν ατάκτως τοποθετηθεί ευμεγέθεις λίθοι οι οποίοι σταδιακά προς το σημείο Ε εκτείνονται άνωθεν της στάθμης έδρασης των στηλών. Η διαμόρφωση αυτή έχει λάβει χώρα επειδή το συγκεκριμένο σημείο ευνοεί την συγκέντρωση της κυματικής ενέργειας, με αποτέλεσμα να κρίθηκε αναγκαία η πρόσθετη διαμόρφωση στρώσης προστασίας για την αποφυγή πιθανών υποσκαφών και αποδόμησης του πρίσματος θεμελίωσης. Από την υποθαλάσσια αυτοψία προέκυψε ότι πρόκειται για λίθους ατομικού βάρους περί των 500χγρ.

Όσον αφορά τους κατακόρυφους αρμούς μεταξύ των στηλών αυτοί παραμένουν ιδιαίτερα ευρείς, με πλάτη που φτάνουν και τα 40εκ. Ειδικότερα ο πρώτος αρμός που συναντάται μετά από το σημείο Δ έχει εύρος που κυμαίνεται μεταξύ 22-28εκ. (διακύμανση καθ' ύψος). Αντίστοιχου και λίγου μεγαλύτερου εύρος είναι ο επόμενος αρμός. Οι υπόλοιποι αρμοί, εμφανίζονται ιδιαίτερα μεγάλοι φτάνοντας τα 40εκ. στις δύο τελευταίες στήλες.



Φωτ. 2-12 Αρμός μεταξύ 1^{ης} και 2^{ης} στήλης στο τελευταίο τμήμα, εύρους 28εκ.ατ.



Φωτ. 2-13 Αρμός προ της συναρμογής με τον προσήνεμο μώλο, μεγέθους 37εκ.ατ.

Και στο τμήμα αυτό συναντώνται διαμπερείς κατακόρυφες ρωγμές, με την πιο χαρακτηριστική λίγο προς τον πέρατος του. Σημαντική ρωγμή εμφανίζεται και στην γωνία με τον προσήνεμο μώλο.



Φωτ. 2-14 Διαμπερείς κατακόρυφες ρωγμές στο προφυλακτήριο τοίχιο.

Από τα ανωτέρω στοιχεία προκύπτει ότι όλο το τμήμα που διαμορφώνεται από διπλές στήλες τ.ο. εμφανίζει σημαντικές σπηλαιώσεις όπισθεν των στηλών των τ.ο., οι οποίες οφείλονται όχι σε υποσκαφές, όπως στα προηγούμενα τμήματα που εξετάστηκαν, αλλά σε κατασκευαστική κακοτεχνία λόγω της εσφαλμένης τοποθέτησης των τ.ο. των στηλών. Το πρόβλημα αυτό είναι ιδιαίτερα έντονο καθώς έχουν εμφανιστεί σημαντικές υποχωρήσεις στον χερσαίο χώρο του ακρομωλίου. Σημαντικό τμήμα της χερσαίας ζώνης όπισθεν των τοίχων του ακρομωλίου καλύπτεται σήμερα με αμμοχάλικο, όπως παρουσιάζεται στις επόμενες φωτογραφίες.



Φωτ. 2-15 Διαστρωθέν αμμοχάλικο στην χερσαία ζώνη του ακρομωλίου



Φωτ. 2-16 Ρηγματωμένες επιστρώσεις προς την περιοχή συναρμογής με προσήνεμο μώλο.

Διακρίνονται τέλος και οι φθορές λόγω παλαιότητας του προφυλακτήριου τοιχίου, κατάσταση που εντοπίζεται σε αρκετά σημεία του τοίχου κατά μήκος της περιμέτρου του ακρομωλίου.

3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΓΟΥ

3.1. Γενικές εκτιμήσεις – θεώρηση για την κατάσταση της κατασκευής

Το λιμάνι του Βόλου βρίσκεται στο βόρειο μυχό του Παγασητικού κόλπου. Λόγω της θέσης του δεν προσβάλλεται από κυματικά φαινόμενα μεγάλης έντασης. Για την προστασία του λιμένα από τους κυματισμούς κατασκευάστηκε κυματοθραύστης μήκους 1χλμ περίπου με σχετικά χαμηλή στέψη.



Εικόνα 3-1 Αεροφωτογραφία του λιμένα του Βόλου (Πηγή: Google Earth)

Όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα, ο προσανατολισμός του όρμου είναι ΝΔ-ΒΑ και προσβάλλεται κυρίως από τους προωθούμενους κυματισμούς του ευρύτερου Νότιου και Νοτιοανατολικού τομέα.

3.2. Ανεμολογικά στοιχεία

Το ανεμολογικό καθεστώς της περιοχής μελέτης είναι αναγκαίο για την πρόγνωση του κυματικού κλίματος, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν αξιόπιστες τουλάχιστον μετρήσεις κυμάτων στον Ελλαδικό χώρο. Τα ανεμολογικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από τον μετεωρολογικό σταθμό της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ) στην Ν. Αγχιάλο, που είναι ένας από τους πιο κοντινούς στην περιοχή του έργου, διαθέσιμους Σταθμούς της.

Πιο αναλυτικά, τα ανεμολογικά στοιχεία του Μ.Σ. της Ν. Αγχιάλου αφορούν σε μετρήσεις της περιόδου, από το 1986 έως το 2001. Οι ετήσιες συχνότητες των ανεμολογικών στοιχείων παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

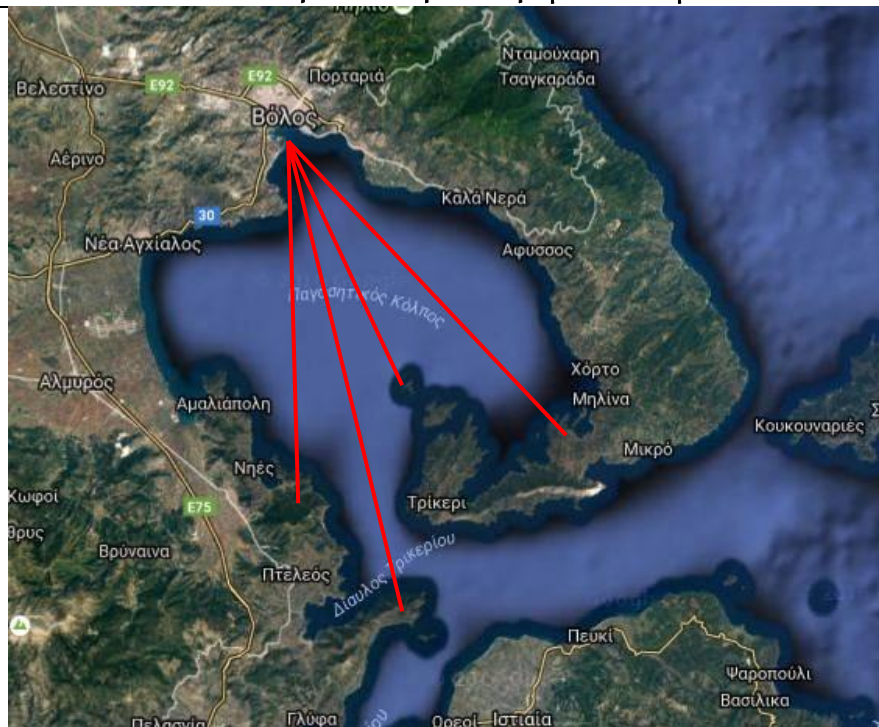
Ένταση (Bf)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Άθροισμα
0									33.396
1	0.482	0.208	0.844	0.384	0.274	0.164	1.359	0.636	4.351
2	2.542	1.523	5.676	2.378	0.844	0.997	5.873	5.709	25.542
3	1.742	1.381	7.429	2.728	0.394	0.384	4.241	4.284	22.583
4	0.636	0.745	4.274	1.698	0.121	0.153	1.907	1.545	11.079
5	0.121	0.121	0.701	0.307	0.055	0.077	0.515	0.296	2.193
6	0.011	0.066	0.175	0.077	0.011	0.022	0.164	0.077	0.603
7	0.011	0.011	0.055	0.011	0.011	0.011	0.033	0.011	0.154
8	0.011	0.011	0.022	0.011	0.011	0.000	0.011	0.011	0.088
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.011
≥11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Άθρ.	5.556	4.066	19.176	7.594	1.721	1.808	14.114	12.569	100.00

Πίνακας 3-1: Ετήσια Ανεμολογικά Στοιχεία Μετεωρολογικού Σταθμού Ν. Αγχιάλου, περίοδου 1986 – 2001

Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, ο επικρατών καιρός είναι ο Ανατολικός με συνολική ετήσια συχνότητα εμφάνισης 19,18% ετησίως και ακολουθούν, ο Δυτικός με 14,11%, ο Βορειοδυτικός με 12,57%, ο Νοτιοανατολικός με 7,59%, ο Βόρειος με 5,56%, ο Βορειοανατολικός με 4,07%, ο Νοτιοδυτικός με 1,81% και ο Νότιος με 7,72%. Εξ αυτών οι δεσπίζοντες καιροί είναι οι Α και Δ, οι οποίοι εμφανίζονται με εντάσεις που φθάνουν έως και τα 8Bf.

Από την γεωγραφία της ευρύτερης περιοχής και την θέση του έργου (εντός του Παγασητικού κόλπου) προκύπτει ότι αυτό πλήττεται κυρίως από καιρούς του ευρύτερου Νότιου Τομέα και κυρίως από Ν και Ν-ΝΑ και ΝΑ διεύθυνσης προώθησης, των οποίων οι συνολική ετήσια εμφάνισης είναι σχετικά μικρή (της τάξης του 11%). Οι εντάσεις των Ν και ΝΑ φθάνουν τα 8Bf.

Καιροί του Δυτικού και του Βόρειου τομέα δεν μπορούν να δημιουργήσουν κυματισμούς που να προσβάλλουν το έργο, ενώ το ίδιο ισχύει και για τους Α καιρούς, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.

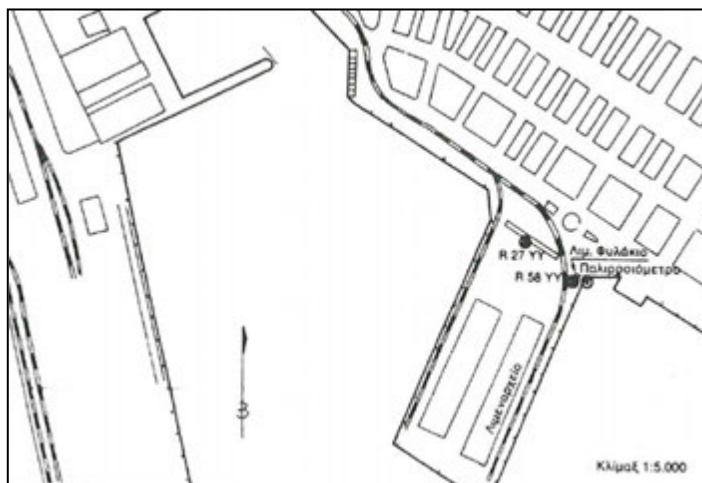


Εικόνα 3-2 Περιοχή μελέτης και κρίσιμοι τομείς προώθησης κυματισμών

Όπως φαίνεται από το ανωτέρω τα αναπτύγματα πελάγους είναι σχετικά μικρά και δεν μπορούν να δημιουργήσουν κυματισμούς πολύ υψηλής ενέργειας. Πέραν τούτου τα μικρά αναπτύγματα οδηγούν πάντοτε σε συνθήκες ανάπτυξης κυματισμών περιορισμένου αναπτύγματος (fetch limited) και όχι περιορισμένης διάρκειας (duration limited). Δηλαδή το μήκος αναπτύγματος είναι μικρό με αποτέλεσμα οι κυματικές συνθήκες να φτάνουν σχετικά εύκολα στο μέγιστο όριο ανάπτυξης τους με καιρούς όχι μεγάλης περιόδου επαναφοράς. Για αυτό το λόγο δεν κρίθηκε απαραίτητη η στατιστική επεξεργασία των ανεμολογικών στοιχείων, ενώ για την εκτίμηση των κυματικών χαρακτηριστικών της περιοχής επιλέχθηκε μέγιστη ένταση σχεδιασμού 9Bf. Η κρίσιμη διεύθυνση προώθησης είναι η ΝΑ καθώς οι κυματισμοί που γεννώνται από αυτήν προωθούνται σχεδόν απευθείας επί του ακροωλίου του προσήνεμου. Αντίθετα αυτοί της ΝΔ της Ν και της Ν-ΝΑ καταλήγουν σε αυτό μέσω περίθλασης που υφίστανται στον αποσπασμένο κυματοθραύστη (υπήνεμο μώλο), έχοντας απολέσει σημαντικό μέρος της ενέργειας τους.

3.3. Στοιχεία παλίρροιας

Στοιχεία που αφορούν στις μεταβολές της στάθμης της θάλασσας έχουν ληφθεί από τον σταθμό μέτρησης παλίρροιας του λιμένα Βόλου, που είναι ο πλησιέστερος εγκατεστημένος στην περιοχή μελέτης.



Σχήμα 3-1: Παλιρροιογράφος λιμένα Βόλου (Πηγή: Υδρογραφική Υπηρεσία ΠΝ)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΣ	ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
Μέγιστο εύρος	0,80
Μέσο εύρος	0,20
Ελάχιστο εύρος	0,01
Επάλλαξη	1,56
Υψομετρική διαφορά μεταξύ μέγιστης πλήμνης και μέσης στάθμης θάλασσας	0,49
Υψομετρική διαφορά μεταξύ μέσης στάθμης και κατώτατης ρηχίας	0,71

Πίνακας 3-2: Στατιστικά Στοιχεία Παλίρροιας (Πηγή: Υδρογραφική Υπηρεσία ΠΝ)

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι μεταβολές της στάθμης της θάλασσας είναι σχετικά υψηλές για Ελλαδικό χώρο, όσον όμως αφορά τα μέγιστα όρια εμφάνισης τους. Το μέσο εύρος διακύμανσης τους (της καθημερινής δηλαδή επάλλαξης) είναι στα 20εκ.ατ.

3.4. Εκτίμηση κυματικού κλίματος

3.4.1. Γένεση κυμάτων

Για τον υπολογισμό του αναπτύγματος πελάγους εφαρμόστηκε η μέθοδος του αναπτύγματος πελάγους, κατά C.E.M., 2006, με μία ακτίνα και μόνο για τις διευθύνσεις ενδιαφέροντος. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζεται στο C.E.M. Ch. 2 "Meteorology and Wave Climate".

Σύμφωνα με την εν λόγω μεθοδολογία υπάρχουν δύο απλουστευτικές καταστάσεις για τις οποίες μπορούν να δοθούν σχετικά ακριβείς προγνώσεις για τα κυματικά χαρακτηριστικά στα ανοιχτά μίας περιοχής μελέτης. Η πρώτη εξ αυτών αφορά στην περίπτωση που ο άνεμος φυσά με σχετικά σταθερή διεύθυνση και ένταση, για ικανή διάρκεια χρόνου, έτσι ώστε να επιτευχθούν fetch limited κυματισμοί. Ήτοι η πνοή των ανέμων έχει τόσο χρονική διάρκεια όσο απαιτείται για να αναπτυχθεί

πλήρως ο κυματισμός. Η δεύτερη αφορά στην περίπτωση που το ανάπτυγμα πελάγους είναι πολύ μεγάλο, με αποτέλεσμα για την πλήρη ανάπτυξη του να απαιτείται διάρκεια πνοής ανέμου σταθερής διεύθυνσης και έντασης διάρκειας μεταξύ 10 έως 16 ώρες που συνήθως διαρκεί μια θύελλα. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται η θεώρηση περιορισμού της διάρκειας πνοής του ανέμου σχεδιασμού μετατρέποντας τη διάρκεια σε ένα ισοδύναμο ανάπτυγμα πελάγους (duration – limited κυματισμοί). Οι άνεμοι στον Ελληνικό χώρο έχουν ριπιαία μορφή με συνεχείς αλλαγές στην διεύθυνση και στην έντασή τους. Το γεγονός αυτό σε αρκετές περιπτώσεις οδηγεί σε υπερεκτίμηση των κυματικών χαρακτηριστικών και για το λόγο αυτό οι θεωρήσεις που γίνονται κατά τον υπολογισμό τους πρέπει να λαμβάνονται με ιδιαίτερη προσοχή.

Η πολυπλοκότητα της Ελληνικής ακτογραμμής και τα μικρά εν γένει αναπτύγματα πελάγους οδηγούν στην εμφάνιση κυματισμών κυρίως fetch limited στον Ελλαδικό χώρο. Οι κυματισμοί αυτή, που στην ουσία καθορίζονται από το ανάγλυφο και την γεωγραφία της περιοχής μελέτης, συνήθως εμφανίζονται σε αναπτύγματα πελάγους της τάξης των 50 έως 150χλμ. Για μεγαλύτερα αναπτύγματα, που η ολοκληρωμένη ανάπτυξη των fetch limited κυματισμών απαιτεί σημαντική χρονική διάρκεια, άνω των 12 ωρών, απαιτείται η θεώρηση περιορισμού διάρκειας (duration limited).

Στην εξεταζόμενη περίπτωση οι εξεταζόμενες διευθύνσεις προώθησης είναι σχετικά μικρού αναπτύγματος και εκτιμάται ότι οι γεννώμενοι κυματισμοί θα είναι σε κάθε περίπτωση fetch limited. Στη συνέχεια παρατίθενται οι σχέσεις υπολογισμού των ενεργειακών φασμάτων των κυμάτων:

$$t_{x,u} = 77.23 \frac{X^{0.67}}{u^{0.34} g^{0.33}} \quad (\text{II-2-35})$$

where

$t_{x,u}$ = time required for waves crossing a fetch of length x under a wind of velocity u to become fetch-limited

Equation II-2-35 can be used to determine whether or not waves in a particular situation can be categorized as fetch-limited.

The equations governing wave growth with fetch are

$$\frac{g H_{m0}}{u_*^2} = 4.13 \times 10^{-2} \left(\frac{g X}{u_*^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

and

$$\frac{g T_p}{u_*} = 0.651 \left(\frac{g X}{u_*^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{II-2-36})$$

$$C_D = \frac{u_*^2}{U_{10}^2}$$

$$C_D = 0.001(1.1 + 0.035 U_{10})$$

X = straight line fetch distance over which the wind blows
 H_{ms} = energy-based significant wave height
 C_D = drag coefficient
 U_{10} = wind speed at 10 m elevation
 u_* = friction velocity
 See Demirebilek, Bratos, and Thompson (1993) for more details.
 Fully developed wave conditions in these equations are given by

$$\frac{g H_{ms}}{u_*^2} = 2.115 \times 10^3$$

and

$$\frac{g T_p}{u_*} = 2.398 \times 10^3$$

Equations governing wave growth with wind duration can be obtained by converting duration into an equivalent fetch given by

$$\frac{g X}{u_*^2} = 5.23 \times 10^{-3} \left(\frac{g T_p}{u_*} \right)^{\frac{2}{3}}$$

(II-2-37)

(II-2-38)

Με βάση τα ανωτέρω εκτελέστηκαν οι αναλυτικοί υπολογισμοί του κυματικού κλίματος και συγκεκριμένα της γένεσης κυμάτων στα ανοιχτά του εξεταζόμενου λιμένα.

Στους υπολογισμούς του κυματικού κλίματος χρησιμοποιήθηκαν υπολογιστικά φύλλα εργασίας, τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα Α της παρούσης.

Για τον υπολογισμό του αναπτύγματος πελάγους εφαρμόζεται η μέθοδος της μίας ακτίνας πελάγους κατά τη μέθοδο που περιγράφηκε ανωτέρω. Δεδομένου ότι στην συγκεκριμένη περίπτωση η επιρροή της γεωγραφίας και της ευρύτερης μορφολογίας της περιοχής είναι σημαντική, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η κυματική ενέργεια που προωθείται προς την περιοχή μελέτης, τα αναπτύγματα πελάγους λαμβάνονται με ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να μην οδηγήσουν σε μη ρεαλιστικά αποτελέσματα. Για την κρίσιμη διεύθυνση, που σε κάθε περίπτωση είναι η ΝΑ, επιλέγεται ανάπτυγμα πελάγους περίπου στα 30,5χλμ, ενώ για την Ν διεύθυνση επιλέγεται 34χλμ.

3.4.2. Κυματισμοί στα βαθιά

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι θεωρήσεις που έγιναν για την ΝΑ διευθύνσεις και παραθέτονται τα αποτελέσματα των κυματικών υπολογισμών στα ανοιχτά της περιοχής μελέτης:

- α) Νοτιοανατολική διεύθυνση προώθησης

Λόγω της γεωγραφίας της περιοχής μελέτης (εντός Παγασητικού Κόλπου) επιλέγουμε την ένταση των 9Bf για αυτή τη διεύθυνση, με αποτέλεσμα η μέγιστη ένταση σχεδιασμού είναι 21,31m/sec, λαμβανομένης υπ' όψιν και της στάθμης του βαρομέτρου.

Το ανάπτυγμα της λαμβάνεται ίσο με 32χλμ. Για την συγκεκριμένη διεύθυνση προώθησης προκύπτουν κυματισμοί fetch limited λόγω του μικρού αναπτύγματος πελάγους.

Τα χαρακτηριστικά των φασμάτων σχεδιασμού που προέκυψαν από τη μελετητική διαδικασία δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

U (m/sec)	t _d (hrs)	H _s (m)	T _s (sec)	T _p (sec)	L _o (m)
21,31	5	2,16	6,28	6,61	61,62

Πίνακας 3-3: Κυματισμοί στα ανοιχτά του κόλπου

- *β) Νότιας διεύθυνση προώθησης*

Και στη Ν διεύθυνση επιλέγεται η ένταση των 9Bf, με αποτέλεσμα η μέγιστη ένταση σχεδιασμού είναι 21,31m/sec, λαμβανομένης υπ' όψιν και της στάθμης του βαρομέτρου.

Το ανάπτυγμα της λαμβάνεται ίσο με 34χλμ. Για την συγκεκριμένη διεύθυνση προώθησης προκύπτουν κυματισμοί fetch limited λόγω του μικρού αναπτύγματος πελάγους.

Τα χαρακτηριστικά των φασμάτων σχεδιασμού που προέκυψαν από τη μελετητική διαδικασία δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

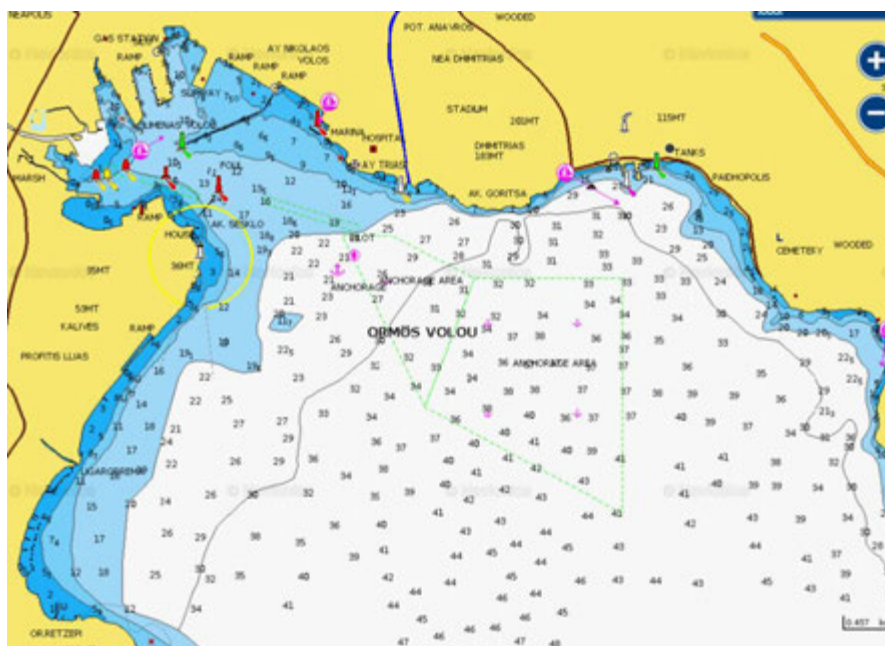
U (m/sec)	td (hrs)	Hs (m)	Ts (sec)	Tp (sec)	Lo (m)
21,31	5	2,23	4,90	5,16	63,52

Πίνακας 3-4: Κυματισμοί στα ανοιχτά του κόλπου

3.4.3. Υπολογισμός Τοπικών Κυματικών Χαρακτηριστικών – Ρήχωση - Διάθλαση

Κατά την προώθηση των κυματισμών προς την ξηρά, εξαιτίας της επίδρασης του πυθμένα της θάλασσας, τα χαρακτηριστικά τους μεταβάλλονται. Τα φαινόμενα που συνήθως λαμβάνονται υπόψη είναι η ρήχωση και η διάθλαση των κυμάτων. Το φαινόμενο της ρήχωσης έχει σχέση αποκλειστικά με την επιρροή του πυθμένα, ο οποίος οδηγεί σε σταδιακή διάχυση της κυματικής ενέργειας και της τροποποίησης των χαρακτηριστικών των κυμάτων. Αντίστοιχα το φαινόμενο της διάθλασης έχει σχέση με την γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του μετώπου προώθησης των κυμάτων και της μέσης διεύθυνσης των ισοβαθών του θαλάσσιου πυθμένα. Στην περίπτωση αυτή το τμήμα του κύματος που «προηγείται» επιβραδύνεται λόγω της τριβής του στο θαλάσσιο πυθμένα, με αποτέλεσμα το τμήμα που ακολουθεί, το οποίο κινείται με μεγαλύτερη συγκριτικά ταχύτητα, να τείνει να στρίψει προς την πλευρά του «πρώτου». Μέσω της διαδικασίας αυτής παρατηρείται στροφή του μετώπου του κύματος, που γενικά τείνει να γίνει παράλληλο προς τις ισοβαθείς του πυθμένα. Η διαδικασία αυτή έχει και πάλι ως αποτέλεσμα την σταδιακή διάχυση της κυματικής ενέργειας, που εκφράζεται τελικά μέσω της τροποποίησης των κυματικών χαρακτηριστικών. Τα φαινόμενα της ρήχωσης και της διάθλασης έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση των κυματικών χαρακτηριστικών στα μικρότερα βάθη, γεγονός που επιβάλλει την εύρεση των τροποποιημένων χαρακτηριστικών τους για την αποφυγή ενδεχόμενης υπερδιαστασιολόγησης των εξεταζόμενων έργων. Η εύρεση των τροποποιημένων χαρακτηριστικών (λόγω ρήχωσης και διάθλασης) στηρίχθηκε στη μεθοδολογία και τις συστάσεις του Goda (1985). Τα στοιχεία του χαρακτηριστικού κυματισμού του φάσματος (H_s) και του μέγιστου κυματισμού του φάσματος (H_{max}) λόγω ρήχωσης και διάθλασης, των μελετώμενων κυματισμών παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες.

Δεδομένου ότι δεν υπάρχει αναλυτικό βυθομετρικό για τον όρμο, πέραν των ναυτικών χαρτών που παρέχονται από το διαδίκτυο, αποφασίστηκε να ληφθεί γωνία προώθησης κυμάτων για τη ΝΑ διεύθυνση 0° , καθώς όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί η γενικότερη προώθησης τους προς το έργο είναι περίπου κάθετη σε αυτές και για τη Ν διεύθυνση συντηρητικά 20° .



Σχήμα 3-2: Ναυτικός Χάρτης του Παγασητικού Κόλπου [Navionics]

3.4.5 Τοπικά κυματικά χαρακτηριστικά ΝΑ κυματισμού

Με βάση τα ανωτέρω εκτελέστηκε η κυματική ανάλυση προώθησης του ενεργειακού φάσματος στα ρηχά νερά και συγκεκριμένα στα βάθη που πρόκειται να κατασκευασθούν τα προτεινόμενα έργα για τον ΝΑ κυματισμό. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί εκτελέστηκαν μέσω υπολογιστικών φύλλων εργασίας Η.Υ. και παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα Α του παρόντος τεύχους.

Ο κυματισμός που θεωρείται κρίσιμος για τον σχεδιασμό των έργων βρίσκεται σύμφωνα με το διαθέσιμο βυθομετρικό διάγραμμα μεταξύ των ισοβαθών $-9,0$ και $-10,0\mu$. Δεδομένου ότι η προώθηση των κυμάτων θα πρέπει να γίνεται για την περίπτωση που η στάθμη του νερού βρίσκεται σε συνθήκες πλήμνης και λαμβανομένων υπ' όψιν και δευτερογενών φαινομένων, όπως είναι το προκαλούμενο wave & wind set up (υπερύψωση της στάθμης του νερού λόγω προώθησης της κυματικής ενέργειας και λόγω της πίεσης του ανέμου), βαρομετρικά φαινόμενα κ.λ.π., θεωρήθηκε ως τελική στάθμη ελέγχου για τους κυματισμούς σχεδιασμού αυτή των $-10,0\mu$.

ΜΕΛΕΤΗ: Αποκατάσταση Υποσκαφών Ακροωλίου Λιμένα Βόλου

Depth (m)	T _s (sec)	d/L	L (m)	C _g (m/sec)	K _s	θ (°)	K _r	H _o '	H _s (m)
40	6,21	0,6603	60,58	4,86	0,9982	0,00	1,0000	2,11	2,10
35	6,21	0,5818	60,16	4,89	0,9958	0,00	1,0000	2,11	2,10
30	6,21	0,4999	60,01	4,94	0,9903	0,00	1,0000	2,11	2,09
25	6,21	0,4193	59,62	5,06	0,9790	0,00	1,0000	2,11	2,06
20	6,21	0,3413	58,60	5,27	0,9589	0,00	1,0000	2,11	2,02
19	6,21	0,3257	58,34	5,33	0,9537	0,00	1,0000	2,11	2,01
18	6,21	0,3112	57,84	5,39	0,9486	0,00	1,0000	2,11	2,00
17	6,21	0,2960	57,43	5,45	0,9430	0,00	1,0000	2,11	1,99
16	6,21	0,2810	56,94	5,52	0,9373	0,00	1,0000	2,11	1,98
15	6,21	0,2670	56,18	5,58	0,9320	0,00	1,0000	2,11	1,97
12,5	6,21	0,2310	54,11	5,73	0,9197	0,00	1,0000	2,11	1,94
10	6,21	0,1966	50,86	5,81	0,9132	0,00	1,0000	2,11	1,93
5	6,21	0,1259	39,71	5,36	0,9507	0,00	1,0000	2,11	1,94
2,00	6,21	0,0751	26,64	3,97	1,1042	0,00	1,0000	2,11	1,35

Πίνακας 3-4: NA - Δ/ση Προώθησης – Τοπικά Χαρακτηριστικά Κυματισμών

3.4.6 Τοπικά κυματικά χαρακτηριστικά N κυματισμού

Αντίστοιχα με την προηγούμενη διεύθυνση προώθησης ακολουθούν πινακοποιημένα τα αποτελέσματα της κυματικής προώθησης:

Depth (m)	T _s (sec)	d/L	L (m)	C _g (m/sec)	K _s	θ (°)	K _r	H _o '	H _s (m)
40	6,38	0,6205	64,46	5,01	0,9972	20,31	1,0010	2,23	2,22
35	6,38	0,5521	63,39	5,04	0,9943	19,96	0,9999	2,23	2,21
30	6,38	0,4744	63,24	5,11	0,9875	19,91	0,9997	2,23	2,20
25	6,38	0,3983	62,77	5,24	0,9746	19,75	0,9992	2,22	2,17
20	6,38	0,3248	61,58	5,48	0,9534	19,36	0,9980	2,22	2,12
19	6,38	0,3112	61,05	5,53	0,9486	19,19	0,9975	2,22	2,11
18	6,38	0,2969	60,63	5,60	0,9433	19,05	0,9971	2,22	2,09
17	6,38	0,2827	60,13	5,66	0,9380	18,89	0,9966	2,22	2,08
15	6,38	0,2558	58,64	5,78	0,9279	18,41	0,9952	2,22	2,06
12,5	6,38	0,2218	56,36	5,92	0,9172	17,67	0,9931	2,21	2,03
10	6,38	0,1891	52,88	5,97	0,9130	16,54	0,9901	2,20	2,01
5	6,38	0,1214	41,19	5,43	0,9576	12,81	0,9817	2,19	2,01
2	6,38	0,0726	27,55	3,98	1,1181	8,53	0,9748	2,17	1,36
1,50	6,38	0,0620	24,19	3,52	1,1894	7,49	0,9735	2,17	1,08

Πίνακας 3-5: N - Δ/ση Προώθησης – Τοπικά Χαρακτηριστικά Κυματισμών

Τα ανωτέρω αποτελέσματα αφορούν πρακτικά στις κυματικές συνθήκες που καταλήγουν στην περιοχή του έργου σε βάθος περίπου -10,0μ. και οι αντίστοιχοι κυματισμοί χρησιμοποιούνται στην συνέχεια στους υπολογισμούς της μελέτης. Εκ των δύο διευθύνσεων η κρίσιμη για το έργο είναι η NA καθώς ο κυματισμός σε βάθος -10μ. είναι περίπου αντίστοιχης ενέργειας με αυτόν της N διεύθυνσης προώθησης στην οποία δεν συμπεριλαμβάνεται η επιρροή της περίθλασης στο ακροώλιο του αποσπασμένου κυματοθραύστη. Δεδομένου ότι η επιρροή της είναι της τάξης του 60-65% ο κυματισμός σχεδιασμού είναι αυτός της NA διεύθυνσης προώθησης.

4. ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΡΓΟΥ

Για την αποκατάσταση του ακρομωλίου το έργο χωρίστηκε σε τέσσερις επιμέρους ζώνες – τμήματα βάσει των χαρακτηριστικών δόμησης τους, τα γεωμετρικά τους στοιχεία και την κατάσταση που βρίσκονται σήμερα. Πιο αναλυτικά τα επιμέρους τμήματα και οι εργασίες που προβλέπονται σε αυτά περιγράφονται στην συνέχεια:

1^ο ΤΜΗΜΑ Α-Β: Από συναρμογή με υφιστάμενο κρηπίδωμα μέχρι κεκλιμένο και αποκολλημένο τοίχιο (απόσταση 11,25μ. περίπου από αρχής μετρούμενη επί της εξωτερικής παρειάς του τοιχίου)

Το τμήμα αυτό χαρακτηρίζεται ως το πλέον προβληματικό, τόσο σε ότι αφορά την δόμηση του τοίχου στα πρώτα μέτρα του από το σημείο συναρμογής του με το κρηπίδωμα του προσήνεμου μώλου, όσο και ότι είναι αυτό στο οποίο έχει καταρρεύσει ένα τμήμα του τοίχου. Αντίστοιχα και τα επόμενα 2,0μ. από το σημείο κατάρρευσης πρόκειται σύντομα να καταρρεύσουν, καθώς το τοίχιο σε όλο το ύψος του (λιθόκτιστο αλλά και από τ.ο. τμήμα του), έχει λάβει πολύ μεγάλη κλίση, η οποία αφενός μεν κρίνεται ιδιαίτερα επικίνδυνη, αφετέρου δεν μπορεί να επανέλθει στην κατακορυφότητα της. Στο τμήμα αυτό αποφασίσθηκε η καθαίρεση όλων των τμημάτων του τοιχίου, μέχρι και την στάθμη έδρασης των τ.ο. θεμελίωσης. Πιο αναλυτικά προβλέπονται οι κάτωθι εργασίες:

- καθαίρεση υφιστάμενου λιθόκτιστου τοιχίου και της υποκείμενης αυτού παλαιάς επιπεδικής στρώσης από σκυρόδεμα ή λιθόδεμα.
- καθαίρεση των υφιστάμενων τεχνητών ογκολίθων έδρασης του τοίχου και
- διαμόρφωση επίπεδης επιφάνειας έδρασης στα -1,50μ. και
- καθαίρεση των όπισθεν τοιχίου επιστρώσεων της χερσαίας ζώνης
- εκσκαφή των επιχώσεων ή λιθορριπών ανακουφιστικού πρίσματος όπισθεν του τοίχου, μέχρι την στάθμη -1,50μ.
- στο ίδιο πλαίσιο θα εκτελεσθεί εκσκαφή – καθαρισμός των υφιστάμενων επιχώσεων της χερσαίας μέχρι την στάθμη +0,35μ. από την Μ.Σ.Θ.
- διαμόρφωσης εξισωτική στρώσης 10κατ. στην περιοχή κατασκευής του νέου τοιχίου από σκυρόδεμα
- διάστρωση μη υφαντού γεωφάσματος βάρους 400γρ./τ.μ στην έδραση των νέων τεχνητών ογκολίθων, το οποίο θα καλύπτει και το υφιστάμενο πρανές μέχρι την στάθμη των -6,0μ.. Το γεώφασμα συνεχίζεται και στην όπισθεν του τοίχου πλευρά, ως διαχωριστικό μέσο για την αποφυγή μετακίνησης υλικών παλαιού πρίσματος και νέου.
- κατασκευή του υποθαλάσσιου τμήματος του τοίχου με χυτό ύφαλο σκυρόδεμα C20/25. Η κατασκευή του τμήματος αυτού του τοίχου με χυτά σκυροδέματα αντί τεχνητών ογκολίθων αποφασίσθηκε λόγω του ιδιαίτερα μικρού μήκους του και των διαφορετικών τύπων τ.ο. που θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν λόγω της

καμπυλότητας του. Γενικά η κατασκευή μεταλλοτύπων δεν θεωρείται δόκιμη για έργο τόσο μικρής έκτασης. Οι διαστάσεις της νέας συνεχούς στήλης από χυτό σκυρόδεμα προβλέπονται ίσες με 1,50x1,70μ. (ύψος x πλάτος). Προ της κατασκευής του νέου τοίχου θα προηγηθεί διάστρωση χυτής ύφαλής επιπεδωτικής στρώσης από σκυρόδεμα, πάχους 10,0εκ.

- κατασκευή νέου λιθοπένδυτου τοιχίου διαστάσεων ιδίων με το υφιστάμενο. Το εσωτερικό του τοιχίου θα κατασκευαστεί από οπλισμένο σκυρόδεμα και θα έχει σχήμα σαν ανεστραμμένο T. Εξωτερικά αυτού θα επενδυθεί με λίθους. Σημειώνεται ότι οι λίθοι του υφιστάμενου τοιχίου που καθαίρεται θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του νέου τοιχίου. Ήτοι θα γίνει προσπάθεια ώστε να περιορισθούν οι απώλειες και εν συνεχεία αφού καθαριστούν θα επαναχρησιμοποιηθούν για την επαναδόμηση του τοιχίου. Σημειώνεται τέλος ότι στο συγκεκριμένο τμήμα και επειδή επανακατασκευάζεται και το υποκείμενο εκ τ.ο. τμήμα του τοίχου από χυτό σκυρόδεμα, αποφασίστηκε η «σύνδεση» του νέου «εσωτερικού» τοιχίου με την υποκείμενη στήλη. Για την επίτευξη τούτου ο οπλισμός του εσωτερικού τοιχίου επεκτείνεται και εντός της μάζας της χυτής στήλης. Οι οπλισμικές λεπτομέρειες του τοιχίου παρουσιάζονται στο σχ. Μ 63-07/16-ΟΜ-003.2 «ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ – ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ». Το πλάτος του τοιχίου προβλέπεται όσο και αυτό της υποκείμενης στήλης, δηλαδή 1,70μ. Η σκυροδέτηση της στήλης και του υπερκείμενου τοιχίου θα γίνει σε μία φάση.
- διαμόρφωση ανακουφιστικού πρίσματος όπισθεν των νέων στηλών, μέχρι την στάθμη +0,10μ. από τη Μ.Σ.Θ.
- Θα ακολουθήσει διάστρωση λιθοσυντρίμματος μέχρι την στάθμη +0,35μ. από τη Μ.Σ.Θ.
- κατασκευή μαρκίζας από χυτό επί τόπου σκυρόδεμα C20/25, πλάτους 1,40μ. και πάχους 30,0εκ. Στο μέσο του ύψους της τοποθετείται #T196 πλάτους 1,10μ.

Στο εμπρός τμήμα της κατασκευής προβλέπονται τα εξής:

- Για την προστασία του υφιστάμενου πρίσματος έδρασης του τοίχου θα διαμορφωθεί μία στρώση προστασίας από λίθους λατομικής προέλευσης, ατ. βάρους 500 έως 1000χγρ. Η στρώση προβλέπεται από δύο (2) φυσικούς ογκολίθους της εν λόγω διαβάθμισης, με ελάχιστο πάχος 1,3μ.

Παράλληλα στην χερσαία ζώνη – όπισθεν του νέου ανακουφιστικού πρίσματος – θα γίνει συμπλήρωση κατά τόπους στα σημεία που εμφανίζονται σπηλαιώσεις και ελλείψεις υλικού. Λόγω της παλαιότητας της κατασκευής προτείνεται προ της όποιας συμπλήρωσης υλικού η διάστρωση διαχωριστικού γεωφάσματος, μη υφαντού βάρους 400γρ./τ.μ. Το υλικό αυτό θα είναι λιθόρριπτο-λιθοσύντριμμα, λατομικής προέλευσης και θα διαστρωθεί εφόσον απαιτείται μέχρι την στάθμη +0,35μ. (όσο και όπισθεν του τοίχου). Ακολουθεί διαμόρφωση στρώσεων θραυστού υλικού σύμφωνα με την Π.Τ.Π. 0,155 (στρώση βάσης) συμπυκνωμένου πάχους 15εκ. Η συνολική επιφάνεια της χερσαίας ζώνης θα επιστρωθεί με σκυρόδεμα C20/25, πάχους 20εκ. Στο μέσο του

θα τοποθετηθεί #T196. Η συγκεκριμένη διαμόρφωση αφορά στην χερσαία ζώνη και πρακτικά εφαρμόζεται σε όλα τα επιμέρους τμήματα του ακρομωλίου.

2^ο ΤΜΉΜΑ Β-Γ: συνέχεια πρώτου τμήματος μέχρι ακριβώς πριν το φάρο (απόσταση από αρχή περίπου 37,25μ. μετρούμενη επί της εξωτερικής παρειάς του τοιχίου)

Η αποκατάσταση του τμήματος αυτού διαφοροποιείται ως προς το προηγούμενο τμήμα στο ότι δεν προβλέπεται η καθαίρεση των στηλών των τ.ο. που εδράζεται ο υφιστάμενος λιθόκτιστος τοίχος. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται η ενίσχυση των υφιστάμενων στηλών που σε σημαντικό μήκος τους έχουν υποσκαφθεί σημαντικά. Αντίθετα προβλέπεται η καθαίρεση του υπάρχοντος λιθόδμητου τοιχίου και της μαρκίζας του. Το τμήμα αυτό περαιώνεται στο σημείο (περίπου) που γίνεται η αλλαγή στην δόμηση του υποθαλάσσιου τμήματος του τοιχίου, από μία σε δύο στήλες. Πιο αναλυτικά:

- Καθαρισμός παγκίνας έμπροσθεν του υφιστάμενου μετώπου (στηλών των τ.ο.), μέχρι την στάθμη έδρασής τους (περί τα -1,40μ.). Σύμφωνα με την αυτοψία εμπρός από τις στήλες των τ.ο. επί της υφιστάμενης παγκίνας των λιθορριπών του πρίσματος θεμελίωσης του ακρομωλίου, υπάρχουν διάσπαρτοι λίθοι που σε ορισμένες περιπτώσεις υπέρκεινται της έδρασης του τοίχου. Οι λίθοι αυτοί θα απομακρυνθούν με προσοχή, ώστε να είναι δυνατή η εκτέλεση των χυτών υφάλων σκυροδετήσεων που θα ακολουθήσει.
- διαμόρφωση μικρού ύφαλου αναβαθμού στο φρύδι της υφιστάμενης παγκίνας. Η απόσταση αυτή δεν είναι σταθερή καθώς το πλάτος της παγκίνας μεταβάλλεται λόγω της σταδιακής του αποδόμησης. Η στάθμη στέψης του αναβαθμού προβλέπεται μέχρι τα -0,90μ. (το ύψος του περί τα 60εκ.). Η στέψη του αναβαθμού διαμορφώνεται ώστε πάντοτε να διατηρείται ελεύθερη απόσταση μέχρι την παρειά του τοίχου ίση με 0,80μ. Η απόσταση αυτή θεωρείται ικανοποιητική για την διέλευση του σωλήνα σκυροδέτησης των χυτών υφάλων σκυροδεμάτων που ακολουθεί στην συνέχεια. Λόγω του ότι το πλάτος της παγκίνας δεν διατηρείται σταθερό σε όλο το μήκος της περιμέτρου του έργου επιτρέπεται η μετακίνηση του αναβαθμού προς το μέτωπο, ώστε να είναι δυνατή η κατασκευή του. Η ελάχιστη απόσταση του αναβαθμού από την παρειά του τοίχου δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από 0,50μ. Στην περίπτωση που αυτό δεν είναι δυνατό ο Ανάδοχος θα πρέπει να αρχίσει την κατασκευή της εξωτερικής στρώσης προστασίας από λίθους 500-1.000χγρ. μέχρι την στάθμη -1,50μ. ώστε να αυξηθεί κατάλληλα το διαθέσιμο πλάτος για την κατασκευή του αναβαθμού. Σε όλες τις περιπτώσεις θα έχει προηγηθεί η διάστρωση του μη υφαντού γεωυφάσματος, βάρους 400γρ./τ.μ.
- Διάστρωση χυτού υφάλου σκυροδέματος μεταξύ του αναβαθμού και του υφιστάμενου μετώπου των στηλών των τ.ο., έτσι ώστε να πληρωθούν οι εντοπισθείσες υποσκαφές αποκαθιστώντας τις συνθήκες έδρασης των στηλών. Παράλληλα ο αναβαθμός θα λειτουργήσει ως αντρείσμα για τις στήλες και γενικά

τον τοίχο. Η στάθμη στέψης του θα διαμορφωθεί στα $-0,90\mu$. όπως αυτή του αναβαθμού. Η διάστρωση του χυτού υφάλου σκυροδέματος θα εκτελεσθεί είτε από την θάλασσα είτε από την ξηρά με χρήση πρέσας.

Οι ανωτέρω εργασίες θα εκτελεσθούν αρχικά και σκοπό έχουν την ενίσχυση του υφιστάμενου τοιχίου, όχι μόνο κατά την φάση λειτουργίας του αλλά και κατά την κατασκευή του. Οι εργασίες που αφορούν στο όπισθεν του τοιχίου τμήμα θα εκτελεσθούν αφού έχουν ολοκληρωθεί οι παραπάνω εργασίες. Οι εργασίες των καθαιρέσεων και των εκσκαφών είναι δυνατό να προκαλέσουν ανατροπή των οριακών συνθηκών ευστάθειας της υφιστάμενης κατασκευής και να οδηγήσουν σε κατάρρευση της. Θα ακολουθήσουν οι εργασίες:

- Καθαίρεση του υφιστάμενου λιθοκτιστού τοιχίου και της υποκείμενης αυτού παλαιάς επιπεδωτικής στρώσης από σκυρόδεμα ή λιθόδεμα.
- Καθαίρεση όπισθεν τοιχίου επιστρώσεων. Μετά την εκτέλεση της εν λόγω εργασίας θα διαπιστωθεί η πραγματική έκταση των σπηλαιώσεων όπισθεν του τοιχίου
- Εκσκαφή των όπισθεν των στηλών επιχώσεων μέχρι την στάθμη έδρασης των υφιστάμενων τ.ο. (περί τα $-1,40\mu$).
- Στο ίδιο πλαίσιο θα εκτελεσθεί εκσκαφή – καθαρισμός των υφιστάμενων επιχώσεων μέχρι την στάθμη $+0,35\mu$. από την Μ.Σ.Θ.
- Σημειώνεται ότι προ της κατασκευής του αναβαθμού θα διαστρωθεί μη υφαντό γεωύφασμα βάρους $400\text{gr.}/\text{τ.μ.}$ το οποίο θα καλύπτει και το υφιστάμενο πρανές μέχρι την στάθμη των $-6,0\mu$.
- Επί των παραμενουσών στηλών θα κατασκευασθεί επιπεδωτική στρώση και «εσωτερικό» τοίχιο από οπλισμένο σκυρόδεμα, όπως και στο προηγούμενο τμήμα. Το πάχος του θεμελίου θα κυμαίνεται σε ορισμένα σημεία λόγω της κλίσης που έχουν λάβει σήμερα οι στήλες των τ.ο. Την απόκλιση αυτή θα την αναλάβει η διαμόρφωση του μεταβλητού πλάτους του θεμελίου του τοιχίου. Το ελάχιστο πλάτος του θα είναι 50εκ.
- Σημειώνεται ότι η βάση του ανεστραμμένου T του τοιχίου θα πρέπει να είναι τουλάχιστον $1,60\mu$. Δεδομένου ότι προ της αποκάλυψης στην κατασκευή των αφανών τμημάτων των κατασκευών δεν είναι γνωστό το πλάτος των παραμενοντών τ.ο., στην παρούσα θεωρήθηκε ως ελάχιστο το ανωτέρω πλάτος των $1,60\mu$. Εφόσον κατά την εκτέλεση των εργασιών το πλάτος των τ.ο. είναι μικρότερο θα πρέπει να ενημερωθεί η Επίδραση του έργου ώστε να ληφθούν πρόσθετα μέτρα για την ορθή διαμόρφωση του τοιχίου. Ενδεικτικά προτείνεται η κατασκευή πρόσθετου χυτού υφάλου τμήματος στην εσωτερική παρειά των τ.ο. ώστε να διευρυνθεί κατάλληλα το πλάτος έδρασης του τοιχίου. Σε κάθε περίπτωση η απόφαση αυτή θα ληφθεί επί τόπου και σε συνεννόηση πάντοτε με την Επίδραση του έργου.
- Ακολουθεί η κατασκευή ανακουφιστικού πρίσματος όπισθεν των νέων στηλών, μέχρι την στάθμη $\pm 0,1\mu$. από τη Μ.Σ.Θ.
- Θα ακολουθήσει διάστρωση λιθοσυντρίμματος μέχρι την στάθμη $+0,35\mu$. από τη Μ.Σ.Θ.

- όσον αφορά στην χερσαία ζώνη – όπισθεν του νέου ανακουφιστικού πρίσματος – θα γίνουν οι συμπληρώσεις που αναφέρθηκαν για το προηγούμενο τμήμα. Αντίστοιχα και η διάστρωση του μη υφαντού γεωφάσματος.
- Διαμόρφωση στρώσεων θραυστού υλικού σύμφωνα με την Π.Τ.Π. 0,155 (στρώση βάσης) συμπακνωμένου πάχους 15εκ.
- η συνολική επιφάνεια της χερσαίας ζώνης θα επιστρωθεί με σκυρόδεμα C20/25, πάχους 20εκ. Στο μέσο του θα τοποθετηθεί #T196.
- Για την προστασία του υφιστάμενου πρίσματος έδρασης του τοίχου θα διαμορφωθεί μία στρώση προστασίας από λίθους λατομικής προέλευσης, ατ. βάρους 500 έως 1.000χγρ. Η στρώση προβλέπεται από δύο (2) φυσικούς ογκολίθους της εν λόγω διαβάθμισης, με ελάχιστο πάχος 1,3μ. Στο τμήμα που η υφιστάμενη παγκίνα εμφανίζει σημάδια αποδόμησης η στρώση θα ενισχυθεί με περισσότερους των δύο φ.ο., ώστε το τελικό συνολικό πλάτος του τελικά διαμορφωμένου έργου να είναι το ίδιο καθ' όλο το μήκος της περιμέτρου του έργου.

Στο 2^ο τμήμα των προτεινόμενων εργασιών αποκατάστασης συμπεριλαμβάνεται και το τμήμα που σήμερα έχει τοποθετηθεί το εκ σκυροδέματος βάθρο του φάρου του ακρομωλίου. Η αποκατάσταση της διατομής δεν διαφοροποιείται ουσιαστικά σε σχέση με τις προβλέψεις που ήδη περιγράφηκαν. Η διαφορά στο σημείο που βρίσκεται ο φάρος έγκειται στην πρόβλεψη για την καθαίρεση της υφιστάμενης βάσης του, η οποία βάσει της αποτύπωσης φαίνεται να έχει λάβει κλίση προς την θάλασσα και να έχει ολισθήσει προς την πλευρά του τοίχου, τον οποίο έχει ρηγματώσει και πρακτικά αποκολλήσει ένα τμήμα του, το οποίο είναι έτοιμο να καταπέσει. Το σημείο αυτό θεωρείται ως το πλέον επιβαρυνόμενο του ακρομωλίου, αφενός λόγω των υποσκαφών υπό των τ.ο. του τοίχου, αφετέρου δε λόγω του ιδίου του βάρους του βάθρου. Επιπρόσθετα στο ίδιο περίπου σημείο η παγκίνα περιμετρικά του μετώπου του έργου εμφανίζεται με σοβαρά απομειωμένο πλάτος που φτάνει το 1,0μ.

Κατά συνέπεια οι εργασίες που αφορούν στο «εξωτερικό» προς την θάλασσα μέρος του έργου παραμένουν ίδιες με αυτές του υπόλοιπου τμήματος. Πολύ δε περισσότερο επιβάλλεται η εκτέλεση τους προ οποιασδήποτε άλλης εργασίας που αφορά στο όπισθεν του τοιχίου τμήμα της κατασκευής. Επιπρόσθετα των προβλεπόμενων εξωτερικά εργασιών στο συγκεκριμένο σημείο κρίνεται απαραίτητη και η διαμόρφωση της εξωτερικής στρώσης θωράκισης μέχρι την σημερινή στάθμη έδρασης των τ.ο. έτσι ώστε να ενισχυθεί συνολικά η διατομή και να αποφευχθεί πιθανή ενεργοποίηση ευρύτερων επιφανειών αστοχίας που θα οδηγήσουν σε κατάρρευση την κατασκευή.

Μετά την ολοκλήρωση των ανωτέρω θα ακολουθήσει η καθαίρεση των επιστρώσεων της χερσαίας ζώνης. Οι καθαιρέσεις και πάλι θα εκτελεστούν με ιδιαίτερη προσοχή καθώς δεν είναι γνωστή η πραγματική έκταση των σπηλαιώσεων υπό του βάθρου. Μετά την απομάκρυνση των επιστρώσεων θα εκτελεστούν περιμετρικά του βάθρου εκσκαφές και ιδιαίτερα προς την πλευρά της χερσαίας ζώνης ώστε να είναι δυνατή η εν συνεχεία ανατροπή του. Σε κάθε περίπτωση ο τρόπος και ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί για την καθαίρεση του βάθρου θα επιλεγεί από τον Ανάδοχο, ο οποίος και θα αξιολογήσει την επιτόπια κατάσταση σε συνεργασία και με την Επίβλεψη του έργου.

Μετά την καθαίρεση και απομάκρυνση του φάρου θα εκτελεσθεί εκσκαφή μεγαλύτερου πλάτους υπό της έδρασης, σύμφωνα με τα σχέδια της μελέτης (βλ. σχ. Μ 63-07/16-ΟΜ-003.2 «ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ – ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ».

Στην θέση που υπάρχει σήμερα ο φάρος θα εκτελεσθεί πλήρης εκσκαφή μέχρι την στάθμη έδρασης των τ.ο., δηλαδή στα -1,40μ., θα διαμορφωθεί με λιθορριπές 20-100χγρ. και εν συνεχεία θα ακολουθηθεί αντίστοιχη διαμόρφωση με αυτήν που προβλέπεται στο υπόλοιπο τμήμα της χερσαίας ζώνης του ακρομωλίου. Η νέα βάση του φάρου θα τοποθετηθεί σε μεγαλύτερη απόσταση από το προφυλακτήριο τοιχίο και συγκεκριμένα 2,0μ. από την παρειά της. Οι διαστάσεις της θα είναι αντίστοιχες με αυτές της υφιστάμενης, ήτοι 2,0x3,0x1,0μ. Η βάση θα τοποθετηθεί κατά 20εκ. χαμηλότερα σε σχέση με την υφιστάμενη, καθώς στο σημείο που θα τοποθετηθεί δεν θα γίνει διάστρωση των επιστρώσεων από σκυρόδεμα.

3^ο ΤΜΉΜΑ Γ-Δ : συνέχεια δεύτερου τμήματος μέχρι και την γωνία του προσήνεμου μώλου στο σημείο Δ (απόσταση από αρχή περίπου 61,0μ. μετρούμενη επί της εξωτερικής παρειάς του τοιχίου)

Αντίθετα με τα προηγούμενα στο τμήμα αυτό δεν προβλέπεται καθαίρεση του υφιστάμενου λιθόκτιστου τοιχίου, καθώς το πρόβλημα εστιάζεται στη σημαντική απώλεια υλικού πίσω από τον τοίχο λόγω των διευρυμένων αρμών μεταξύ των στηλών των τ.ο. Περαιτέρω το τμήμα αυτό βρίσκεται σε σχετική απόσταση από την διέλευση των πλοίων, ενώ η κυματική δράση δεν φαίνεται να το επηρεάζει σημαντικά, εξαιτίας της χαμηλής στάθμης έδρασης των τ.ο. στα -4,0μ. περίπου. Δεδομένου των ηπιότερων υδροδυναμικών συνθηκών αποφασίσθηκαν τα ακόλουθα:

- καθαρισμός παγκίνας έμπροσθεν του υφιστάμενου μετώπου (στηλών των τ.ο.), μέχρι την στάθμη έδρασης τους (περι τα -4,0μ.)
- σφράγιση όλων των αρμών των στηλών των τ.ο. με σακκόλιθους εκ σκυροδέματος. Οι αρμοί θα σφραγισθούν με σακκόλιθους διαφορετικού μεγέθους, οι διαστάσεις των οποίων θα καθοριστούν μετά την αποτύπωση που θα εκτελεστεί προ της έναρξης των εργασιών, στην οποία θα καταγραφούν όλα τα μεγέθη τους και βάσει αυτών θα ταξινομηθούν οι αρμοί. Οι αρμοί που θα σφραγίζονται θα έχουν εύρος μεγαλύτερο των 10εκ. Η σφράγιση των αρμών θα υλοποιηθεί με σακκόλιθους από σκυρόδεμα. Οι σακκόλιθοι θα συνίστανται από ιούτινα σακκιά, δηλαδή από υλικό που προέρχεται από φυτικές ίνες ιούτης, που είναι ανθεκτικοί, επαρκώς διαμπερείς για την σκλήρυνση του σκυροδέματος. Οι σακκόλιθοι υπάρχουν σε διάφορα μεγέθη στο εμπόριο και μπορούν εύκολα σχετικά να προσαρμοσθούν στις διαστάσεις των διευρυμένων αρμών. Στις περιπτώσεις των μικρότερου μεγέθους αρμών οι σακκόλιθοι θα πληρώνονται με λιγότερο νωπό σκυρόδεμα και θα συρράπτονται κατάλληλα ώστε να μειώνεται η ποσότητα του σκυροδέματος πλήρωσης τους. Οι διαστάσεις αυτές θα προσαρμόζονται επί τόπου με βάση το εύρος του υπό πλήρωση αρμού, έτσι ώστε να μπορούν να ενσφηνωθούν σε αυτόν. Κάθε αρμός θα σφραγίζεται με δύο τουλάχιστον – σε βάθος – σακκόλιθους, ώστε να διαμορφώνεται κατά το δυνατόν επαρκής μάζα σκυροδέματος, η οποία θα είναι δύσκολο να απομακρυνθεί μελλοντικά. Ο Ανάδοχος εναλλακτικά μπορεί να τοποθετεί ένα

σακκόλιθο τοποθετημένο με την διάσταση των 40εκ. στο βάθος του αρμού. Επιπρόσθετα οι σακκόλιθοι και ενόσω το σκυρόδεμα θα είναι ακόμη νωπό θα διαπερνώνται από μικρές ράβδους δομικού χάλυβα Ø12, κατάλληλου μήκους ώστε να εξασφαλίζεται ει δυνατόν η μονολιθικότητα τους στο σημείο που τοποθετούνται. Οι ράβδοι θα διαπερνούν τους δύο σακκόλιθους με το ελεύθερο παραμένον άκρο τους να ωθείται κατάλληλα, ώστε να εγκιβωτίζεται στη μάζα του εξωτερικού σακκόλιθου. Μετά την τοποθέτησή τους οι σακκόλιθοι θα ελεγχθούν μετά από μία εβδομάδα με νέα ύψαλη αυτοψία για την κατάστασή τους. Το βίντεο θα πρέπει να παραδοθεί στην Επίβλεψη. Το σκυρόδεμα πλήρωσης των σακκόλιθων θα είναι κατηγορίας C20/25 και θα έχει χαρακτηριστικά που θα πληρούν τις απαιτήσεις των σκυροδεμάτων σε θαλάσσιο περιβάλλον. Τα σκυροδέματα των σακκόλιθων μπορούν να παρασκευάζονται επί τόπου με χρήση μικρών αναμικτήρων σκυροδέματος, λόγω των μικρών σχετικά ποσοτήτων που απαιτούνται κατά περίπτωση. Η λήψη δοκιμών για την ποιότητα του σκυροδέματος θα γίνεται κανονικά σύμφωνα με τον ΚΤΣ.

- μετά την σφράγιση των αρμών θα ακολουθήσει η καθαίρεση των επιστρώσεων της χερσαίας ζώνης ώστε να αποκαλυφτεί η έκταση των σπηλαιώσεων όπισθεν του τοίχου.
- αμέσως όπισθεν του τοίχου η εκσκαφή του υπάρχοντος ανακουφιστικού πρίσματος θα συνεχίσει μέχρι και την στάθμη έδρασης των στηλών, ήτοι στα -4,0μ.
- θα ακολουθήσει διάστρωση μη υφαντού γεωυφάσματος βάρους 400γρ./τ.μ. καθ' όλο τη διεπιφάνεια της εκσκαφής με το νέο πρίσμα που θα διαμορφωθεί στην συνέχεια. Το γεωύφασμα θα διαστρωθεί και εσωτερικά των στηλών ώστε να καλυφτούν πλήρως οι αρμοί και από την εσωτερική πλευρά του τοίχου.
- Θα ακολουθήσει η πλήρωση της εκσκαφής με υλικό λατομικής προέλευσης και ατομικού βάρους 20-100χγρ. μέχρι την στάθμη +0,10μ. περίπου από τη Μ.Σ.Θ., δηλαδή ίδια με αυτή των υπολοίπων τμημάτων του έργου.

Οι υπόλοιπες εργασίες είναι αυτές που ήδη περιγράφηκαν για τις προηγούμενες διατομές αποκατάστασης.

Το υφιστάμενο τοίχιο εμφανίζει σε αρκετά σημεία ρηγματώσεις διαμπερείς, όπως παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο της καταγραφής των προβλημάτων. Για την επισκευή τους απαιτείται τοπικά καθαίρεση μικρού αριθμού λίθων και επαναδόμηση του τοίχου στα συγκεκριμένα σημεία. Η εργασία θα εκτελεστεί μετά το πέρας των εργασιών αποκατάστασης της διατομής. Το τσιμεντοκονίαμα που θα χρησιμοποιηθεί για την επαναδόμηση του τοίχου θα είναι κατάλληλο για θαλάσσιο περιβάλλον.

Δεδομένου ότι όλος ο τοίχος εμφανίζει λόγω παλαιότητας φθορές (πέραν των ρωγμών) καθ' όλη την περίμετρο του έργου, αποφασίσθηκε στο 3^ο και στο 4^ο τμήμα των εργασιών επισκευής να εκτελεσθεί υδροβολή τόσο των λίθων όσο κυρίως των αρμών του, ώστε να καθαρισθούν από τα σαθρά υλικά και εν συνεχεία να γίνει εκ νέου αρμολόγηση των λίθων.

Μετά την υδροβολή οι αρμοί πρέπει να καθαριστούν προσεκτικά με χρήση κατάλληλων εργαλείων. Το βάθος που θα πρέπει να επιτευχθεί με την υδροβολή θα είναι κατ' ελάχιστον 2,0εκ.ατ.

Η μαρκίζα του τοιχίου καθαιρείται και σε αυτό το τμήμα και επανακατασκευάζεται από χυτό επί τόπου σκυρόδεμα C20/25. Το πάχος της προβλέπεται ίσο με 30,0εκ.ατ. ενώ το πλάτος της ίσο με 1,40μ. (αμφιπροεξέχουσα κατά 10,0εκ.ατ. εκατέρωθεν). Εντός του σκυροδέματος προβλέπεται τοποθέτηση #T196 πλάτους 110εκ.ατ.

Πέραν των επισκευών αυτών, μικρής έκτασης καθαιρέσεις προβλέπονται και σε δύο ακόμη σημεία του 3^{ου} και του 4^{ου} τμήματος του έργου. Οι καθαιρέσεις αυτές έχουν σκοπό την διέλευση δύο αγωγών PVC-U, SDR 41, DN 125 mm στα σημεία Δ και Ε (περίπου), που προβλέπονται για την απαγωγή των ομβρίων υδάτων. Η θέση τους παρουσιάζεται στο σχ. Μ 63-07/16-ΟΜ-002 «ΚΑΤΟΨΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ».

Η ενίσχυση και προστασία του πρίσματος θεμελίωσης του ακρομωλίου προβλέπεται αντίστοιχη με αυτήν των δύο πρώτων τμημάτων του έργου. Συγκεκριμένα:

- διαμόρφωση στρώσης προστασίας από λίθους λατομικής προέλευσης, ατ. βάρους 500 έως 1000χγρ. Η στρώση προβλέπεται από δύο (2) φυσικούς ογκολίθους της εν λόγω διαβάθμισης, με ελάχιστο πάχος 1,3μ. Στην περίπτωση αυτή η εργασία θα εκτελεσθεί μετά τον καθαρισμό της παγκίνας όπου εδράζονται οι τ.ο. στα -4,0μ. και την τοπική ενσφήνωση μεμονωμένων κυρίως σακκολίθων σκυροδέματος στα σημεία που έχουν εντοπισθεί μικρής έκτασης υποσκαφές. Η στρώση θα κατασκευαστεί άνω της στάθμης -4,0μ. με την στέψη της στα -2,30μ. Αντίστοιχα προβλέπεται τοποθέτηση μη υφαντού γεωφάσματος 400γρ./τ.μ. μέχρι την στάθμη των -6,0μ.

4^ο ΤΜΗΜΑ Δ-Ε: στην συνέχεια του 3^{ου} μέχρι και το σημείο Ε (απόσταση από αρχή περίπου 77,30 μ. μετρούμενη επί της εξωτερικής παρειάς του τοιχίου)

Οι εργασίες είναι αντίστοιχες με αυτές που προβλέπονται για το 3^ο τμήμα του ακρομωλίου. Η μόνη διαφορά σε σχέση με το προηγούμενο τμήμα έγκειται στο ότι στην εξωτερική πλευρά του έργου έχουν επιπρόσθετα τοποθετηθεί φυσικοί ογκόλιθοι μεγαλύτερης διαβάθμισης σε σχέση με το υπόλοιπο έργο. Οι ογκόλιθοι αυτοί έχουν αποτεθεί άτακτα ως ενίσχυση της περιοχής της γωνιακής συναρμογής του ακρομωλίου, εξαιτίας της συγκέντρωσης κυματικής ενέργειας. Παρ' ότι Η διαβάθμιση τους βάσει της αυτοψίας εκτιμάται ικανοποιητική η διαμόρφωση τους δεν είναι αυτή που θα έπρεπε σύμφωνα με τις συστάσεις και τους κανονισμούς των λιμενικών έργων. Για το λόγο αυτό αποφασίσθηκε άρση τμήματος του υφιστάμενου αυτού πρανούς και κυρίως αυτού που υπέρκειται της στάθμης έδρασης των τ.ο. του ακρομωλίου. Δηλαδή προβλέπεται άρση των φ.ο. μέχρι την στάθμη -4,0μ. Στην συνέχεια θα ακολουθήσει αναδιαμόρφωση της στρώσης θωράκισης εξωτερικά της υφιστάμενης με τους λίθους 500 έως 1.000χγρ. Επειδή στην παρούσα φάση δεν υφίσταται ακριβής αποτύπωση του πρανούς υπάρχει πιθανότητα κατά την φάση της

υλοποίησης της εν λόγω εργασίας να απαιτηθούν τροποποιήσεις που θα καθοριστούν επί τόπου σε συνεργασία με την Επίβλεψη του έργου.

Τέλος για την απορροή των ομβρίων υδάτων της χερσαίας ζώνης προβλέπεται η διαμόρφωση κατάλληλων ρήσεων της επιφάνειας της χερσαίας ζώνης. Για το τμήμα Δ-Ε ήδη έγινε αναφορά παραπάνω. Στο δυτικό τμήμα προβλέπεται αντίστοιχα η τοποθέτηση τεσσάρων αγωγών PVC-U, SDR 41, DN 125 mm στα σημεία που παρουσιάζονται στο σχ. Μ 63-07/16-ΟΜ-002 «ΚΑΤΟΨΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ».

5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ - ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ

5.1 Γενικά

Η κατασκευή εμφανίζει σημαντικά προβλήματα όπως περιγράφηκε στα προηγούμενα κεφάλαια της παρούσης. Τα προβλήματα αυτά οφείλονται τόσο στα αυξημένα υδροδυναμικά φορτία που αναπτύσσονται από τη διέλευση των προσεγγιζόντων πλοίων, σε κακοτεχνίες από την φάση κατασκευής του έργου αλλά και λόγω της παλαιότητάς της.

Ειδικότερα, το δυτικό καμπύλο τμήμα του ακρομωλίου, αλλά και το περίπου ευθύγραμμο υπήνεμο αντίστοιχα, επιβαρύνονται σημαντικά από «απόνερα» των διερχομένων πλοίων που διέρχονται σε σχετικά μικρές αποστάσεις από την είσοδο του λιμένα. Τα πλοία και ιδίως τα Ε/Γ που προσεγγίζουν το λιμένα διέρχονται με ιδιαίτερα υψηλές ταχύτητες με αποτέλεσμα να δημιουργούνται κυματισμοί, οι οποίοι προωθούνται προς το ακρομώλιο με σημαντικές ταχύτητες αλλά και ενεργειακά μεγέθη γενικότερα. Προβλήματα αντίστοιχου τύπου έχουν εμφανιστεί σε αρκετά λιμάνια και καταφύγια της Ελλάδας και οφείλονται στον αυξημένο ανταγωνισμό των εταιρειών που έχει οδηγήσει στην απαίτηση για όσο το δυνατό μικρότερες διάρκειες ταξιδιού, με αύξηση των ταχυτήτων πλεύσης ακόμη και μέσα σε λιμενικές ζώνες. Πέραν τούτου η εξέλιξη της ναυπηγικής παρέχει πολύ αυξημένες δυνατότητες πλοήγησης των νέου τύπου πλοίων (ισχυρότεροι κινητήρες, διπλές προπέλες ή/και πηδάλια, πλευρικές προπέλες κ.λπ.), με αποτέλεσμα ακόμη και σε λιμάνια με σχετικά δύσκολες συνθήκες ναυσιπλοΐας όπως του Βόλου (λόγω του διπλού ελιγμού) οι ταχύτητες πλεύσης να παραμένουν σχετικά υψηλές, ενώ και οι συνθήκες τηρούμενες αποστάσεις ασφαλείας από τα υφιστάμενα έργα να μειώνονται.

Τα πλοία κατά την πλεύση προς και από το λιμένα προσβάλλουν απευθείας κυρίως το δυτικό τμήμα του ακρομωλίου όπως και το υπήνεμο μετά τον ελιγμό που εκτελούν προς το εσωτερικό της λιμενολεκάνης του λιμένα. Αντίθετα, το προσήνεμο και ευθύγραμμο τμήμα του πλήττεται από τους κυματισμούς που δημιουργούν υπό γωνία με αποτέλεσμα η επιρροή τους να είναι σχετικά μικρότερη. Πέραν όμως τούτου και μία ακόμη ιδιαιτερότητα της κατασκευής επιβαρύνει ακόμη περισσότερο το δυτικό τμήμα του έργου. Αυτή έγκειται στο ότι το τμήμα αυτό έχει κατασκευαστεί με στήλες τεχνητών ογκολίθων (τ.ο.) που εδράζονται σε υψηλότερη στάθμη από τις αντίστοιχες του προσήνεμου τμήματος. Όπως περιγράφηκε ήδη οι μεν πρώτες εδράζονται στην στάθμη -1,40μ. ενώ οι δεύτερες στα -4,0μ. περίπου. Οι προσπίπτοντες κυματισμοί στο κατακόρυφο μέτωπο του ακρομωλίου (τόσο στις στήλες όσο και στο υπερκείμενο αυτών λιθόκτιστο τοιχίο) ανακλώνται με αποτέλεσμα να διπλασιάζουν το ύψος τους, επηρεάζοντας τα πρίσματα έδρασης των τ.ο. που βρίσκονται σε υψηλότερες στάθμες.

Αντίθετα και μετά από διερεύνηση των συνθηκών πλεύσης και λειτουργίας του λιμένα δεν είναι ιδιαίτερα πιθανή η προσβολή των στηλών από τις προπέλες των πλοίων, τόσο λόγω της απόστασης όσο και της υπό γωνία προσβολής των κατασκευών.

Με βάση τα ανωτέρω αποφασίσθηκε ότι είναι απαραίτητη η ενίσχυση του υφιστάμενου μετώπου του έργου με εξωτερική στρώση προστασίας από λίθους κατάλληλης διαβάθμισης, πέραν των εργασιών αποκατάστασης του λιθοκτιστού τοίχου και των υποκείμενων αυτών στηλών. Η εν λόγω διαμόρφωση αναμένεται να εξασφαλίζει περαιτέρω την έδραση των στηλών (τόσο στο τμήμα που προβλέπεται κατασκευή νέων όσο και σε αυτό που παραμένει και ενισχύεται από την πλευρά της θάλασσας), καθώς το πρίσμα θα περιορίσει σημαντικά τα ανακλαστικά φαινόμενα, τα οποία σήμερα είναι ιδιαίτερα έντονα, καθώς παράλληλα θα εξασφαλίσει την ευστάθεια το υποκείμενου πρίσματος λιθορριπών έδρασης όλης της κατασκευής. Η στρώση αυτή θα αποτελείται από δύο τουλάχιστον φ.ο., ενώ το συνολικό της πλάτος δεν θεωρείται ότι θα δημιουργήσει προβλήματα στον είσπλου και κατάπλου των πλοίων.

Το προσήνεμο τμήμα του ακρομωλίου πλήττεται κυρίως από τους κυματισμούς που γεννώνται εντός του Παγασητικού Κόλπου και συγκεκριμένα αυτούς της Νότιας και Νοτιανατολικής διεύθυνσης προώθησης. Οι κυματισμοί αυτοί προωθούνται προς την περιοχή του έργου σχεδόν απευθείας, παρά την παρουσία του αποσπασμένου κυματοθραύστη σε απόσταση 450μ. από το ακρομώλιο. Το εν λόγω έργο περιορίζει σχετικά την προώθηση των νοτίων καιρών, ενώ αυτή των ΝΑ είναι σχεδόν ανεπηρέαστη. Όπως αναφέρθηκε ήδη το τμήμα αυτό του έργου αντιμετωπίζει προβλήματα κυρίως εξαιτίας κακοτεχνίας από την φάση της κατασκευής του. Συγκεκριμένα οι αρμοί μεταξύ των στηλών είναι ιδιαίτερα διευρυμένοι μέσου πλάτους 30εκ. περίπου. Μετακινήσεις λίθων στην περιοχή της έδρασης του τοιχίου εμφανίζονται αλλά είναι γενικά μικρές, παρ' ότι η διαβάθμιση των λίθων παραμένει και σε αυτό το τμήμα μικρή. Υποσκαφές της στήλης των τ.ο. δεν εμφανίζονται. Από τους ελέγχους που έγιναν αναφορικά με την επάρκεια των φ.ο. του πρίσματος έδρασης προέκυψε ανάγκη ενίσχυσης του πρίσματος με λίθους μεγαλύτερης διαβάθμισης. Παρά ταύτα η ενίσχυση εξωτερικά του πρίσματος με λίθους κρίνεται σκόπιμη, καθώς θα περιορίσει τα φαινόμενα ανάκλασης στο υφιστάμενο κατακόρυφο μέτωπο και παράλληλα λόγω της διάχυσης της κυματικής ενέργειας θα μειώσει τις υδροδυναμικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στον υφιστάμενο τοίχο.

5.2 Διαστασιολόγηση Θωράκισης Καμπύλου δυτικού τμήματος ακρομωλίου

5.2.1 Κυματισμοί που δημιουργούνται από διέλευση πλοίων

Για την διαστασιολόγηση των λίθων προστασίας του μετώπου και του ανακουφιστικού πρίσματος απαιτείται εκτίμηση των κυματικών χαρακτηριστικών των κυμάτων που γεννώνται κατά την πλεύση των πλοίων. Τα διερχόμενα πλοία που παρασχέθηκαν από τον οργανισμό είναι κατά βάση εμπορικά και δευτερευόντως επιβατικά – τουριστικά, που εξυπηρετούν κυρίως την σύνδεση του λιμένα με τις Σποράδες. Υπάρχουν και στοιχεία κρουαζιεροπλοίων (K/Z), τα οποία όμως αφενός μεν διέρχονται σχετικά σπάνια, ενώ οι ταχύτητες πλεύσης τους κατά την προσέγγιση τους είναι ιδιαίτερα μικρές (λόγω του μεγέθους τους αλλά και της ειδικής διαμόρφωσης της εισόδου του λιμένα), με αποτέλεσμα να μην θεωρούνται ότι επιβαρύνουν ουσιαστικά την κατασκευή. Αντίστοιχη θεωρείται και η διέλευση των εμπορικών πλοίων, παρ' ότι οι διαστάσεις τους είναι μεγαλύτερες από αυτές των επιβατικών πλοίων.

Ακολουθούν αναλυτικά, τα χαρακτηριστικά των μεγαλύτερων σκαφών που χρησιμοποιούν το λιμένα Βόλου:

Εμπορικά πλοία

ACORUS

IMO: **8900684**
MMSI: **214181814**
Σήμα Κλήσης: **ERRN**
Σημαία: **Μολδαβία [MD]**
AIS Τύπος Πλοίου: **Cargo**
Ολική χωρητικότητα: **3776**
Νεκρό βάρος: **5950 t**
Ολικό Μήκος x Πλάτος Extreme: **109.88m x 16.46m**
Έτος Κατασκευής: **1990**
Κατάσταση: **Ενεργό**
Προσχέδιο: **3.4m**
Ταχύτητα πραγματική (Μέγιστη / Μέση): **9.5 / 8.6 κόμβους**

ATLAS WAVE

IMO: **9083902**
MMSI: **376245000**
Call Sign: **J8B4576**
Flag: **St Vincent Grenadines [VC]**
AIS Vessel Type: **Cargo**
Gross Tonnage: **5026**
Deadweight: **6560 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **116.96m x 18.16m**
Year Built: **1994**
Status: **Active**
Draught: **5m**
Speed recorded (Max / Average): **9.4 / 7.5knots**

AFRICAN OSPREY

IMO: **9612143**
MMSI: **311070400**
Call Sign: **C6ZW9**
Flag: **Bahamas [BS]**
AIS Vessel Type: **Cargo**
Gross Tonnage: **24212**
Deadweight: **34697 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **180m x 30.46m**
Year Built: **2012**
Status: **Active**
Draught: **9.8m**
Speed recorded (Max / Average): **10.9 / 10.2 knots**

CONTSHIP ECO

IMO: **9492751**
MMSI: **229227000**
Call Sign: **9HA3196**
Flag: **Malta [MT]**
AIS Vessel Type:
Gross Tonnage: **7519**
Deadweight: **9907 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **125m x 21m**
Year Built: **2008**
Status: **Active**

CITADEL

MO: **9361380**
MMSI: **245977000**
Call Sign: **PBOK**
Flag: **Netherlands [NL]**
AIS Vessel Type: **Cargo**
Gross Tonnage: **3990**
Deadweight: **5950 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **110.78m x 14m**
Year Built: **2008**
Status: **Active**
Draught: **5.9m**
Speed recorded (Max / Average): **11.5 / 10.7 knots**

DOST-1

IMO: **9001148**
MMSI: **518100185**
Call Sign: **E5U3126**
Flag: **Cook Is [CK]**
AIS Vessel Type: **Cargo**
Gross Tonnage: **4955**
Deadweight: **8059 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **114.7m x 16.5m**
Year Built: **1994**
Status: **Active**
Draught: **4.4m**
Speed recorded (Max / Average): **8.1 / 6.4 knots**

ELYTIS

IMO: **9452452**

HIZIR G

IMO: **9152246**

MMSI: **256678000**
Call Sign: **9HAE9**
Flag: **Malta [MT]**
AIS Vessel Type: **Cargo**
Gross Tonnage: **5222**
Deadweight: **7448 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **119.95m × 16.8m**
Year Built: **2007**
Status: **Active**
Draught: **6.8m**
Speed recorded (Max / Average): **9.4 / 8.7 knots**

MMSI: **357093000**
Call Sign: **3EYU8**
Flag: **Panama [PA]**
AIS Vessel Type: **Cargo**
Gross Tonnage: **18866**
Deadweight: **30835 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **176.5m × 27m**
Year Built: **1997**
Status: **Active**
Draught: **10.8m**
Speed recorded (Max / Average): **13.1 / 11.1 knots**

MARIA THE FIRST

IMO: **8858099**
MMSI: **214182612**
Call Sign: **ERZL**
Flag: **Moldova [MD]**
AIS Vessel Type: **Cargo**
Gross Tonnage: **2470**
Deadweight: **3230 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **108.4m × 15m**
Year Built: **1984**
Status: **Active**
Draught: **2.4m**
Speed recorded (Max / Average): **8 / 7.7 knots**

OCEAN FORTUNE

IMO: **9512434**
MMSI: **636013841**
Call Sign: **A8PV3**
Flag: **Liberia [LR]**
AIS Vessel Type: **Cargo**
Gross Tonnage: **6479**
Deadweight: **8058 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **116.23m × 18m**
Year Built: **2010**
Status: **Active**
Draught: **5.1m**
Speed recorded (Max / Average): **12.3 / 10.9 knots**

PARIS JR

IMO: **9108398**
MMSI: **249713000**
Call Sign: **9HYR9**
Flag: **Malta [MT]**
AIS Vessel Type: **Cargo - Hazard B**
Gross Tonnage: **14241**
Deadweight: **18423 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **158.75m × 24m**
Year Built: **1996**
Status: **Active**
Draught: **8.4m**
Speed recorded (Max / Average): **13.2 / 11.8 knots**

RITA BR

IMO: **9431977**
MMSI: **247216300**
Call Sign: **ICGN**
Flag: **Italy [IT]**
AIS Vessel Type: **Cargo**
Gross Tonnage: **6699**
Deadweight: **9434 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **134.45m × 18m**
Year Built: **2007**
Status: **Active**
Draught: **6.8m**
Speed recorded (Max / Average): **10.9 / 10.4 knots**

MEHMET BAY

IMO: **9045601**
MMSI: **248864000**
Call Sign: **9HUD6**
Flag: **Malta [MT]**
AIS Vessel Type: **Cargo**
Gross Tonnage: **6055**
Deadweight: **8764 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **130.86m × 17.7m**

PACIFIC FIGHTER

IMO: **9177624**
MMSI: **229585000**
Call Sign: **9HA3427**
Flag: **Malta [MT]**
AIS Vessel Type: **Cargo**
Gross Tonnage: **18597**
Deadweight: **29500 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **181m × 26m**

Year Built: **2000**
Status: **Active**
Status: **Active**
Draught: **7.2m**
Speed recorded (Max / Average): **7.8 / 7.6 knots**

Year Built: **1998**
Status: **Active**
Draught: **6.2m**
Speed recorded (Max / Average): **9 / 8.1 knots**

SEA SPRINT

IMO: **9364019**
MMSI: **229938000**
Call Sign: **9HA2243**
Flag: **Malta [MT]**
AIS Vessel Type: **Cargo**
Gross Tonnage: **5197**
Deadweight: **6355 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **127.3m × 16.84m**
Year Built: **2007**
Status: **Active**
Draught: **3.5m**
Speed recorded (Max / Average): **10.2 / 8.7 knots**

STAROCHERKASSK

IMO: **8728062**
MMSI: **514294000**
Call Sign: **XUJF4**
Flag: **Cambodia [KH]**
AIS Vessel Type: **Cargo**
Gross Tonnage: **2516**
Deadweight: **3174 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **113.84m × 13.2m**
Year Built: **1979**
Status: **Active**
Draught: **3.4m**
Speed recorded (Max / Average): **8 / 7.4 knots**

WARNOV

IMO: **9454838**
MMSI: **305264000**
Call Sign: **V2DN4**
Flag: **Antigua Barbuda [AG]**
AIS Vessel Type: **Cargo**
Gross Tonnage: **4255**
Deadweight: **6050 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **114.4m × 14.5m**
Year Built: **2009**
Status: **Active**
Draught: **6.2m**
Speed recorded (Max / Average): **9.9 / 8.3 knots**

Κρουαζιερόπλοια

COSTA NEOCLASSICA

IMO: **8716502**
MMSI: **247819000**
Call Sign: **ICIC**
Flag: **Italy [IT]**
AIS Vessel Type: **Passenger**
Gross Tonnage: **53015**
Deadweight: **7781 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **220m × 34m**
Year Built: **1991**
Status: **Active**
Draught: **7.6m**
Speed recorded (Max / Average): **18.9 / 18.2 knots**

SILVER WIND

IMO: **8903935**
MMSI: **308814000**
Call Sign: **C6FG2**
Flag: **Bahamas [BS]**
AIS Vessel Type: **Passenger**
Gross Tonnage: **17235**
Deadweight: **1790 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **155.81m × 21.42m**
Year Built: **1995**
Status: **Active**
Draught: **5.7m**
Speed recorded (Max / Average): **13.9 / 9.5 knots**

ASTORIA

IMO: **5383304**
MMSI: **255801380**
Call Sign: **CQRV**
Flag: **Portugal [PT]**
AIS Vessel Type: **Passenger**
Gross Tonnage: **16144**
Deadweight: **2153 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **160.07m × 21m**
Year Built: **1948**
Status: **Active**
Draught: **7.6m**
Speed recorded (Max / Average): **15.2 / 14.1 knots**

AIDA AURA

IMO: **9221566**
MMSI: **247117400**
Call Sign: **IBNZ**
Flag: **Italy [IT]**
AIS Vessel Type: **Passenger**
Gross Tonnage: **42289**
Deadweight: **4157 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **202.85m × 28m**
Year Built: **2003**
Status: **Active**
Draught: **6.3m**
Speed recorded (Max / Average): **12.8 / 11.6 knots**

RIVIERA

IMO: **9438078**
MMSI: **538004353**
Call Sign: **V7WO5**
Flag: **Marshall Is [MH]**
AIS Vessel Type: **Passenger**
Gross Tonnage: **66172**
Deadweight: **6000 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **238m × 32.2m**
Year Built: **2011**
Status: **Active**
Draught: **7.6m**
Speed recorded (Max / Average): **15.7 / 14 knots**

Επιβατικά Πλοία

EXPRESS SKIATHOS

IMO: **9064803**
MMSI: **237066000**
Call Sign: **SWHM**
Flag: **Greece [GR]**
AIS Vessel Type: **Passenger**
Gross Tonnage: **1982**
Deadweight: **850 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **77.87m × 22m**
Year Built: **1996**
Status: **Active**
Draught: **5m**
Speed recorded (Max / Average): **16.2 / 15.8 knots**

FLYING CAT 5

IMO: **9134543**
MMSI: **237836900**
Call Sign: **SY5393**
Flag: **Greece [GR]**
AIS Vessel Type: **High Speed Craft**
Gross Tonnage: **496**
Deadweight: **43 t**
Length Overall x Breadth Extreme: **42m × 11m**
Year Built: **1996**
Status: **Active**
Draught: **1.5m**
Speed recorded (Max / Average): **26.3 / 25.8 knots**

FLYING DOLPHIN ERATO

IMO: 8861448

MMSI: 237034100

Call Sign: SW8206

Flag: Greece [GR]

AIS Vessel Type: High Speed Craft

Gross Tonnage: 161

Deadweight: -

Length Overall x Breadth Extreme: 34.5m x 5.8m

Year Built: 1991

Status: Active

Draught: 1.8m

Speed recorded (Max / Average): 33.2 / 32.3 knots

PROTEUS

IMO: 7350416

MMSI: 240567000

Call Sign: SV2314

Flag: Greece [GR]

AIS Vessel Type: Passenger

Gross Tonnage: 1160

Deadweight: 666 t

Length Overall x Breadth Extreme: 87.91m x 13.4m

Year Built: 1973

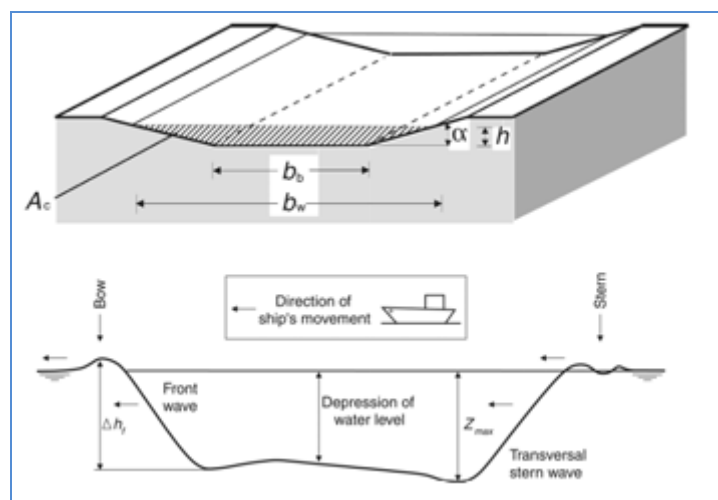
Status: Active

Draught: 4m

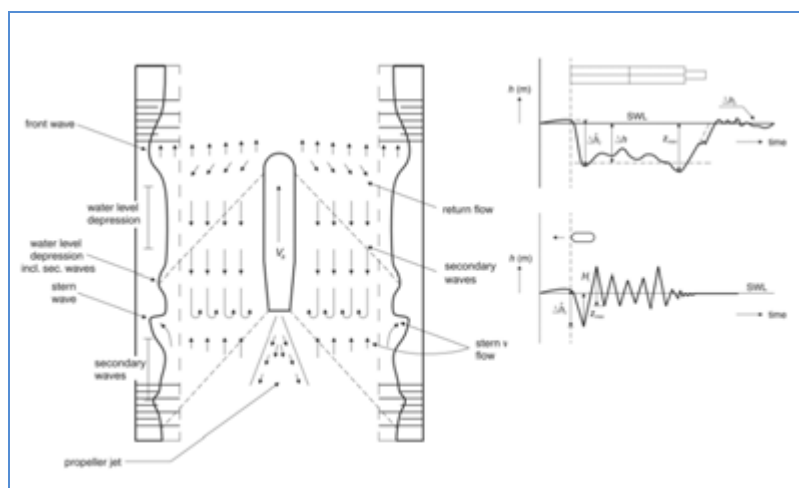
Speed recorded (Max / Average): 15 / 14.4 knots

Τα εμπορικά πλοία τηρούν τις συνθήκες ασφαλούς ναυσιπλοΐας, δηλαδή ελαττώνουν στο ελάχιστο την ταχύτητα πλεύσης τους, διατηρώντας κατ' αυτόν τον τρόπο τις ελάχιστες αποστάσεις από το ακρομώλιο. Αντίθετα τα τουριστικά και επιβατικά σκάφη, ή ακόμη και τα ταχύπλοα που προσεγγίζουν στο λιμάνι διέρχονται από το συγκεκριμένο σημείο της εισόδου, με σχετικά υψηλές ταχύτητες και σε σχετικά κοντινή απόσταση από το ακρομώλιο (για τους λόγους που αναφέρθηκαν), με αποτέλεσμα να θεωρούνται κυρίως υπεύθυνα για τους κυματισμούς που προσβάλλουν το μέτωπο του ακρομωλίου και ιδιαίτερα το δυτικό του τμήμα. Για τον υπολογισμό των κυμάτων χρησιμοποιήθηκαν κανονισμοί και συστάσεις λιμενικών έργων, οι οποίοι παρατίθενται στην συνέχεια του τεύχους.

Τα υδροδυναμικά φορτία που δημιουργούνται από τα πλοία προέρχονται συνήθως από την πλεύση τους, τη διαδικασία εκτέλεσης ελιγμών, την χρήση των προπελών τους, πρυμναίων ή πλευρικών κ.λπ. Οι παράμετροι και τα φαινόμενα που δημιουργούνται κατά την πλεύση παρουσιάζονται χαρακτηριστικά στα παρακάτω σκίτσα:



Σχήμα 5-1: Σκαρίφημα κινήσεων υδάτινων μαζών από την πλεύση πλοίου



Σχήμα 5-2: Χαρακτηριστικά κινήσεων υδάτινων μαζών από την πλεύση των πλοίων

Τα χαρακτηριστικά των υδροδυναμικών φαινομένων περιλαμβάνουν τα:

- πρωτεύων κύμα πλοίου, που περιλαμβάνει α) εγκάρσιο πρωραίο κύμα, β) μείωση της στάθμης της θάλασσας κατά μήκος του πλοίου, γ) εγκάρσιο πρυμναίο κύμα
- ρεύμα επιστροφής από το πρωτεύων κύμα
- δευτερογενή κύματα
- ρεύμα εξαιτίας της δράσης των προπελών του πλοίου

Οι τύποι των πλοίων, ο τρόπος της πλεύσης του (ταχύτητα και θέση εντός του διαύλου προσέγγισης - είτε αυτό είναι κανάλι είτε είναι διάυλος), διαστάσεις του πλοίου και γεωμετρία διαύλου είναι οι παράμετροι που κυρίως καθορίζουν τα υδροδυναμικά φορτία που προκαλούνται από τα πλοία.

Στις περισσότερες περιπτώσεις τα πλωτά ρυμούλκησης κατά τη ρυμούλκηση ή τα έμφορτα συνήθη φορτηγά σκάφη είναι υπεύθυνα για τους έντονους πρωτεύοντες κυματισμούς (εγκάρσιοι πρυμναίοι z_{max}) και ρεύματα επιστροφής Ur (m/s) και τα ταχύπλοα όπως είναι τα ρυμουλκά, τα service vessels και τα σκάφη αναψυχής για τους έντονους δευτερογενείς κυματισμούς Hi (m). Οι σχετικοί παράμετροι για τον υπολογισμό των κινήσεων των υδάτινων μαζών είναι οι κάτωθι:

- μήκος πλοίου Ls (m) και πλάτους πλοίου Bs (m)
- ταχύτητα πλεύσης s (m/s)
- έμφορτο βύθισμα πλοίου Ts (m) (ή του μέσου άφορτου βυθίσματος)
- θέση πλοίου κατά την πλεύση σε σχέση με τα περιβάλλοντα όρια του διαύλου του καναλιού κ.λ.π.
- η διατομή του διαύλου πλεύσης Ac (m²)
- το βάθος του διαύλου ή του καναλιού h (m)
- το πλάτος του διαύλου ή του καναλιού στον πυθμένα bb (m) και στην στάθμη ηρεμίας της θάλασσας bw (m)

Το ύψος της ύφεσης της στάθμης της θάλασσας Δh , του πρόσθιου κυματισμού Δh_i και του εγκάρσιου πρυμναίου z_{max} κυμαίνεται ανάλογα με τις περιπτώσεις, τις τοπικές συνθήκες του διαύλου και τα εγγύς σε αυτόν έργα, όπως στην εξεταζόμενη περίπτωση. Συνήθεις κυματισμοί είναι της τάξης των 0,30 έως 0,60m αν και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να υπερβούν και το 1,0μ. Η διάρκεια της ύφεσης της στάθμης της θάλασσας κυμαίνεται μεταξύ 20 και 60δλ. εξαρτώμενη από τον τύπο του πλοίου και την ταχύτητα πλεύσης του. Οι περίοδοι των πρόσθιων και εγκάρσιων πρυμναίων κυματισμών είναι συνήθως μεταξύ 2 και 5 sec. Ρεύματα επιστροφής U_r μπορούν να φτάσουν το 1,5 m/s.

Παράμετροι που απαιτούνται για την εκτίμηση των κυμάτων

- Υψαλη επιφάνεια πλοίου, A_m

Για την εκτέλεση των υπολογισμών χρησιμοποιήθηκε ως πλοίο σχεδιασμού EXPRESS SKIATHOS, το οποίο είναι σχετικά μεγάλων διαστάσεων επιβατικό πλοίο (όχι απλά ταχύπλοο), εισέρχεται με σημαντική ταχύτητα και έχει την δυνατότητα εκτέλεσης ταχύ σχετικά ελιγμού στην περιοχή της εισόδου. Το ταχύπλοο FLYING CAT 5 πλέει με σαφώς υψηλότερες ταχύτητες και ελίσσεται με ακόμη μεγαλύτερη ευκολία, αλλά έχει πολύ μικρότερο μέγεθος και είναι πιο δύσκολα στην προσομοίωσή του στις διαθέσιμες εξισώσεις υπολογισμού. Η ύψαλη επιφάνεια του πλοίου υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$A_m = C_m B_s T_s$$

όπου,

C_m : συντελεστής σχήματος πλοίου που περιγράφει την επιρροή της διατομής του πλοίου (-)

B_s : πλάτος πλοίου (m)

T_s : έμφορτο βύθισμα (m)

Κατάλληλες τιμές του συντελεστή C_m προτείνονται στην συνέχεια:

- $C_m = 0.9$ έως 1.0 για πλωτά ρυμούλκησης και πλοία ποταμών. Στην κατηγορία αυτή προσεγγίζουν πλέον και τα μεγάλα φορτηγά πλοία. push units and inland vessels
- $C_m = 0.9$ έως 0.7 για ταχύπλοα τουριστικά και πλοία λιμενικών αρχών, ρυμουλκά κ.λ.π.

Ο συντελεστής αυτός για τα ταχύπλοα είναι περισσότερο στην δεύτερη κατηγορία τιμών και ίσως λαμβάνει τιμές ακόμη πιο μικρές, εξαιτίας της νέας τεχνολογίας ναυπήγησης των συγκεκριμένων πλοίων. Στην παρούσα αποφασίσθηκε η χρήση συντελεστού **1.0** για λόγους συντηρητικής θεώρησης.

- Οριακή ταχύτητα πλοίου V_L – πραγματική ταχύτητα πλοίου V_s

Κατ' αρχήν υπολογίζονται οι ταχύτητες πλεύσης βάση των σχέσεων που παρατίθενται από το [1]. Στην συνέχεια οι εν λόγω ταχύτητες απομειώνονται βάσει σχετικών συντελεστών ανάλογα με τις συνθήκες φόρτωσης του εκάστοτε πλοίου. Στην εξεταζόμενη

περίπτωση όμως, λόγω των ειδικών συνθηκών πλεύσης στην περιοχή της εισόδου και συγκεκριμένα λόγω του διπλού ελιγμού που εκτελούν τα πλοία, δεν μπορούν να εφαρμοστούν. Για την αποφυγή υπερεκτίμησης των κυματισμών αποφασίσθηκε να χρησιμοποιηθεί τιμή πλεύσης – πραγματικής ταχύτητας – ίσης με 5,14m/sec, που αντιστοιχεί σε **10 κόμβους (knots)** που θεωρείται αρκετά σχετικά ρεαλιστική ως κρίσιμη θεώρηση για τα δεδομένα του έργου και τις συνθήκες πλεύσης στην περιοχή της εισόδου δυτικά του ακρομωλίου.

Βάση των ανωτέρω είναι :

$$V_s = 5,14\text{m/sec}$$

- Μέση υποχώρηση της στάθμης της θάλασσας, Δh και μέση ταχύτητα ρεύματος επιστροφής

Η μέση υποχώρηση της στάθμης της θάλασσας υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\Delta h = \frac{V_s^2}{2g} \left[\alpha_s \left(A_c / A_c^* \right)^2 - 1 \right]$$

όπου,

Δh : η μέση υποχώρηση της στάθμης της θάλασσας

α_s : συντελεστής που εκφράζει την επιρροή της μείωσης της ταχύτητας σε σχέση με τη μέγιστη του πλοίου, λαμβάνεται από την παρακάτω σχέση. Λαμβάνεται η πραγματική σχέση της ταχύτητας που εκτιμήθηκε ως προς τη μέγιστη, η οποία λαμβάνεται από τα στοιχεία των πλοίων της προηγούμενης παραγράφου.

$$\alpha_s = 1.4 - 0.4V_s/V_L$$

Η τιμή του συντελεστή λαμβάνεται τελικά ίση με: 1,15

A_c : Η διατομή του διαύλου. Στην εξεταζόμενη περίπτωση η διατομή αποκλίνει από την τυπική που συνήθως χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις των διαύλων. Στην εξεταζόμενη περίπτωση τα θεωρητικά στερεά όρια ορίζονται από το πρανές του ακρομωλίου, που είναι διαμορφωμένο με κλίση περίπου 3:2 (οριζόντια: κατακόρυφα) και την έναντι αυτού παραλιακή ζώνη στα Πευκάκια. Η κλίση της ζώνης αυτής είναι βάσει των ναυτικών χαρτών περίπου 14:1 (οριζόντια: κατακόρυφα). Το «καθαρό» πλάτος του προσομοιωμένου διαύλου είναι περίπου 280m. Ακολουθεί ο σχετικός ναυτικός χάρτης από το διαδίκτυο (εφαρμογή πανιονics). Για την προσομοίωση της διατομής εισόδου θεωρήθηκε μέση κλίση πρανών εκατέρωθεν της εισόδου ίση με 7,75:1(οριζόντια : κατακόρυφα).



Σχήμα 5-3: Ναυτικός Χάρτης της περιοχής του λιμένα [Navionics]

Βάσει των διαθέσιμων βυθομετρικών στοιχείων η διατομή του διαύλου προέκυψε ίση περίπου με: $A_c = 3.575 \text{ m}^2$

Από την επίλυση με διαδοχικές προσεγγίσεις της ανωτέρω εξίσωσης προέκυψε ότι ο καταβιβασμός της στάθμης της θάλασσας είναι ίσος με :

$$\Delta h = 0.52 \text{ m}$$

Παρ' ότι όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, η πιθανότητα διέλευσης του ταχύπλοου FLYING CAT μπορεί να δώσει υψηλότερη τιμή, αποφασίσθηκε να μην ληφθεί περαιτέρω συντελεστής ασφαλείας, καθώς αφενός έχει ληφθεί ήδη υψηλή ταχύτητα εισόδου αφετέρου δε η προσομοίωση του διαύλου ως κανάλι εισόδου είναι συντηρητική. Στην πραγματικότητα οι διαστάσεις των θαλάσσιων μαζών είναι σαφώς μεγαλύτερες και η τελική επιρροή αναμένεται μικρότερη. Κατά συνέπεια η υπολογισθείσα τιμή θεωρείται ρεαλιστική και εντός των αναμενόμενων βάσει των συστάσεων της Διεθνούς Βιβλιογραφίας.

- Μέγιστη υποχώρηση της στάθμης της θάλασσας Δh^*

Ο υπολογισμός της γίνεται από την εφαρμογή της ακόλουθης σχέσης:

$$\Delta h^* / \Delta h = \begin{cases} 1 + 2A_w^* & \text{for } b_w / L_s < 1.5 \\ 1 + 4A_w^* & \text{for } b_w / L_s \geq 1.5 \end{cases}$$

όπου,

$$A_w^* = y h / A_c \text{ (-)}$$

y: η απόσταση του πλοίου από τον θεωρητικό άξονα του διαύλου ή καναλιού. Λαμβάνεται προς την πλευρά του έργου. Στην εξεταζόμενη περίπτωση λαμβάνεται απόσταση 60m από τον άξονα του καναλιού.

Βάσει των παραπάνω: $A_w^* = y \cdot h / A_c = 0,168$

Άρα η μέγιστη υποχώρηση της στάθμης της θάλασσας είναι: $\Delta h^* = 0,87m$

Η τιμή θεωρείται σχετικά υψηλή και κρίσιμη για το έργο.

- Πρόσθιο ύψος κύματος Δh_f και καμπυλότητα i_f

Τα χαρακτηριστικά του πρόσθιου κύματος και η καμπυλότητα του υπολογίζονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\Delta h_f = 0.1 \Delta h + \Delta \hat{h}$$
$$i_f = 0.03 \Delta h_f$$

Βάσει των παραπάνω προκύπτουν:

$$\Delta h_f = 0,92m, i_f = 2.8 \times 10^{-2}$$

- Πρυμναίο κύμα

$$z_{max} = 1.5 \Delta \hat{h}$$

Από την σχέση αυτή προκύπτει: $z_{max} = 1,38m$

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ότι οι τιμές των κυμάτων είναι σημαντικές, ιδιαίτερα δε εάν ληφθεί υπ' όψη και ο καταβιβασμός της στάθμης της θάλασσας.

5.2.2 Διαστασιολόγηση προτεινόμενης στρώσης θωράκισης

Όπως αναφέρθηκε στα προτεινόμενα έργα του έργου για το δυτικό τμήμα του ακρομωλίου προβλέπεται ενίσχυση του πρίσματος θεμελίωσής του. Η εν λόγω θωράκιση θα ξεκινάει από το ίχνος του υφιστάμενου πρανούς και θα καταλήγει μέχρι και την περιοχή του μετώπου του έργου. Με αυτόν τον τρόπο θα μειωθούν τα φαινόμενα ανάκλασης στον τοίχο αλλά και οι ασκούμενες σε αυτόν υδροδυναμικές πιέσεις. Επιπρόσθετα η κατασκευή του θα οδηγήσει και σε βελτίωση των συνθηκών κυματικής αναταραχής στην περιοχή της εισόδου, λόγω της μείωσης των ανακλαστικών φαινομένων.

Για τον υπολογισμό της θωράκισης χρησιμοποιούνται δύο μεθοδολογίες υπολογισμού. Η πρώτη είναι η συνήθως χρησιμοποιούμενη σε λιμενικά έργα του Van Der Meer [1] & [2] και η δεύτερη είναι αυτή που προτείνεται από τον Markle για την προστασία πρισμάτων αντίστοιχου τύπου. Η δεύτερη αφορά κυρίως σε υποθαλάσσιο τμήμα κατασκευών αλλά με κατάλληλη προσαρμογή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των λίθων προστασίας του έργου.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι δύο μεθοδολογίες υπολογισμού.

- Μεθοδολογία υπολογισμού Van Der Meer

Η μεθοδολογία του Van der Meer (1988b) και παρουσιάζεται [1] & [2] περιγράφεται από τις ακόλουθες σχέσεις και παραμέτρους σχεδιασμού:

For plunging waves ($\xi_m < \xi_{cr}$):

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = c_{pl} P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5}$$

and for surging waves ($\xi_m \geq \xi_{cr}$):

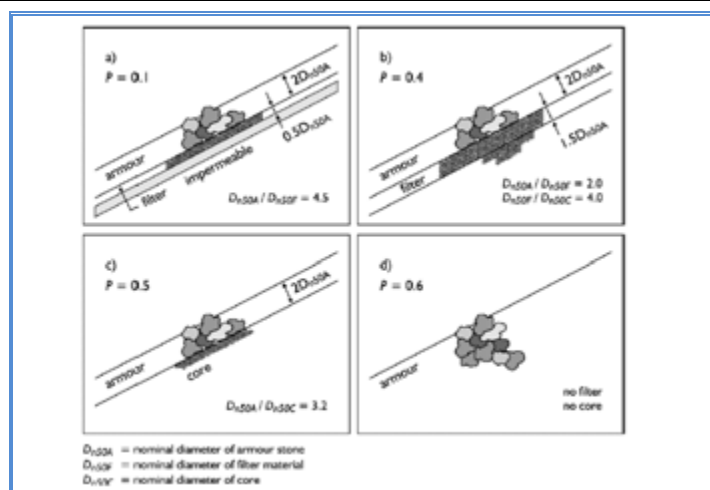
$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = c_s P^{-0.13} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot \alpha} \xi_m^P$$

Όπου,

$$\xi_m = s_m^{-0.5} \tan \alpha \text{ \& \; } \xi_{mc} = (6.2 P^{0.31} (\tan \alpha)^{0.5})^{1/(P+0.5)}$$

Όπου,

H_s : χαρακτηριστικό ύψος κυματισμού, στον πόδα του έργου (m)
$T_{m-1,0}$: φασματική περίοδος (sec)
ρ_s : η πυκνότητα του φυσικού ογκολίθου θωράκισης (kg/m^3), λαμβάνεται ίση με 2.650 kg/m^3 .
ρ_w : η πυκνότητα του θαλάσσιου ύδατος (kg/m^3), λαμβάνεται ίση με 1.025 kg/m^3
Δ : $(\rho_s / \rho_w) - 1$ η σχετική πυκνότητα των φυσικών ογκολίθων
D_n : η χαρακτηριστική διάσταση – πλευρά του ισοδύναμου κύβου με όγκο ίδιο με αυτόν του φυσικού ογκολίθου (m)
c_{pl} : σταθερά με μέση τιμή 8,40 και τυπική απόκλιση $\sigma = 0.7$
c_s : σταθερά με μέση τιμή 1,30 και τυπική απόκλιση $\sigma = 0.15$
$\xi_{m-1,0}$: παράμετρος θραύσης με περίοδο την $T_{m-1,0}$
S : παράμετρος καταστροφής, λαμβάνεται ίση με 2 σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί
N : αριθμός προσπιπτόντων κυματισμών στον πόδα του έργου
α : κλίση πρανούς κατασκευής, ίσο με 1,5:1 (οριζόντια κατακόρυφα)
P : θεωρητική περατότητα – πορώδες κατασκευής, βλ. σχ. που ακολουθεί



Σχήμα 5-4: Θεωρητική περατότητα P – πορώδες κατασκευής [1]

Η περατότητα της στρώσης θωράκισης του έργου δεν προσομοιώνεται απόλυτα από τα ανωτέρω. Δεδομένου όμως ότι υπάρχει αδιαπέρατο εμπόδιο όπισθεν της επιλέγεται η δυσμενέστερη τιμή της που είναι ίση με 0,10.

Ο αριθμός των κυμάτων που προσβάλουν το πρανές είναι σχετικά πολύ μικρός, συγκριτικά με τις περιπτώσεις ανάπτυξης θύελλας. Ενδεικτικά και μόνο λαμβάνεται ίσος με 100.

slope	Start of damage	Intermediate damage	Failure
1 : 1.5	2	3 up to 5	8
1 : 2.0	2	4 up to 6	8
1 : 3.0	2	6 up to 9	12
1 : 4 - 1 : 6	3	8 up to 12	17

Πίνακας 5-1: Τιμές παραμέτρου καταστροφής της σχέσης του Van Der Meer [2]

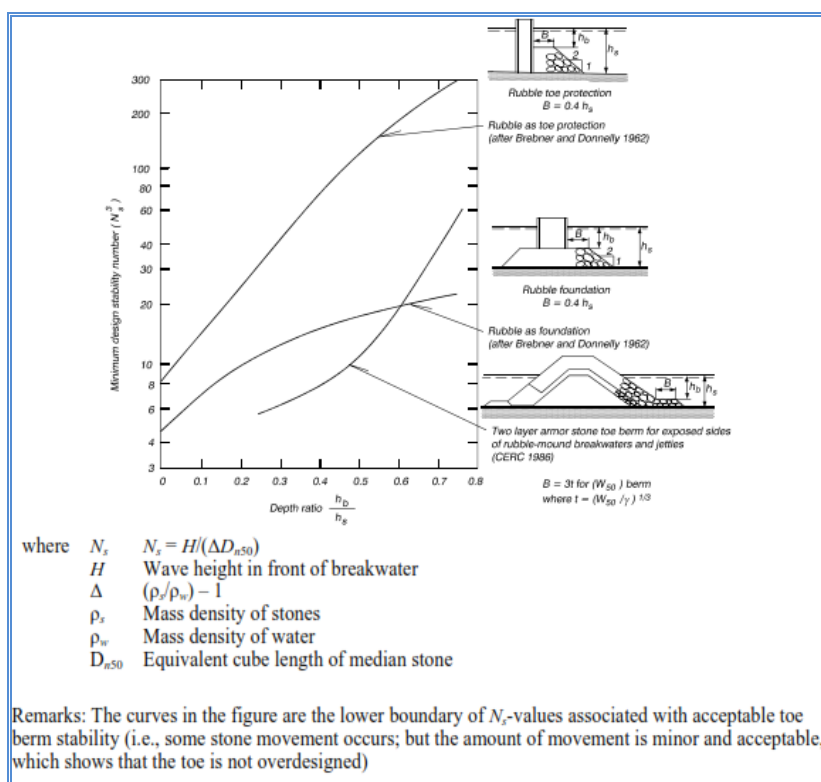
Τα επιτρεπόμενα όρια ισχύος των σχέσεων του Van Der Meer δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Parameter	Symbol	Range
Slope angle	$\tan \alpha$	1:6 - 1:1.5
Number of waves	N	< 7500
Fictitious wave steepness based on T_m	S_{om}	0.01 - 0.06
Surf similarity parameter using T_m	ξ_m	0.7 - 7
Relative buoyant density of armourstone	Δ	1 - 2.1
Relative water depth at toe	h/H_{s0e}	> 3
Notional permeability parameter	P	0.1 - 0.6
Armourstone gradation	D_{s85}/D_{s15}	< 2.5
Damage-storm duration ratio	$S_d/\sqrt{N}$	< 0.9
Stability number	$H_g/(LD_{s50})$	1 - 4
Damage level parameter	S_d	1 < S_d < 20

Πίνακας 5-2: Όρια ισχύος των σχέσεων της μεθοδολογίας [2]

- Μεθοδολογία υπολογισμού Markle

Η μεθοδολογία υπολογισμού που παρουσιάστηκε από τον Markle βασίζεται στα παρακάτω νομογραφήματα:



Σχήμα 5-5: Μεθοδολογία υπολογισμού προστασίας από Markle [2]

όπου,

H_s : χαρακτηριστικό ύψος κυματισμού, στον πόδα του έργου (m)
ρ_s : η πυκνότητα του φυσικού ογκολίθου θωράκισης (kg/m^3), λαμβάνεται ίση με 2.650kg/m^3 .
ρ_w : η πυκνότητα του θαλάσσιου ύδατος (kg/m^3), λαμβάνεται ίση με 1.025kg/m^3
Δ : $(\rho_s/\rho_w)-1$ η σχετική πυκνότητα των φυσικών ογκολίθων
D_n : η χαρακτηριστική διάσταση – πλευρά του ισοδύναμου κύβου με όγκο ίδιο με αυτόν του φυσικού ογκολίθου (m)
N_s : παράμετρος ευστάθειας που λαμβάνεται από το σχήμα 5-5, στην εξεταζόμενη περίπτωση λαμβάνεται ίση με $8^{1/3}$

- Αποτελέσματα υπολογισμών

Δυτικό Τμήμα Ακρομωλίου									
Διατομή	H _{des} (m)	T _s (sec)	Mass density (kg/m ³)	m armor slope (1/n)	S (-)	N _s ³ (-)	D _{N50} /W ₅₀ (m/kg)	Equivalent stone gradation (kg)	Proposed gradation (kg)
Markle, 1989									
A1-A1 & A2-A2	1.38	5.0	2,650	3/2	2	8	0.44/218	164-274	150-300
Van der Meer, 1988									
A1-A1 & A2-A2	1.38	5.0	2,650	3/2	2	-	0.52/372	250-466	200-500

Πίνακας 5-3: Αποτελέσματα Υπολογισμών

5.3 Διαστασιολόγηση Θωράκισης Προσήμενου Τμήματος Ακρομωλίου

Για το τμήμα αυτό του έργου κρίσιμη είναι η προωθούμενη από τα ΝΑ κυματική ενέργεια. Η κατάσταση που προσεγγίζει την υδροδυναμική φόρτιση βρίσκεται μεταξύ των σχημάτων 1 και 2. Για αυτό το λόγο εξετάζονται και τα δύο και λαμβάνεται στην συνέχεια η δυσμενέστερη εκ των δύο περίπτωση.

- Αποτελέσματα υπολογισμών

Δυτικό Τμήμα Ακρομωλίου									
Διατομή	H _{des} (m)	T _s (sec)	h _b /h _s (-)	Mass density (kg/m ³)	m armor slope (1/n) (-)	N _s ³ (-)	D _{N50} /W ₅₀ (m/kg)	Equivalent stone gradation (kg)	Proposed gradation (kg)
Markle, 1989									
A4	1,93	4,72	0.34	2,650	3/2	60	0.31/80	60-100	100-200
A4	1,93	4,72	0.34	2,650	3/2	12.0	0.53/400	300-500	500-1.000

Πίνακας 5-4: Αποτελέσματα Υπολογισμών

Από τα ανωτέρω αποτελέσματα προκύπτουν σχετικά παρεμφερείς διαβαθμίσεις για τους φυσικούς ογκολίθους που θα χρησιμοποιηθούν για την στρώση θωράκισης και ενίσχυσης της υφιστάμενης κατασκευής. Δεδομένου ότι οι απαιτούμενες ποσότητες υλικών είναι σχετικά μικρές αποφασίστηκε η χρησιμοποίηση ενιαίας διαβάθμισης καθ' όλη την περίμετρο του ακρομωλίου. Λαμβάνοντας δε και συντελεστή ασφαλείας των ανωτέρω επιλέγεται τελικά διαβάθμιση λίθων ατομικού βάρους από 500 έως 1000kg.

6. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Για την εκτίμηση της δαπάνης κατασκευής των προβλεπόμενων εργασιών αποκατάστασης, εκτελέστηκε αναλυτική προμέτρηση εργασιών και υλικών. Η τιμολόγηση των εργασιών βασίστηκε στις αναλυτικές τιμές των Πρότυπων Τιμολογίων και συγκεκριμένα στην τελευταία επικαιροποιημένη έκδοση τους (6^η) το Μάρτιο του 2013. Πέραν των ανωτέρω χρησιμοποιήθηκαν και τιμές εμπορίου για συγκεκριμένα υλικά που δεν προβλέπονται από τα ως άνω τιμολόγια.

Πιο αναλυτικά η συνολική δαπάνη για την αποκατάσταση του έργου προέκυψε ίση με 219.000ευρώ. Στην ανωτέρω τιμή συμπεριλαμβάνεται 24% ΦΠΑ που αντιστοιχεί σε 42.387,10ευρώ, απρόβλεπτα 15% που αντιστοιχούν σε 22.310,12ευρώ, αναθεώρηση 5.568,67ευρώ και τέλος Γενικά Έξοδα και Ωφέλη Εργολάβου 18% που αντιστοιχούν σε 22.688,25ευρώ

Ο αναλυτικός προϋπολογισμός του έργου παρατίθενται στο **Παράρτημα Γ** του παρόντος τεύχους.

Για την ΠΛΕΥΣΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Γ. Βερελής

M.Sc., DIC Πολιτικός Μηχανικός

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΕΥΧΟΥΣ

- I. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ
- II. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΡΩΣΕΩΝ ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
- III. ΠΡΟΫΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΡΓΟΥ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

Κυματική Ανάλυση Ανεμογενών Κυματισμών? $F_{\text{πραγματικό}} = 30,5 \text{ km}$ **Κλιματικές Συνθήκες - Παράμετροι Κυματικού Φάσματος**Παράμετροι Ανέμου:

Bf = **9** * Beaufort Scale
U₁₀ = **21,31 m/sec** * Ταχύτητα Ανέμου στα 10m
C_D = 0,0018 m/sec
u* = 0,9155 m/sec

? **U₁₀** = 41,42 knots**Εξίσωση Χρονικά Περιοριζόμενου Αναπτύγματος**

? **t (hrs)** = **5 hours** If $t > t_{x,u}$ Χωρικά Περιοριζόμενο
t_{x,u} = 3,61 hours If $t < t_{x,u}$ Χρονικά Περιοριζόμενο
Feq=Factual = 30,50 km Ισοδύναμο Ανάπτυγμα

FETCH LIMITED**Χαρακτηριστικά Κυματισμών στα Βαθιά** (Demirbilek, Bratos and Thompson 1993, CEM 2003)

H_s = **2,11 m**
T_p = **4,97 sec**
T_s = **4,72 0.95T_p**

H_{m0} = 2,11
T_p = 4,97

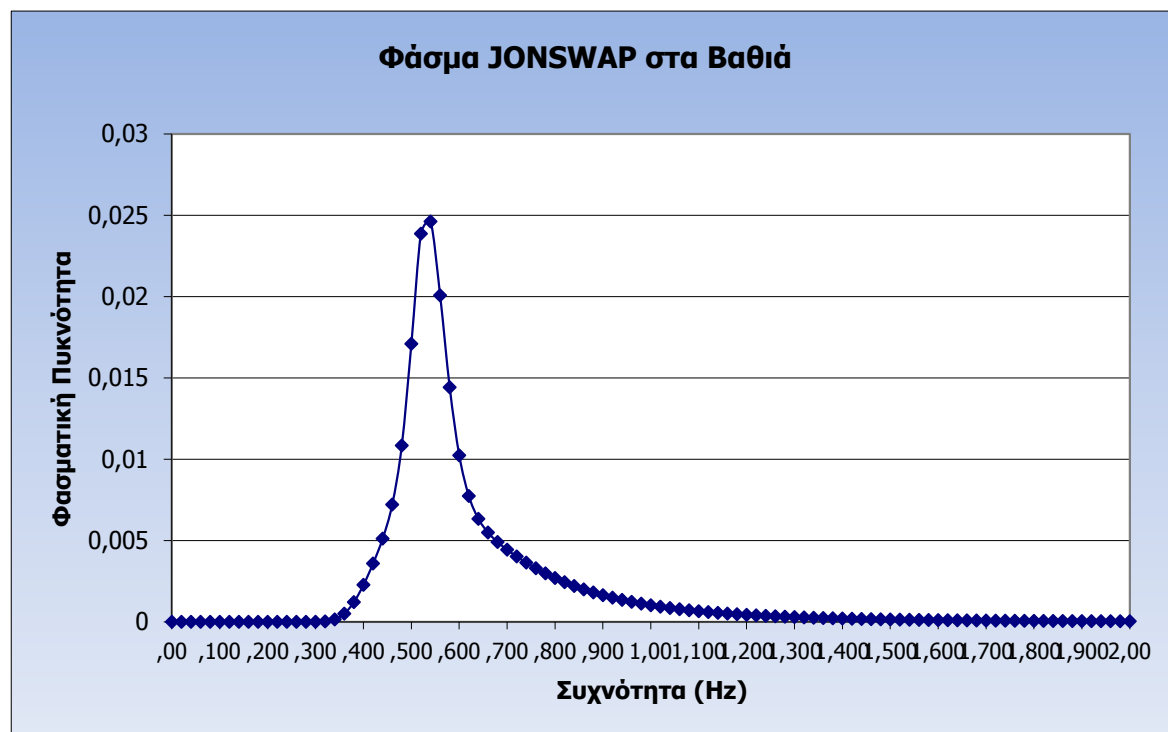
H_{smax} =	18,07	sec	Fully developed wave conditions
T_{pmax} =	22,38	sec	

T_s (4.5SQRT(H_s))*0.95 = 6,21 sec**Επιλογή φάσματος σχεδιασμού**

6,53 1,31
1 για Jonswap spectrum
2 για αναλυτικές σχέσεις του CEM 2006

1	(?)
----------	-----

Lo = **60,16 m**
C_o = **9,69 m/sec**
C_{go} = **4,85 m/sec**



Χαρακτηριστικά Κυματισμού στα Βαθιά

$H_s =$	2,11	m	* $H_{mo} = H_{1/3}$ at deep waters (CEM 2003)
$T_s =$	6,21	sec	* $T_s = 0.93 T_p$ (CEM 2003, BS 6349:1 - 2000, Goda 1985)
$L_o =$	60,16	m	
$t_{x,u} =$	5,00	hrs	* Απαιτούμενος χρόνος για πλήρη ανάπτυξη
$C_o =$	9,69	m/sec	* Ταχύτητα Κυματισμού
$C_{go} =$	4,85	m/sec	* Ταχύτητα Ομάδας Κυματισμών
$T_p =$	6,53	sec	
$L_p =$	66,66	m	

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ: ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΝΑ

Wave Transformation

Wave Propagation Angle

$\alpha = 0^\circ$ * Angle of Wave Approach
 $\tan\theta = 0,02$ * Mean Seabed Slope

Wave Shoaling and Refraction

Governing Equations:

Depth (m)	T_s (sec)	d/L	L (m)	C_g (m/sec)	K_s	θ ($^\circ$)	K_r	H_o'	H_s (m)	H_{max} (m)	H_{max}/H_s	T_p (sec)	L_p (m)
40	6,21	0,6603	60,58	4,86	0,9982	0,00	1,0000	2,11	2,10	3,79	1,80	6,53	66,60
35	6,21	0,5818	60,16	4,89	0,9958	0,00	1,0000	2,11	2,10	3,78	1,80	6,53	66,49
30	6,21	0,4999	60,01	4,94	0,9903	0,00	1,0000	2,11	2,09	3,76	1,80	6,53	66,21
25	6,21	0,4193	59,62	5,06	0,9790	0,00	1,0000	2,11	2,06	3,72	1,80	6,53	65,57
20	6,21	0,3413	58,60	5,27	0,9589	0,00	1,0000	2,11	2,02	3,64	1,80	6,53	64,08
19	6,21	0,3257	58,34	5,33	0,9537	0,00	1,0000	2,11	2,01	3,62	1,80	6,53	63,61
18	6,21	0,3112	57,84	5,39	0,9486	0,00	1,0000	2,11	2,00	3,60	1,80	6,53	63,07
17	6,21	0,2960	57,43	5,45	0,9430	0,00	1,0000	2,11	1,99	3,58	1,80	6,53	62,45
16	6,21	0,2810	56,94	5,52	0,9373	0,00	1,0000	2,11	1,98	3,56	1,80	6,53	61,73
15	6,21	0,2670	56,18	5,58	0,9320	0,00	1,0000	2,11	1,97	3,54	1,80	6,53	60,90
12,5	6,21	0,2310	54,11	5,73	0,9197	0,00	1,0000	2,11	1,94	3,49	1,80	6,53	58,36
10	6,21	0,1966	50,86	5,81	0,9132	0,00	1,0000	2,11	1,93	3,47	1,80	6,53	54,56
5	6,21	0,1259	39,71	5,36	0,9507	0,00	1,0000	2,11	1,94	3,48	1,79	6,53	42,16
2,00	6,21	0,0751	26,64	3,97	1,1042	0,00	1,0000	2,11	1,35	1,77	1,31	6,53	28,03

Κυματική Ανάλυση Ανεμογενών Κυματισμών? $F_{\text{πραγματικό}} = 34 \text{ km}$ **Κλιματικές Συνθήκες - Παράμετροι Κυματικού Φάσματος**Παράμετροι Ανέμου:

Bf = 9 * Beaufort Scale
 U_{10} = 21,31 m/sec * Ταχύτητα Ανέμου στα 10m
 C_D = 0,0018 m/sec
 u_* = 0,9155 m/sec

? **U_{10}** = 41,42 knots**Εξίσωση Χρονικά Περιοριζόμενου Αναπτύγματος**

? **t (hrs)** = 5 hours If $t > t_{x,u}$ Χωρικά Περιοριζόμενο
 $t_{x,u}$ = 3,88 hours If $t < t_{x,u}$ Χρονικά Περιοριζόμενο
Feq=Factual= 34,00 km Ισοδύναμο Ανάπτυγμα

FETCH LIMITED**Χαρακτηριστικά Κυματισμών στα Βαθιά** (Demirbilek, Bratos and Thompson 1993, CEM 2003)

H_s = 2,23 m
 T_p = 5,16 sec
 T_s = 4,90 0.95 T_p

H_{m0} = 2,23
 T_p = 5,16

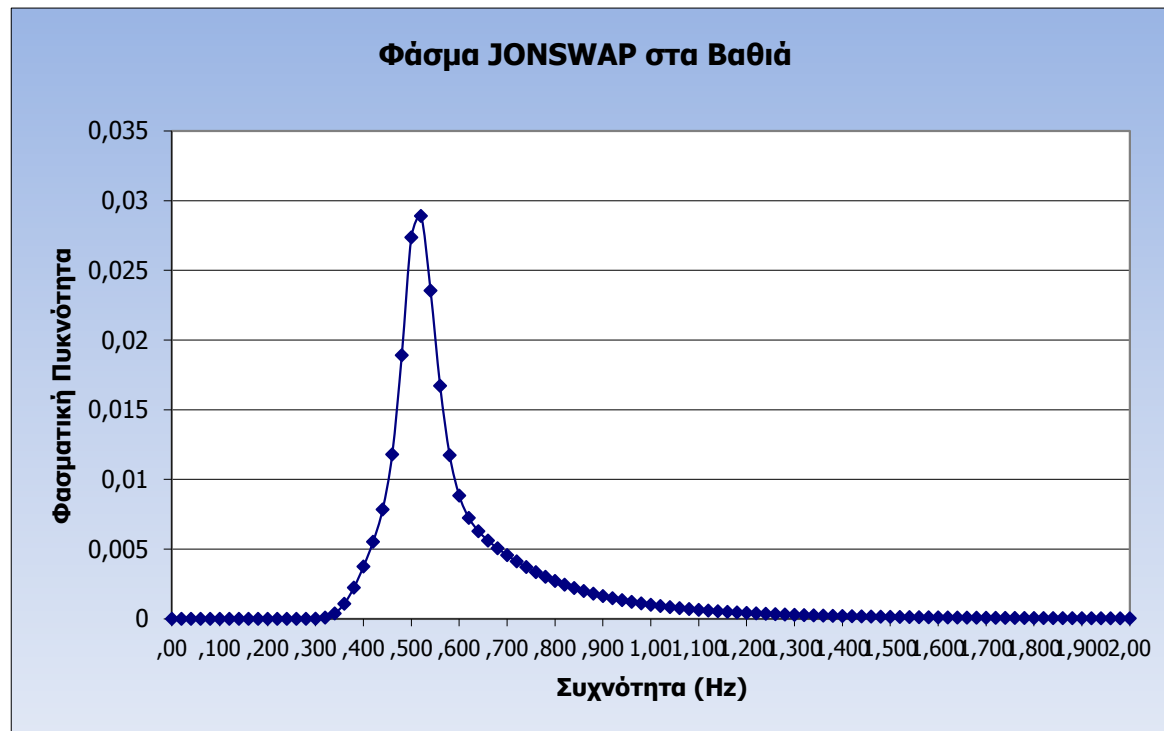
H_{smax} =	18,07	sec	Fully developed wave conditions
T_{pmax} =	22,38	sec	

 T_s (4.5SQRT(H_s))*0.95= 6,38 sec**Επιλογή φάσματος σχεδιασμού**

6,71 1,30
 1 για Jonswap spectrum
 2 για αναλυτικές σχέσεις του CEM 2006

1	(?)
---	-----

L_o = 63,52 m
 C_o = 9,96 m/sec
 C_{go} = 4,98 m/sec



Χαρακτηριστικά Κυματισμού στα Βαθιά

$H_s =$	2,23	m	* $H_{mo} = H_{1/3}$ at deep waters (CEM 2003)
$T_s =$	6,38	sec	* $T_s = 0.93 T_p$ (CEM 2003, BS 6349:1 - 2000, Goda 1985)
$L_o =$	63,52	m	
$t_{x,u} =$	5,00	hrs	* Απαιτούμενος χρόνος για πλήρη ανάπτυξη
$C_o =$	9,96	m/sec	* Ταχύτητα Κυματισμού
$C_{go} =$	4,98	m/sec	* Ταχύτητα Ομάδας Κυματισμών
$T_p =$	6,71	sec	
$L_p =$	70,38	m	

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ: ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ Ν

Wave Transformation

Wave Propagation Angle

$\alpha =$ 20 ° * Angle of Wave Approach
 $\tan\theta =$ 0,02 * Mean Seabed Slope

Wave Shoaling and Refraction

Governing Equations:

Depth (m)	T _s (sec)	d/L	L (m)	C _g (m/sec)	K _s	θ (°)	K _r	H _o '	H _s (m)	H _{max} (m)	H _{max} /H _s	T _p (sec)	L _p (m)
40	6,38	0,6205	64,46	5,01	0,9972	20,31	1,0010	2,23	2,22	4,00	1,80	6,71	70,31
35	6,38	0,5521	63,39	5,04	0,9943	19,96	0,9999	2,23	2,21	3,98	1,80	6,71	70,15
30	6,38	0,4744	63,24	5,11	0,9875	19,91	0,9997	2,23	2,20	3,96	1,80	6,71	69,80
25	6,38	0,3983	62,77	5,24	0,9746	19,75	0,9992	2,22	2,17	3,90	1,80	6,71	68,97
20	6,38	0,3248	61,58	5,48	0,9534	19,36	0,9980	2,22	2,12	3,81	1,80	6,71	67,16
19	6,38	0,3112	61,05	5,53	0,9486	19,19	0,9975	2,22	2,11	3,79	1,80	6,71	66,78
18	6,38	0,2969	60,63	5,60	0,9433	19,05	0,9971	2,22	2,09	3,77	1,80	6,71	66,13
17	6,38	0,2827	60,13	5,66	0,9380	18,89	0,9966	2,22	2,08	3,75	1,80	6,71	65,36
16	6,38	0,2687	59,55	5,72	0,9326	18,70	0,9960	2,22	2,07	3,72	1,80	6,71	64,49
15	6,38	0,2558	58,64	5,78	0,9279	18,41	0,9952	2,22	2,06	3,70	1,80	6,71	63,53
12,5	6,38	0,2218	56,36	5,92	0,9172	17,67	0,9931	2,21	2,03	3,65	1,80	6,71	60,74
10	6,38	0,1891	52,88	5,97	0,9130	16,54	0,9901	2,20	2,01	3,62	1,80	6,71	56,63
5	6,38	0,1214	41,19	5,43	0,9576	12,81	0,9817	2,19	2,01	3,61	1,79	6,71	43,52
2,00	6,38	0,0726	27,55	3,98	1,1181	8,53	0,9748	2,17	1,36	1,79	1,31	6,71	29,08

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΡΩΣΕΩΝ ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

MARINE WORKS AT MAIN BREAKWATER HEAD AT VOLOS PORT
ROCK ARMOUR CALCULATION - SECTION 3-3

ARMOR STONE CALCULATIONS - Van der Meer method (1988(b) & Van Gent (2004) Shallow Waters				
$H_{sl} =$	1,38	m	Design wave height (local)	
$T_s =$	5,00	sec	Wave period	
$T_p =$	5,26	sec	Peac spectral wave period	
$h =$	10,0	m	Water depth at the toe of the structure	
$\rho_s =$	2,65	t/m ³	mass density of quarry stones	
$\rho_w =$	1,03	t/m ³	Sea water specific weight	
$S =$	2	-	Damage level parameter (see table below)	
$P =$	0,1	-	notational permeability of the structure (see table below)	
$N_z =$	100	κύματα	number of incident waves	
$\tan\alpha =$	0,667	-	slope angle	
$s_m =$	0,0459	-	wave steepness factor	
$L_{om} =$	30,03	m	deepwater wavelength corresponding to the mean spectral period	
$I_m =$	4,39	sec	mean spectral wave period	
$t_d =$	-	sec	storm duration	
$\Delta =$	1,573		apparent specific gravity of armor stones	
$R_c =$	0,5	m	crest height	
$\xi_m =$	3,110		surf similarity parameter	
$\xi_{mc} =$	4,542			
Van der Meer, 1988 (deep waters)		1	Deep waters	
Van der Meer, 1988b Van Gent 2004 (shallow waters)		2		

type	Κλίση	initial damage	intermediate damage	failure
arm. stone	1 : 1.5	2	3 up to 5	8
arm. stone	1 : 2.0	2	4 up to 6	8
arm. stone	1 : 3.0	2	6 up to 9	12
arm. stone	1 : 4 - 1 : 6	3	8 up to 12	17

Table a. Damage level (Van der Meer)

relation of armor layers	armor layer description	notional permeability
$D_{n50A}/D_{n50F} \geq 4.5$	Two armor layers, 0,5 Dn50A and impermeable core (fine sand or clay or other artificial composite material)	$P = 0,1$
$D_{n50A}/D_{n50F} = 2,0, D_{n50A}/D_{n50F} = 4$	Two armor layers, 1,5 Dn50A and core from crushed stone material	$P = 0,4$
$D_{n50A}/D_{n50C} = 3,2$	Two armor layers, and core material (filter layer does not used)	$P = 0,5$
Στρώση θωράκισης	One stone graduation is used for the cross section	$P = 0,6$

Table b. Notional permeability

MARINE WORKS AT MAIN BREAKWATER HEAD AT VOLOS PORT
ROCK ARMOUR CALCULATION - SECTION 3-3

Van der Meer, 1988

$D_{n50} = 0,521$ Equivalent cube length to that of the stone diameter

$W_{50} = 0,375$ ton

Stone gradation :

$W_{min} = 0,28$ ton.

$W_{max} = 0,47$ ton.

Armor layer thickness (CEM, 2006) :

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

where

n is the layer number = 2

K_{Δ} o layer coefficient then: $r = 1,04$ m

~ 1

Crest Width

Crest is formed by at least three stones (C.E.R.C., 1984), $n=3$: $B = 1,56$ m

Main filter layer

According to C.E.R.C., 1984 stone weight of the filter layer is defined by the armor layer weight :

$(W_{50}/10 + W_{50}/15)/2 = W_{50F} = 0,03$ ton.

Filter stone thickness : $D_{50F} = 0,23$ m

Filter layer stone gradation $(0,70-1,30) \times W_{n50} = W_{gradF} = 0,02$ $\acute{e}\omega\varsigma$ $0,04$ ton

Secondary filter layer

Used if main armor gradation is large, if $W_{n50} \geq 8.0$ ton

According to C.E.R.C., 1984 stone weight will be :

$W_{50}/200 = W_{502F} =$ - Kg $D_{n502F} =$ - m

the layer consists of at least two stones, $n = 2,0$ $t_{2F} =$ - m

MARINE WORKS AT MAIN BREAKWATER HEAD AT VOLOS PORT
ROCK ARMOUR CALCULATION - SECTION 3-3

Modified formulas by Van der Meer (1988b) and Van Gent (2004) (to account shallow waters effect)

$T_{m-1,0}$	4,78	sec	mean spectral period (s)		
T_m/T_p	0,83	-	between 0.79 ÷ 0.87 for Jonswap spectrum	$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = c_{pd} P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \left(\frac{H_s}{H_{2\%}} \right) (\xi_{s-1,0})^{-0.5}$	plunging conditions
$T_p/T_{m-1,0}$	1,1	-	for spectrums with one peak ($\gamma=3.3$)		
$\xi_{s-1,0}$	3,393	-	surf similarity parameter for $T_{m-1,0}$ and $H_s=H_{1/3}$		
ξ_{crit}	4,866			$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = c_s P^{-0.13} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \left(\frac{H_s}{H_{2\%}} \right) \sqrt{\cot \alpha} (\xi_{s-1,0})^P$	surging conditions
$H_{2\%}$	1,73	m	wave height exceeded by 2% at the structure toe		
$H_{2\%}/H_s$	1,253	m			
D_{n50}	0,503		equivalent cube length to stone diameter	1,425	
W_{50}	0,34		ton		

Stone gradation of main armor :

$W_{min} = 0,25$ ton.
 $W_{max} = 0,42$ ton.

then :

$W_{min} = 2,00$ ton.
 $W_{max} = 4,00$ ton.
 $W_{50} = 3,00$ ton

Armor thickness (CEM, 2006) :

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

where

n layer number = 2
 K_A layer coefficient = 1

Αρα: $r = 2,10$ m

Crest Width

Crest is formed by at least three stones (C.E.R.C., 1984), $n=3$:

$B = 3,15$ m και for $n=4$

$B = 4,20$ m

Main filter layer

According to C.E.R.C., 1984 stone weight of the filter layer is defined by the armor layer weight :

$$W_{50/10-15} = W_{50F} = 0,25 \text{ ton.}$$

Filter stone thickness : $D_{50F} = 0,46$ m

Filter layer stone gradation (0,70-1,30) x $W_{n50} = t_F = 0,91$ m

Stone gradation (0,70-1,30) x $W_{n50} = W_{gradF} = 0,18$ up to 0,33 ton

$W_{gradF} = 0,20$ έως 0,50 ton
 $W_{50F} = 0,35$ ton
 $D_{50F} = 0,51$ m
 $t_F = 1,02$ m

MARINE WORKS AT MAIN BREAKWATER HEAD AT VOLOS PORT
ROCK ARMOUR CALCULATION - SECTION 3-3

Secondary Filter Layer

$$W_{50}/200 = W_{502F} = \quad - \quad \text{Kg}$$

$$D_{n502F} = \quad - \quad \text{m}$$

Consists of two two stones, $n = 2,0$

$$t_{2F} = \quad - \quad \text{m}$$

Calculation of H2% (Battjes and Groenendijk 2000):

h	10,0	m
$\tan\alpha$	0,05	-
H_{tr}	6,40	m
H_{rms}	0,87	m
T_{op}	5,26	
H_{m0}	1,25	m
H_s/H_{m0}	1,102	-
H_{tr}/H_{rms}	7,320	-
$H_{2\%}/H_{rms}$	1,978	
$H_{1/10}/H_{rms}$	1,800	

1,573684754

Table γ

Non-dimensional transitional wave H_{tr}/H_{rms}		$H_{1/10}/H_{rms}$	$H_{2\%}/H_{rms}$
	0,05	1,466	1,548
	0,50	1,467	1,549
	1,00	1,518	1,603
	1,20	1,573	1,662
	1,35	1,626	1,717
	1,50	1,638	1,778
	1,75	1,759	1,884
	2,00	1,786	1,985
	2,50	1,799	1,978
	3,00	1,8	1,978

Validity range of Van der Meer's formulas for shallow waters

Παράμετρος	Symbol	values	range	check	
Armor slope	tana	0,67	1:4-1:2	'ok'	'error'
Wave number	N_z	100,00	<3000	'ok'	-
Measn wave steepness based on T_m	S_{om}	0,05	0.01-0.06	'ok'	'ok'
Surf similarity parameter based on T_m	ξ_m	3,11	1-5	'ok'	'ok'
Surf similarity parameter based on $T_{m-1,0}$	$\xi_{s-1,0}$	3,39	1.3-6.5	'ok'	'ok'
	$H_{2\%}/H_s$	1,25	1.2-1.4	'ok'	'ok'
Deep water waveWave height/ water depth at the structure toe	H_{s0}/h	0,14	0.25-1.5	'error'	'ok'
Stone gradation ranges	D_{n85}/D_{n15}		1.4-2.0	-	'ok'
Ratio of core material to main armor	$D_{n50-core}/D_{n50}$		0-0.3	-	'ok'
Stability number	$H_s/(\Delta D_{n50})$	1,74	0.5-4.5	'ok'	'ok'
Damage level	S_d	2	<30	'ok'	-

MARINE WORKS AT MAIN BREAKWATER HEAD AT VOLOS PORT
ROCK ARMOUR CALCULATION - SECTION 3-3

Weight reduction for relatively low crested structures (no underwater)

$T_p =$ 5,26 sec  $s_{op} =$ 0,031907821 ($L_{op} = 43,250$ m)

$f_i =$ 0,888 $0 < R_c/H_s (s_{op}/(2 \times \pi))^{0,5} > 0,052 =$ **0,0258**

The reduction may be applied

$D_{n50} =$	0,45	Median nominal diameter (m)
$W_{50} =$	0,237	ton

The stone gradation will be:

$W_{min} =$ 0,2 ton.

$W_{max} =$ 0,3 ton.

Layer Thickness :

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

where,

n layer number = **2**

K_A layer coefficient = **1**

then $r =$ **0,89** m

Crest Width

Crest is formed by at least three stones (C.E.R.C., 1984), $n=3$:

$B =$ **1,34** m

ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΡΓΟΥ

ΕΡΓΟ: Αποκατάσταση Υποσκαφών Ακρομωλίου Κυματοθραύστη Λιμένα Βόλου							
A/A	Άρθρο	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΟΝΔ. ΑΝΑΘ.	ΜΟΝ.	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΔΑΠΑΝΗ
Ομάδα Α: ΚΑΘΑΙΡΕΣΕΙΣ - ΒΥΘΟΚΟΡΗΣΕΙΣ - ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ							
1	ΛΙΜ 1.01	Υφαλες καθαίρεσεις τμημάτων κατασκευών λιμενικών έργων χωρίς τη χρήση εκρηκτικών υλών	ΛΙΜ 1112	μ ³	35,00	17,90	626,50
2	ΛΙΜ 1.03	Έξαλες καθαίρεσεις τμημάτων κατασκευών λιμενικών έργων (σκυροδέματα επιστρώσεων, μαρκίζα τοιχίου κ.λ.π.) χωρίς τη χρήση εκρηκτικών υλών	ΛΙΜ 1123	μ ³	130,00	16,90	2.197,00
3	N. ΛΙΜ 1.03	Έξαλες καθαίρεσεις τμημάτων κατασκευών λιμενικών έργων (λιθόκτιστα τοιχία) χωρίς τη χρήση εκρηκτικών υλών με προσοχή και φύλαξη	ΛΙΜ 1123	μ ³	70,00	19,50	1.365,00
4	ΛΙΜ 2.02	Εκσκαφές πυθμένα θαλάσσης σε εδάφη Κατηγορίας Β (καθαρισμός παγκίνας λιθορριπών και ανακουφιστικού πρίσματος όπισθεν των στηλών των τ.ο)	ΛΙΜ 1210	μ ³	700,00	5,20	3.640,00
5	N. ΟΔΟ Α-2	Γενικές εκσκαφές σε έδαφος εκ λιθορριπών και γαιώδες	ΟΔΟ-1123Α	μ ³	80,00	2,67	213,60
6	ΟΔΟ Γ-2.1	Βάση οδοστρώσας μεταβλητού πάχους	ΟΔΟ-3211.Β	μ ³	75,00	18,23	1.366,88
						ΣΥΝΟΛΟ 1	9.408,98
Ομάδα Β: ΛΙΘΟΡΡΙΠΕΣ - ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ							
7	ΛΙΜ 4.01	Διάστρωση λιθοσυντρίμματος 5-10 kg	ΛΙΜ 2210	μ ³	100,00	17,65	1.765,00
8	ΛΙΜ 4.09	Κατασκευή ύψαλης εξισωτικής στρώσης από σκύρα	ΛΙΜ 2140	μ ³	2,30	19,95	45,89
9	ΛΙΜ 4.07	Λιθορριπές ανακουφιστικού πρίσματος ατομικού βάρους 20 - 100 kg	ΛΙΜ 2230	μ ³	700,00	18,23	12.757,50
10	ΛΙΜ 4.12.01	Κατασκευές με φυσ. Ογκόλιθους εξ ανεγκύσεως ατ.βάρους 200 - 1500 kg	ΛΙΜ 2310	μ ³	35,00	9,50	332,50
11	N. ΛΙΜ 4.08.01	Λιθορριπές ατομικού βάρους 500 έως 1000 kg	ΛΙΜ 2220	μ ³	2.200,00	21,45	47.179,00
12	ΛΙΜ 4.11.03	Προμήθεια και διάστρωση μη υφαντού γεωυφάσματος 400 gr/m2 σε ύφαλα τμήματα θαλασσίων έργων	ΥΔΡ 6361	μ ²	1.500,00	7,00	10.500,00
						ΣΥΝΟΛΟ 2	72.579,89
Ομάδα Γ: ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ							
13	ΛΙΜ. 6.02	Υφαλες κατασκευές με σακκολίθους σκυροδέματος (αναβαθμός και τοπικές πληρώσεις υποσκαφών κάτω από την έδραση των τ.ο. στα σημεία που δεν τοποθετείται χυτό σκυρόδεμα)	ΛΙΜ 4130	μ ³	23,00	140,00	3.220,00
14	N. ΛΙΜ. 6.02	Υφαλες κατασκευές με σακκολίθους σκυροδέματος (σφράγιση αρμών κατακορύφων στηλών με σακκόλιθους από σκυρόδεμα)	ΛΙΜ 4130	μ.μ.	50,00	22,00	1.100,00
15	ΛΙΜ. 6.03.01	Υφαλες σκυροδετήσεις χωρίς χρήση σιδηροτύπων, κατασκευή υφάλων τμημάτων με έγχυτο επί τόπου σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25	ΛΙΜ 4110	μ ³	35,00	100,00	3.500,00
16	N.ΛΙΜ. 6.01.01	Υφαλες σκυροδετήσεις με χρήση τύπων, κατασκευή υφάλων τμημάτων με έγχυτο επί τόπου σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25	ΛΙΜ 4110	μ ³	20,00	115,00	2.300,00
17	N. ΛΙΜ 8.02.01	Κατασκευή προφυλακτήριου τοιχίου από οπλισμένο χυτό σκυρόδεμα C20/25, ανω και κάτω της στάθμης της θάλασσας	ΛΙΜ 4240	μ ³	55,00	125,00	6.875,00

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΣΚΑΦΩΝ ΑΚΡΟΜΩΛΙΟΥ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΗ ΛΙΜΕΝΑ ΒΟΛΟΥ

A/A	Άρθρο	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΟΝΔ. ΑΝΑΘ.	ΜΟΝ.	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΔΑΠΑΝΗ
18	N. ΛΙΜ 8.01.01	Ανωδομές λιμενικών έργων από άοπλο ή ελαφρώς οπλισμένο, έγχυτο επί τόπου σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 για την κατασκευή της βάσης του φάρου, της μαρκίζας	ΛΙΜ 4240	μ ³	40,00	95,00	3.800,00
17	ΛΙΜ 8.03.02	Επιστρώσεις δαπέδων με άοπλο ή οπλισμένο σκυρόδεμα, κατηγορίας C20/25	ΛΙΜ 4300	μ ³	105,00	95,00	9.975,00
19	ΥΔΡ 12.10.02	Αγωγοί αποχέτευσης από σωλήνες PVC-U, SDR 41, DN 125 mm	ΥΔΡ 6711.1	μ	10,00	4,20	42,00
20	ΛΙΜ 11.01	Σιδηρούς οπλισμός λιμενικών έργων	ΛΙΜ 4400	χγρ.	5.100,00	0,95	4.845,00
21	N1	Εργασίες αποξήλωσης, προσωρινής φύλαξης, αντικατάστασης αγκυρίων και επανατοποθέτησης φανού ακρομωλίου επί του νέου βάθρου σκυροδέματος	ΛΙΜ 4700	κατ' αποκοπή	1,00	1.000,00	1.000,00
						ΣΥΝΟΛΟ 3	36.657,00
Ομάδα Δ: ΛΙΘΟΔΟΜΕΣ							
21	N. ΥΔΡ 10.17	Εφαρμογή υδροβολής υψηλής πίεσεως επί επιφανειών σκυροδέματος	ΥΔΡ 6370	μ ²	100,00	5,00	500,00
22	ΛΙΜ 8.06	Λιθепенδύσεις ανωδομών λιμενικών έργων	ΟΙΚ 4313	μ ²	35,00	60,00	2.100,00
23	N. ΛΙΜ 8.06	Λιθепендύσεις ανωδομών λιμενικών έργων με επαναχρησιμοποίηση αρθεντων υφιστάμενων λίθων	ΟΙΚ 4313	μ ²	85,00	40,00	3.400,00
24	N ΟΔΟ Β-6	Εργασίες αποκατάστασης διαμπερών ρωγμών λιθόδμητης τοιχοποιίας	ΟΔΟ-2253	κατ' αποκοπή ανά θέση	7,00	200,00	1.400,00
						ΣΥΝΟΛΟ 4	7.400,00
						ΣΥΝΟΛΑ	126.045,86
						Γ.Ε. & Ο.Ε. 18%	22.688,25
						ΣΥΝΟΛΟ Α	148.734,11
						ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ (15%)	22.310,12
						ΣΥΝΟΛΟ Β	171.044,23
						ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ	5.568,67
						ΣΥΝΟΛΟ Δ	176.612,90
						ΦΠΑ 24%	42.387,10
						ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ	219.000,00