

## ΜΕΘΟΔΟΙ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ ΔΙΑΣΚΟΠΗΣΗΣ ΩΣ ΜΕΣΟ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑΣ ΤΑΦΗΣ ΥΠΟΒΡΥΧΙΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ - ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΕΣ ΖΕΥΞΕΙΣ (I) ΠΡΕΒΕΖΑΣ-ΚΕΡΚΥΡΑΣ ΚΑΙ (II) ΛΑΓΟΝΗΣΙΟΥ- ΜΗΛΟΥ-ΧΑΝΙΩΝ\*

ΧΑΣΙΩΤΗΣ Θ.<sup>1</sup>, ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ Γ.<sup>1</sup>, ΦΕΡΕΝΤΙΝΟΣ Γ.<sup>1</sup>, ΓΕΡΑΓΑ Μ.<sup>1</sup>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αύξηση της ανθρώπινης δραστηριότητας στον πυθμένα των θαλασσών, κυρίως μέσω της αλιείας, οδήγησε σε πολλαπλές βλάβες των υποθαλάσσιων καλωδίων και ανέδειξαν συγχρόνως την ανάγκη για την ταφή τους. Οι μέθοδοι θαλάσσιας γεωφυσικής διασκόπησης και κυρίως η χρήση τομογράφων υποδομής πυθμένα υψηλής διακριτικότητας, σε συνδυασμό με τη συλλογή και γεωτεχνική ανάλυση πυρήνων ιζήματος, αποτελούν την καταλληλότερη μεθοδολογία για τη διερεύνηση της δυνατότητας ταφής των καλωδίων. Δύο παραδείγματα από τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις στον Ελληνικό χώρο, τονίζουν την αναγκαιότητα ταφής και αναδεικνύουν τη χρησιμότητα της παραπάνω μεθοδολογίας.

### ABSTRACT

The boom during the last decades in offshore activities has resulted in the laying of many submarine power and telephone cables. Experience gained in countries where submarine cables are widely used (Greece among them) show that failures are mainly caused by trawling fishing. For that reason, recent marine surveys include burial assessment studies up to 600m water depth where modern cable trenching machines usually operate.

The burial assessment studies require accurate positioning, precise bathymetry, high resolution continuous seismic profiling and bottom sampling and assistantly side scan sonar imagery, local inspections with remote operated vehicles (R.O.V.) and sometimes in situ methods for the determination of sediment consistency and strength. As a principle must be emphasized the need for correlation between the acoustic types recognized in the seismic records and the bottom sediments since uncertainties in the interpretation of the seismic records make difficult the truth evaluation of sediment consistency and strength.

The methodology and the burial technique used are different when a cable is planned to be laid or it has already been installed. In both cases the followings must be concerned in relation with the operation of the trenching machines: (a) avoidance of steep slopes, (b) avoidance of physical or artificial obstacles, (c) low angle cable turning points and (d) avoidance of crossings over existing or planned to be installed cables.

Two case studies from big telecommunication links in the Greek territory, which are briefly presented, clearly show the reasons (geological and man-made hazards) for cable burial and mark out the usefulness of the abovementioned methodology. The acoustic types along the cable routes are presented and an evaluation of the possible burial depth is made.

\* MARINE GEOPHYSICAL PROSPECTING AS A TOOL FOR CABLE BURIAL ASSESSMENT STUDIES-CASE STUDIES (A) LAGONISI-MILOS-HANIA TELECOM LINK AND (B) PREVEZA-CORFU TELECOM LINK.

<sup>1</sup> Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας (Ε.Θ.Γ.Ε.Φ.Ο.) Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 26110, Ρίο, Πάτρα.

**KEY WORDS:** marine geophysical prospecting, seabed geotechnical properties, burial of submarine cables.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αυξημένες ενεργειακές και τηλεπικοινωνιακές ανάγκες της χώρας μας σε συνδυασμό με την ιδιαίτερη γεωμορφολογία της, οδήγησαν στην πόντιση υποβρύχιων (υβ) καλωδίων με σκοπό την ενεργειακή και τηλεφωνική διασύνδεση μεταξύ νήσων και ηπειρωτικής Ελλάδας. Την τελευταία 15ετία η Α.Ε.Η. και ο Ο.Τ.Ε. προγραμματίσαν και εκτέλεσαν σημαντικό αριθμό θαλάσσιων γεωφυσικών/γεωτεχνικών ερευνών με σκοπό την αποφυγή γεωλογικών και ανθρωπογενών επικινδυνότητων και την ασφαλή πόντιση των καλωδίων τους.

Η διαρκής εξέλιξη της τεχνολογίας, παράλληλα με την αύξηση της ανθρώπινης δραστηριότητας στον πυθμένα των θαλάσσιων (κυρίως μέσω της αλιείας) οδήγησαν σε πολλαπλές βλάβες των υποθαλάσσιων καλωδίων και ανέδειξαν συγχρόνως την ανάγκη για την ταφή τους. Για το λόγο αυτό άλλαξε ο σχεδιασμός και η πορεία εκτέλεσης των θαλάσσιων γεωφυσικών ερευνών με στόχο να προσαρμοστούν έτσι ώστε να ελέγχεται επί τόπου η δυνατότητα ή μη ταφής των καλωδίων. Το μέγιστο βάθος θάλασσας στο οποίο έχει, μέχρι σήμερα, επιτευχθεί ταφή καλωδίου, με την διαθέσιμη τεχνολογία, είναι περίπου 500-600m.

Σκοπός των θαλάσσιων γεωφυσικών ερευνών, σύμφωνα με τις νέες απαιτήσεις για ταφή των υβ καλωδίων είναι: (α) η λεπτομερής αποτύπωση του βάθους και της μορφολογίας του πυθμένα κατά μήκος της διαδρομής εγκατάστασης του καλωδίου, (β) η εκτίμηση της σύστασης των υποεπιφανειακών ιζημάτων που προκύπτει από τη συνδυαστική ερμηνεία των γεωφυσικών καταγραφών και των ιζηματολογικών/ γεωτεχνικών αναλύσεων των συλλεχθέντων πυρήνων ιζηματος, (γ) από τη σύνθεση των (α) και (β), ο προσδιορισμός της δυνατότητας ταφής του καλωδίου και παράλληλα η εκτίμηση του βάθους της από την επιφάνεια του πυθμένα, (δ) ο γεωγραφικός προσδιορισμός των περιοχών του πυθμένα κατά μήκος του καλωδίου σε σχέση με τη δυνατότητα ή μη ταφής του και (ε) η γενική μεθοδολογία και το συγκεκριμένο σύστημα που προτείνεται για την ταφή.

Πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα η απουσία διεθνούς βιβλιογραφίας όσον αφορά στο συγκεκριμένο εφαρμοσμένο θέμα έρευνας και άρα η έλλειψη μίας γενικής μεθοδολογίας καθώς και συγκρίσιμων αποτελεσμάτων, στοιχεία τα οποία θα συντελούσαν και στη διευκρίνιση ασαφειών κατά τη διάρκεια των ερευνών υπαίθρου.

## 2. ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΕΣ (ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ) ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΕΣ

Οι αιτίες των βλαβών των υβ καλωδίων αποδίδονται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό τους (>70%) στις ανθρώπινες δραστηριότητες (αλιεία, αγκυροβόληση) στο θαλάσσιο περιβάλλον, ενώ ένα αξιοσημείωτα μικρότερο ποσοστό (<30%) αποδίδεται στις φυσικές (γεωλογικές) επικινδυνότητες.

Ως φυσικές επικινδυνότητες θεωρούνται εκείνα τα γεωλογικά φαινόμενα τα οποία επηρεάζουν το θαλάσσιο πυθμένα και τα οποία μπορούν άμεσα ή έμμεσα να προκαλέσουν βλάβες στα υβ καλώδια. Τέτοια φαινόμενα είναι: (α) τα ενεργά ρήγματα και σεισμοί, (β) η ύπαρξη αέριων υδρογονανθράκων στους πόρους των ιζημάτων και γεωμορφών στον πυθμένα που σχετίζονται μ' αυτά, (γ) τα διάπυρα, (δ) τα παλιρροιακά κύματα, (ε) οι βαρυντικές μετακινήσεις μαζών ιζημάτων, (στ) το ανώμαλο (κυρίως βραχώδες) ανάγλυφο, (ζ) τα διαβρωσιγενή χαρακτηριστικά του πυθμένα (χαραδρώσεις, κανάλια) και (η) η διάβρωση, μεταφορά και απόθεση ιζημάτων εξαιτίας της δράσης ρευμάτων και κυμάτων (Παπαθεοδώρου κ.α 1995, Hasiotis et al 1997).

Αναμφίβολα όμως, η ανθρώπινη δραστηριότητα είναι υπεύθυνη για τις περισσότερες βλάβες υβ καλωδίων. Το σημαντικότερο ποσοστό των ανθρωπογενών αιτιών είναι συνδεδεμένο με την αλιευτική δραστηριότητα και ειδικότερα με την αλιευτική μέθοδο της μηχανότρατας πυθμένα με υδραετούς ("πόρτες"), η οποία είναι μαζί με τα κυκλικά δίχτυα "γρι-γρι", οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι επαγγελματικής αλιείας στον Ελληνικό χώρο. Αυτή η αλιευτική μέθοδος βασίζεται στη σύρση δύο ορθογώνιων και μετακινούμενων κατά μήκος του πυθμένα, ελκόμενων στην επιφάνεια του πυθμένα, οι οποίοι με

τη σειρά τους σύρουν ένα δίχτυνο σάκκο που συλλαμβάνει τα αλιεύματα. Οι πόρτες είναι σχεδιασμένες με στρουγγυλεμένα άκρα έτσι ώστε εάν ένα καλώδιο είναι σε πλήρη επαφή με τον πυθμένα, στις περισσότερες περιπτώσεις θα περάσουν από επάνω του χωρίς να εμπλακούν. Το σημαντικότερο πρόβλημα προκύπτει εάν το καλώδιο αιωρείται σε ύψος περίπου 70cm πάνω από τον πυθμένα οπότε μία τέλεια εμπλοκή είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα συμβεί. Εάν ένα υβ καλώδιο εμπλακεί στις πόρτες της μηχανότρατας τότε είναι δυνατό να συμβεί: (α) απεμπλοκή αφού το καλώδιο παρυσουθεί από τη θέση του, (β) απεμπλοκή του καλωδίου μετά από κατάλληλους ελιγμούς του αλιευτικού σκάφους, αλλά με μετατόπιση από την αρχική θέση του, και (γ) εάν γίνει απεμπλοκή μετά από τους σχετικούς ελιγμούς, τότε τα αλιευτικά εργαλεία μαζί με το καλώδιο ανεγκύονται στο σκάφος όπου γίνεται προσπάθεια απεμπλοκής με χρήση μηχανικών μέσων. Κατά τη διάρκεια των χειρισμών απεμπλοκής είναι δυνατό να συμβεί θραύση του καλωδίου ή μηχανική καταπόνηση του εξωτερικού του οπλισμού (θραύση των συρμάτων οπλισμού, ειδικά εάν το καλώδιο είναι σχετικά παλιό και ήδη καταπονημένο). Επιπλέον, στην περίπτωση που το καλώδιο αιωρείται σε ύψος μικρότερο από 70cm από τον πυθμένα είναι πιθανό κατά την εμπλοκή του με τις πόρτες να μετακινηθεί με συνέπεια τη δημιουργία νέων ή και μεγαλύτερων αιωρήσεων και την αύξηση των πιθανοτήτων εμπλοκής του από μία άλλη τράτα. Στην περίπτωση ελαφρώς θαμμένου καλωδίου σε πυθμένα που καλύπτεται από χαλαρά και λεπτόκοκκα ιζήματα είναι πιθανή η εμπλοκή του εάν η πόρτα ανατραπεί και συρθεί με την πλευρά της (σε σχέση με την ορθή στάση σύρσης της). Επίσης σε θέσεις επισκευής, τα υβ καλώδια γίνονται περισσότερο τρωτά σε εμπλοκή με τράτες, εξαιτίας: (i) της σημαντικής περίσσειας καλωδίου η οποία αποτίθεται στον πυθμένα στη θέση του τελικού επιοικεναστικού συνδέσμου, και (ii) στις αιωρήσεις τάσεων ("ανασηκώματα") που εμφανίζει το καλώδιο σε όλο το ανάπτυγμα της περίσσειας καλωδίου λόγω των τάσεων που δεσμεύονται στα σύρματα οπλισμού.

### 3. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΑΦΗΣ

Οι μελέτες για την ταφή των καλωδίων μέχρι σήμερα, περιορίζονταν στις περιοχές προσαιγιαλάωσης τους (βάθος < 20-30m), λόγω των προβλημάτων που προέκυπταν από τη διάβρωση, μεταφορά και απόθεση των ιζημάτων κυρίως από τη δράση των κυμάτων αλλά και των ρευμάτων με συνέπεια την τροποποίηση της μορφολογίας και την αλλαγή του προφίλ της ακτής. Το βάθος ταφής κάτω από την επιφάνεια του πυθμένα, ανάλογα με τη μελέτη διαίτας της ακτής, είναι δυνατό να φτάσει τα 2m.

Όσον αφορά στην ταφή των καλωδίων σε βάθη μεγαλύτερα των 30m και μέχρι 600m, περιοχές όπου άλλωστε υπάρχει αυξημένη επικινδυνότητα λόγω της αλιευτικής δραστηριότητας, ένα βάθος ταφής ασφαλείας περίπου 60cm, είναι σήμερα εφικτό με την υπάρχουσα τεχνολογία. Επιπλέον η παρουσία ενός μεγάλου αριθμού υβ καλωδίων που ποτίστηκαν χωρίς προηγούμενη μελέτη ταφής, ανέδειξε την ανάγκη για εκτίμηση της δυνατότητας ταφής σε ήδη ποτισμένα υβ καλώδια.

Συνεπώς η εκτίμηση της δυνατότητας ταφής είναι δυνατόν να εφαρμοσθεί σε: (i) καλώδια που έχουν ήδη ποτισθεί και βρισκονται σε λειτουργία, και (ii) διασυνδέσεις που δεν έχουν υλοποιηθεί με πόντιση υβ καλωδίων.

Στην περίπτωση που το καλώδιο έχει ποτιστεί τότε η εκτίμηση της δυνατότητας ταφής μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας τα υπάρχοντα στοιχεία από τη μελέτη είτε γιατί οι πληροφορίες που παρέχουν θεωρούνται ικανοποιητικές για την πρόβλεψη πιθανών προβληματικών περιοχών, είτε γιατί δεν υπάρχει δυνατότητα περαιτέρω έρευνας. Εάν τα δεδομένα της υπάρχουσας μελέτης κρίνεται ότι δεν είναι αρκετά για την εκτίμηση της δυνατότητας ταφής ή γενικά δεν έχουν συλλεχθεί με τη λογική (μεθοδολογία) που επιβάλλει η ταφή ενός καλωδίου, τότε είναι απαραίτητη η διενέργεια συμπληρωματικών ερευνών οι οποίες θα δώσουν μία ολοκληρωμένη εικόνα για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

Στην περίπτωση που το καλώδιο δεν έχει ποτιστεί, τότε η μελέτη για την ταφή ακολουθεί τη γενικότερη μεθοδολογία ερευνών για την εγκατάσταση καλωδίων (Παπαθεοδώρου κ.α 1995, Hasiotis et al 1997). Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη για την ταφή καλωδίων (Παπαθεοδώρου κ.α 1995, Hasiotis et al 1997). Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη για την ταφή καλωδίων (Παπαθεοδώρου κ.α 1995, Hasiotis et al 1997). Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη για την ταφή καλωδίων (Παπαθεοδώρου κ.α 1995, Hasiotis et al 1997).

έρευνες αποσκοπούν στην επιλογή της καταλληλότερης ζώνης στην οποία είναι δυνατή η ταφή του καλωδίου στο μεγαλύτερο δυνατό μήκος της γραμμής όδευσης, (β) εάν δεν υπάρχει δυνατότητα επιλογής ζώνης όδευσης (λόγω συγκεκριμένων θέσεων προσαιγείαλωσης, ιδιομορφιών της μορφολογίας του πυθμένα, διασταυρώσεων με άλλα καλώδια τα οποία υπάρχουν ή πρόκειται να ποντιστούν) τότε οι θαλάσσιες γεωφυσικές έρευνες αποσκοπούν στον ακριβή εντοπισμό των περιοχών όπου υπάρχει πιθανότητα μη ταφής του καλωδίου. Ακόμη και στην τελευταία περίπτωση, συνίσταται η διενέργεια ερευνών σε μία στενή ζώνη πλησίον της γραμμής όδευσης για τον εντοπισμό, εάν υπάρχουν, περιοχών όπου η ταφή είναι δυνατή.

Επιπλέον, στοιχεία τα οποία θα πρέπει να συνεκτιμώνται στην επιλογή της γραμμής όδευσης και έχουν σχέση με τις δυνατότητες των σκαπτικών μηχανημάτων, είναι: (α) η αποφυγή απότομων μεταβολών των κλίσεων και γενικά πλαγιών με υψηλές κλίσεις, (β) η αποφυγή εμποδίων, φυσικών ή τεχνητών, (γ) η γεωμετρία όδευσης του καλωδίου (μικρής γωνίας καμπυλώσεις της πορείας), και (δ) η αποφυγή διασταυρώσεων και προσεγγίσεων με άλλα καλώδια τα οποία υπάρχουν ή πρόκειται να ποντιστούν.

Επίσης πρέπει να σημειωθεί, ότι αμέσως πριν από τη φάση πόντισης, το καλωδιακό πλοίο είναι δυνατό να εκτελέσει μία δοκιμή, με τη σύρση ενός μικρού δοκιμαστικού σκαπτικού οργάνου (αρότρου) κατά μήκος της όδευσης, για μία επιπλέον εκτίμηση των λιθολογικών και μηχανικών ιδιοτήτων των επιφανειακών ιζημάτων του πυθμένα.

#### 4. ΟΡΓΑΝΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Τα όργανα και οι συσκευές που απαιτούνται για την εκτίμηση της δυνατότητας ταφής των υββ καλωδίων είναι, κατά κύριο λόγο, τα πιο κάτω: (α) το βυθόμετρο, (β) ο τομογράφος υποδομής πυθμένα (συνήθως τύπος 3.5kHz) με μεγάλη διακριτική (0.3-0.7m) και περιορισμένη διεσθιτική ικανότητα, ώστε να καθίσταται δυνατή η εκτίμηση της λιθολογίας και των γεωτεχνικών ιδιοτήτων των επιφανειακών ιζημάτων του πυθμένα, (γ) οι δειγματοληπτικές συσκευές συλλογής "εν πολλοίς" αδιατάρακτων δειγμάτων ιζηματος, όπως οι πυρηνολήπτες βαρύτητας και οι αρπάγες και (δ) συσκευές προσδιορισμού των φυσικών (λιθολογική σύσταση, περιεκτικότητα σε νερό, υγρή πυκνότητα, όρια Atterberg) και μηχανικών ιδιοτήτων (διατμητική αντοχή, συμπίεσιμότητα).

Επικουρικά, των προαναφερθέντων οργάνων και συσκευών είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν: (α) ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης για τη μελέτη της μορφολογίας του πυθμένα, (β) κατευθυνόμενο βαθυσκάφος για οπτική παρατήρηση συγκεκριμένων θέσεων του πυθμένα, ενώ (γ) απαραίτητη θεωρείται η πλοήγηση και ο προσδιορισμός θέσης του σκάφους με ένα ακριβές σύστημα προσδιορισμού όπως το διαφορικό δορυφορικό σύστημα (Differential G.P.S.: ακρίβεια 0.5-2.0m)

Επί πλέον είναι πιθανή η εκτέλεση επί τόπου (in situ) δοκιμών, όπως η δοκιμή με "συσκευή κώνων διεσθύσης" (CPT), όταν οι συμβατικές δειγματοληπτικές συσκευές δεν είναι δυνατό να συλλέξουν επιφανειακό δείγμα, λόγω της αδρομερούς σύστασης ή της έντονης συμπαγοποίησης του.

Από τα προαναφερθέντα, γίνεται φανερό ότι ο τομογράφος υποδομής πυθμένα είναι το καταλληλότερο ηχοβολιστικό σύστημα για την εκτίμηση της δυνατότητας ταφής ενός υββ καλωδίου, και για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη μια συνοπτική περιγραφή της αρχής λειτουργίας του.

#### 5. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ

Η λειτουργία των τομογράφων υποδομής πυθμένα υψηλής διακριτικότητας βασίζεται στην εκπομπή ηχητικών κυμάτων υψηλών συχνοτήτων συνήθως από 1 έως 7kHz. Τα ηχητικά κύματα διεσθύνουν κάτω από τον πυθμένα και κάθε φορά που συναντούν μία επιφάνεια όπου μεταβάλλεται η πυκνότητα, δηλαδή αλλάζει η λιθολογία ή/και οι γεωτεχνικές παράμετροι των ιζημάτων, ανακλώνται και στην επιστροφή τους προσλαμβάνονται από το δέκτη και τέλος καταγράφονται από τον καταγραφέα (Φερεντίνος 1985).

Ο ακουστικός χαρακτηρισμός των ανακλασθέντων ηχητικών κυμάτων στην τομογραφία (σεισμική καταγραφή) δηλαδή η ερμηνεία των αποτελεσμάτων γίνεται από: (i) την ακουστική

αγωγιμότητα της διαχωριστικής επιφάνειας, (ii) την απόσταση που απέχουν μεταξύ τους οι διαδοχικές επιφάνειες ανάκλασης και (iii) τη σπλιχνότητα ή/και τραχύτητα της διαχωριστικής επιφάνειας.

Η ακουστική αγωγιμότητα (R) μίας επιφάνειας εξαρτάται από την ταχύτητα (U) της μετάδοσης του ήχου και την πυκνότητα ( $\rho$ ) του υλικού εκατέρωθεν της επιφάνειας. Η ακουστική αγωγιμότητα δίνεται από τον τύπο:

$$R = (U_2 \rho_2 - U_1 \rho_1) / (U_2 \rho_2 + U_1 \rho_1)$$

όπου:  $U_1, U_2$  και  $\rho_1, \rho_2$  οι ταχύτητες του ήχου και οι πυκνότητες των ιζημάτων εκατέρωθεν της διαχωριστικής επιφάνειας αντίστοιχα.

Ενα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό που ελέγχει την αποτελεσματικότητα στη χρήση του τομογράφου υποδομής πυθμένα είναι η διακριτική του ικανότητα, η οποία καθορίζεται ως η ελάχιστη απόσταση δύο στρωμάτων έτσι ώστε τα δύο αυτά στρώματα να αναγνωριστούν και να καταγραφούν ως δύο από τον τομογράφο. Είναι φανερό ότι εάν δύο στρώματα απέχουν λιγότερο από τη διακριτική ικανότητα του τομογράφου, δε θα αναγνωριστούν και καταγραφούν ως δύο αλλά ως ένα, με αποτέλεσμα τη μείωση των πληροφοριών. Η διακριτική ικανότητα του πομπόδεκτη εξαρτάται από το μήκος του παλμού και συνελπώς από τη χρονική του διάρκεια και δίνεται από τον τύπο:

$$\{ \text{Διακριτική ικανότητα} = \text{μήκος παλμού} / 2 \}$$

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι όσο αυξάνεται η χρονική διάρκεια και συνελπώς το μήκος του παλμού (pulse length), τόσο μειώνεται η διακριτική ικανότητα. Επιπλέον η επιλογή της κλίμακας καταγραφής (time base) καθώς και το επίπεδο ενίσχυσης (gain) του προσλαμβανόμενου ηχητικού κύματος επηρεάζουν τον ακουστικό χαρακτήρα των καταγραφομένων ηχητικών κυμάτων.

## 6. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ 3.5kHz ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΩΝ/ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ.

Η ερμηνεία των τομογραφιών 3.5kHz, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για τις λιθολογικές/γεωτεχνικές ιδιότητες των επιφανειακών ιζημάτων και συνελπώς για τη δυνατότητα εκσκαφής του πυθμένα, ακολουθεί τα εξής στάδια: (α) Καθορισμός του ακουστικού χαρακτήρα της επιφανειακής ανάκλασης (επιφάνεια του πυθμένα), δηλαδή καθορισμός της μορφής (σαφής - ασαφής), της έντασης (μικρού εύρους - ημιπαρατεταμένη - παρατεταμένη) και της συνέχειας της (συνεχής - ασυνεχής), (β) καθορισμός του ακουστικού χαρακτήρα των υποεπιφανειακών ανακλάσεων εφόσον υπάρχουν και εκτίμηση του βάθους διείσδυσης, (γ) εντοπισμός επιφανειακών ανακλάσεων υπερβολικής μορφής, ενδεικτικές του ανωμάλου ανάγλυφου του πυθμένα.

Ο καθορισμός των προαναφερθεισών παραμέτρων, σε μια τομογραφία, αποδίδει σημαντικές πληροφορίες για τις λιθολογικές/γεωτεχνικές ιδιότητες των επιφανειακών ιζημάτων, και συνήθως οδηγεί στον καθορισμό ενός ακουστικού τύπου (Echo type), ο οποίος περιέχει όλες τις παραπάνω πληροφορίες. Πρέπει να σημειωθεί ότι η ερμηνεία των ακουστικών τύπων επιβεβαιώνεται κατά απόλυτο τρόπο με συλλογή πυρήνων ιζηματος (μήκους έως 6). Στην περίπτωση κατά την οποία δεν είναι δυνατή η συλλογή πυρήνων, η επιβεβαίωση της ερμηνείας βασίζεται στη σύγκριση με ακουστικούς τύπους από άλλες περιοχές του Ελληνικού (Ferentinos et al 1993) και παγκόσμιου θαλάσσιου χώρου (Damuth 1978) οι οποίοι έχουν επιβεβαιωθεί με πυρηνοληψίες. Το τελευταίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό αφού έχουν διαπιστωθεί περιπτώσεις όπου ο ίδιος ακουστικός τύπος προέρχεται από ιζήματα διαφορετικής σύστασης.

## 7. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗ ΖΕΥΞΗ ΠΡΕΒΕΖΑΣ - ΚΕΡΚΥΡΑΣ

Ο Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος (ΟΤΕ) προγραμματίισε την τηλεπικοινωνιακή ζεύξη Πρέβεζα - Κέρκυρα (δυτική ακτή), με υ/β καλώδιο 24 μονότροπων οπτικών ινών και συνολικού μήκους περίπου 140km (Εικ. 1α). Η προτεινόμενη από τον ΟΤΕ όδευση του καλωδίου ήταν σε μεγάλο ποσοστό (62%) εκτός των ελληνικών χωρικών υδάτων (6nm) και διέσχισε τρεις φυσιογραφικές ενότητες του ηπειρωτικού περιθωρίου της ΒΔ-ικής Ελλάδας: (α) την κρηπίδα Παξών-Πρέβεζας με μέγιστο βάθος 200m, (β) την πλαγιά



βάθη έως 200m. Το Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας (Ε.Θ.Α.Γ.Ε.Φ.Ω) ανέλαβε, το 1993, την εκτέλεση των θαλασσιών γεωφυσικών και γεωτεχνικών ερευνών για τον καθορισμό της ασφαλέστερης δυνατής όδευσης του καλωδίου, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ΟΤΕ και την πρακτική που ακολουθείται διεθνώς για τέτοιου τύπου θαλάσσια έργα (Παπαθεοδώρου κ.α. 1995).

Οι θαλάσσιες γεωφυσικές έρευνες, που εκτελέστηκαν, έδειξαν την ύπαρξη (α) βαρυτικών μετακινήσεων των ιζημάτων (μέτωπα αποκόλλησης, περιστρεφόμενα τεμάχια ιζημάτων), και σημαντικών χαραδρώσεων και καναλιών στην ενότητα της πλαγιάς, (β) κρατήρες διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων στην κρηπίδα Παξών-Πρέβεζας, (γ) παραμορφώσεις των επιφανειακών ιζημάτων λόγω αλατούχων διατυρισιμών. Οι ανθρωπογενείς επικινδυνότητες που εντοπίστηκαν στη ζώνη όδευσης σχετίζονται με την αλλειτική δραστηριότητα των μηχανοτρατών πυθμένα. Συγκεκριμένα εντοπίστηκαν αλλειτικά ίχνη τόσο στην κρηπίδα Παξών-Πρέβεζας όσο και στην κρηπίδα Κέρκυρας (Φερεντίνος κ.α 1994).

Η τελικώς προτεινόμενη όδευση του καλωδίου, συνολικού μήκους 137.6km, αποφεύγει τη διασταύρωση με τους άξονες των χαραδρώσεων και απολήγει στη βάση της πλαγιάς αφού τη διασχίσει σε περιοχές μεταξύ των χαραδρώσεων. Αντιθέτως, δεν ήταν δυνατή η αποφυγή των περιοχών των αλλειτικών ίχνων, οι οποίες συνιστούν εκτεταμένα αλλειτικά πεδία κατά μήκος ολόκληρης της κρηπίδας του Ιονίου πελάγους (Φερεντίνος κ.α 1994).

Ο ΟΤΕ υλοποίησε τη διασύνδεση και πόντισε το υ/β καλώδιο εντός του 1995. Τον Οκτώβριο του 1996, ο ΟΤΕ αποφάσισε την αντικατάσταση του υ/β καλωδίου με ένα νέο μονότροπο, εξαιτίας τεχνητών προβλημάτων, ανεξαρτήτων των γεωλογικών και ανθρωπογενών επικινδυνοτήτων. Το νέο καλώδιο, αποφασίστηκε να ποντισθεί στην ίδια ακριβώς γραμμή όδευσης και επιπλέον να ταφεί μέχρι βάθος νερού 500m (Εικ. 1b). Ως μέθοδος ταφής αποφασίστηκε αυτή του υ/β οχήματος με μηχανικό άροτρο. Η μελέτη δυνατότητας ταφής, η οποία ανατέθηκε στο Ε.Θ.Α.Γ.Ε.Φ.Ω, βασίστηκε στα γεωφυσικά και ιζηματολογικά/γεωτεχνικά δεδομένα που είχαν συλλεχθεί στην έρευνα για τον καθορισμό της ασφαλέστερης όδευσης. Η συνδυαστική ερμηνεία των τομογραφιών 3.5kHz, των ηχογραφιών και των πυρήνων ιζήματος, δεδομένων που δεν συλλέχθηκαν με σκοπό την εκτίμηση δυνατότητας ταφής (συγκεκριμένο και σταθερό μήκος παλμού και επίπεδο ενίσχυσης, πυρηνοληψία ανά ακουστικό τύπο) οδήγησε στον καθορισμό πέντε (5) κύριων ακουστικών τύπων (Εικ. 1c):

**Ακουστικός Τύπος Α:** Ανώμαλες υπερβολικές ανακλάσεις με ποικίλα ύψη των κορυφών τους από την επιφάνεια του πυθμένα, και με απουσία υποεπιφανειακών ανακλάσεων. **Ερμηνεία:** Ο πυθμένας συνίσταται από έντονα συμπυκνωμένα ιζήματα (beach rocks) με ανώμαλο ανάγλυφο (1m). Ο πυθμένας δεν είναι δυνατόν να εκσκαφτεί.

**Ακουστικός Τύπος Β:** Ασυνεχής, σαφής επιφανειακή ανάκλαση, με λίγες υποεπιφανειακές, ημιπαρεταταμένες έως παρεταταμένες και αποσφηνούμενες ανακλάσεις. **Ερμηνεία:** Ο πυθμένας καλύπτεται από πεδία Posidonia τα οποία αναπτύσσονται σε άμμο, ενώ μεταξύ των πεδίων υπάρχουν θύλακες άμμου. Οι ρίζες των Posidonia είναι συνήθως αρκετά συνεκτικές και πιθανώς δυσχεραίνουν την εκσκαφή.

**Ακουστικός Τύπος Γ:** Επιφανειακό στρώμα ακουστικά διαφανές (transparent) το οποίο τοπικά υπέρκειται ασυνεχούς, ημιπαρεταταμένης ανάκλασης. Η διεύθυνση που ελετετεύχθη κυμαίνεται από 2m έως 6m. **Ερμηνεία:** Ο πυθμένας συνίσταται από ιλυούχο άμμο και αναμένεται εύκολη εκσκαφή του ανώτερου 1m του πυθμένα.

**Ακουστικός Τύπος Δ:** Σαφής, συνεχής επιφανειακή ανάκλαση με αρκετές ασθενείς, ασυνεχείς, παράλληλες, υποεπιφανειακές ανακλάσεις (ακουστικός τύπος D). Τα παραπάνω χαρακτηριστικά συνιστούν μια επιφανειακή ακολουθία, πάχους περίπου 10m, η οποία υπέρκειται παρεταταμένων και ασυνεχών ανακλάσεων (ακουστικός τύπος D2). Τοπικά η επιφανειακή ανάκλαση παρουσιάζει ελαφρά κυματοειδές ανάγλυφο (ακουστικός τύπος D1). **Ερμηνεία:** Η επιφανειακή ακολουθία πάχους 8m έως 10m συνίσταται μάλλον από ιλυούχο άμμο (D). Η παρουσία τοπικά κυματοειδούς αναγλύφου δηλώνει την παρουσία κρατήρων διαφυγής αερίων υδρογονανθράκων με μέγεθος 15m και βάθος 0.5m έως

2.0m (D1). Ο ακουστικός τύπος D2 αντιστοιχεί σε περιοχή του πυθμένα στην οποία παρουσιάζονται κηλίδες συμπαγοποιημένων ιζημάτων, όπως διαπιστώνεται στις ηχογραφήσεις ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης (D2). Το ανώτερο 1m αυτού του ακουστικού τύπου πιστεύεται ότι εύκολα θα εκσκαφτεί. Η παρουσία των λιθοποιημένων ιζημάτων είναι δυνατόν να προκαλέσει προβλήματα και να δυσχεράνει την εκσκαφή.

*Ακουστικός Τύπος E:* Ανώμαλες υπερβολικές ανακλάσεις με ποικίλα ύψη των κορυφών τους από την επιφάνεια του πυθμένα, και παρουσία ασυνεχών υποεπιφανειακών ανακλάσεων. Η διεύθυνση που επετεύχθη είναι περίπου 6m. *Ερμηνεία:* Ο πυθμένας πιστεύεται ότι αποτελείται από βιογενείς λιθοποιημένες αποθέσεις. Οι αποθέσεις αυτές είναι πάχους 1-2m. Δείγματα αρπάγης (πάχος δείγματος 10-20cm) που είχαν συλλεχθεί από αυτόν τον ακουστικό τύπο έδειξε την παρουσία αμμώδους ιλύος. Ο πυθμένας εκτιμάται ότι είναι δύσκολο να εκσκαφτεί.

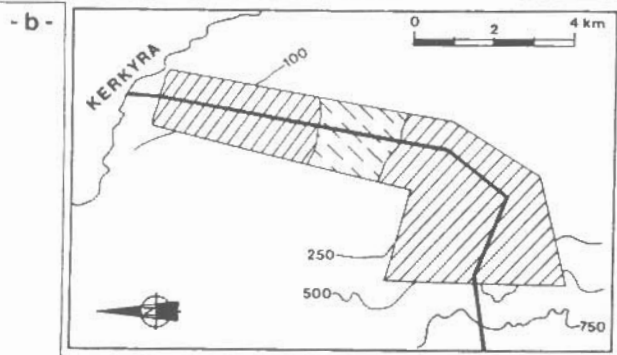
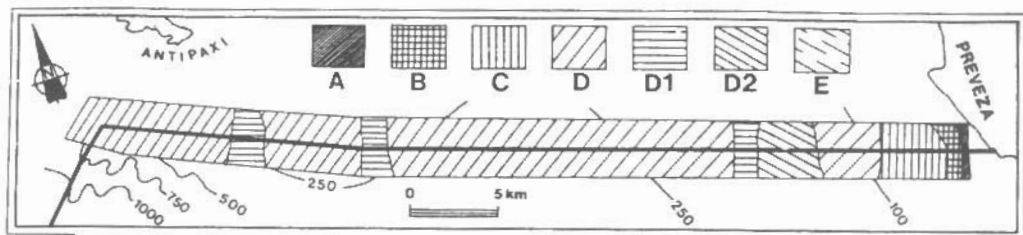
Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις από τη γεωφυσική διασκόπηση, η εκσκαφή του πυθμένα θεωρήθηκε ότι είναι δυνατή στο 99.5% του μήκους της γραμμής όδευσης, ενώ μόνο στο 0.5% αδύνατη. Τελικώς, το υ/β όχημα με μηχανικό άροτρο επέτυχε ταφή του καλωδίου σε ίσο ποσοστό του μήκους της γραμμής όδευσης, με αυτό της εκτίμησης με γεωφυσική διασκόπηση (αδημοσίευτα στοιχεία Ο.Τ.Ε). Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι το μηχανικό άροτρο συνάντησε δυσκολία στην διάνοιξη της τάφρου ταφής στους Ακουστικούς Τύπους Β και Ε (ελάχιστο βάθος ταφής : 20-30cm), όπως άλλωστε αναμενόταν, αλλά επιπλέον και στον Ακουστικό Τύπο C. Το τελευταίο οφείλεται πιθανώς στην λιθοποίηση των επιφανειακών 30-50cm των ιζημάτων του πυθμένα, τα οποία είναι πέραν της διακριτικής ικανότητας του τομογράφου, αναδεικνύοντας έτσι την αναγκαιότητα συλλογής πυρήνων ιζημάτων.

## **8. ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗ ΖΕΥΞΗ ΛΑΓΟΝΗΣΙ-ΧΑΝΙΑ ΜΕ ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗ ΣΤΗ ΜΗΛΟ**

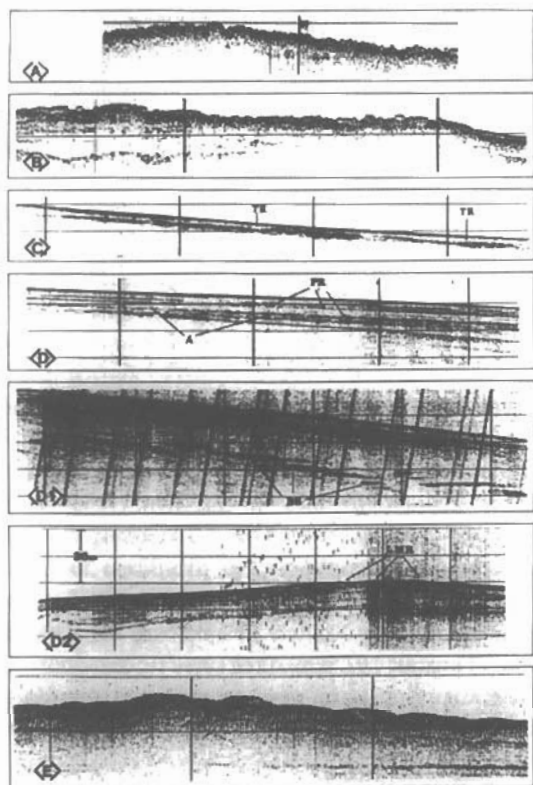
Ο Οργανισμός Τηλεπικοινωνιών Ελλάδος (ΟΤΕ) προγραμματίσει την τηλεπικοινωνιακή ζεύξη Χανίων-Λαγονησίου (Αττικής) με διακλάδωση μέσω παθητικού διακλαδωτή (passive branching unit) προς τη Μήλο, με υ/β καλώδιο ("MINΩΣ") 12 μονοτρόπων οπτικών ινών και συνολικού μήκους περίπου 300km (Εικ. 1a). Η προτεινόμενη από τον ΟΤΕ όδευση του καλωδίου διέσχισε τρεις κύριες φυσιογραφικές ενότητες του Αιγαίου τόξου: (α) τη Μυρτώω λεκάνη με μέγιστο βάθος 1150m, (β) τη λεκάνη Χανίων με μέγιστο βάθος 1250m και (γ) την ηφαιστειακή ράχη Μέθανο-Βελοπούλα-Φαλκονέρα-Αντιμήλος-Μήλος με βάθη που κυμαίνονται από 200m έως 400m. Το Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας (Ε.Θ.Α.Γ.Ε.Φ.Ω) ανέλαβε την εκτέλεση των θαλασσιών γεωφυσικών και γεωτεχνικών ερευνών για τον καθορισμό της ασφαλέστερης δυνατής όδευσης του καλωδίου, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ΟΤΕ και την πρακτική που ακολουθείται διεθνώς για τέτοιου τύπου θαλάσσια έργα (Παπαθεοδώρου κ.α. 1995).

Οι θαλάσσιες γεωφυσικές έρευνες έδειξαν την ύπαρξη (α) βαρυτικών μετακινήσεων των ιζημάτων (μέτωπα αποκόλλησης, αποθέσεις ροής κορημάτων) στην πλαγιά του Αγ. Γεωργίου (Αττικής), στη βάση της πλαγιάς της Μυρτώω λεκάνης και της λεκάνης των Χανίων, και στην πλαγιά Μήλου-Αντιμήλου, (β) ανευργών και ενεργών ρηγμάτων με άλματα που κυμαίνονται από 5m έως 40m, (γ) κρατήρες διαμέτρου 600m και βάθους 5m στην κρηπίδα της Μήλου-Αντιμήλου, αποτέλεσμα πιθανώς παλαιών φρεατικών εκρήξεων, (δ) ρευματογενών γεωμορφών (αμμώδεις ραβδώσεις) με ανάγλυφο 30cm έως 50cm, στην κρηπίδα Λαγονησίου και Χανίων (Φερεντίνος κ.α 1995). Αλιευτικά ίχνη από σύρση υδραετών διαπιστώθηκαν στην κρηπίδα του Λαγονησίου και των Χανίων (Φερεντίνος κ.α 1995). Η τελικώς προτεινόμενη όδευση του καλωδίου, συνολικού μήκους 292.5km, αποφεύγει τις περισσότερες γεωλογικές επικινδυνότητες ενώ αντιθέτως δεν ήταν δυνατή η αποφυγή των περιοχών των αλιευτικών ίχνων, οι οποίες συνιστούν εκτεταμένα αλιευτικά πεδία κατά μήκος των κρηπίδων του Λαγονησίου και των Χανίων.

Ο ΟΤΕ υλοποίησε τη διασύνδεση και πόντισε το υ/β καλώδιο μεταξύ 14/10 και 2/11/1995. Μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης του, παρουσιάστηκαν τρεις (3) βλάβες σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα και συγκεκριμένα μεταξύ 9/11/1995 και 10/1/1996. Οι βλάβες αυτές εντοπίστηκαν στην κρηπίδα



- a -



- c -

Εικ. 1: (a) Γενικός χάρτης στον οποίο σημειώνονται οι δύο περιοχές έρευνας. (b) Χάρτες επιφανειακής κατανομής των ακουστικών τύπων που καθορίστηκαν στην κορητίδα-πλαγιά Πρέβεζας-Παξών και στην κορητίδα-πλαγιά Κέρκυρας. (c) Ακουστικοί τύποι που καθορίστηκαν στην περιοχή έρευνας (βλέπε κείμενο για λεπτομέρειες).

Fig. 1: (a) Index map showing the studied areas. (b) Maps showing the areal distribution of the echo types which were determined in the Preveza-Paxi shelf-slope and Kerkyra shelf-slope. (c) Echo types determined in the surveyed zone (see text for details).



του Λαγονησίου και των Χανίων, περιοχές στις οποίες είχαν ήδη εντοπισθεί αλιευτικά ίχνη και αποδόθηκαν στην αλιευτική δραστηριότητα των μηχανοτρατών πυθμένα με υδραετούς. Η μεγάλη συχνότητα των βλαβών οδήγησε τον ΟΤΕ στην απόφαση για ταφή του ήδη ποντισμένου καλωδίου στην κρηπίδα του Λαγονησίου και των Χανίων και μέχρι βάθους 500m (Εικ. 2α). Ως μέθοδος ταφής αποφασίσθηκε αυτή του υ/β οχήματος με υδροβολείς.

Η μελέτη δυνατότητας ταφής του υ/β καλωδίου, η οποία ανατέθηκε στο ΕΘΑΓΕΦΩ, βασίσθηκε στην ερμηνεία των ήδη συλλεγέντων τομογραφιών 3.5 kHz σε συνδυασμό με τους πυρήνες ιζημάτων, οι οποίοι πρέπει να τονισθεί ότι δεν συλλέχθηκαν με τη λογική της ταφής του καλωδίου (πυρηνοληψία σε κάθε ακουστικό τύπο). Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν βοηθητικά ηχογραφήσις από ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης. Η συνδυαστική ερμηνεία των προαναφερθέντων στοιχείων οδήγησε στον καθορισμό 6 διαφορετικών ακουστικών τύπων (Εικ. 2b) στην κρηπίδα/πλαγιά Λαγονησίου και Χανίων, οι οποίοι δηλώνουν τις λιθολογικές/γεωτεχνικές ιδιότητες των επιφανειακών ιζημάτων και συνεπώς τη δυνατότητα εκσκαφής του πυθμένα.

**Ακουστικός Τύπος I:** Σαφής επιφανειακή ανάκλαση με μια υποεπιφανειακή παρατεταμένη ανάκλαση η οποία βρίσκεται σε βάθος 0.5m έως 2.5m. Τοπικά η παρατεταμένη ανάκλαση συχνά αναδύεται στην επιφάνεια του πυθμένα. **Ερμηνεία:** Το επιφανειακό στρώμα συνίσταται πιθανώς από πηλό και επικάθεται είτε (α) σε ακολουθία που συνίσταται από μεγάλο αριθμό λεπτοστρώσεων πηλού και άμμου, είτε (β) σε σκληρό υπόστρωμα (λιθοποιημένα ιζήματα) είτε (γ) σε σκληρό υπόστρωμα βιογενών σχηματισμών. Σε γενικές γραμμές αυτός ο ακουστικός τύπος δηλώνει ότι η εκσκαφή του πυθμένα είναι "αδύνατη", εκτός πιθανώς των επιφανειακών 30-50cm τα οποία είναι πέραν της διακριτικής ικανότητας του τομογράφου ή περιοχών όπου η παρατεταμένη ανάκλαση βρίσκεται 2.5m κάτω από την επιφάνεια του πυθμένα.

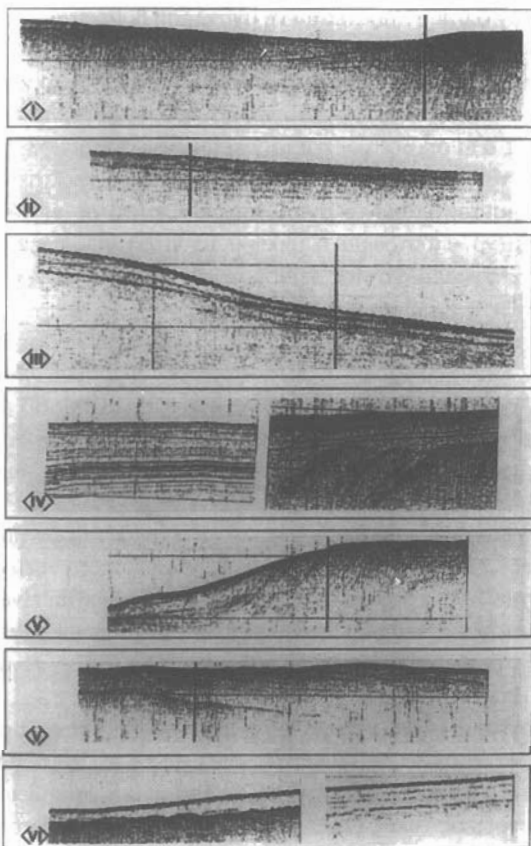
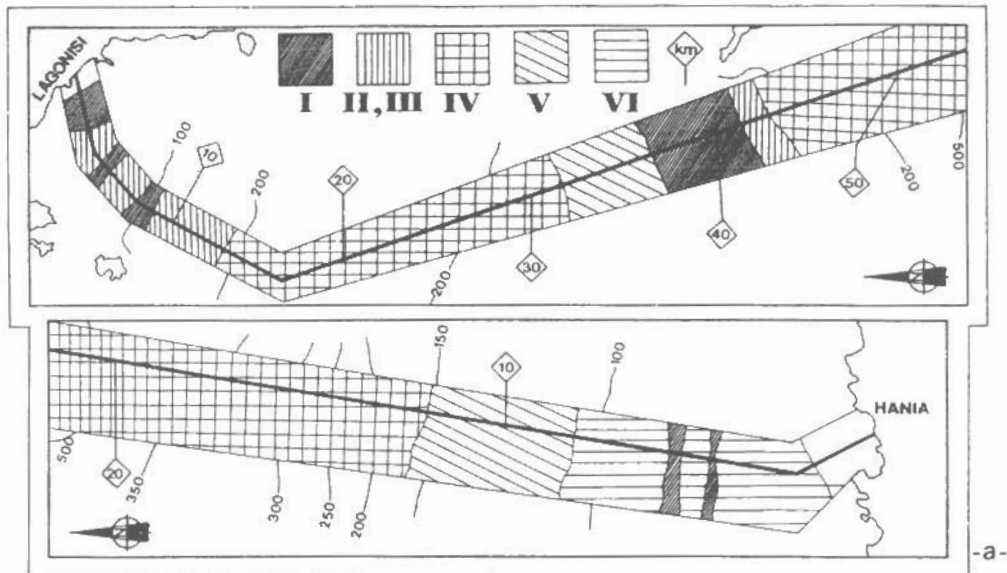
**Ακουστικός Τύπος II:** Σαφής επιφανειακή ανάκλαση με παρουσία σειράς μερικών ημιπαρατεταμένων έως παρατεταμένων ασυνεχών ανακλάσεων. Η διεύθυνση που ετετεύχθη είναι 0.5 m όπου οι ανακλάσεις είναι παρατεταμένες και έως 6 m όπου είναι ημιπαρατεταμένες. **Ερμηνεία:** Το επιφανειακό στρώμα συνίσταται τουλάχιστον από 0.5 m πηλού και επικάθεται είτε (α) σε ακολουθία μικρού αριθμού λεπτοστρώσεων πηλού/άμμου (ημιπαρατεταμένες ανακλάσεις), είτε (β) σε μεγάλο αριθμό λεπτοστρώσεων πηλού/άμμου ή λιθοποιημένο υπόστρωμα ή σκληρό υπόστρωμα βιογενών σχηματισμών (παρατεταμένες ανακλάσεις). Σε γενικές γραμμές αυτός ο ακουστικός τύπος δηλώνει ότι η εκσκαφή του πυθμένα είναι "κατά κανόνα δυνατή".

**Ακουστικός Τύπος III:** Σαφής επιφανειακή ανάκλαση με παρουσία σειράς παράλληλων/υποπαράλληλων υποεπιφανειακών και ασυνεχών ανακλάσεων. Η διεύθυνση που ετετεύχθη είναι κατά μέσο όρο 7 m. **Ερμηνεία:** Αραιές έως πυκνές λεπτοστρώσεις πηλού/άμμου με συνολικό πάχος 2m έως 7m. Σε γενικές γραμμές αυτός ο ακουστικός τύπος δηλώνει ότι η εκσκαφή του πυθμένα είναι "κατά κανόνα δυνατή". Πιστεύεται ότι τα επιφανειακά τουλάχιστον 30 cm των ιζημάτων θα εκσκαφτούν χωρίς προβλήματα.

**Ακουστικός Τύπος IV:** Σαφής επιφανειακή ανάκλαση με παρουσία υπερβολικών ανακλάσεων των οποίων οι κορυφές ελαφρά υπέρκεινται της επιφανειακής ανάκλασης. Ακολουθεί σειρά υποεπιφανειακών, παράλληλων, σαφών και συνεχών ανακλάσεων. Η διεύθυνση που ετετεύχθη είναι 15-20m. **Ερμηνεία:** Τα ανώτερα 15-20 m συνίστανται κυρίως από ιλύ και πιθανώς με λίγες λεπτοστρώσεις πηλού/άμμου. Αυτός ο ακουστικός τύπος δηλώνει ότι η εκσκαφή του πυθμένα είναι "δυνατή" μέχρι βάθους τουλάχιστον 60 cm.

**Ακουστικός Τύπος V:** Ημιπαρατεταμένη επιφανειακή ανάκλαση η οποία υπέρκειται ασύμφωνα σε ασαφείς και ασυνεχείς ανακλάσεις. **Ερμηνεία:** Τα επιφανειακά στρώματα συνίστανται από μια ακολουθία πάχους 1m έως 2m η οποία αποτελείται από λεπτοστρώσεις πηλού/άμμου και επικάθεται ασύμφωνα σε λιθοποιημένα ιζήματα. Αυτός ο ακουστικός τύπος δηλώνει ότι η εκσκαφή του πυθμένα είναι "κατά κανόνα δυνατή". Πιστεύεται ότι τα επιφανειακά τουλάχιστον 30 cm των ιζημάτων θα εκσκαφτούν χωρίς προβλήματα.

**Ακουστικός Τύπος VI:** Σαφής επιφανειακή ανάκλαση με παρουσία σειράς παράλληλων



**Εικ. 2:** (a) Χάρτες επιφανειακής κατανομής των ακουστικών τύπων που καθορίστηκαν στην κρηπίδα-πλαγιά Λαγονησίου και στην κρηπίδα-πλαγιά Χανίων. (b) Ακουστικοί τύποι που καθορίστηκαν στην περιοχή έρευνας (βλέπε κείμενο για λεπτομέρειες).

**Fig. 2:** (a) Maps showing the areal distribution of the echo types which were determined in the Lagonisi shelf-slope and Hania shelf-slope. (b) Echo types determined in the surveyed zone (see text for details).

υποεπιφανειακών ασθενών και ασυνεχών ανακλάσεων. Η διεύθυνση που ελετευχθή κυμαίνεται από 2m έως 7.5 m. *Ερμηνεία:* Τα ανώτερα 2m έως 7.5m είναι αμμιούχου σύστασης στα ρηχά και πηλούχου σύστασης προς τα βαθύτερα. Αυτός ο ακουστικός τύπος δηλώνει ότι η εκσκαφή του πυθμένα είναι "δυνατή" μέχρι βάθους τουλάχιστον 60 cm.

Σύμφωνα με τις παραπάνω εκτιμήσεις, η εκσκαφή του πυθμένα θεωρήθηκε ότι είναι δυνατή στο 87.6% του μήκους της γραμμής όδεσης, ενώ στο υπόλοιπο 12.4% αδύνατη. Τελικώς, το υ/β όχημα με υδροβολείς επέτυχε ταφή του καλωδίου άνω του 90% του μήκους της γραμμής όδεσης (αδημοσίευτα στοιχεία Ο.Τ.Ε), ένα ποσοστό ελαφρά υψηλότερο αυτού της εκτίμησης με γεωφυσική διασκόπηση. Η εκτίμηση όμως αυτή θεωρείται εξαιρετικά επιτυχής όσον αφορά στην οικονομοτεχνική μελέτη και στον προγραμματισμό της ταφής.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- DAMUTH, J., (1978). Echo character of the Norwegian-Greenland sea: relationship to Quaternary sedimentation. *Marine Geology*, v. 28, pp. 1-36.
- FERENTINOS, G., PAPTAEODOROU, G., HASIOTIS T. and EFSTATHIOU, J., (1993). 66kV Submarine Power Link Between Siros-Tinos-Mikonos. Land and Marine Survey. Technical Report submitted to the Public Power Corporation of Greece.
- HASIOTIS, T., PAPTAEODOROU, G. and FERENTINOS, G., (1997). "Geological and man-made hazards surveying for the laying of submarine cables in the Aegean and Ionian seas, Greece". Proc. International Symposium on Engineering Geology and the Environment, organised by the International Association of Engineering Geology ( I.A.E.G.), pp. 693-700, Balkema, Rotterdam.
- ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ, Γ., ΧΑΣΙΩΤΗΣ, Θ., ΦΕΡΕΝΤΙΝΟΣ, Γ. και ΒΟΓΙΑΤΖΑΚΗΣ, Ι., (1995). "Θαλάσσιες γεωλογικές και ανθρωπογενείς επικινδυνότητες και η επίδραση τους στην λόντιση αγωγών και καλωδίων. Γεωφυσικές έρευνες για τον εντοπισμό τους και την επιλογή της ασφαλέστερης οδού λόντισης". Επιστημονικές εκδόσεις Εργαστηρίου Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας (Ε.Θ.Α.Γ.Ε.Φ.Ω.), Πανεπιστημίου Πατρών, τεύχος 2ο σελ. 1-150.
- ΦΕΡΕΝΤΙΝΟΣ, Γ., (1985). "Τεχνική Ωκεανογραφία Τόμος 1ος Εκδ. Παν/μιου Πατρών, σελ. 200.
- ΦΕΡΕΝΤΙΝΟΣ, Γ., ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ, Γ., ΧΑΣΙΩΤΗΣ, Θ., ΓΚΙΩΝΗΣ, Γ. και ΓΕΡΑΓΑ, Μ., (1994). Υποβρύχια Τηλεπικοινωνιακή Ζεύξη Πρέβεζας/Κέρκυρας - Μελέτη Πελάγους και Προσαγωγών. Τεχνική Έκθεση υποβληθείσα στον Ο.Τ.Ε.
- ΦΕΡΕΝΤΙΝΟΣ, Γ., ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ, Γ., ΧΑΣΙΩΤΗΣ, Θ., ΓΚΙΩΝΗΣ, Γ. και ΓΕΡΑΓΑ, Μ., (1995). Υποβρύχια Τηλεπικοινωνιακή Ζεύξη Λαγονήσι/Χανιά με Διακλάδωση για Μήλο - Μελέτη Πελάγους και Προσαγωγών. Τεχνική Έκθεση υποβληθείσα στον Ο.Τ.Ε.