

Συμβολή στον Καθορισμό της Ζώνης Παλαιού Αιγιαλού, Εφαρμογή στην Περιοχή Ηρακλείου, Νήσου Κρήτης

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Γ. ΠΕΧΛΙΒΑΝΟΓΛΟΥ

Γεωλόγος Ωκεανογράφος

ΖΩΗ Ι. ΚΑΡΑΜΗΤΡΟΥ

Νομικός

Περίληψη

Προκειμένου να υποστηριχθεί η διαδικασία καθορισμού των ορίων της ζώνης «παλαιού αιγιαλού», όπως αυτή καθορίζεται από τη νομοθεσία (Αναγκαστικός Νόμος 2344/1940 και Νόμος 2971/2001), θα πρέπει να αξιολογούνται όλα τα διαθέσιμα επιστημονικά δεδομένα της εξεταζόμενης περιοχής, όπως γεωλογικά, στρωματογραφικά, ωκεανογραφικά και τοπογραφικά καθώς και σύγχρονες ή παλαιότερες μετρήσεις πεδίου. Τα δεδομένα αυτά θα πρέπει να ανάγονται στο έτος 1884, ή τουλάχιστον σε χρονική περίοδο πλησίον της χρονολογίας αυτής, η οποία είναι καθοριστική κατά την Ελληνική νομοθεσία. Η προσπάθεια αξιολόγησης των υπαρχόντων δεδομένων και εφαρμογής των διαδικασιών, που προβλέπονται από τη νομοθεσία, έγινε για την περιοχή του λιμένα Ηρακλείου Κρήτης, με σκοπό την υποστήριξη των αρμόδιων δημόσιων φορέων στην οριοθέτηση της ζώνης του παλαιού αιγιαλού. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, μετρήσεων ύψους κύματος και ανέμου, ενώ ταυτόχρονα αξιοποιήθηκαν τοπογραφικά και βυθομετρικά διαγράμματα αρχείου αλλά και σύγχρονοι υδρογραφικοί χάρτες και διαγράμματα. Εν συνεχεία υπολογίστηκε το ύψος κύματος στην αβαθή παράκτια περιοχή καθώς και η μέγιστη ανάβαση του κυματισμού στην εναέρια παραλία με μαθηματικά μοντέλα. Η υπολογισθείσα μέγιστη ανάβαση κυματισμού στην παράκτια ζώνη, κατά τη διάρκεια έντονων καιρικών φαινομένων εκτιμάται ότι φθάνει μέχρι την ισοϋψή των 3,5 μέτρων, όπως αυτή ορίζεται στο «ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΝΕΟΥ ΛΙΜΕΝΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ» (1914) κλίμακας 1:1000, το οποίο συντάχθηκε για την «ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΛΙΜΕΝΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ».

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία, η χερσαία ζώνη η οποία εκτείνεται μεταξύ του ορίου του σύγχρονου αιγιαλού και αυτού ο οποίος υπήρχε κατά το έτος 1884, εφόσον το όριο αυτό είναι διαφορετικό του σύγχρονου αιγιαλού, ονομάζεται ζώνη του «παλαιού αιγιαλού».

Ο Α. Ν. 2344/1940 άρθρο 2 παρ. 3, ο οποίος ίσχυε μέχρι τον 12/2001, προέβλεπε ότι: «Εις περίπτωσην, καθ' ην ένεκα προσχώσεων ή άλλων αιτίων είναι εμφανές ότι, καθ' ον χρόνον ενεργείται ο καθορισμός, ο αιγιαλός είναι διάφορος του εις το παρελθόν τοιούτου, εκ μαρτυρικών δε καταθέσεων μαρτύρων εξεταζομένων ενόρκως υπό της επιτροπής, ή εκ

διαφόρων άλλων ενδείξεων, δύναται να καθορισθεί η παλαιά θέσις του αιγιαλού, η υφισταμένη μέχρι μεν του έτους 1884, εάν υφίστανται τοιαύται, η επιτροπή προβαίνει εις τον καθορισμόν του παλαιού αιγιαλού, χαρακτηρισμένης επί του διαγράμματος κυανής γραμμής».

Αλλά και ο πρόσφατος νόμος 2971/2001 «Αιγιαλός και Παραλία και άλλες διατάξεις», άρθρο 1 παρ. 3 ορίζει ότι, «παλαιός αιγιαλός είναι η ζώνη της ξηράς που προέκυψε από τη μετακίνηση της ακτογραμμής προς τη θάλασσα, οφείλεται σε φυσικές προσχώσεις ή τεχνικά έργα και προσδιορίζεται από τη νέα γραμμή του αιγιαλού και το όριο του παλαιότερα υφιστάμενου αιγιαλού».

Εξάλλου σύμφωνα με το άρθρο 5 παρ. 3 του Ν. 2971/2001 αλλά και το άρθρο 2 παρ. 3 του προγενέστερου Α. Ν. 2344/1940 ορίζεται ότι: «Η αρμόδια επιτροπή καθορίζει την παλαιά θέση του αιγιαλού η οποία υπήρχε κατά το έτος 1884 εάν υφίστανται κατοχές ιδιωτών ή και παλαιότερα εάν δεν υφίστανται τέτοιες, εφόσον η θέση του παλαιού αιγιαλού προκύπτει από ενδείξεις επί του εδάφους ή άλλα αποδεικτικά στοιχεία...».

Κατά τα προαναφερόμενα, το εσώτερο όριο της ζώνης του παλαιού αιγιαλού εκτείνεται μέχρι τη γραμμή του αιγιαλού, όπως αυτή είχε διαμορφωθεί κατά το έτος 1884. Επομένως η οριογραμμή αυτή μπορεί να ορισθεί κατ' αναλογία προς το σύγχρονο αιγιαλό ως: «η ζώνη της ξηράς η οποία βρεχόταν από τη θάλασσα από τις μεγαλύτερες και συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων της» αλλά με χρονική αναφορά το έτος 1884.

Από την υφιστάμενη νομοθεσία, παλαιότερη αλλά και σύγχρονη, προκύπτει ότι καθοριστική χρονολογία για τον καθορισμό του εσωτερικότερου ορίου του παλαιού αιγιαλού, είναι το έτος 1884.

Κατά το Ν. 2971/2001, άρθρο 6, ως κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία για τον καθορισμό των ορίων της ζώνης του παλαιού αιγιαλού θεωρούνται, «φυσικές ενδείξεις (όπως το αμμώδες, ελώδες ή βαλτώδες εκτάσεων συνεχόμενων του αιγιαλού), αεροφωτογραφίες, χάρτες και διαγράμματα διαφόρων ετών, γεωλογικές μελέτες», αποκλεισμένων όμως των μαρτυρικών καταθέσεων οι οποίες προβλέπονταν από το άρθρο 2 παρ. 3 του Α. Ν.

2344/1940. Ομοίως, κατά τη νομολογία του ΣτΕ (3944/1998), πρόσφατα και επικαιροποιημένα επιστημονικά στοιχεία και μελέτες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τον καθορισμό του παλαιού αιγιαλού από τις αρμόδιες επιτροπές. Ο Δωρής [4], θεωρεί ότι κατά τον καθορισμό του παλαιού αιγιαλού θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλα τα διαθέσιμα στοιχεία, όπως οι αεροφωτογραφίες, η κατάσταση της ακτής εάν αυτή παρουσιάζει ενδείξεις μπαζώματος κ.λπ. Ανάλογα είναι τα κριτήρια που καθορίζονται στην υπ' αρ. 1089532/8205/Β0010/2005 απόφαση των Υπουργών Οικονομίας – Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων, για τη χάραξη της οριογραμμής αιγιαλού και παραλίας, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται η γεωμορφολογία της περιοχής (ανάγλυφο – ποιότητα της ακτής, όριο φυσικής βλάστησης κ.λπ.), τα μετεωρολογικά στοιχεία (το κυματικό πεδίο, το ανέμπνευμα πελάγους, κ.λπ.), το κυματικό δυναμικό και η μέγιστη ανάβαση κυματισμού (ύψος κύματος, βαθυμετρία, κλίση πυθμένα, απόσβεση κυματισμού κ.λπ.) καθώς και τυχόν υφιστάμενα προστατευτικά έργα. Εφόσον αυτά τα στοιχεία αναφέρονται στο καθοριστικό κατά τη νομοθεσία έτος 1884, τότε μπορούν να συμβάλλουν στον καθορισμό του παλαιού αιγιαλού της περιοχής.

Ο παλιός αιγιαλός σύμφωνα με το Ν. 2971/2001 άρθρο 2 παρ. 5 καταγράφεται ως δημόσιο κτήμα, όπως ο σύγχρονος αιγιαλός και η παραλία μετά την απαλλοτρίωσή της, αλλά αυτός ανήκει στην ιδιωτική περιουσία του Δημοσίου (165/2000, 436/2001 Πρωτοδικείο Ηρακλείου, ΣτΕ 5448/1996 κ.ά.), με επακόλουθο την ευκολότερη διαχείρισή του και εκμετάλλευσή του από τη Δημόσια Διοίκηση. Ως εκ τούτου η διαφύλαξη του χαρακτήρα του και η διαχείρισή του, καθορίζεται από διαφορετικό νομοθετικό πλαίσιο σε σχέση με το σύγχρονο αιγιαλό και την απαλλοτριωθείσα παραλία. Οι διατάξεις του Α. Ν. 2344/1940 και του Ν. 2971/2001, περί αποβολής εκ του αιγιαλού και της παραλίας καθώς και της έκδοσης πρωτοκόλλων κατεδάφισης αυθαίρετων κατασκευών, δεν εφαρμόζονται στον παλιό αιγιαλό.

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, ως εσωτερικότερο όριο της ζώνης του παλαιού αιγιαλού μπορεί να καθορισθεί το εσωτερικότερο όριο της ζώνης του αιγιαλού κατά το έτος 1884. Είναι προφανές ότι αυτό μπορεί να καθορισθεί ως το όριο της ξηράς, που βρεχόταν από τις μεγαλύτερες και συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων της θάλασσας, κατά το έτος 1884.

Με τον όρο «μεγαλύτερες συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων» εννοούνται οι επικλήσεις εκείνες του κυματισμού επί της ακτής οι οποίες συμβαίνουν ή συνέβαιναν κάτω από ακραίες καιρικές συνθήκες με ετήσια τουλάχιστον συχνότητα.

Προκειμένου να καθορισθεί με ακρίβεια το εύρος της ζώνης του παλαιού αιγιαλού θα πρέπει να αξιοποιηθούν όλα τα διαθέσιμα επιστημονικά δεδομένα, σύγχρονα και ιστορικά, τα οποία σχετίζονται με το ανάγλυφο, τη γεωμορφολογία και τη στρωματογραφία των επιφανειακών

αποθέσεων της περιοχής καθώς επίσης τα ανεμολογικά κυματικά και βυθομετρικά δεδομένα της βαθύτερης και της παράκτιας περιοχής, σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα εφαρμογής μαθηματικής προσομοίωσης για τον υπολογισμό του σημαντικού ύψους κύματος στην αβαθή παράκτια θαλάσσια ζώνη αλλά και της ανάβασης του κυματισμού στη χερσαία ζώνη κατά την κρίσιμη χρονική περίοδο που καθορίζεται από τη νομοθεσία.

Σκοπός της μελέτης είναι, η παρουσίαση της διαδικασίας ανάδειξης και αξιοποίησης όλων των ιστορικών και σύγχρονων στοιχείων που ορίζει ο νομοθέτης στο άρθρο 6 του Ν. 2971/2001, καθώς και η άντληση στοιχείων από την εφαρμογή προσομοίωσης μαθηματικών μοντέλων, τα οποία μπορεί να προσφέρουν σημαντικές πληροφορίες στις αρμόδιες επιτροπές, σχετικά με τον καθορισμό της ζώνης του παλαιού αιγιαλού.

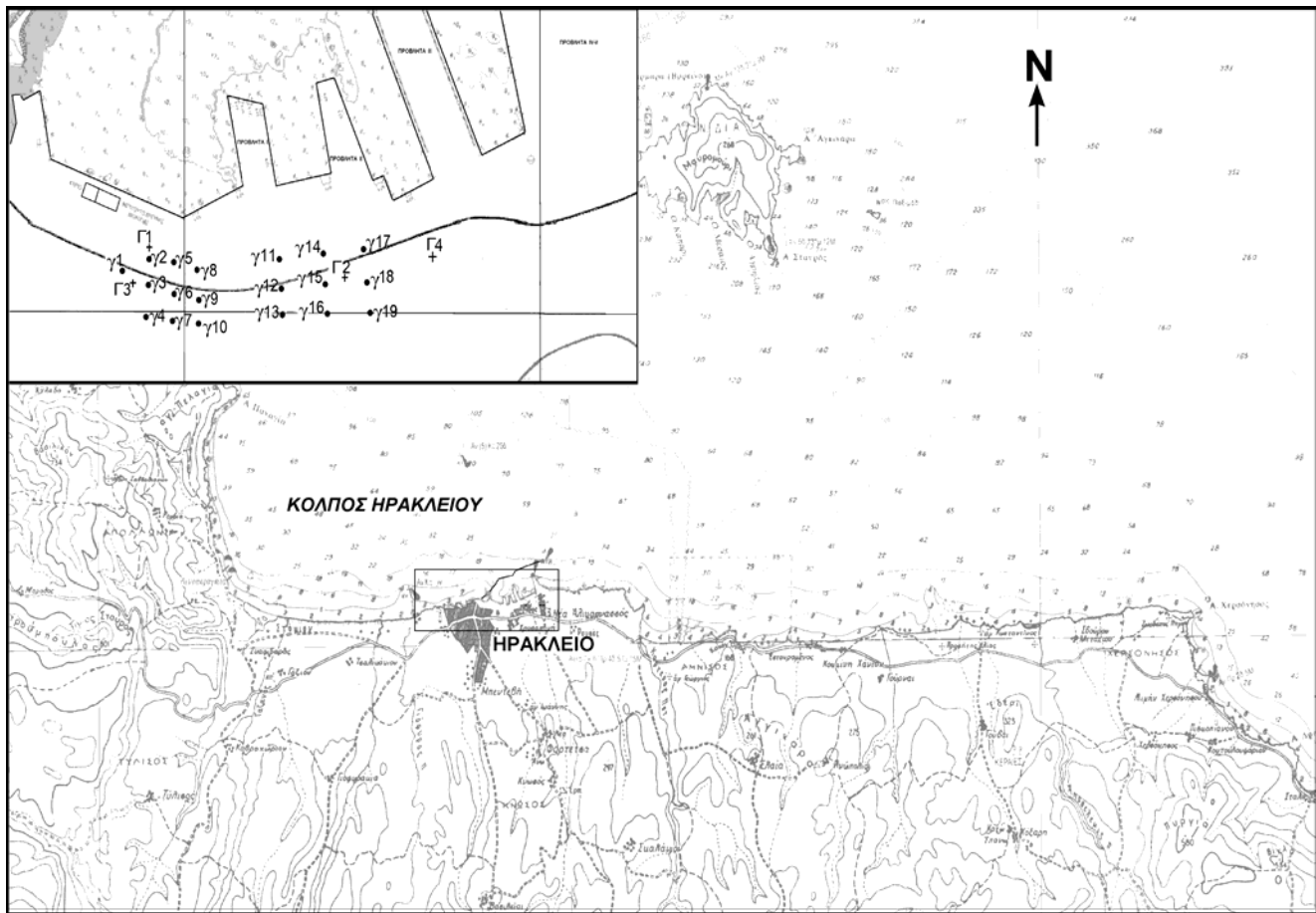
Ως τυπική περιοχή για την εφαρμογή της προαναφερθείσας νομοθεσίας και νομολογίας αλλά και της εφαρμογής των δεδομένων της επιστημονικής έρευνας, για την εκτίμηση της θέσης του παλαιού αιγιαλού κατά το έτος 1884, επελέγη η παράκτια ζώνη του Ηρακλείου Κρήτης.

Τα στοιχεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- α) τα αποτελέσματα γεωτρήσεων οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και από διαφορετικούς δημόσιους φορείς (ΥΠ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Ι.Γ.Μ.Ε),
- β) το ύψος κύματος και το ανεμολογικό πεδίο στη βαθύτερη περιοχή από συνεχείς μετρήσεις μεγάλης χρονικής περιόδου, του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ),
- γ) το σημαντικό ύψος κύματος και η αναρρίχηση του κυματισμού στην χερσαία ζώνη όπως αυτά υπολογίστηκαν από προσομοίωση με τη βοήθεια αριθμητικών μοντέλων και
- δ) η βαθυμετρία, το ανάγλυφο και η γεωμορφολογία της παράκτιας ζώνης κατά τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, όπως προκύπτουν από χάρτες και τοπογραφικά διαγράμματα αρχείου σε σχέση με ανάλογα σύγχρονα.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ - ΦΥΣΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η ευρύτερη περιοχή του κόλπου του Ηρακλείου Κρήτης, η οποία εξετάζεται στην παρούσα μελέτη, αποτελεί μικρό τμήμα της βόρειας ακτής της Κρήτης, (Σχήμα 1). Η μορφολογία της χερσαίας παράκτιας περιοχής περιλαμβάνει, ένα κεντρικό τμήμα εμπρός από την παλαιά πόλη του Ηρακλείου με έντονο ανάγλυφο, το οποίο παρουσιάζει εναλλαγές μικρών λόφων και επίπεδων τμημάτων, μέχρι αποστάσεως 150-170 μέτρων από τη διαμορφωμένη ακτογραμμή. Ανατολικότερα του τμήματος αυτού, προς την περιοχή της Ν. Αλικαρνασσού και προς τα ανάντη διαμορφώνονται λόφοι ύψους λίγων δεκάδων μέτρων, αλλά και



Σχήμα 1: Περιοχή έρευνας. (Χαρτογραφικό υπόβαθρο: Βαθυμετρικοί χάρτες Υδρογραφικής Υπηρεσίας Πολεμικού Ναυτικού ΧΕΕ 443 [10] και 443/1 [8]). Θέσεις γεωτρήσεων Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε. (•) και Ι.Γ.Μ.Ε. (+).

Figure 1: Geographic setting of the study area. (Background: Bathymetric charts 443[10] and 443/1 [8], Hydrographic Service Hellenic Navy). Sites of drilling performed by (•) Ministry of Environment, Physical Planning and Public Works and (+) Institute of Geology and Mineral Resharch.

εκτεταμένες επίπεδες εκτάσεις. Δυτικότερα του Ηρακλείου προς την περιοχή Στόμιο – Αμμουδάρα το ανάγλυφο είναι ομαλότερο, με μικρά υψόμετρα και εκτεταμένη αμμώδη εναέρια παραλία, λόγω και των προσχώσεων του χειμάρρου Γιόφυρου που εκβάλλει στην περιοχή.

Κατά το τέλος του 19^{ου} και τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, η ευρύτερη περιοχή του Ηρακλείου Κρήτης είχε ήπιο ανάγλυφο. Τμήμα της παράκτιας χερσαίας ζώνης ήταν επίπεδο, με εξαίρεση μικρούς λόφους ύψους λίγων δεκάδων μέτρων στο ανατολικότερο όριο της και στα ανάντη του λιμανιού.

Σύμφωνα με τα ιστορικά αντίγραφα χαρτών της περιοχής, που τηρούνται στον Οργανισμό Λιμένος Ηρακλείου, [2] (Σχήμα 2) και [3], των ετών 1904 και 1914, τα οποία κατασκευάστηκαν για τη μελέτη των λιμενικών έργων της περιοχής, η εναέρια παραλία πριν την κατασκευή του νέου λιμένα Ηρακλείου, εκτεινόταν σε απόσταση 20 - 50 μέτρων από την ακτογραμμή, στην περιοχή της Sabbionara και των βόρειων τειχών και σε υψόμετρο μέχρι 3,5 μέτρα. Ανατολικότερα παρεμβαλλόταν ύβωμα ύψους 10 μέτρων περίπου και στη συνέχεια μικρός χείμαρρος, ο οποίος

τροφοδοτούσε με χερσογενή υλικά την παράκτια ζώνη. Ανατολικότερα του χειμάρρου η εναέρια παραλία είχε ομαλότερο ανάγλυφο, εκτεινόμενη σε απόσταση 60 - 80 μέτρων από την ακτογραμμή, νοτιότερα δε ανάντη αυτής σχηματίζονταν μικροί λόφοι ύψους 25 - 30 μέτρων. Αποτέλεσμα της γεωμορφολογικής αυτής διαμόρφωσης της ακτής ήταν οι μέτριες κλίσεις στην εναέρια παραλία, οι οποίες κυμαίνονται μεταξύ 7% στο δυτικότερο τμήμα έως 4% στο ανατολικότερο.

Σε αντίθεση με τη χερσαία ζώνη η υποθαλάσσια παράκτια περιοχή είχε κατά το παρελθόν και εξακολουθεί να έχει μέχρι σήμερα ηπιότερο ανάγλυφο και ο βυθός μικρότερες κλίσεις, τόσο στο ανατολικότερο αλλά κυρίως στο δυτικότερο όριο (Σχήμα 1 και 2), με εξαίρεση το τμήμα το οποίο έχει διαμορφωθεί λόγω των τεχνικών έργων του νέου λιμανιού.

Στην ευρύτερη περιοχή επικρατούν Τεταρτογενείς και Νεογενείς σχηματισμοί καθώς και αλλουβιακές αποθέσεις όπως προκύπτει από το γεωλογικό χάρτη του ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΥ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥ-

Σχήμα 2: Απόσπασμα του Υδρογραφικού χάρτη της παράκτιας περιοχής του Ηρακλείου [2], (αρχικής κλίμακας 1:2000).
Figure 2: Extract from the hydrographic chart of the Heraklion coastal area [2], (Original Scale 1:2000).

ΝΩΝ (Ι.Γ.Μ.Ε.). Οι σχηματισμοί αυτοί στην παράκτια ζώνη καλύπτονται από προσχωσιγενή υλικά κυρίως όμως από τεχνητές προσχώσεις.

Οι Νεογενείς σχηματισμοί στο ανατολικό τμήμα της περιοχής, αποτελούνται από ασβεστόλιθους, οι οποίοι σταδιακά μεταβαίνουν σε εναλλαγές ασβεστιτικών μαργών ή μαργαϊκών ασβεστόλιθων. Οι σχηματισμοί αυτοί στο κεντρικό τμήμα της περιοχής, όπου έχει κατασκευασθεί ο λιμένας Ηρακλείου, αποτελούνται από ομοιογενείς μάργες, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, τεφρωτές αργίλους με υπολείμματα φυτικών ή ζωικών οργανισμών.

Οι Τεταρτογενείς σχηματισμοί αποτελούνται από θαλάσσιους βιοκλαστικούς ασβεστόλιθους, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και μάργες στο δυτικό τμήμα, θαλάσσιες αναβαθμίδες αμμώδους σύστασης στην περιοχή του λιμένα Ηρακλείου και ποτάμιες αποθέσεις ή αποθέσεις κλειστών λεκανών στο ανατολικότερο τμήμα στην κοίτη του χειμάρρου Κνωσσανού [7].

Το εκτεταμένο σχεδόν ευθύγραμμο μέτωπο της ακτής, ήταν απροστάτευτο από τους ανέμους του βόρειου, βορειοανατολικού και εν μέρει βορειοδυτικού τομέα. Μοναδική προστασία μικρού τομέα της ακτής αποτελεί η νησίδα Δία,

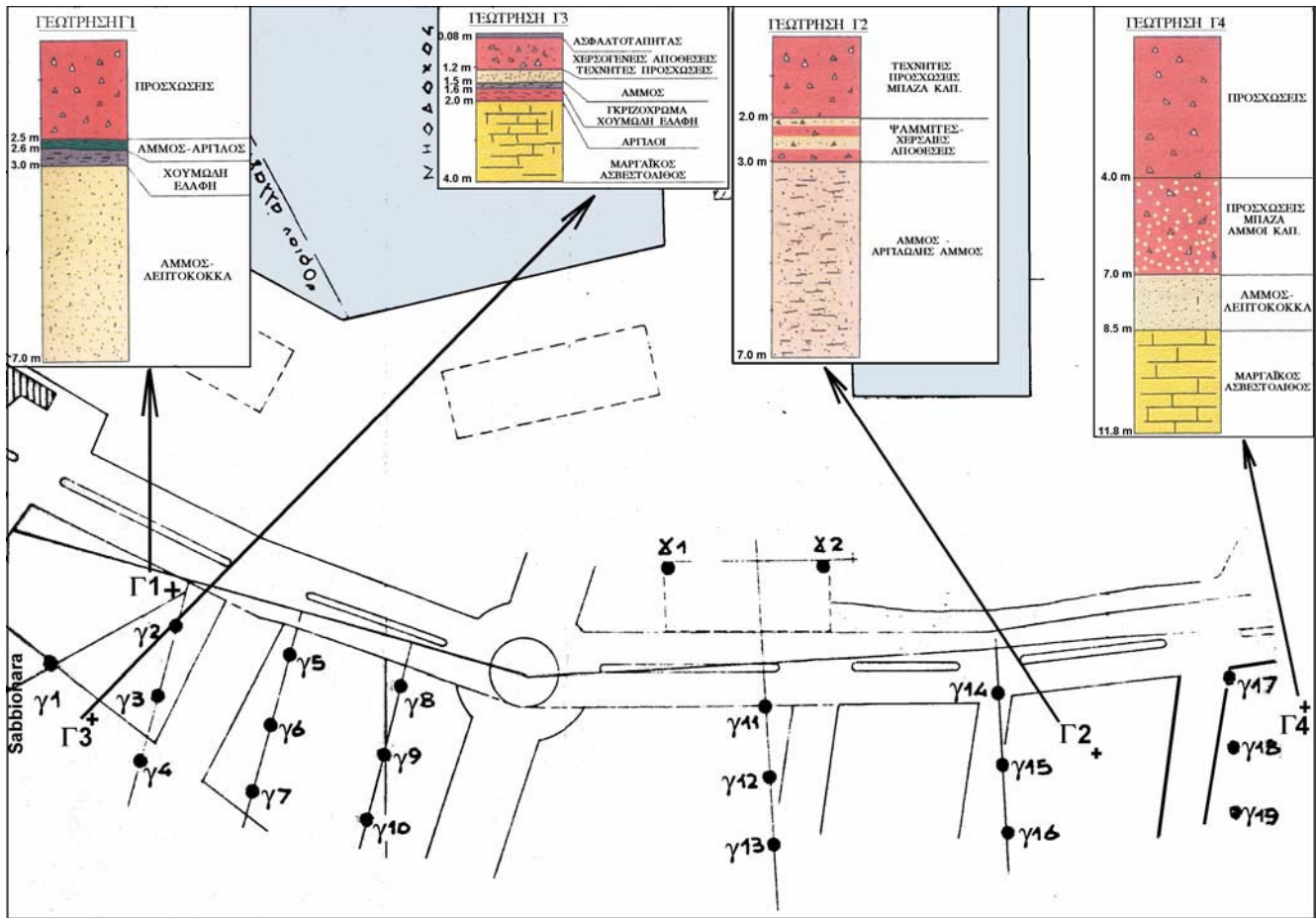
βόρεια της πόλης του Ηρακλείου.

Το ανάπτυσμα πελάγους εκτεινόταν τουλάχιστον σε 75 v. μ. προς βορρά, 120 v. μ. προς ΒΑ και 150 v. μ. προς ΒΔ.

Η ακτή ήταν ευάλωτη στον υψηλό κυματισμό, πριν την κατασκευή των εκτεταμένων λιμενικών έργων, τα οποία ξεκίνησαν στις αρχές του προηγούμενου αιώνα και αποσκοπούσαν στην επέκταση και προστασία του παλαιού λιμένα Ηρακλείου, εξαιτίας του μεγάλου αναπτύγματος πελάγους, του ομαλού ανάγλυφου της παράκτιας ζώνης και των ισχυρών (6-7 Beaufort) έως θυελλωδών ανέμων (8-9 Beaufort), οι οποίοι έπνεαν συχνά στη περιοχή.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Κάθε μορφής τοπογραφικά, γεωμορφολογικά, στρωματογραφικά, μετεωρολογικά αλλά και ωκεανογραφικά δεδομένα της περιοχής ελήφθησαν υπόψη, προκειμένου να αναγνωρισθεί η προ των λιμενικών έργων γεωμορφολογική κατάσταση της περιοχής, να υπολογισθεί το ύψος κύματος και να προσομοιωθεί η επίδραση της ανάβασης του υψηλού κυματισμού στην παράκτια ζώνη.



Σχήμα 3: Ενδεικτικές θέσεις των γεωτρήσεων και των γεωλογικών τομών. (*) Υπουργείου Περιβάλλοντος Χωροταξίας & Δημοσίων Έργων, (+) Ινστιτούτου Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών. (Τοπογραφικό υπόβαθρο: Σχέδιο πόλεως Ηρακλείου 1936, αρχικής κλίμακας 1:1000)

Figure 3: Indicative positions of the drilling sites and the geologic sections. (*) Ministry of Environment, Physical Planning and Public Works and (+) Institute of Geology and Mineral Exploration. (Topographic background: Heraklion city plan 1936, original scale:1:1000).

Για την εφαρμογή των προαναφερομένων διαδικασιών και προκειμένου να υπολογισθούν ή να εκτιμηθούν οι συνθήκες αυτές θεωρήθηκε ότι:

- α) οι ανεμολογικές συνθήκες δεν έχουν μεταβληθεί σημαντικά στην περιοχή της βόρειας Κρήτης, από το 1884 μέχρι σήμερα,
- β) η μορφολογία της υποθαλάσσιας παραλίας στην περιοχή έρευνας είναι δυνατόν να αναπαρασταθεί από τα στοιχεία, τα οποία περιέχονται στους διαθέσιμους τοπογραφικούς και υδρογραφικούς χάρτες και διαγράμματα αρχείου της περιόδου εκείνης, και
- γ) από τους ίδιους χάρτες είναι δυνατόν να αναπαρασταθεί η μορφολογία της παράκτιας χερσαίας ζώνης (εναέριας παραλίας) πριν από την έναρξη των έργων για την κατασκευή του λιμένα Ηρακλείου, δεδομένου ότι η κλίση της παράκτιας ζώνης χρησιμοποιείται και επηρεάζει σημαντικά τον υπολογισμό της ανάβασης του κυματισμού και κατ' επέκταση το όριο του παλαιού αιγιαλού.

3.1. Ωκεανογραφικά δεδομένα

Οι ωκεανογραφικές παράμετροι (με χρονική αναφορά το έτος 1884), βάσει των οποίων μπορεί να προσδιοριστεί το εσωτερικότερο όριο του παλαιού αιγιαλού είναι το σημαντικό ύψος κύματος και η μέγιστη ανάβαση του κυματισμού επί της παράκτιας χερσαίας ζώνης. Για τον υπολογισμό των προαναφερόμενων παραμέτρων ελήφθησαν υπόψη:

- α) τα στοιχεία του ύψους κύματος και της αντίστοιχης διεύθυνσης - έντασης ανέμου από τις μετρήσεις τις οποίες πραγματοποιεί το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (πρώην Εθνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών), σε 24ωρη βάση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με μόνιμα ποντισμένους πλωτήρες καταγραφής δεδομένων, στη θέση 35° 37' 12" Β, 25° 38' 24" Α του Κρητικού πελάγους, ΒΑ του Ηρακλείου Κρήτης. Τα στοιχεία αυτά αφορούσαν συγκεκριμένη χρονική περίοδο του έτους 2001, κατά τη διάρκεια της οποίας είχαν παρατηρηθεί έντονα

καιρικά φαινόμενα (ισχυροί άνεμοι ΒΔ διεύθυνσης), τα οποία ήταν δυνατόν να δημιουργήσουν υψηλό κυματισμό στην περιοχή μελέτης.

- β) Ο εργαστηριακός υπολογισμός από το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών, του ύψους κύματος στην αβαθή παράκτια ζώνη της περιοχής έρευνας, με τη βοήθεια μαθηματικού μοντέλου προσομοίωσης και μετασχηματισμού του κυματισμού της βαθιάς θάλασσας, ο οποίος καταγράφεται από τον προαναφερθέντα σημαντήρα. Στα μαθηματικά μοντέλα προσομοίωσης και μετασχηματισμού του κυματισμού από βαθύτερα προς τα αβαθή, καθοριστικά δεδομένα εισόδου-υπολογισμού του σημαντικού ύψους κύματος είναι οι ανεμολογικές παράμετροι (διεύθυνση -ταχύτητα του ανέμου), το ανάπτυγμα πελάγους και η βαθυμετρία της περιοχής.

Για τη μελέτη κυματικού πεδίου στην περιοχή Ηρακλείου Κρήτης εφαρμόστηκε το μαθηματικό μοντέλο προσομοίωσης παράκτιου κυματισμού SWAN [6]. Πρόκειται για ένα αριθμητικό κυματικό μοντέλο 3^{ης} γενιάς, το οποίο βασίζεται κυρίως στην εξίσωση του ισοζυγίου κυματικής δράσης (ή εξίσωση μεταφοράς - wave action balance equation). Το μοντέλο δέχεται ως δεδομένα εισόδου κυματικές παραμέτρους (σημαντικό ύψος κύματος, μέση περίοδο και κατεύθυνση κύματος) και ανεμολογικές παραμέτρους (ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου), λαμβάνοντας υπόψη όλα τα κυματικά φαινόμενα (διάθλαση, ανάκλαση, περίθλαση), παρέχοντας ρεαλιστικές εκτιμήσεις των κυματικών παραμέτρων για παράκτιες περιοχές.

Αρχικά, επιλέχθηκε η περιοχή μελέτης στην παράκτια περιοχή του Ηρακλείου Κρήτης (25Ι 22' Α έως 25Ι 36' Α και 35Ι 16' Β έως 35Ι 32' Β), όπως αυτή απεικονίζεται στο σχήμα 4. Κατόπιν, επιλέχθηκε το πλέγμα προσομοίωσης, όπου εφαρμόζονται και επιλύονται από το μοντέλο οι κατάλληλες εξισώσεις για την εξαγωγή αποτελεσμάτων, με τρόπο ώστε οι συνοριακές συνθήκες που θα εφαρμοστούν στα όριά του να είναι αξιόπιστες. Ο υπολογισμός αυτός δίνει άμεση εικόνα του ύψους κύματος που επιδρά στην παράκτια ζώνη της περιοχής. Εξάλλου οι άμεσες μετρήσεις του κύματος (σημαντικό ύψος κύματος, περίοδος κ.λπ.), σε συνδυασμό με την κλίση της ακτής χρησιμοποιούνται στο μαθηματικό μοντέλο προσομοίωσης Mase [9], για τον υπολογισμό της μέγιστης και της μέσης τιμής της ανάβασης του κυματισμού στην παράκτια ζώνη. Οι παράμετροι αυτές υποδηλώνουν τη μέγιστη στάθμη της παράκτιας ζώνης, που μπορεί να επηρεασθεί από τον κυματισμό κάτω από έντονα καιρικά φαινόμενα, όπως προβλέπεται από τον Α. Ν. 2344/1940 και το Ν. 2971/2001.

3.2. Γεωμορφολογικά και στρωματογραφικά δεδομένα

Προκειμένου να εκτιμηθεί η στρωματογραφία της παράκτιας ζώνης αλλά και η ποιοτική σύσταση των επιμέρους στρωμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων τις οποίες πραγματοποίησε το Ινστιτούτο Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) το Μάρτιο και

Απρίλιο 1999 καθώς και τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων του Υπουργείου Δημοσίων Έργων το Δεκέμβριο 1967, οι θέσεις των οποίων απεικονίζονται ενδεικτικά σε τοπογραφικό διάγραμμα της περιοχής στο σχήμα 3, [7], [11].

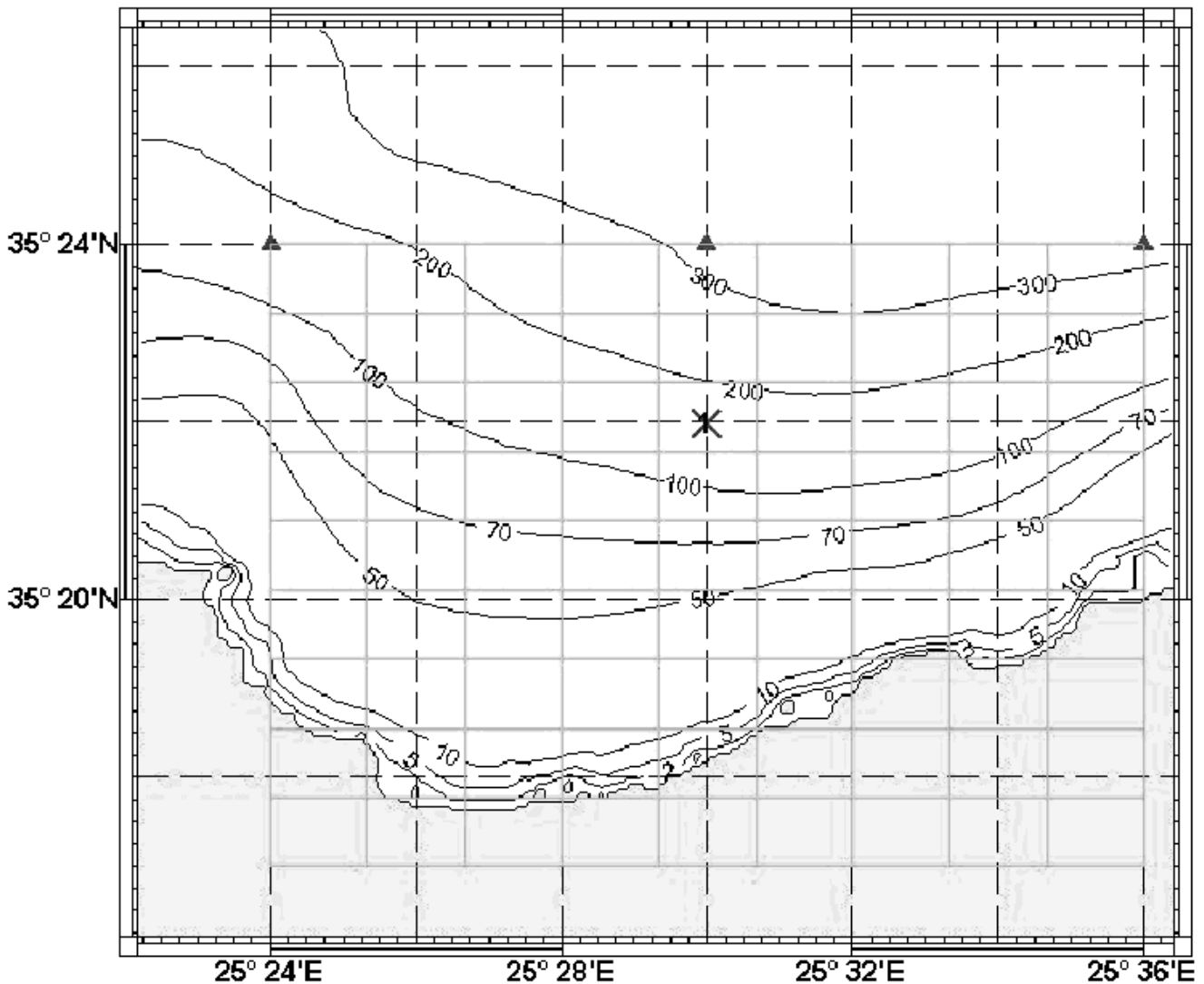
Με τις γεωτρήσεις αυτές αναγνωρίστηκε η δομή και το βάθος των υποεπιφανειακών στρωμάτων που σχηματίστηκαν κάτω από συνθήκες παράκτιου παλαιοπεριβάλλοντος, δηλαδή ενδείξεων παλαιού αιγιαλού, αλλά και των τεχνητών επιχωμάτων που πραγματοποιήθηκαν μεταγενέστερα εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας. Τα στοιχεία αυτά επιβεβαιώνουν τον υπολογισμό της μέγιστης ανάβασης κυματισμού.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Γεωλογία – στρωματογραφία

Από τη μελέτη των γεωτρήσεων (Σχήμα 3), οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο κεντρικό και δυτικότερο τμήμα της χερσαίας ζώνης του λιμένα Ηρακλείου προκύπτει ότι:

- α) Επιφανειακά και μέχρι βάθους 1 έως 4 μ. περίπου από την επιφάνεια του εδάφους η περιοχή καλύπτεται από ανθρωπογενούς προέλευσης φερτά υλικά (μπάζα, υπολείμματα κατασκευής τεχνικών έργων), των οποίων το πάχος είναι μικρότερο στα ανάντη, στο νοτιότερο τμήμα της περιοχής πλησιέστερα προς τη Sabbionara (γεώτρηση Γ3). Αντίθετα το πάχος αυξάνει σημαντικά στο βόρειο τμήμα πλησιέστερα προς την ακτογραμμή καθώς και στο βορειοδυτικό και δυτικό τμήμα της περιοχής.
- β) Κάτω από το προαναφερόμενο επιφανειακό στρώμα, σε ορισμένες γεωτρήσεις (Γ1, Γ3) αναγνωρίζεται στρώμα μικρού πάχους, 30 έως 80 εκατ., όπου παρατηρείται ανάμικτο υλικό αμμώδους και χουμώδους σύστασης. Το στρώμα αυτό απουσιάζει από τις γεωτρήσεις Γ2 και Γ4.
- γ) Στη γεώτρηση που έγινε βορειότερα κοντά στην ακτογραμμή (γεώτρηση Γ1) καθώς και στη γεώτρηση Γ2 στο κεντρικό τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής, κάτω από το προαναφερόμενο λεπτό στρώμα και μέχρι βάθους 7 μ. υπάρχει υλικό θαλάσσιας προέλευσης, αμμώδους ή αμμοαργιλώδους σύστασης του οποίου τα χαρακτηριστικά προσομοιάζουν με αυτά παράκτιας ζώνης καθώς και υλικά πυθμένα λιμναζόντων υδάτων. Αντίθετα στη γεώτρηση η οποία έγινε νοτιότερα, πλησιέστερα προς τη Sabbionara, (γεώτρηση Γ3), κάτω από το προαναφερόμενο λεπτό στρώμα ανάμικτου υλικού παρατηρείται στερεό υπόβαθρο (μαργαϊκός ασβεστόλιθος).
- δ) Στην ανατολικότερη γεώτρηση Γ4, κάτω από το επιφανειακό στρώμα με τα ανθρωπογενούς προέλευσης φερτά υλικά (μπάζα, υπολείμματα κατασκευής τεχνικών έργων), το οποίο έχει πάχος 4 μέτρα, υπάρχει στρώμα άμμου ανάμικτης με κροκάλες, καθώς και διακριτά στρώματα αμιγούς σύστασης άμμου ή κροκαλών, υλικά που υποδηλώνουν ποτάμια δράση και έντονη μεταφορά υλικού προς τα κατάντη. Τα στρώματα αυτά διαδέχεται



Σχήμα 4: Ενδεικτική απεικόνιση του πλέγματος προσομοίωσης που εφαρμόστηκε καθώς και της βαθυμετρίας στην παράκτια περιοχή και στην βαθύτερη περιοχή μετρήσεων. (*) θέση μέτρησης κυματισμού.

Figure 4: Indicative depiction of the simulation grid as well as of the shallow and the offshore area bathymetry. (*) position of the HCMR observation buoy.

το στερεό υπόβαθρο σε βάθος 8,5 μέτρων.

Ανάλογα κατά κανόνα συμπεράσματα προκύπτουν και από τη μελέτη των γεωτρήσεων (γ1, γ2, γ3, γ4, γ5 και γ6) που έγιναν από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (σχήμα 3), οι οποίες παρουσιάζουν στρώμα φερτών υλικών (μιάζα) επιφανειακά και κάτω από αυτό στρώμα λεπτόκοκκης άμμου σημαντικού πάχους 0,7 έως 3,5 μέτρων. Εξάλλου οι γεωτρήσεις γ15, γ16 και γ17 του ίδιου φορέα, δείχνουν επιφανειακά στρώμα λεπτόκοκκης άμμου, πάχους 1,5 έως 3 μέτρα, το οποίο διαδέχεται το στερεό υπόβαθρο της περιοχής.

Διαφορές των αποτελεσμάτων των γεωτρήσεων Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ως προς τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων του Ι.Γ.Μ.Ε., παρουσιάζονται μόνο σε ό,τι αφορά το λεπτό υποεπιφανειακό στρώμα, στο οποίο παρατηρείται ανάμικτο υλικό αμμώδους και χουμώδους σύστασης, που υποδηλώνει

εναλλασσόμενη χερσαία και θαλάσσια απόθεση υλικού, το οποίο δεν απεικονίζεται στις γεωτρήσεις Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ή δεν αξιολογήθηκε λόγω μικρού πάχους.

4.2. Κυματικές - ανεμολογικές συνθήκες

Όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις ύψους κύματος και αντίστοιχης διεύθυνσεως - εντάσεως ανέμου στη θαλάσσια περιοχή της βόρειας Κρήτης, τις οποίες πραγματοποιεί το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών και σε συνδυασμό με τη βαθυμετρία υπολογίστηκε εξ αυτών το σημαντικό ύψος κύματος στη παράκτια ζώνη της περιοχής καθώς και η μέγιστη ανάβαση του κυματισμού στη ξηρά κατά τη διάρκεια έντονων καιρικών φαινομένων.

Για τη μέτρηση του υψηλού κυματισμού στη περιοχή, επελέγη ως ενδεικτική μια χρονική περίοδος κατά τη διάρκεια του Νοεμβρίου 2001, οπότε στη περιοχή επικρατούσαν βορειοδυτικοί άνεμοι ταχύτητας 15 m/sec (7 Beaufort περίπου).

Από τα στατιστικά στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού Ηρακλείου της Ε.Μ.Υ., της χρονικής περιόδου 1955 - 1987 προκύπτει ότι, η ετήσια συχνότητα των ανέμων του βόρειου τομέα (Βορείων - Βορειοανατολικών - Βορειοδυτικών) εντάσεως 7 Beaufort ή και μεγαλύτερης, είναι 0,6% δηλαδή 2-3 ημέρες το χρόνο η ένταση του ανέμου είναι 7 Beaufort ή και μεγαλύτερη. Η κατάσταση αυτή θεωρήθηκε ότι δημιουργεί κυματισμό που πληροί την προϋπόθεση η οποία ορίζεται από το Ν. 2971/2001, σε ότι αφορά το ύψος κύματος και την ετήσια συχνότητα, κατά τη διάρκεια μιας χειμερινής περιόδου ή ακόμη και θερινής περιόδου κατά την επικράτηση των μελετωμένων στο Αιγαίο πέλαγος.

Κατά τη χρονική περίοδο του Νοεμβρίου 2001, το σημαντικό ύψος κύματος στη θέση μέτρησης όπου το βάθος θάλασσας είναι περίπου 100 μ., έφθασε τα 4,8 μ., με αντίστοιχη μέση περίοδο κύματος 7 sec., διεύθυνση κύματος 49° και αντίστοιχη ένταση ανέμου 15 m/sec (7 Beaufort), γεγονός το οποίο υποδηλώνει ότι το μέγιστο ύψος κύματος ήταν μεγαλύτερο των 5 μέτρων και η αντίστοιχη περίοδος κύματος 9,3 sec [5].

Εάν δεχθούμε δε ότι στη περιοχή παρατηρούνται, έστω και με μικρότερη συχνότητα, άνεμοι εντάσεως μεγαλύτερης των 7 Beaufort (δηλαδή 8 και 9 Beaufort όπως προκύπτει από το στατιστικό δελτίο της Ε.Μ.Υ.), τότε το σημαντικό ύψος κύματος εκτιμάται ότι θα υπερβαίνει τα 5,5 - 6 μ. στη θέση μέτρησης.

Πίνακας 1: Συνοριακές συνθήκες που εφαρμόστηκαν στα όρια του πλέγματος.

H_s	T_m	Θ_w	u_w	θ_w
4,7	7,0	50	15,5	47

όπου H_s : είναι το σημαντικό ύψος κύματος σε μέτρα, T_m : η μέση περίοδος κύματος σε δευτερόλεπτα, Θ_w : η μέση κατεύθυνση κύματος σε μοίρες (°), u_w : η ταχύτητα του ανέμου σε m/s και θ_w : η κατεύθυνση ανέμου σε μοίρες (°). Οι κατευθύνσεις κύματος Θ_w και ανέμου θ_w δηλώνουν την κατεύθυνση προέλευσης του κυματισμού και του ανέμου, αντίστοιχα, με τις 0° μοίρες να αντιστοιχούν στο βορρά.

Το μοντέλο παράκτιου κυματισμού «έτρεξε» με ανάλυση 200 μ. και με τις συνοριακές συνθήκες (δεδομένα εισόδου) που εφαρμόστηκαν στα όρια του πλέγματος προσομοίωσης, που παρουσιάζονται στον πίνακα 1.

Από τον υπολογισμό του ύψους κύματος στην αβαθή παράκτια ζώνη, κοντά στην ξηρά προέκυψε ότι, εάν το σημαντικό ύψος κύματος στα βαθιά στη θέση μέτρησης είναι 4,8 μ. με άνεμο 7 Beaufort, τότε σε βάθος θάλασσας μικρότερο των 5 μ., δηλαδή σε πολύ μικρή απόσταση από την ακτή, το σημαντικό ύψος κύματος υπερβαίνει τα 3 μ.,

ενώ σε βάθος μικρότερο των 5 μ. αυτό δεν υπερβαίνει τα 3,2 μ. Είναι αυτονόητο ότι το μέγιστο ύψος κύματος θα έχει κάπως υψηλότερες τιμές.

Θεωρώντας ότι ο επικρατούν κυματισμός ο οποίος προσπίπτει στην ακτή, αποτελείται κυρίως από μη κανονικά, κύματα κάθετα προς την ακτογραμμή, τότε η μέγιστη ανάβαση του κυματισμού στην εναέρια παραλία υπολογίστηκε, σύμφωνα με το μαθηματικό μοντέλο προσομοίωσης ανάβασης κυματισμού [9], σε 3,2 μ., ενώ η μέση τιμή του 1/3 των μέγιστων αναβάσεων κυματισμού υπολογίστηκε σε 2,17 μ.

Είναι αυτονόητο ότι εφόσον το σημαντικό ύψος κύματος φθάσει σε ύψος 5,5 - 6 μ., στην περιοχή μέτρησης στη βαθιά θάλασσα, εξαιτίας των πολύ ισχυρών ανέμων εντάσεως 8 και 9 Beaufort, τότε η μέγιστη ανάβαση του κυματισμού στην παράκτια περιοχή υπολογίζεται ότι θα προσεγγίσει τα 3,6 - 3,9 μ. αντίστοιχα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παίρνοντας υπόψη το ύψος κύματος τόσο στη θέση μέτρησης στο βαθύτερο τμήμα της θαλάσσιας περιοχής του Ηρακλείου, το προβλεπόμενο ύψος κύματος στην παράκτια περιοχή, τη στρωματογραφία της περιοχής και το ανάγλυφο της ακτής, όπως αυτό παρουσιάζεται στα παλαιότερα αξιόπιστα υδρογραφικά και τοπογραφικά διαγράμματα, όπως PLANE HYDROGRAPHIC du PORT et de la RADE DE CANTIE, [2] και ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΝΕΟΥ ΛΙΜΕΝΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ, [3], με δεδομένο ότι οι ανεμολογικές συνθήκες δεν έχουν μεταβληθεί σημαντικά, καταλήγουμε στα επόμενα συμπεράσματα: Στην εναέρια παραλία πριν από την εκτέλεση των έργων επικρατούσαν μέτριες κλίσεις μεταξύ 4% και 7%, ενώ στην υποθαλάσσια παραλία αυτές ήταν ακόμη μικρότερες.

Η περιοχή επηρεαζόταν από υψηλό κυματισμό ο οποίος στην παράκτια αβαθή ζώνη σε βάθος 5 μέτρων είχε ύψος 3 μ. τουλάχιστον με άνεμο 7 Beaufort, ή και μεγαλύτερο ύψος με άνεμο 8 ή 9 Beaufort.

Το εύρος της εναέριας αμμώδους παραλίας, όπως προκύπτει από τα διαθέσιμα τοπογραφικά διαγράμματα ήταν μεγάλο, δεδομένου ότι τμήμα της έχει δημιουργηθεί από την κυματική δράση και το υπόλοιπο από την αιολική μεταφορά άμμου. Όμως το εύρος της εναέριας παραλίας, το οποίο επηρεαζόταν από την κυματική δράση (όπως αυτή ορίζεται στη προηγούμενη παράγραφο) κυμαινόταν μεταξύ 20 και 80 μέτρων.

Παρά το γεγονός ότι υπό την επίδραση των ισχυρών ανέμων 7 Beaufort, το μέγιστο ύψος κύματος το οποίο επηρέαζε την ακτή ξεπερνούσε τα 3 μ., εντούτοις η μέγιστη ανάβαση κυματισμού δεν ήταν δυνατόν να υπερβεί την ισοϋψή των 3,2 μ. στην εναέρια παραλία, ενώ υπό την επίδραση πολύ ισχυρών ανέμων 8-9 Beaufort αυτή δεν ήταν δυνατόν να υπερβεί την ισοϋψή των 3,5 μ., εξαιτίας του μεγάλου πλάτους αυτής και της εκτόνωσης που αυτό υφίστατο στην αμ-

μώδους σύστασης επιφάνειά της.

Το πάχος των υλικών τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την επιχωμάτωση της περιοχής, όπως αυτό πιστοποιείται από τις γεωτρήσεις, συνηγορεί στην άποψη ότι η ισοϋψής στην οποία ήταν δυνατόν να φθάσει η μέγιστη ανάβαση του κυματισμού είναι αυτή των 3,5 μ., όπως αυτή αποτυπώνεται στο τοπογραφικό διάγραμμα του έτους 1914.

Επομένως θα πρέπει να γίνει αποδεκτό ότι το ανώτερο όριο της ζώνης του αιγιαλού, που είχε διαμορφωθεί περί το έτος 1900 πριν τη έναρξη των έργων της διαμόρφωσης του λιμένα Ηρακλείου (δηλαδή ο παλαιός αιγιαλός σύμφωνα με το Α.Ν. 2344/1940 και τον Ν. 2971/2001), καθορίζεται από την ισοϋψή των 3,5 μέτρων, όπως αυτή αναγνωρίζεται στο παλιότερο αξιόπιστο τοπογραφικό διάγραμμα, δηλαδή το ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΝΕΟΥ ΛΙΜΕΝΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ Κλίμακας 1:1000, προερχόμενο εκ της «Μελέτης Κατασκευής του Λιμένος Ηρακλείου» του έτους 1914.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν το ΕΛΚΕ-ΘΕ, το οποίο παρεχώρησε τα ανεμολογικά και κυματικά δεδομένα πεδίου και τα αποτελέσματα πρόγνωσης κυματισμού, τον καθ. κ. Μιχάλη Τσίμπλη του ωκεανογραφικού κέντρου Southampton και τον Δρ Νικηφόρο Κυπραίο για τα σχόλια τους και τις διορθώσεις.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Απόσπασμα του Χάρτη της «**ΠΟΛΗΣ ΤΟΥ ΧΑΝΑΑΚΑ**» (1843). Κλίμακα 1:7.120, Αγγλικό Ναυαρχείο. Λιμενικό Ταμείο Ηρακλείου (ακριβές αντίγραφο).
2. Alfred Diemer - Eduard Quellennec, (1904). **PLANE HYDROGRAPHIC du PORT et de la RADE DE CANTIE**. Κλίμακα 1: 2.000, Λιμενικό Ταμείο Ηρακλείου.
3. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΝΕΟΥ ΛΙΜΕΝΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ, (1914). Κλίμακα 1:1.000, ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΛΙΜΕΝΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ, Λιμενικό Ταμείο Ηρακλείου (ακριβές αντίγραφο).
4. Δωρής Ε. (1995). **Τα δημόσια κτήματα. Αιγιαλός και παραλία, ρύπανσις θαλασσίου περιβάλλοντος**. Τόμος Β', Τεύχος Α'. Εκδ. Σάκκουλα, Αθήνα, σελ. 491.
5. Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), **Poseidon System, Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας**, (Νοέμβριος 2001). Web page: <http://www.poseidon.ncmr.gr> (ημερ/νία πρόσβασης 2/11/2001-24/11/2001).
6. Holthuijsen L.H., Booij N., Ris R.C., Haagsma I.J.G., Kiefteburg A.T.M.M., Kriezis E. E., (1999), **SWAN Cycle III version 40.11, User manual, Electronic version**, Delft University of Technology, Web site: <http://swan.ct.tudelft.nl>, 124 p., (ημερ/νία πρόσβασης 18/2/2004).
7. Κουτσοβέλη, Αν. (1999). **Γεωλογική μελέτη & προσδιορισμός της παλαιάς ακτογραμμής εντός της ζώνης του λιμένος Ηρακλείου Κρήτης**. Τεχνική Έκθεση. Ι.Γ.Μ.Ε. σελ. 23.
8. **Λιμένας Ηρακλείου (Νήσος Κρήτη)**, (2002) Χ. Ε. Ε. 443/1. Κλίμακα 1:5.000, Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού.
9. Mase H., (1989). **Random Wave Run up Height on Gentle Slopes**. Journal of the Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering Division, American Society Civil Engineers (ASCE), Vol. 115, No. 5, pp. 649 – 461.
10. **Νήσος Κρήτη – Ανατολικό κεντρικό τμήμα**. (1998). Χ. Ε. Ε. 443. Κλίμακα 1:100.000 Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού.
11. Πολυχρονάκης Α., Αθανασούλης Ε., Ζουρμπάκης Β. (1999). **Γεωλογική έκθεση επί των ερευνητικών γεωτρήσεων της χερσαίας ζώνης του Λιμένα Ηρακλείου**, Τεχνική Έκθεση. Ι. Γ. Μ. Ε. σελ. 11.

Κωνσταντίνος Γ. Πεχλιβάνογλου

Δρ Γεωλόγος Ωκεανογράφος, Ειδικός Επιστήμονας, Ανεξάρτητη Αρχή «Συνήγορος του Πολίτη», Χατζηγιάννη Μέξη 5, 115 28, Αθήνα.

Ζωή Ι. Καραμήτρου

Δρ Νομικός, Βοηθός Ειδικός Επιστήμονας, Ανεξάρτητη Αρχή «Συνήγορος του Πολίτη», Χατζηγιάννη Μέξη 5, 115 28, Αθήνα.

Extended summary

Contribution to the Determination of the Old Foreshore: Application in the Heraklion Area on the Island of Crete

KONSTANTINOS G. PEHLIVANOGLOU

Marine Geologist

ZOE J. KARAMITROU

Lawyer

Abstract

Geologic, oceanographic and topographic data and field measurements from the coastal area in front of the city of Heraklion, on the island of Crete, as well as deep sea wave measurements and shallow wave prediction numerical modelling, were used for the determination of the 1884 foreshore. Data from numerous drillings performed in the coastal area of Heraklion were used for the stratigraphic study of the area. For the calculation of the shallow area wave height, deep region wave height and wind measurements in the Cretan Sea were used as input data for the shallow wave prediction model, taking into account archive data concerning the sea bottom bathymetry and the topography of Heraklion area. The maximum wave run up on the coastal area in 1884, which determines the limit of the old foreshore zone, was then calculated, in order to be estimated the critical requirements of the Act 2971/2001 and the Compulsory Law 2344/1940 "the maximum however unexceptional sea wave run up in extreme weather conditions". Finally the innermost limit of the foreshore zone during 1884 was defined as the 3.5 m level.

1. INTRODUCTION-LEGISLATIVE FRAMEWORK

The study aims to demonstrate the way in which geologic, oceanographic and topographic data were used for the determination of the old foreshore of the coastal area of Heraklion city, in order to satisfy the Compulsory Law 2344/1940, art. 2 par. 3 as well as Law 2971/2001 art. 1 par. 3.

The Compulsory Law 2344/1940, article 2 paragraph 3, states that: "In the case that due to illuviations or other reasons it is clear that, at the time of the determination, the foreshore zone position is different than in the past, and according to the evidence of witnesses examined under oath by the committee, or with the aid of other various indications, it is possible for the old position of the foreshore up to the year 1884 to be determined, the committee shall proceed to the determination of the 'old foreshore zone', inscribing a blue line on the diagram."

The recent Act 2971/2001, article 1 paragraph 3, does

not differ from the former legislation in respect to the old foreshore regime, specifying that: "...old foreshore zone is the land zone which derived from the shifting of the foreshore towards the sea, due to illuviations or constructions, and it is defined by the modern foreshore limit and the limit of the older foreshore".

According to the aforementioned legislation the "old foreshore zone" is defined by the innermost limit of the foreshore zone during the year 1884. The term "... maximum however unexceptional sea wave run up"" denotes wave run up which happened at least annually under extreme weather conditions. Therefore, this limit can be defined similarly to the modern foreshore, as the coastal land zone wetted by the maximum however unexceptional sea waves run up , but with a date reference to the year 1884.

Scientific data can provide the public authorities with sufficient information regarding the delimitation of the old foreshore zone.

The Heraklion coastal area, on the island of Crete, was a typical case for the application of the previously outlined legislation and methodology.

The data used in the present study were:

- 1) The results of the interpretation of the data from drillings carried out by the Ministry of Environment, Physical Planning and Public Works and the Institute of Geology and Mineral Research, [11], [7]
- 2) The geomorphology of the coastal zone at the beginning of the 20th century.
- 3) Significant wave height and wind direction, from continuous measurements made by the observation buoy of the Hellenic Centre for Marine Research, and
- 4) Significant wave height and maximum wave run up calculated by numerical prediction models.

2. GEOLOGY - PHYSICAL SETTING

The Heraklion gulf region is a small part of the north

coast of the island of Crete (Fig. 1). The morphology of the landward coastal region includes:

- a) areas with intense relief and alterations between small hills and small flat fields, up to 150-170 metres from the coastline in front of the old city of Heraklion,
- b) hills of a few tens of metres alternating with extensive flat field areas eastwards of the Heraklion city, towards the N. Alikarnassos area as well as landward and,
- c) smoother relief including an extensive sandy beach west of Heraklion, towards the region Stomio - Ammoudara, due to the illuviations of the Giofiros stream, which discharges in the area.

According to the archive charts and topographic diagrams, the area had a soft relief around 1884. A part of the coastal land area was flat, with the exception of some small hills a few tens of metres in height, towards the eastern limit and south of the present harbour. The coastal zone in front of Heraklion city extended in altitude up to 3.5 metres and to a distance of 20 - 50 metres from the coastline, presenting a smooth gradient of the landward coastal zone, which varied between 7% in the western and 4% in the eastern part [2]. In contrast to the landward coastal area, the underwater shallow seabed had a smoother relief and a smaller inclination towards the eastern and, mainly, to the western limit of the coastal area.

Quaternary formations of marine limestones, sandstones, conglomerates, marls and fluvial deposits or enclosed basin deposits, as well as Neogene formations of limestones, marly limestones, clays with plant or animal organic remains, and alluvial deposits prevail in the wider area. Debris mainly covers the coastal area formations in front of the old city of Heraklion.

3. DISCUSSION

The drills performed by the Ministry of Environment, Physical Planning and Public Works and the Institute of Geology and Mineral Research [11], [7] present a surface layer, up to 1 to 4 metres in depth, that consists of debris indicating human intervention (rubble, remains of constructions etc.). A thinner subsurface layer of mixed sandy-humus material 30 to 80 cm thick was identified in some drillings, followed by a sandy or sandy-clay layer of marine origin up to a depth of 7 m. The other drillings present a sandy layer mixed with pebbles, as well as separate layers consisting of pebbles or sand, denoting river action and material transport seawards.

The extensive, nearly straight front of the coast was almost unprotected from the north sector winds (northern, north-eastern and partly north-western winds). The fetch for wind wave estimation extends up to 75 n. m. to the north, 120 n. m. to the northeast and 150 n. m. to the northwest.

The coastal zone was subject to the action of high

waves before the extensive protective works undertaken at the beginning of the 20th century outside the old Heraklion harbour, due to the strong (6-7 Beaufort) or even stormy (8-9 Beaufort) winds of the Aegean Sea, which often blow in the area.

During November 2001, the significant wave height measured by the observation buoy of the Hellenic Centre for Marine Research (Cretan Sea, NE of Heraklion city), reached 4.8 m with a respective average wave period 7 sec, wave direction of 49°, and wind speed 15 m/sec (7 Beaufort). These wind-wave parameters suggest that the maximum wave height was greater than 5 m, with a respective maximum wave period 9.3 sec.

The nearshore/coastal wave prediction model SWAN [6], run with a 200 m. resolution, and the boundary conditions shown in table 1 (input data) were applied to the limits of the simulation grid in order to calculate the significant wave height close to shallow water area up to the 5 m. deep.

Table 1: Boundary conditions applied to the limits of the simulation grid.

H_s	T_m	Θ_w	u_w	θ_w
4.7	7.0	50	15.5	47

H_s : the significant wave height in metres, T_m : the average wave period in seconds, Θ_w : the average wave direction in degrees, u_w : the wind speed in m/s and θ_w : the wind direction in degrees.

Considering irregular waves normal to the coastline, the maximum wave run up on the sub aerial coast was estimated by applying the Mase wave run up prediction model [9].

Considering the wind speed and direction, the measured and the predicted significant wave height, the predicted wave run up, as well as the coastal area stratigraphy and the relief, we concluded that:

- a) The coastal area presented a 4% and 7% slope, while in the underwater beach the gradient was even gentler,
- b) The large coastal sandy zone was created by the wave action as well as by the aeolian transport of sand. However, 20 to 80 m of this zone was affected by the wave action,
- c) The wave height that affected the nearshore shallower area exceeded 3 m for a wind strength of 7 Beaufort, and the maximum wave run up on the coast was considered not to exceed the 3.2 m level. The wave run up was not expected to exceed the 3.5 m level along the coastal zone for wind strengths of 8-9 Beaufort, in view of its extended range and the attenuation on the sandy surface.
- d) The thickness of the materials that were deposited for the embankment of the area during the harbour construction, as confirmed by drillings, suggests that the maximum level that could be reached by wave action could not exceed the contour line of 3.5 m, as it appeared on the

topographic diagram of the year 1914.

- e) Consequently, the upper limit of the foreshore zone in 1884 («old foreshore zone» according to the Compulsory Law 2344/1940 and the Law 2971/2001), should be the 3.5 m level, as identified on the oldest reliable topographic diagram, entitled “Diagram of the region of the new Heraklion port “, (1914) scale 1:1000, taken from the “Technical Study of the Heraklion city harbour construction in 1914».

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank the Hellenic Centre for Marine Research, which kindly provided the wind, wave field data and the wave prediction model estimations for the nearshore area, as well as to colleagues Prof. Michael Tsimplis from the Southampton Oceanography Center and Dr Nikiforos Kypraios, Coastal Engineer, for their comments and corrections.

Konstantinos G. Pehlivanoglou

MSc, PhD, Marine Geologist, Senior Investigator, “The Greek Ombudsman, Independent Authority”, 5, Hatzigianni Mexi, 115 28, Athens.

Zoe J. Karamitrou

PhD Lawyer, Junior Investigator, “The Greek Ombudsman, Independent Authority”, 5, Hatzigianni Mexi, 115 28, Athens.