

# Συμβολή των θαλάσσιων γεωφυσικών μεθόδων στην Ενάλια αρχαιολογία: Το χρονικό της εφαρμογής τους στον ελλαδικό χώρο\*

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΣΟΥΡΑ

## Εισαγωγή

ΣΤΗΝ προσπάθεια κατανόησης και ανασύνθεσης του ανθρώπινου παρελθόντος, η Ενάλια αρχαιολογία κατείχε επί πολλές δεκαετίες δευτερεύοντα ρόλο, περιορισμένο στην έρευνα ναυαγίων και καταβυθισμένων λιμανιών και βασισμένο στην αντίληψη πως η αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τη θάλασσα συντελέστηκε όψιμα στην ανθρώπινη ιστορία. Η αρχαιολογική έρευνα υποτίμησε για πολλά χρόνια, όπως παρατηρεί ο Erladson (2001, 288-289), τη σημασία της παράκτιας κατοίκησης στην ανθρώπινη εξέλιξη, δίνοντάς της έναν περιθωριακό ρόλο στην επανάσταση που οδήγησε στις αγροτικές κοινωνίες και στους πρώτους μεγάλους πολιτισμούς.

Αναμφίβολα, όμως, η παράκτια ζώνη χαρακτηρίζεται διαχρονικά από μεγαλύτερη πληθυσμιακή συγκέντρωση σε σχέση με την ενδοχώρα, καθώς πέρα από την άμεση πρόσβαση στους θαλάσσιους πόρους, παρέχει πιο ισορροπημένες κλιματικές συνθήκες και άρα σημαντικά μεγαλύτερη βιοποικιλότητα. Ωστόσο, κατά το μεγαλύτερο μέρος της ανθρώπινης ιστορίας η παράκτια ζώνη διέφερε σημαντικά από τη σημερινή. Κατά το 90% περίπου της διάρκειας της ανθρώπινης

\* Το παρόν άρθρο αποτελεί μέρος της διατριβής ειδίκευσης με τίτλο «Εφαρμογές των θαλασσιών γεωφυσικών μεθόδων στην Ενάλια αρχαιολογία: Νήσος Pag, Κροατία» που εκπόνησα στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Γεωεπιστήμες και Περιβάλλον» του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών. Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γεώργιο Παπαθεοδώρου για τη βοήθεια και τη στήριξη που μου προσέφερε σε όλα τα στάδια της εργασίας. Ευχαριστίες οφείλω επίσης στους ανώνυμους κριτές της παρούσας έκδοσης για τις επισημάνσεις τους. Είναι αυτονόητο πως τυχόν λάθη ή παραλείψεις οφείλονται αποκλειστικά σε μένα.

ζωής στη Γη, η στάθμη της θάλασσας βρισκόταν πολύ χαμηλότερα σε σχέση με τα σημερινά επίπεδα. Ειδικά κατά την τελευταία παγετωνική περίοδο, η μεγάλη επέκταση των ηπειρωτικών παγετωνικών καλυμμάτων προκάλεσε την υποχώρηση της στάθμης της θάλασσας ως και 150 μ. Υπολογίζεται ότι αυτή η υποχώρηση αύξησε την ευρωπαϊκή ήπειρο κατά 3,2 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα, προσδίδοντας της περίπου 40% μεγαλύτερη επιφάνεια σε σχέση με τη σημερινή έκτασή της (Bailey κ.ά. 2012). Δεδομένου ότι κατά τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο οι παγετώνες κάλυπταν μεγάλο μέρος της ευρωπαϊκής ηπείρου, τα νέα γόνιμα εδάφη που αναδύθηκαν στην παράκτια ζώνη, με το ηπιότερο σε σχέση με την παγωμένη ενδοχώρα κλίμα, έπαιξαν πολύ σημαντικό ρόλο στην επιβίωση και εξάπλωση των πρώτων ανθρώπινων φύλων, στις απαρχές της αλιείας και της ναυσιπλοΐας και τελικά στη θεμελίωση των πρώτων πολιτισμών.

Αντίθετα, η απότομη άνοδος της στάθμης της θάλασσας μετά το τέλος της τελευταίας παγετωνικής περιόδου, στο διάστημα από 18000 ως 6000 χρόνια πριν, είχε ως αποτέλεσμα την καταβύθιση αντίστοιχα μεγάλων παράκτιων εκτάσεων. Αν στις ευστατικές και ισοστατικές μεταβολές<sup>1</sup> που προκάλεσε σε παγκόσμιο επίπεδο στη στάθμη της θάλασσας η τήξη των παγετώνων (Fairbanks 1989. Lambeck και Purcell 2005) προστεθούν οι κατακόρυφες τεκτονικές κινήσεις, που επιδρώντας σε τοπική κλίμακα προκαλούν ανάδυση ή καταβύθιση της ακτής, αλλά και παράγοντες όπως η διάβρωση ή η καταβύθιση της χέρσου λόγω αυξημένου ιζηματολογικού φορτίου και η πρόσχωση των ακτών λόγω των ποτάμιων προσφορών, γίνεται αντιληπτό το μέγεθος της αλλαγής που έχει υποστεί ανά τους αιώνες το παράκτιο φυσικό περιβάλλον.

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, η σύγχρονη ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα διατηρεί πολύτιμα αρχεία καταγραφής μακροπρόθεσμων περιβαλλοντικών και κλιματικών αλλαγών και ένα συνεχώς αυξα-

1 Ευστατικές ονομάζονται οι μεταβολές της στάθμης της θάλασσας που οφείλονται στη μεταβολή των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού στους ωκεανούς και εξαρτώνται από την πήξη ή την τήξη των παγετώνων. Ισοστατικές ονομάζονται οι μεταβολές της στάθμης της θάλασσας που οφείλονται στην ανύψωση ή βύθιση του στερεού φλοιού της γης, λόγω της απόκρισής του στα φορτία που ασκούνται στην επιφάνειά του (π.χ. ηπειρωτικά παγετωνικά καλύμματα), ώστε να διατηρείται η βαρυντική ισορροπία (Lambeck 1996).

νόμενο αριθμό καταγεγραμμένων αρχαιολογικών καταλοίπων, που αποτελούν τεκμήρια της ανθρώπινης αντίδρασης στη μεταβολή του περιβάλλοντος. Χάρη στην επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη, είναι πλέον σαφές πως ο θαλάσσιος πυθμένας και η ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα κρύβουν ακόμα πολλά «αρχαία μυστικά». Στην Ευρώπη, για παράδειγμα, έχουν καταμετρηθεί μέχρι τώρα περισσότερες από 3.000 καταβυθισμένες θέσεις της Εποχής του Λίθου, συχνά με εντυπωσιακές συνθήκες διατήρησης (Bailey κ.ά. 2012). Παράλληλα, ενδείξεις για τις θαλάσσιες δραστηριότητες του παρελθόντος (σκαριά και φορτία ναυαγισμένων πλοίων) εντοπίζονται ακόμα και σε μεγάλα βάθη του θαλάσσιου πυθμένα.<sup>2</sup> Αν και τα αρχαιότερα ναυάγια που έχουν ερευνηθεί ανάγονται μόλις στην Εποχή του Χαλκού,<sup>3</sup> τα τελευταία χρόνια άρχισαν να έρχονται στο φως στοιχεία για την αλληλεπίδραση του ανθρώπου με το θαλασσινό στοιχείο ήδη από την Πλειστόκαινο. Πρόσφατες μελέτες τεκμηριώνουν νησιωτικές μετακινήσεις στη Μεσόγειο 110000 χρόνια πριν (Κορακα και Matzanas 2009. Bower 2010. Strasser κ.ά. 2010. Ferentinos κ.ά. 2012), αναδεικνύοντας τον *Homo neanderthalensis* ως τον πρώτο θαλασσοπόρο. Επιπλέον, η θαλάσσια μετανάστευση πληθυσμών σε μακρινές

- 2 Π.χ. σε βάθος 3.300 μ στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Ρόδου και Αλεξάνδρειας εντοπίστηκε με τη χρήση θαλάσσιων γεωφυσικών μεθόδων ελληνικό εμπορικό πλοίο που βυθίστηκε στα τέλη 3<sup>ου</sup> – αρχές 2<sup>ου</sup> αι. π.Χ. (Phaneuf κ.ά. 2001). Βλ. επίσης παραδείγματα από την Ελλάδα στη συνέχεια.
- 3 Τα αρχαιότερα ναυάγια που έχουν ερευνηθεί εντοπίζονται στη νήσο Δοκό της Αργολίδας (βλ. παρακάτω) και στον όρμο Γιαγάνας στην Κεφαλονιά (Ευαγγελιστής 2000. Evangelistis, υπό έκδοση) και χρονολογούνται γύρω στο 2200-2100 π.Χ. (ΠΕ II-III περίοδος). Στη ΜΜ II περίοδο (1800-1700 π.Χ.) χρονολογείται το αρχαιότερο μέχρι τώρα μινωικό ναυάγιο, που ερευνήθηκε στη νήσο Ψείρα ΒΑ της Κρήτης (Χατζηδάκη 2002. Hadjidaki και Betancourt 2005-6, 2006), ενώ λίγο μεταγενέστερο (1600 π.Χ.) είναι το ναυάγιο στο ακρωτήριο Şeytan Deresi της Τουρκίας (Bass 2005a). Το ναυάγιο στο Uluburun της Τουρκίας χρονολογείται γύρω στο 1300 π.Χ. (Pulak 1998, 1999, 2005), ενώ το κυπρο-μυκηναϊκό ναυάγιο των Ιρίων στον Αργολικό κόλπο (Πέννας 1990. Πέννας και Βήχος 1991, 1992α, 1992β, 1993. IENAE 1998. Phelps κ.ά. 1999. Αγουρίδης 2003) και το ναυάγιο στο ακρωτήριο της Άκρας Χελιδονίας κοντά στην Αττάλεια της Τουρκίας (Bass 2005b) χρονολογούνται περίπου έναν αιώνα αργότερα. Το ναυάγιο στη βραχονησίδα Μόδι της Αργολίδας (βλ. παρακάτω) ανήκει σε πλοίο του 12<sup>ου</sup> αι. π.Χ.

αποστάσεις τουλάχιστον 50000 χρόνια πριν (Mellars 2006)<sup>4</sup> αποδεικνύει την ύπαρξη μιας ήδη αναπτυγμένης ναυτικής τεχνογνωσίας.

### Ενάλια αρχαιολογία και σύγχρονη τεχνολογία

Από τα παραπάνω αναδεικνύεται η σπουδαιότητα της Ενάλιας αρχαιολογίας στην επίλυση θεμάτων που απασχολούν συνολικά την επιστημονική κοινότητα, όπως οι αρχαίοι θαλάσσιοι δρόμοι εμπορίου και πολιτισμικών αλληλεπιδράσεων, η ανάπτυξη της ναυσιπλοΐας και ο ρόλος της παράκτιας γεωμορφολογίας στην εξάπλωση του ανθρωπίνου είδους και στην εξέλιξη της πολιτισμικής πολυπλοκότητας.

Ωστόσο, η συμβατική ενάλια αρχαιολογική έρευνα έρχεται αντιμέτωπη με πλήθος προβλημάτων, που καθιστούν δύσκολη την επίλυση των συνεχώς αυξανόμενων επιστημονικών ερωτημάτων. Βασικές δυσκολίες που αντιμετωπίζει είναι ο περιορισμός στον χρόνο κατάδυσης κατά την έρευνα από δύτες, καθώς και η χαμηλή ορατότητα ή η επικινδυνότητα των υδάτων λόγω μόλυνσης ή ισχυρών ρευμάτων, παράγοντες που καθιστούν την υποθαλάσσια έρευνα χρονοβόρα και συνεπώς δαπανηρή. Κυριότερη δυσκολία, όμως, παραμένει ο περιορισμός στο βάθος κατάδυσης των αυτόνομων δυτών. Αν ληφθεί υπόψη πως το 98% του θαλάσσιου πυθμένα ξεπερνά το ανώτατο όριο αυτόνομης κατάδυσης των 40-50 μ (Foley κ.ά. 2009), γίνεται αντιληπτό πως η συμβατική Ενάλια αρχαιολογία δεν μπορεί να καταγράψει παρά ένα μικρό ποσοστό των υποβρύχιων αρχαιολογικών καταλοίπων. Μένουν λοιπόν εκτός των δυνατοτήτων της τα μεγάλα ωκεάνια βάθη, όπου, όπως παρατηρούν οι Foley κ.ά. (2009, 270), αναμένονται καλύτερα διατηρημένα ευρήματα αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, δεδομένου ότι δεν διαταράσσονται από παράγοντες όπως ο κυματισμός της θάλασσας, η ανθρώπινη δραστηριότητα κ.λπ.

4 Ο εποικισμός των νησιών της ΝΑ Ασίας και της Ωκεανίας τουλάχιστον 50000 χρόνια πριν προϋποθέτει θαλάσσιες μετακινήσεις σε αποστάσεις ως και 1.000 χλμ, σε περιοχές με ισχυρά ρεύματα και με ελάχιστη απόσταση 70 χλμ από το ένα νησί στο άλλο (Mellars 2006). Θαλάσσια μετανάστευση πληθυσμών τεκμηριώνεται και για τη δυτική Μελανησία και Ιαπωνία στο διάστημα μεταξύ 40000 και 15000 χρόνια πριν, ενώ και τα παλαιο-ινδιάνικα φύλα της Αμερικής είχαν εποικίσει τα νησιά ανοιχτά της Alta και της Baja California περίπου 12000-13000 χρόνια πριν (Erlandson 2002).

Από την άλλη πλευρά, η υποβρύχια τεχνολογία που έχει αναπτυχθεί στις μέρες μας επιτρέπει την εξερεύνηση των ωκεανών σχεδόν χωρίς όρια. Οι μέθοδοι θαλάσσιας γεωφυσικής διασκόπησης αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια του προηγούμενου αιώνα για να εξυπηρετήσουν αρχικά τη μελέτη των ωκεανών για στρατιωτικούς σκοπούς (Ballard 2004), ενώ στη συνέχεια βρήκαν εφαρμογή στα επιστημονικά πεδία της Ωκεανογραφίας και της Θαλάσσιας Γεωλογίας. Τη δεκαετία του 1960 ο τυχαίος εντοπισμός του ναυαγίου *Mary Rose* κατά τη διάρκεια θαλάσσιας γεωφυσικής έρευνας στη Βρετανία (McKee 1982. Rule 1982) άνοιξε το δρόμο για την εφαρμογή των θαλάσσιων γεωφυσικών μεθόδων στην Ενάλια αρχαιολογία. Η συμβολή των μεθόδων αυτών στην υποβρύχια αρχαιολογική έρευνα έχει αναγνωριστεί ευρέως τα τελευταία χρόνια (Ballard κ.ά. 2000. Quinn κ.ά. 2002a, 2002b. Chalari κ.ά. 2003. Blondel και Rouliquen 2004. Papatheodorou κ.ά. 2005, 2011. Σακελλαρίου κ.ά. 2006. Sakellariou κ.ά. 2007), καθώς χάρη σ' αυτήν αυξάνεται γοργά ο αριθμός των ποντισμένων αρχαίων καταλοίπων που εντοπίζονται ακόμα και σε περιοχές δυσπρόσιτες για την αυτόνομη κατάδυση.

Επιπλέον, η εφαρμογή των θαλάσσιων γεωφυσικών μεθόδων στην υποθαλάσσια αρχαιολογική έρευνα οδήγησε τα τελευταία χρόνια στην ανάπτυξη του πολυ-επιστημονικού κλάδου της Αρχαιολογικής Ωκεανογραφίας, αντικείμενο της οποίας είναι ο εντοπισμός και η έρευνα καταβυθισμένων αρχαίων οικισμών, ναυαγίων και θαλάσσιων δρόμων, η ανάπλαση του παράκτιου παλαιοπεριβάλλοντος και η συσχέτισή του με τα υποθαλάσσια αρχαιολογικά ευρήματα (Coleman και Ballard 2004). Η αναπαράσταση της παλαιογεωγραφικής εξέλιξης παράκτιων περιοχών σε συνδυασμό με τον εντοπισμό, την αποτύπωση και την έρευνα καταβυθισμένων αρχαιολογικών καταλοίπων άπτεται επίσης των ενδιαφερόντων του κλάδου της Θαλάσσιας Γεωαρχαιολογίας. Ο κλάδος αυτός μελετά κυρίως τον τρόπο με τον οποίο οι σχετικές μεταβολές της στάθμης της θάλασσας επηρέασαν παράκτιους αρχαίους οικισμούς και άλλες θέσεις αρχαιολογικού ενδιαφέροντος και αναπλάθει το παράκτιο παλαιοπεριβάλλον, συνυπολογίζοντας όλες τις παραμέτρους που επέδρασαν στη μεταβολή του.

Η εφαρμογή των μεθόδων θαλάσσιας γεωφυσικής διασκόπησης αίρει πολλούς από τους περιορισμούς της παραδοσιακής Ενάλιας

αρχαιολογίας, επιτρέποντας την έρευνα και χαρτογράφηση μεγάλων περιοχών του πυθμένα σε σύντομο χρονικό διάστημα και άρα μειώνοντας σημαντικά τη διάρκεια και το κόστος των ερευνών. Αναλυτικότερα, τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής των θαλάσσιων γεωφυσικών μεθόδων στην Ενάλια αρχαιολογία είναι τα εξής:

1. Μεγάλη μείωση του απαιτούμενου χρόνου υποθαλάσσιας έρευνας σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους της Ενάλιας αρχαιολογίας, που συνεπάγεται μειωμένη έκθεση των δυτών σε κίνδυνο, αλλά και μείωση του κόστους εργασιών.
2. Δυνατότητα εφαρμογής σε περιβαλλοντικές συνθήκες που καθιστούν επικίνδυνη την αυτόνομη κατάδυση (μολυσμένα ή θολά νερά, δυνατά ρεύματα κ.λπ.) (Papatheodorou κ.ά. 2011).
3. Οπτική του πυθμένα σε μακροσκοπική κλίμακα, που συχνά διευκολύνει την αποσαφήνιση δομών ή κατασκευών, τις οποίες ο δύτης δεν μπορεί να αναγνωρίσει από κοντά (Giordano 1995, 1024-1029. Papatheodorou κ.ά. 2011).<sup>5</sup>
4. Γρήγορη και ακριβής χαρτογράφηση του θαλάσσιου πυθμένα, μια διαδικασία που διαφορετικά είναι από τις πλέον χρονοβόρες της αρχαιολογικής έρευνας, ακόμα και στις χερσαίες ανασκαφές.
5. Ανίχνευση στόχων αρχαιολογικού ενδιαφέροντος σε οποιοδήποτε βάθος, χωρίς τον περιορισμό του ανώτατου ορίου αυτόνομης κατάδυσης.
6. Ικανότητα εντοπισμού αρχαιολογικών στόχων όχι μόνο στην επιφάνεια του πυθμένα, αλλά ακόμα και θαμμένων κάτω από ιζήματα.<sup>6</sup>
7. Ειδικά σε ό,τι αφορά την αρχαιολογία Βαθέων Υδάτων, η χρήση μεθόδων πέραν της συμβατικής αρχαιολογικής έρευνας

5 Ενδεικτική είναι η περίπτωση της χρήσης συσκευών θαλάσσιας τηλεπισκόπησης στον κόλπο του Pozzuoli στην Ιταλία, όπου υπάρχει υποθαλάσσιο αρχαιολογικό πάρκο με ποντισμένες λιμενικές εγκαταστάσεις, επαύλεις και άλλα οικοδομήματα της Ρωμαϊκής εποχής. Παρότι το αρχαιολογικό πάρκο είχε ήδη ερευνηθεί εντατικά, η θαλάσσια γεωφυσική έρευνα αποκάλυψε κτηριακά κατάλοιπα που είχαν διαφύγει των παλαιότερων αρχαιολογικών ερευνών (Giordano 1995, 1024-1029).

6 Βλ. παρακάτω σημ. 13.

είναι ο μόνος τρόπος εντοπισμού και προσέγγισης (Sakellariou 2007, 379. Paratheodorou κ.ά. 2011).

Οι μέθοδοι θαλάσσιας γεωφυσικής διασκόπησης μπορούν να εφαρμοστούν σε τρεις τομείς ενάλιου αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, που αφορούν στον εντοπισμό και τη χαρτογράφηση (α) αρχαίων ναυαγίων,<sup>7</sup> (β) ποντισμένων πόλεων, λιμανιών και άλλων ανθρωπογενών εγκαταστάσεων και (γ) καταβυθισμένων παλαιοακτών, η αναγνώριση των οποίων συμβάλλει στην παλαιογεωγραφική ανάπλαση της παράκτιας γεωμορφολογίας μιας περιοχής.<sup>8</sup>

Τα όργανα θαλάσσιας γεωφυσικής διασκόπησης που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές της ενάλιας αρχαιολογικής έρευνας είναι τα ακόλουθα:

α). *Ηχοβολιστικές συσκευές*

Αυτές διακρίνονται, ανάλογα με τη μορφή της δέσμης των ηχητικών κυμάτων και τον τρόπο στοιχειοθέτησης της καταγραφής, σε ηχοβολιστές πλευρικής σάρωσης, βυθόμετρα και τομογράφους υποδομής πυθμένα.

Ο ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης (Side-scan Sonar)<sup>9</sup> χρησιμοποιείται για τη δισδιάστατη απεικόνιση της μορφολογίας του πυθμένα και του ιστολογικού χαρακτήρα των επιφανειακών ιζημάτων που τον καλύπτουν και αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τον εντοπισμό στόχων πάνω στην επιφάνειά του, όπως είναι τα ναυάγια ή άλλες ανθρωπογενείς κατασκευές (εικ. 1).<sup>10</sup> Η διακριτική ικανότητα<sup>11</sup> του ηχοβολιστή εξαρτάται από τη συχνότητα εκπομπής, αλλά σε γενικές γραμμές τα σύγχρονα συστήματα έχουν διακριτική ικανότητα  $\leq 0.20 \mu$  (Bates κ.ά. 2004. Paratheodorou κ.ά. 2011).

7 Η παρούσα χρήση του όρου «ναυάγιο» αφορά τόσο τον εντοπισμό του κύτους ενός πλοίου, όσο και του φορτίου του ή ανεξάρτητων ευρημάτων, όπως άγκυρες, όπλα, αβαρίες κ.λπ.

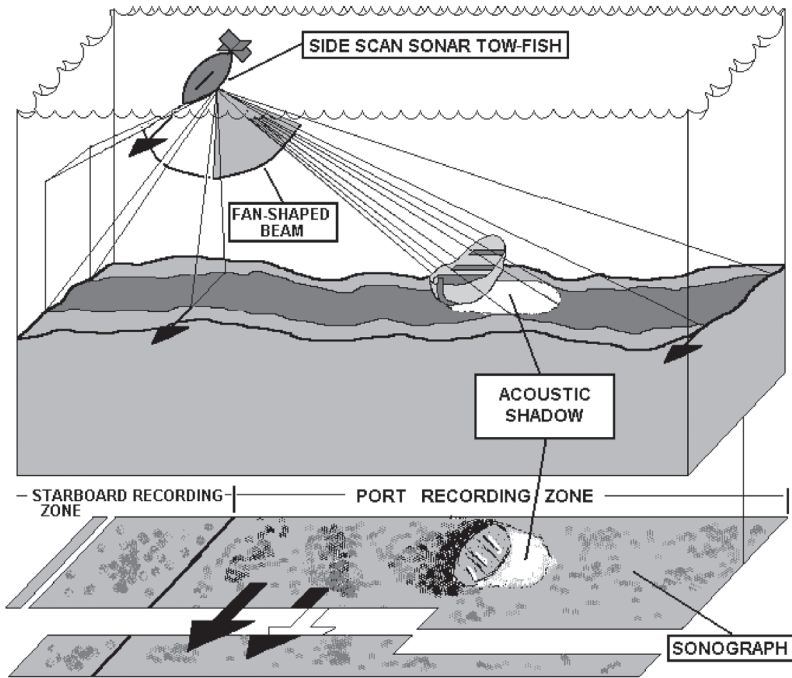
8 Ειδικά σε περιπτώσεις κλειστών κόλπων με αδιατάρακτες συνθήκες απόθεσης και ήπια τεκτονική δραστηριότητα, η ανάπλαση της παλαιογεωγραφικής εξέλιξης μιας περιοχής με την εφαρμογή θαλάσσιων γεωφυσικών μεθόδων μπορεί να αποδειχθεί πολύ ακριβής και λεπτομερής. Βλ. π.χ. Soura κ.ά. 2013.

9 Στο εξής SSS.

10 Ωστόσο, δυσκολίες παρουσιάζει η διάκριση ανθρωπογενών στόχων πάνω σε βραχώδεις βυθούς. Βλ. σχετικά Δελλαπόρτα 1999.

11 Ως διακριτική ικανότητα του οργάνου ορίζεται η ελάχιστη απόσταση που πρέπει να υπάρχει ανάμεσα σε δύο στόχους, ώστε αυτοί να αναγνωριστούν ως διαφορετικοί.





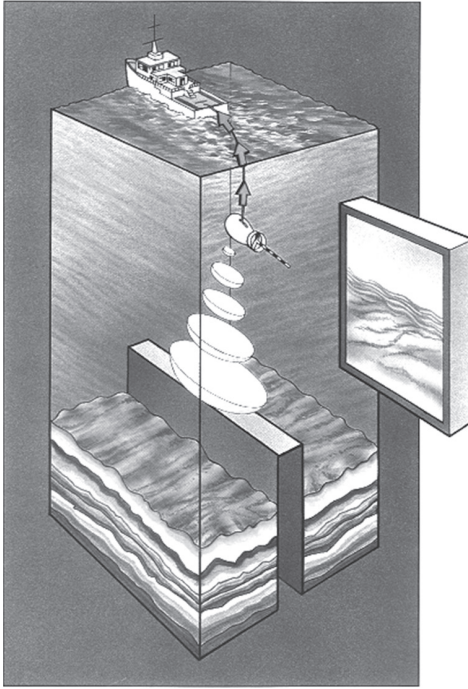
Εικ. 1: Τρισδιάστατη αναπαράσταση του τρόπου εκπομπής και καταγραφής του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης (© Ε.Θ.Α.Γ.Ε.Φ.Ω. Πανεπιστημίου Πατρών).

Με το βυθόμετρο (μονοδεσμικό/πολυδεσμικό) αποτυπώνεται η βυθομετρία και η μορφολογία του πυθμένα σε τρισδιάστατη (3-D) εικόνα, ενώ παράλληλα αναδεικνύονται στην επιφάνεια του πυθμένα στόχοι, η αποτύπωση των οποίων γίνεται με ακρίβεια εκατοστού (Bates κ.ά. 2004).

Ο τομογράφος υποδομής πυθμένα (Subbottom Profiling System)<sup>12</sup> παρέχει ένα ηχητικό προφίλ της υποδομής του πυθμένα κάτω από την περιοχή ρυμούλκησης της συσκευής (εικ. 2). Το κύριο πλεονέκτημά του είναι η δυνατότητα εντοπισμού αρχαιολογικών στόχων, όπως τα σκαριά ή φορτία αρχαίων πλοίων, θαμμένων κάτω από χαλαρά ιζήματα, αλλά και γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών με αρχαιολογικό ενδιαφέ-

<sup>12</sup> Στο εξής SBP.





Εικ. 2 : Τρισδιάστατη αναπαράσταση του τρόπου εκπομπής και καταγραφής του τομογράφου υποδομής πυθμένα (© Ε.Θ.Α.Γ.Ε.Φ.Ω. Πανεπιστημίου Πατρών).

ρον, όπως οι παλαιοακτές (Paratheodorou κ.ά. 2011). Γενικά, η μέγιστη διακριτική ικανότητα του τομογράφου κατά την κατακόρυφη κλίμακα είναι μικρότερη των 50 εκ και η μέγιστη διείσδυση σε χαλαρά ιζήματα είναι περίπου 30-40 μ.

Οι Sakellariou κ.ά. (2007, 379-380) προτείνουν ως καλύτερη μεθοδολογική προσέγγιση, τη συνδυασμένη χρήση του τομογράφου υποδομής πυθμένα και του ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης. Ενώ οι Paratheodorou κ.ά. (2011) συστήνουν η επιλογή της πορείας έρευνας του τομογράφου να βασίζεται στα δεδομένα της χαρτογράφησης με τον ηχοβολιστή.

### β). Θαλάσσια μαγνητόμετρα

Πρόκειται για συρόμενα όργανα που μετρούν αποκλίσεις του μαγνητικού πεδίου της Γης, λόγω της παρουσίας υλικών με φερομαγνητικές ιδιότητες. Η χρήση τους έχει καθιερωθεί για τον εντοπισμό σιδηρούχου υλικού στον πυθμένα, το οποίο συνοδεύει συνήθως τους ανθρωπογενείς στόχους.<sup>13</sup> Αν και η εφαρμογή του οργάνου

13 Η εφαρμογή θαλάσσιου μαγνητόμετρου στο γνωστό ναύαγιο του 4<sup>ου</sup> αι. π.Χ. στην Κυρήνεια της Κύπρου αποκάλυψε την ύπαρξη φορτίου θαμμένου κάτω από ιζήματα, που είχε διαφύγει της αρχαιολογικής έρευνας (Green κ.ά. 1967. Katzen 1972). Με την εφαρμογή της ίδιας μεθόδου σε ναύαγιο του 4<sup>ου</sup> αι. π.Χ. που ερευνάται από το 2009 στο Μαζωτό Κύπρου, αποκαλύφθηκε ότι το φορτίο του πλοίου εκτείνεται θαμμένο από ιζήματα και εκτός της αρχικής περιοχής

αυτού στην Ενάλια αρχαιολογία είναι πολλά υποσχόμενη, δεν έχει λάβει ακόμα μεγάλες διαστάσεις, καθώς παρουσιάζει δυσκολία στη χρήση και κυρίως στην ακόλουθη επεξεργασία των δεδομένων.

Τα αποτελέσματα της θαλάσσιας γεωφυσικής διασκόπησης επιβεβαιώνονται και συμπληρώνονται με την οπτική επιθεώρηση των στόχων από δύτες ή/και από υποβρύχια οχήματα. Τα υποβρύχια οχήματα διακρίνονται σε επανδρωμένα DSV (Deep Submersible Vehicles) ή κατευθυνόμενα βαθυσκάφη ROV (Remotely Operated Vehicles) και σε αυτόνομα υποβρύχια οχήματα AUV (Autonomous Underwater Vehicles). Τα ROV ελαφρού τύπου έχουν αντικαταστήσει σε πολλές περιπτώσεις τις καταδύσεις και έχουν αναδειχθεί σε ένα από τα κύρια εργαλεία της Υποβρύχιας αρχαιολογίας (Paratheodorou κ.ά. 2011). Αντίθετα, η αρχαιολογία Βαθέων Υδάτων είναι ένα νέο πεδίο για επιστημονική εφαρμογή των AUV (Delaporta κ.ά. 2002. Foley κ.ά. 2009. Bingham κ.ά. 2010).

#### **Χρονικό της εφαρμογής των θαλάσσιων γεωφυσικών μεθόδων για τους σκοπούς της ενάλιας αρχαιολογικής έρευνας στον ελλαδικό χώρο<sup>14</sup>**

Η ιστορία της εφαρμογής των γεωφυσικών μεθόδων στην υποβρύχια αρχαιολογική έρευνα στην Ελλάδα ξεκίνησε το 1951, όταν η Γαλλική Αρχαιολογική Σχολή Αθηνών σε συνεργασία με το Υδροβιολογικό Ινστιτούτο της Ακαδημίας Αθηνών πραγματοποίησε έρευνες με ηχοβολιστικό σύστημα για τον εντοπισμό της αρχαίας Ελίκης

---

αρχαιολογικής έρευνας (Demesticha 2010. Demesticha και Vlachaki, υπό έκδοση. Geraga κ.ά., υπό συγγραφή).

- 14 Στόχος του παρόντος χρονικού δεν είναι σε καμία περίπτωση η εξαντλητική καταγραφή όλων των περιπτώσεων γεωφυσικής διασκόπησης που εφαρμόστηκαν σε στόχους αρχαιολογικού ενδιαφέροντος στην Ελλάδα, αλλά, μέσα από το παράδειγμα των σημαντικότερων περιπτώσεων, να καταδείξει πώς η σταδιακή εισαγωγή αυτών των μεθόδων έχει βοηθήσει σημαντικά την αρχαιολογική έρευνα στα ελληνικά χωρικά ύδατα. Επιπλέον, στο χρονικό δεν περιλαμβάνονται έρευνες που αφορούν τον εντοπισμό ναυαγίων νεώτερων του 1830, αν και νεώτερα ναυάγια –π.χ. του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου– προστατεύονται από το 2003 με Υπουργική Απόφαση κατά τον ίδιο τρόπο με τα αρχαία (Θεοδούλου 2011, 52 σημ. 182).

στην Αιγιαλεία, η οποία, σύμφωνα με τις πηγές, ποντίστηκε κατά το σεισμό του 373 π.Χ. (Demangel 1951. Dontas 1952). Τις βάσεις, ωστόσο, για την εισαγωγή των νέων τεχνολογιών στην Ενάλια αρχαιολογία της Ελλάδας έθεσε η πρωτοποριακή θαλάσσια γεωφυσική έρευνα του Η. Edgerton, υπό τη διεύθυνση του Σπ. Μαρινάτου, κατά τη δεκαετία του 1960 και το 1972, στην ίδια περιοχή (Edgerton 1966, 1981. Μαρινάτος 1968. Edgerton και Throckmorton 1970). Ο Αμερικανός επιστήμονας, πεπεισμένος πως η Ελίκη βυθίστηκε στον Κορινθιακό κόλπο, εργάστηκε για την τελειοποίηση της ηχοβολιστικής συσκευής προκειμένου να εξυπηρετήσει τις ανάγκες των ερευνών του για τον εντοπισμό της αρχαίας πόλης της Αιγιαλείας, χωρίς ωστόσο επιτυχές αποτέλεσμα.

Τη δεκαετία του 1970 ο Η. Edgerton συνεργάστηκε στα ελληνικά ύδατα με τον Ρ. Throckmorton, Αμερικανό δημοσιογράφο και πρωτοπόρο της Ενάλιας αρχαιολογίας. Με ηχοβολιστικές συσκευές ερεύνησαν τον Βόρειο Πατραϊκό κόλπο και τον κόλπο του Ναυαρίνου στην Πύλο, με σκοπό τον εντοπισμό ναυαγίων των περιφημων ναυμαχιών που έλαβαν χώρα στις θέσεις αυτές: της ναυμαχίας του Λεπάντο και του Ναυαρίνου αντίστοιχα (Throckmorton κ.ά. 1973). Το αποτέλεσμα, ωστόσο, δεν ήταν ούτε αυτή τη φορά επιτυχές.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980 οι Τ. Η. Van Andel και Ν. Lianos επιχείρησαν να συσχετίσουν τη σημαντική παράκτια θέση του σπηλαίου Φράγχθι της Αργολίδας, που κατοικήθηκε από την Παλαιολιθική περίοδο (Jacobsen 1981. Jacobsen και Farrand 1987. Van Andel και Sutton 1987. Wilkinson και Duhon 1990. Hansen 1992. Farrand 2000), με την αλλαγή του παλαιοπεριβάλλοντος στην περιοχή. Χρησιμοποιώντας και γεωφυσικές μεθόδους, απέδωσαν στο πλαίσιο αυτό τη γενική εξέλιξη της ακτογραμμής στον Αργολικό κόλπο για τα τελευταία 20000 χρόνια (Van Andel και Lianos 1984).

Ο εντοπισμός της αρχαίας Ελίκης αποτέλεσε το αντικείμενο και νέας θαλάσσιας γεωφυσικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε το 1988 (Soter και Katsonopoulou 1998). Η απουσία ευρημάτων επιφανειακά και υπο-επιφανειακά στον πυθμένα της περιοχής για μια ακόμα φορά δεν μπορεί να θεωρηθεί αποτυχία, αφού επιβεβαίωσε στους επιστή-

μονες ότι η έρευνα για τον εντοπισμό της αρχαίας πόλης έπρεπε πλέον να στραφεί οριστικά στην ξηρά.

Το 1992 το Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας<sup>15</sup> του Πανεπιστημίου Πατρών, σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Εναλίων Αρχαιολογικών Ερευνών,<sup>16</sup> πραγματοποίησε θαλάσσιες γεωφυσικές έρευνες στη νήσο Δοκό του Αργολικού κόλπου, όπου είχε εντοπιστεί ναυάγιο της Πρωτοελλαδικής ΙΙ περιόδου και σύγχρονος χερσαίος οικισμός (Παπαθανασόπουλος 1976. Τσούχλος 1989, 1990. Παπαθανασόπουλος κ.ά. 1991, 1992. Vichos και Parathanasopoulos 1991. Vichos κ.ά. 1991. Kapitän 1999).<sup>17</sup> Βάσει των δεδομένων που συλλέχθηκαν, εκτιμήθηκε η πιθανή εξέλιξη της ακτογραμμής και επιτεύχθηκε η παλαιογεωγραφική ανάπλαση της νήσου Δοκού για τα τελευταία 15000 χρόνια περίπου (Papatheodorou κ.ά. 2008, 2011. Παπαθεοδώρου κ.ά. υπό έκδοση) (εικ. 3).

Την επόμενη χρονιά μια ακόμα ονομαστή ναυμαχία αποτέλεσε το έναυσμα για τη διεξαγωγή θαλάσσιων γεωφυσικών ερευνών από την Αμερικανική Σχολή Κλασικών Σπουδών, τα Πανεπιστήμια της Φλώριδας και του Μαϊάμι, και την Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων, με σκοπό αυτή τη φορά να εντοπιστούν ναυάγια της ναυμαχίας του Ακτίου (31 μ.Χ.). Αν και οι έρευνες συνεχίστηκαν συστηματικά το 1994 και το 1997, δεν ανιχνεύθηκαν σαφή ίχνη ναυαγίων στην υπό έρευνα περιοχή (Murray 1993, 1994, 1997a, 1997b).

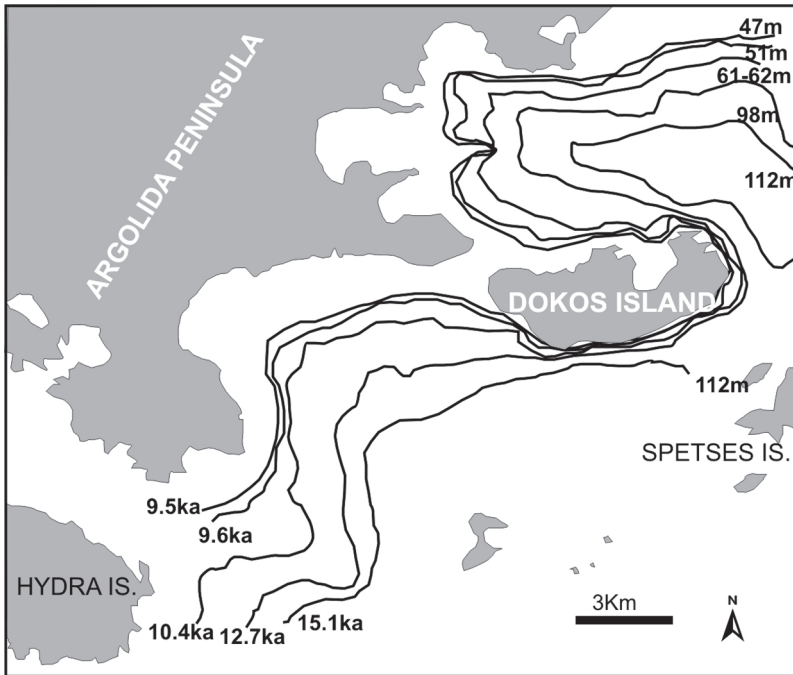
Στη θαλάσσια περιοχή της Αιγιαλείας πραγματοποίησε γεωφυσικές έρευνες και το Ε.Θ.Α.Γ.Ε.Φ.Ω. του Πανεπιστημίου Πατρών κατά τη διάρκεια των ετών 1995-1996. Αυτή τη φορά, ωστόσο, η συγκεκριμένη ερευνητική ομάδα δεν προσπάθησε να εντοπίσει την αρχαία Ελίκη, αλλά να ερμηνεύσει το γεωλογικό φαινόμενο που πιθανώς προκάλεσε τον καταποντισμό της πόλης το 373 π.Χ., μέσα από την ανάλυση γεωφυσικών παρατηρήσεων για το σεισμό που έπληξε την περιοχή το 1995 (Papatheodorou και Ferentinos 1997).<sup>18</sup>

15 Στο εξής Ε.Θ.Α.Γ.Ε.Φ.Ω.

16 Στο εξής Ι.Ε.Ν.Α.Ε.

17 Βλ. επίσης: Ι.Ε.Ν.Α.Ε. Δοκός. Το αρχαιότερο ναυάγιο στον κόσμο, 2200 π.Χ., <<http://www.ienae.gr/index.php/ereunes/item/26>> (28/8/2014).

18 Σχετ. επίσης: Ferentinos, G., G. Papatheodorou, M. Geraga, D. Christodoulou, E. Fakiris και M. Iatrou (έχει υποβληθεί το 2014), The disappearance of Helike – Classical Greece. New Remote Sensing and Geological Evidence, *Remote Sensing*.



Εικ. 3 : Χάρτης που παρουσιάζει την παλαιογεωγραφική εξέλιξη του Αργολικού κόλπου στην περιοχή της νήσου Δοκού, με τις παλαιοακτογραμμές που σχηματίστηκαν στο διάστημα περίπου 15100 ως 9500 χρόνια πριν (© Ε.ΘΑ. ΓΕ.Φ.Ω. Πανεπιστημίου Πατρών).

Στη διάρκεια συστηματικής έρευνας, που πραγματοποίησε το ίδιο εργαστήριο από το 1995 έως το 1997 στον κόλπο του Ναυαρίνου στην Πύλο, κατόρθωσε με τη χρήση ηχοβολιστικών συσκευών να εντοπίσει και να αποτυπώσει τα συντρίμια του τουρκο-αιγυπτιακού στόλου, που βυθίστηκε κατά την ομώνυμη ναυμαχία του Ναυαρίνου (Παπαθεοδώρου κ.ά. 1999. Paratheodorou κ.ά. 2001a, 2005).

Από το 1999 έως το 2003 πραγματοποιήθηκαν, στο πλαίσιο συνεργασίας της Εφορείας Εναλίων Αρχαιοτήτων με το Νορβηγικό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο Αθηνών και το Πανεπιστήμιο Trondheim, προκαταρκτικές γεωφυσικές έρευνες σε θέσεις αρχαιολογικού ενδιαφέροντος στις Βόρειες Σποράδες και το Ιόνιο πέλαγος (Delaporta κ.ά.

2006). Στην πρώτη περιοχή ο επανεντοπισμός πέντε ήδη γνωστών ναυαγίων με ηχοβολιστικές συσκευές απέδειξε στην πράξη τα ακριβή αποτελέσματα των συστημάτων θαλάσσιας τηλεπισκόπησης (Δελαπόρτα 1999), ενώ στη δεύτερη περιοχή εντοπίστηκαν τρία άγνωστα αρχαία ναυάγια (Δελαπόρτα 2000. Delaporta κ.ά. 2006).

Το 2000 εγκαινιάστηκε η συνεργασία του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών<sup>19</sup> με την Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων<sup>20</sup> (Δελαπόρτα και Σακελλαρίου 2000). Πρόκειται για μια πολύ σημαντική στιγμή στην ιστορία της Εφορείας Εναλίων Αρχαιοτήτων, διότι για πρώτη φορά τέθηκαν στην υπηρεσία της ηχοβολιστικές συσκευές, DSV και ROV. Σκοπός του προγράμματος, που διήρκεσε πέντε χρόνια, ήταν ο εντοπισμός και η χαρτογράφηση άγνωστων αρχαίων ναυαγίων στα βαθιά ύδατα του Αιγαίου Πελάγους με τη χρήση γεωφυσικών μεθόδων (Δελλαπόρτα και Σακελλαρίου 2000. Δελλαπόρτα κ.ά. 2003. Sakellariou κ.ά. 2007). Τα αποτελέσματα των ερευνών υπήρξαν άκρως ικανοποιητικά, αφού ο χάρτης της Υποβρύχιας αρχαιολογίας του Αιγαίου εμπλουτίστηκε με πολλά άγνωστα μέχρι τότε ναυάγια και θέσεις αρχαιολογικού ενδιαφέροντος σε βάθη πέραν του ανώτατου ορίου αυτόνομης κατάδυσης. Από τα σημαντικότερα ευρήματα της παραπάνω συνεργασίας υπήρξε ο εντοπισμός ναυαγίου της ύστερης Κλασικής περιόδου στο θαλάσσιο διάλυο μεταξύ Χίου και Οινουσσών (Sakellariou κ.ά. 2007. Foley κ.ά. 2009. Bingham κ.ά. 2010) και φορτίου αμφορέων παρόμοιου τύπου και χρονολόγησης στην Κύθνο (Sakellariou κ.ά. 2007). Και στις δύο περιπτώσεις τα ναυάγια βρίσκονταν πέρα από το όριο αυτόνομης κατάδυσης, σε βάθη 70 μ και 495 μ αντίστοιχα (Sakellariou κ.ά. 2007). Πολύ σημαντική υπήρξε η συμμετοχή στην έρευνα στο στενό Χίου – Οινουσσών του Αμερικανικού Ωκεανογραφικού Ινστιτούτου *Woods Hole*, το οποίο εφάρμοσε για πρώτη φορά στην Ελλάδα την πρωτοποριακή χρήση AUV για την αποτύπωση του ναυαγίου,<sup>21</sup> ενώ

19 Στο εξής ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

20 Στο εξής Ε.Ε.Α.

21 Αποτέλεσε επίσης τη δεύτερη αντίστοιχη χρήση AUV παγκοσμίως, μετά από το ναυάγιο στο Skerki κοντά στη Σικελία (McCann 2001, 257-264. Foley και Mindell 2002, 49-56).

παράλληλα κατέστη δυνατή η δειγματοληπτική ανέλκυση αγγείων από το φορτίο του (Foley κ.ά. 2009). Το 2001 στη συνεργασία του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. και της Ε.Ε.Α. συμμετείχε και το Τεχνολογικό Ινστιτούτο Μασαχουσέτης (MIT), εισάγοντας τη χρήση ΑUV σε θέση αρχαιολογικού ενδιαφέροντος στη Νίσυρο (Delaporta κ.ά. 2002).

Με την Ε.Ε.Α. και το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. συνεργάστηκε κατά τα έτη 2003-2006 και το Καναδικό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο. Αντικείμενο των ερευνών αποτέλεσε ο εντοπισμός ναυαγίων του περσικού στόλου. Συγκεκριμένα, από το 2003 έως το 2004 πραγματοποιήθηκαν γεωφυσικές έρευνες στη θαλάσσια περιοχή της χερσονήσου του Άθω Χαλκιδικής με τη χρήση SSS, DSV και ROV και με στόχο τον εντοπισμό καταλοίπων των πλοίων του περσικού στόλου που βυθίστηκαν το 492 π.Χ., κατά την πρώτη προσπάθεια εισβολής του Δαρείου στην Ελλάδα. Η έρευνα κατέληξε στον εντοπισμό δύο ομάδων αμφορέων, πιθανώς προερχόμενων από το φορτίο ναυαγίων: ομάδας αμφορέων τύπου Μένδης Κλασικής περιόδου και ομάδας αμφορέων Βυζαντινής εποχής (INA 2006. Canadian Institute in Greece 2010). Από το 2005 έως το 2006 πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση SSS, SBP, DSV και ROV γεωφυσικές έρευνες στη θαλάσσια περιοχή Κοίλα ανατολικά της Εύβοιας, με σκοπό και πάλι τον εντοπισμό καταβυθισμένων πλοίων του περσικού στόλου· καθώς και στα στενά του Αρτεμισίου, με σκοπό τον εντοπισμό ναυαγίων από τη ναυμαχία του 480 π.Χ., στην οποία ηττήθηκε ο στόλος του Ξέρξη. Αν και ο στόχος της έρευνας δεν επιτεύχθηκε, στην πρώτη περιοχή εντοπίστηκε φορτίο μαρμάρινων μνημειακών αρχιτεκτονικών μελών, καθώς και μια ομάδα από σιδερένιες άγκυρες κοντά στο Cavo D'Oro· ενώ στη δεύτερη περιοχή εντοπίστηκε ομάδα αμφορέων που προφανώς προήλθε από ναυάγιο (INA 2006. Canadian Institute in Greece 2010. Wachsmann κ.ά., υπό έκδοση(α), υπό έκδοση(β)).

Το 2001 στο πλαίσιο εκπόνησης μιας μελέτης για την υποβρύχια καλωδιακή σύνδεση ανοιχτά της Ζακύνθου με τη χρήση γεωφυσικών μεθόδων από το Ε.Θ.Α.Γ.Ε.Φ.Ω. του Πανεπιστημίου Πατρών, εντοπίστηκε τυχαία και επαναπροσδιορίστηκε η ακριβής θέση γνωστού ναυαγίου Βυζαντινής εποχής (Δελαπόρτα 1997, 2000, 2002. Delaporta και Bound 1999. Delaporta 2000. Papatheodorou κ.ά. 2001b).



Την επόμενη χρονιά εγκαινιάστηκε από το Δανικό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο το πρόγραμμα “*Zea Harbour Project*”, που ερευνά τις αρχαίες λιμενικές εγκαταστάσεις στα δύο λιμάνια του Πειραιά, τη Ζέα και τη Μουνυχία (Loven 2004, 2011, υπό έκδοση(α), υπό έκδοση(β). Loven και Schaldemose 2011). Από το 2011 στις έρευνες συμμετέχει συστηματικά το Ε.Θ.Α.ΓΕ.ΦΩ του Πανεπιστημίου Πατρών. Μέσω των μεθόδων θαλάσσιας τηλεπισκόπησης επιτεύχθηκε μέχρι τώρα η ακριβής χαρτογράφηση των ποντισμένων καταλοίπων των λιμενικών εγκαταστάσεων, καθώς επίσης ο εντοπισμός της αρχαίας ακτογραμμής και η ανασύνθεση της παλαιογεωγραφίας της περιοχής (*Zea Harbour Project* 2012. Paratheodorou κ.ά., υπό έκδοση). Η γεωφυσική έρευνα βρίσκεται σε εξέλιξη και τα αποτελέσματά της επηρεάζουν την επιλογή των επόμενων κινήσεων της αρχαιολογικής έρευνας.

Σε εξέλιξη βρίσκεται, επίσης, θαλάσσια γεωφυσική έρευνα του Ε.Θ.Α.ΓΕ.Φ.Ω. του Πανεπιστημίου Πατρών, στο πλαίσιο του προγράμματος “*Kyllene Harbour Project*”, που διεξάγεται από το 2007 από το Φινλανδικό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο Αθηνών και την Ε.Ε.Α., σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου. Αντικείμενο της θαλάσσιας γεωφυσικής διασκόπησης, που διεξάγεται με τη χρήση βυθομέτρου, μαγνητόμετρου, SSS και SBP, είναι η ανάπλαση της παράκτιας ζώνης του αρχαίου και μεσαιωνικού λιμανιού της Γλαρέντζας στην Κυλλήνη και η ακριβής χαρτογράφηση των ποντισμένων αρχαίων καταλοίπων (Pakkanen κ.ά. 2010).

Από το 2009 βρίσκεται σε εξέλιξη υποθαλάσσια έρευνα καταβυθισμένου οικισμού της Εποχής του Χαλκού στο Παυλοπέτρι Λακωνίας από το Πανεπιστήμιο του Nottingham υπό την αιγίδα της Βρετανικής Αρχαιολογικής Σχολής Αθηνών, σε συνεργασία με την Ε.Ε.Α. και το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Με τη χρήση ΑUV και ηχοβολιστικών συσκευών επιτυγχάνεται η λεπτομερής αποτύπωση των ποντισμένων αρχαίων καταλοίπων και η παλαιογεωγραφική ανάπλαση της παράκτιας ζώνης (University of Nottingham 2009-2013. Henderson κ.ά. 2013).<sup>22</sup>

Κατά τη διετία 2009-2010 το Ε.Θ.Α.ΓΕ.Φ.Ω. του Πανεπιστημίου Πατρών πραγματοποίησε συστηματική θαλάσσια γεωφυσική  
22 Δελτίο Τύπου: <[http://www.yppo.gr/2/g22.jsp?obj\\_id=33514](http://www.yppo.gr/2/g22.jsp?obj_id=33514)> (3/8/2014).

έρευνα με τη χρήση ηχοβολιστικών συσκευών στην ευρύτερη περιοχή της βραχονησίδας Μόδι, νοτιοανατολικά του Πόρου, όπου το Ι.ΕΝ.Α.Ε. ερευνά από το 2003 ναυάγιο της Ύστερης Εποχής του Χαλκού (Αγουρίδης 2002, 2004, 2007, υπό έκδοση(α), υπό έκδοση(β), υπό έκδοση(γ). Agourides, υπό έκδοση).<sup>23</sup> Κατά την έρευνα εντοπίστηκαν στην επιφάνεια του πυθμένα στόχοι πιθανού αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, ενώ με την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν δημιουργήθηκε ένας λεπτομερής βαθυμετρικός χάρτης της περιοχής του ναυαγίου και επιτεύχθηκε η παλαιογεωγραφική ανάπλαση της ευρύτερης περιοχής για τα τελευταία 18000 χρόνια (Geraga κ.ά. 2013. Γεραγά κ.ά., υπό έκδοση).

Η ίδια επιστημονική ομάδα συμμετείχε το 2010 και το 2011 στο πρόγραμμα της Έρευνας Επιφανείας που πραγματοποιείται στην περιοχή της Νεάπολης Λακωνίας από το Πανεπιστήμιο Αθηνών σε συνεργασία με την Ε' Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων. Συστηματικές θαλάσσιες γεωφυσικές έρευνες διεξήχθησαν στον κόλπο της Νεάπολης και στην Ελαφόνησο, οι οποίες οδήγησαν σε μια λεπτομερή ανάπλαση της παράκτιας παλαιογεωγραφίας της περιοχής για τα τελευταία 18000 χρόνια (Μαντζουράνη κ.ά., υπό έκδοση).

Η καλή συνεργασία που αναπτύχθηκε μεταξύ της Ε.Ε.Α. και του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. από το 2000 έδωσε το 2012 τη δυνατότητα να αξιοποιηθούν ακόμα και έρευνες μη αρχαιολογικού χαρακτήρα για τους σκοπούς της Ε.Ε.Α. Στο πλαίσιο διερεύνησης του πυθμένα του Ιονίου πελάγους κατά μήκος της πορείας που θα ακολουθήσει ο υποθαλάσσιος αγωγός *Poseidon* από την Ελλάδα στην Ιταλία εντοπίστηκαν στόχοι αρχαιολογικού ενδιαφέροντος σε πολύ μεγάλα βάθη. Συγκεκριμένα, με τη χρήση βυθομέτρου, SSS, SBP και ROV εντοπίστηκαν δύο ρωμαϊκά πλοία του 3<sup>ου</sup> αι. μ.Χ. σε βάθος 1.180 μ και 1.375 μ αντίστοιχα και ναυάγιο του 17<sup>ου</sup>-18<sup>ου</sup> αι. σε βάθος 1.260 μ (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. 2012).

Τέλος, η συνεργασία της Ε.Ε.Α. με το Woods Hole Oceanographic Institution συνεχίζεται αδιάκοπα από το 2010 με εντυπωσιακά

23 Βλ. επίσης: Ι.ΕΝ.Α.Ε. Αναζητώντας τους θαλάσσιους δρόμους στον Αργοσαρωνικό κόλπο, <<http://www.ienae.gr/index.php/ereunes/item/21>> (28/8/2014).

αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, το φθινόπωρο του 2010 ΑΥΒ εφοδιασμένο με SSS και βιντεοκάμερα υψηλής ανάλυσης κατέγραψε οπτικά και αποτύπωσε ηχοβολιστικά σε σύντομο χρονικό διάστημα περιοχή έκτασης 8 χλμ<sup>2</sup> σε βάθη 40-85 μ στο θαλάσσιο δίαυλο μεταξύ Αλοννήσου και Κυρά Παναγιάς στις Βόρειες Σποράδες, όπου επανενοπίστηκαν τρία ήδη γνωστά αρχαία ναυάγια, αλλά βρέθηκε και άγνωστο ναυάγιο Μεσοβυζαντινής περιόδου.<sup>24</sup> Το 2011 οι έρευνες μεταφέρθηκαν στον κόλπο του Ηρακλείου και την περιοχή νότια και ανατολικά της νησίδας Δία, όπου είχαν εντοπιστεί αρχαία ναυάγια από τον πλοίαρχο Cousteau κατά τις έρευνές του στην Ελλάδα. Η επιτυχής έρευνα οδήγησε στον εντοπισμό και την αποτύπωση τεσσάρων ναυαγίων Ρωμαϊκών και Βυζαντινών χρόνων.<sup>25</sup> Τα επόμενα δύο χρόνια οι έρευνες μεταφέρθηκαν ΒΔ της Κρήτης. Συγκεκριμένα, με συνδυασμένη πολυδεσμική και πλευρική σάρωση του πυθμένα αποτυπώθηκαν περίπου 65 χλμ από τις ακτές των χερσονήσων Γραμβούσας και Ροδωπού μέχρι την ισοβαθή των 120 μ, καθώς και ολόκληρη η περίμετρος των Αντικυθήρων, συνολικού μήκους 30 χλμ. Στην περιοχή των δύο χερσονήσων της Κρήτης εντοπίστηκαν έξι ναυάγια Ρωμαϊκών και Βυζαντινών χρόνων, καθώς και πέντε θέσεις αγκυροβολίας με χρήση από την Κλασική περίοδο μέχρι σήμερα. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην περιοχή του γνωστού ναυαγίου των Αντικυθήρων, όπου τα αποτελέσματα των μέχρι ώρας ερευνών οδηγούν στην υπόθεση πιθανής ύπαρξης και δεύτερου ναυαγίου σε μικρή απόσταση. Επιπλέον, σύμφωνα με τις πρώτες εκτιμήσεις, τα κατάλοιπα του φορτίου του γνωστού ναυαγίου δείχνουν να καταλαμβάνουν περιοχή πολύ μεγαλύτερη από αυτήν που ερευνήθηκε το 1900 από σφουγγαράδες και το 1976 από την ομάδα του J.-Y. Cousteau και Έλληνες αρχαιολόγους.<sup>26</sup> Τα δεδομένα αυτά αποτελούν αφορμή για την έναρξη ενός νέου κύκλου ερευνών της Ε.Ε.Α. στο σημαντικό αυτό ναυάγιο που απέδωσε τον περίφημο Μηχανισμό των Αντικυθήρων, όσο και πλήθος άλλων ευρημάτων, με την ελπίδα να έχουν διασωθεί περισσότερα στοιχεία.

24 Δελτίο Τύπου: <[http://www.yppo.gr/5/g5111.jsp?obj\\_id=55535](http://www.yppo.gr/5/g5111.jsp?obj_id=55535)> (30/7/2014).

25 Δελτίο Τύπου: <[http://www.yppo.gr/5/g5111.jsp?obj\\_id=55533](http://www.yppo.gr/5/g5111.jsp?obj_id=55533)> (30/7/2014).

26 Δελτίο Τύπου: <[http://www.yppo.gr/5/g5111.jsp?obj\\_id=55532](http://www.yppo.gr/5/g5111.jsp?obj_id=55532)> (30/7/2014).

## Συμπεράσματα

Στο θαλάσσιο πυθμένα αναπαύονται πλήθος αρχαιολογικών συνόλων, τα οποία χρήζουν εντοπισμού, τεκμηρίωσης, αλλά και προστασίας, αφού η ανεξέλεγκτη δράση αυτόνομων δυτών και αλιέων εγκυμονεί κινδύνους για τη διατήρησή τους. Για την επίτευξη του καλύτερου δυνατού αποτελέσματος στο δύσκολο πεδίο έρευνας της Ενάλιας αρχαιολογίας, η διεπιστημονική συνεργασία αποτελεί πλέον αδήριτη ανάγκη.

Η εφαρμογή των μεθόδων θαλάσσιας γεωφυσικής διασκόπησης αποδεικνύεται πολύ αποτελεσματική στον εντοπισμό και τη χαρτογράφηση υποβρύχιων αρχαιολογικών στόχων, ακόμα και όταν έχουν ταφεί από ιζήματα, ενώ ανάλογα με την επιλογή των χαρακτηριστικών του κάθε οργάνου μπορούν να αποτυπωθούν ακόμα και στόχοι πολύ μικρών διαστάσεων, της τάξεως των λίγων εκατοστών. Επιπλέον, η δυνατότητα εφαρμογής της θαλάσσιας τηλεπισκόπησης σε μεγάλη κλίμακα την καθιστά πολύτιμο εργαλείο για την παλαιογεωγραφική ανάπλαση ολόκληρων περιοχών.

Η συμβολή των θαλάσσιων γεωφυσικών μεθόδων αποδεικνύεται καθοριστική, ακόμα και στην αρχαιολογική έρευνα σε ρηχά ύδατα, καθώς ενίοτε διάφοροι παράγοντες καθιστούν στόχους αρχαιολογικού ενδιαφέροντος δυσδιάκριτους στο ανθρώπινο μάτι. Ειδικά όμως σε ό,τι αφορά την αρχαιολογία Βαθέων Υδάτων, η οποία μπορεί να εμπλουτίσει τις γνώσεις μας για την αρχαιότητα με πλήθος πληροφοριών αδιατάρακτων από τη σύγχρονη ανθρώπινη δραστηριότητα, η προσέγγιση, αποτύπωση, ερμηνεία και διαχείριση των ενάλιων πολιτιστικών αγαθών είναι αδύνατη χωρίς τη βοήθεια της υποβρύχιας τεχνολογίας.

Σε κάθε περίπτωση, η συνδυασμένη χρήση διαφορετικών μεθόδων θαλάσσιας γεωφυσικής διασκόπησης με συνακόλουθη οπτική επαλήθευση επιφέρει τα καλύτερα αποτελέσματα.

*Κωνσταντίνα Σούρα*  
Αρχαιολόγος – MSc Γεωαρχαιολόγος  
ΥΠ.ΠΟ.Α. – ΣΤ' ΕΠΚΑ  
*ksoura@yahoo.gr*



### Addendum (2014)

Αφού είχε ολοκληρωθεί η συγγραφή αυτού του άρθρου (άνοιξη 2013) ενημερωθήκαμε ότι βρίσκονταν σε εξέλιξη στις ελληνικές θάλασσες δύο σημαντικά ερευνητικά προγράμματα με τη χρήση της τελευταίας λέξης της τεχνολογίας. Το πρώτο απ' αυτά, που έλαβε χώρα τον Αύγουστο 2014 με την ονομασία Terra Submersa, αφορά τον Αργολικό κόλπο και κυρίως τη θαλάσσια περιοχή γύρω από το σπήλαιο Φράγχι. Εκεί συνεργάστηκαν το Πανεπιστήμιο της Γενεύης, το Μουσείο Laténium του Neuchâtel Ελβετίας, η Ελβετική Αρχαιολογική Σχολή στην Ελλάδα, η Ε.Ε.Α. και το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., με σκοπό να ερευνήσουν και να ανασυστήσουν την παλαιογεωγραφία της περιοχής. Βάση της ερευνητικής ομάδας υπήρξε το *MS Týranor PlanetSolar*, ένα Catamaran που κινείται αποκλειστικά με ηλιακή ενέργεια [βλ. σχετ. <[http://www.planetsolar.org/boat/sections/the\\_boat](http://www.planetsolar.org/boat/sections/the_boat)> (30/8/2014)]. Από αυτό αποτύπωσαν πλήρως τον θαλάσσιο πυθμένα της περιοχής χρησιμοποιώντας βυθόμετρο, SSS και SBP και από την επεξεργασία των δεδομένων αναμένονται σημαντικά συμπεράσματα [βλ. π.χ. <<http://www.unige.ch/terrasubmersa/el/>> (30/8/2014)· <<http://www.pestola.gr/oloklirwthike-h-ereunitiki-apostoli-terra-submersa/>> (29/8/2014)].

Το δεύτερο ερευνητικό πρόγραμμα αφορά την περιοχή των Αντικυθήρων, όπου το Σεπτέμβριο του 2014 επανήλθε το Ωκεανογραφικό Ινστιτούτο Woods Hole, σε συνεργασία με την Ε.Ε.Α., προκειμένου να αποτυπώσει πλήρως την περιοχή του γνωστού ναυαγίου, με την ελπίδα ανεύρεσης και άλλων αντικειμένων στον πυθμένα [βλ. Δελτίο Τύπου: <[http://www.yppo.gr/2/g22.jsp?obj\\_id=58772](http://www.yppo.gr/2/g22.jsp?obj_id=58772)> (9/10/2014)]. Η νέα αυτή ερευνητική αποστολή αποτέλεσε την παγκόσμια πρώτη εφαρμογή της *Exosuit*, μιας καταδυτικής στολής προηγμένης τεχνολογίας, εφοδιασμένης με ρομποτικά χέρια με τσιμπίδες, προωθητήρες, φώτα, κάμερα και ενδοεπικοινωνία, που επιτρέπει στον δύτη να καταδυθεί σε μεγάλα βάθη για μεγάλο χρονικό διάστημα και χωρίς να υπάρχει ανάγκη αποσυμπίεσης [βλ. σχετ. <<http://nuytco.com/products/exosuit/>> (29/8/2014)· επίσης, Woods Hole Oceanographic Institution 2014].

Από τα δύο αυτά παραδείγματα διαφαίνεται η προθυμία ινστιτούτων και φορέων του εξωτερικού να δοκιμάσουν πρωτοπόρα συστήματα στις ελληνικές θάλασσες που βρίθουν αρχαιοτήτων. Η αποδοχή από το ΥΠ.ΠΟ.Α. τέτοιων σημαντικών προσφορών μόνο θετικά αποτελέσματα μπορεί να έχει για την ελληνική Ενάλια αρχαιολογία.



#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

- Αγουρίδης, Χ. 2002. Ενάλια αναγνωριστική έρευνα στον Αργολικό. Ερευνητική περίοδος 2000. *Ενάλια* VI: 32-39.
- \_\_\_\_\_, 2003. Το ναυάγιο της Ύστερης Εποχής του Χαλκού στο ακρωτήριο των Ιρίων του Αργολικού. Κονσολάκη-Παννοπούλου, Ε. (επιμ.), *Αργοσαρωνικός: Πρακτικά του 1<sup>ου</sup> Διεθνούς Συνεδρίου Ιστορίας και Αρχαιολογίας του Αργοσαρωνικού, Πόρος, 26-29 Ιουνίου 1998*. Αθήνα, 149-158.
- \_\_\_\_\_, 2004. Ενάλια αρχαιολογική έρευνα Αργολικού – Ερευνητική περίοδος 2003. *Ενάλια* VIII: 28-44.
- \_\_\_\_\_, 2007. Ενάλια αρχαιολογική έρευνα Αργολικού. Ερευνητική περίοδος 2005. *Ενάλια* X: 12-30.
- \_\_\_\_\_, υπό έκδοση(α). Δεκαπέντε χρόνια υποβρυχίων ερευνών στους θαλάσσιους δρόμους του Αργολικού. Από την Εποχή του Χαλκού έως το Βυζάντιο. *IENAE. Τριάντα χρόνια υποβρύχιας έρευνας. Από το Πελαγονήσι στην Κορακιά, Διημερίδα στη μνήμη του ιδρυτή του IENAE Νίκου Τσούχλου, 20-22 Μαΐου 2005*. Αθήνα: IENAE.
- \_\_\_\_\_, υπό έκδοση(β). Ενάλια αρχαιολογική έρευνα στον Αργοσαρωνικό, 2006-2007. *Ενάλια* XI: 64-79.
- \_\_\_\_\_, υπό έκδοση(γ). Το ναυάγιο της Ύστερης Εποχής του Χαλκού στο Μόδι. *Πρακτικά του Β' Διεθνούς Συνεδρίου Ιστορίας και Αρχαιολογίας του Αργοσαρωνικού, Μέθανα, 30 Ιουνίου – 2 Ιουλίου 2006*.
- Agourides, C. υπό έκδοση. The Late Bronze Age shipwreck at Modi. Preliminary report. Tzalas, H. (επιμ.), *Tropis X, Hydra 2008*. Athens.
- Bailey, G., D. Sakellariou and members of the Splashcos Network 2012. SPLASHCOS: Submerged Prehistoric Archaeology and Landscapes of

- the Continental Shelf. *Antiquity* 86, issue 334, <<http://antiquity.ac.uk/projgall/sakellariou334/>> (3/2/2014).
- Ballard, R. D. 2004. Technology, Oceanography and Archaeology. Akal, T. K., R. D. Ballard και G. F. Bass (επιμ.), *Proceedings of "The Application of Recent Advances in Underwater Detection and Survey Techniques to Underwater Archaeology"*, Bodrum, Turkey, May 2004. Texas A&M University: Institute of Nautical Archaeology, 7.
- Ballard, R. D., A. M. McCann, D. Yoerger, L. Whitcomb, D. Mindell, J. Oleson, H. Singh, B. Foley, J. Adams, D. Piechota και C. Giangrande 2000. The Discovery of Ancient History in the Deep Sea using advanced Deep Submergence Technology. *Deep Sea Research*, Part I, 47: 1591-1620.
- Bass, G. F. 2005a. An Enigma at Devil Creek: Şeytan Deresi, Turkey. Bass G. F. (επιμ.), *Beneath the seven seas: Adventures with the Institute of Nautical Archaeology*. London: Thames & Hudson, 31-33.
- \_\_\_\_\_, 2005b. Cargo from the Age of Bronze: Cape Gelidonya, Turkey. Bass G. F. (επιμ.), *Beneath the seven seas: Adventures with the Institute of Nautical Archaeology*. London: Thames & Hudson, 48-55.
- Bates, C. R., M. Lawrence και I. Oxley 2004. Geophysical techniques for maritime archaeological surveys. *Symposium on the application of Geophysics to Environmental and Engineering problems, Colorado Springs*. Best of EEG invited paper.
- Bingham, B., B. Foley, H. Singh, R. Camilli, K. Delaporta, R. Eustice, A. Mallios, D. Mindell, C. Roman και D. Sakellariou 2010. Robotic tools for deep water archaeology: Surveying an ancient shipwreck with an autonomous underwater vehicle. *Journal of Field Robotics* 27.6: 702-717.
- Blondel, P. και E. Pouliquen 2004. Acoustic textures and detection of shipwreck cargo – example of a Roman ship near Elba, Italy. Akal T. K., R. D. Ballard και G. F. Bass (επιμ.), *Proceedings of "The Application of Recent Advances in Underwater Detection and Survey Techniques to Underwater Archaeology"*, Bodrum, Turkey, May 2004. Texas A&M University: Institute of Nautical Archaeology, 135-142.
- Bower, B. 2010. Ancient hominids took to the sea: Tools left behind by these Stone Age Seafarers suggest human ancestors really got around. *Science News* 177.3: 14.



- Canadian Institute in Greece 2010. *Persian Wars Shipwreck Survey*, <<http://www.cig-icg.gr/?cat=5&item=28&lang=en>> (28/1/2014).
- Chalari, A., D. Christodoulou, G. Papatheodorou, M. Geraga και G. Ferentinos 2003. Marine geophysical investigation around the site of the famous Pharos of Alexandria (Egypt) for the detection of ancient shipwrecks. *2nd World Congress: Ancient Greece "The Modern World", 12-17 July 2002. International Olympic Academy, Ancient Olympia, Greece*, 62-73.
- Coleman, D. F. και R. D. Ballard 2004. Archaeological Oceanography of the Black Sea. Akal, T. K., R. D. Ballard και G. F. Bass (επιμ.), *Proceedings of "The Application of Recent Advances in Underwater Detection and Survey Techniques to Underwater Archaeology", Bodrum, Turkey, May 2004*. Texas A&M University: Institute of Nautical Archaeology, 49-58.
- Δελαπόρτα, Κ. 1997. Ναυάγιο του 16<sup>ου</sup> αι. στο νησί της Ζακύνθου (Προκαταρκτικά αποτελέσματα 1991-1997). *ΣΤ' Διεθνές Πανιώνιο Συνέδριο, Ζάκυνθος 23-27/9/1997*, Πρακτικά, τ.Α', 213-221.
- \_\_\_\_\_, 1999. Δοκιμαστική υποβρύχια επιφανειακή έρευνα στις Βόρειες Σποράδες σε συνεργασία με το Νορβηγικό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο. *ΑΔ 54*: 1020-1022.
- \_\_\_\_\_, 2000. Υποβρύχια επιφανειακή έρευνα σε συνεργασία με το Νορβηγικό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο στην Ιθάκη – Κεφαλονιά. *ΑΔ 55*: 1224-1225.
- \_\_\_\_\_, 2002. Ναυάγιο Ζακύνθου: Προκαταρκτικά αποτελέσματα υποβρύχιας ανασκαφής 2000. *Ενάλια VI*: 40-55.
- Delaporta, K. 2000. L' épave du XVIème siècle aux abords de l'île de Zakynthos. *Schutz des Kulturerbes unter Wasser (IKUWA'99)* 35: 203-211.
- Delaporta, K. και M. Bound 1999. A wreck beside the Signallo Reef outside the main port of Zakynthos (Zante), Greece. Tzalas, H. (επιμ.), *Tropis V, Nauplia 1993*. Athens, 141-152.
- Δελαπόρτα, Κ. και Δ. Σακελλαρίου 2000. Υποβρύχια ακουστική διερεύνηση πυθμένα στη Δωδεκάνησο με τη συνεργασία του Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών. *ΑΔ 55*: 1209-1213.
- Delaporta, K., D. Evagelistis και D. Kourkoumelis 2002. New technologies and underwater archaeology. *C.A.A. Conference, Abstracts Book*.
- Δελαπόρτα, Κ., Η. Σπονδύλης, Δ. Ευαγγελιστής, Π. Μίχα και Θ. Θεοδούλου 2003. Έρευνα της Εφορείας Εναλίων Αρχαιοτήτων και του Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών στις θαλάσσιες περιοχές Καλύμνου, Λέρο και Λειψών. *Ενάλια VII*: 42-49.

- Delaporta, K., M. E. Jasinski και F. Søreide 2006. The Greek – Norwegian Deep-Water Archaeological Survey. *International Journal of Nautical Archaeology* 35.1: 79-87.
- Demangel, R. 1951. Recherches sous-marine en Grèce. *Bulletin de correspondance hellénique* 75: 198.
- Demesticha, S. 2010. The 4<sup>th</sup> century B.C. Mazotos Shipwreck, Cyprus: a preliminary report. *International Journal of Nautical Archaeology* 40: 39-59.
- Demesticha, S. και F. Vlachaki, υπό έκδοση. Documenting a Late Classical wreck at Mazotos, Cyprus. Tzalas H. (επιμ.), *Tropis X, Hydra 2008*. Athens.
- Dontas, A. 1952. Hydrographic detection in the Gulf of Corinth of the submerged ancient city of Helike. *Πρακτικά της Ακαδημίας Αθηνών* 72: 90-101.
- Edgerton, H. E. 1966. Search for Helice with sonar. *National Geographic Society Research Reports. 1966 Projects*. Washington, DC, 75-77.
- \_\_\_\_\_, 1981: Search for the lost city of Helice with sonar. *Proceedings of the 1<sup>st</sup> International scientific meeting on ancient Eliki, Aegion, Greece (14-16 Dec. 1979)*. Αθήνα: Ελληνική Περιηγητική Λέσχη Αιγίου, 151-164.
- Edgerton, H. E. και P. Throckmorton 1970. Exploration by sonar and coring of the Helice site, Greece. *National Geographic Society Research Reports. 1970 Projects*. Washington, DC, 135-141.
- ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. 2012. *Three ancient wrecks discovered during a deep-water geo-archaeological survey along the POSEIDON natural gas pipeline route between Greece and Italy in the Ionian Sea*. <[http://innovator.ath.hcmr.gr/newhcmr1/pdf/DeltioTypouHCMR\\_2012\\_05\\_29.pdf](http://innovator.ath.hcmr.gr/newhcmr1/pdf/DeltioTypouHCMR_2012_05_29.pdf)> (28/1/2014).
- Erlandson, J. M. 2001. Aquatic adaptations: paradigms for a new millennium. *Journal of Archaeological Research* 9: 287-350.
- \_\_\_\_\_, 2002. Anatomically modern humans, maritime voyaging and the Pleistocene colonization of the Americas. Jablonski, N. (επιμ.), *The First Americans: The Pleistocene Colonization of the New World*. San Francisco, 59-92.
- Ευαγγελιστής, Δ. 2000. Παγάνα. *ΑΔ* 55: 1220-1224.
- Evangelistis, D. υπό έκδοση. Survey in Giagana Bay, Cephallonia. Tzalas, H. (επιμ.), *Tropis IIX, Hydra 2002*. Athens.
- Fairbanks, R. G. 1989. A 17,000 year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature* 342: 637-642.

- Farrand, W. 2000. Depositional History of Franchthi Cave: Stratigraphy, Sedimentology, and Chronology. *Excavations at Franchthi Cave, Greece*, fascicule 12. Bloomington: Indiana University Press.
- Ferentinos, G., M. Gkioni, M. Geraga και G. Papatheodorou 2012. Early seafaring activity in the southern Ionian Islands, Mediterranean Sea. *Journal of Archaeological Science* XXX: 1-10.
- Foley, B., K. Dellaporta, D. Sakellariou, B. Bingham, R. Camilli, R. Eustice, D. Evagelistis, V. Ferrini, M. Hansson, K. Katsaros, D. Kourkoumelis, A. Mallios, P. Micha, D. Mindell, C. Roman, H. Singh, D. Switzer και T. Theodoulou 2009. The 2005 Chios Ancient Shipwreck Survey. New Methods for Underwater Archaeology. *Hesperia* 78: 269-305.
- Geraga, M., G. Papatheodorou, C. Agouridis, M. Iatrou, M. Prevenios, D. Christodoulou, D. Zoura, S. Kordella, E. Fakiris 2013. Marine geo-archaeological survey in Southern Argosaronic Gulf (Greece) focused on the Late Bronze Age shipwreck at Modi islet. *Final conference of COST Action TD0902 Submerged Prehistoric Archaeology and Landscapes of the Continental Shelf "Under the Sea: Archaeology and Palaeolandscapes", 23-27 September 2013, Szczecin, Poland*. Abstracts Book, 107.
- Γεραγά, Μ., Δ. Χριστοδούλου, Μ. Ιατρού, Μ. Πρεβενιός, Δ. Ζούρα, Σ. Κορδελλά, Η. Φακίρης και Γ. Παπαθεοδώρου, υπό έκδοση. Θαλάσσια γεω-αρχαιολογική έρευνα στη βραχονησίδα Μόδι και στην ευρύτερη περιοχή (Αργοσαρωνικός κόλπος). *Ενάλια* XII.
- Giordano, F. 1995. Marine geophysical methods for archaeological investigation of volcanic and bradyseismic areas. *Annali di Geofisica* XXXIII. 5-6: 1019-1029.
- Green, J. N., E. T. Hall και M. L. Katzev 1967. Survey of a Greek shipwreck off Kyrenia, Cyprus. *Archaeometry* 10.1: 47-56.
- Hadjidaki, E. και P. Betancourt 2005-6. A Minoan Shipwreck off Pseira Island, East Crete. Preliminary report. *Ευλιμένη* 6-7: 79-96.
- \_\_\_\_\_, 2006. Το πρώτο μινωικό ναυάγιο. *Κρητικό Πανόραμα* 16: 20-39.
- Χατζηδάκη, Ε. 2002. Μινωικό ναυάγιο στη νήσο Ψείρα της Ανατολικής Κρήτης. *Ενάλια* VI: 45-48.
- Hansen, J. 1992. Franchthi Cave and the beginning of agriculture in Greece and the Aegean. Anderson-Gerfaud, P. C. (επιμ.), *Préhistoire de l'agriculture*. Lutetiae, 231-247.

- Henderson, J., O. Pizarro, M. Johnson-Roberson και I. Mahon 2013. Mapping submerged archaeological sites using Stereo-Vision Photogrammetry. *International Journal of Nautical Archaeology* 42.2: 243-256.
- I.EN.A.E. 1998. Από την Ενάλια Κύπρο στον μυχό του πολυδίφιου Άργους. Το ναυάγιο του Ακρωτηρίου Ιρίων. Κατάλογος Έκθεσης. Αθήνα.
- INA 2006. *Persian Wars Shipwreck Survey 2003-2006. Searching of the Persian Fleets of the 5th century B.C.*, <<http://nautarch.tamu.edu/pwss/homepage/>> (28/1/2014).
- Jacobsen, T. W. 1981. Franchthi cave and the beginning of settled village life in Greece. *Hesperia* 50: 303-319.
- Jacobsen, T. W. και W. R. Farrand 1987. Franchthi Cave and Paralia: maps, plans and sections. *Excavations at Franchthi Cave, Greece*, τόμ. 1. Bloomington, Indiana: Indiana University Press.
- Kapitän, G. 1999. What was the Early Bronze Age Ship wrecked at Dokos? Tzalas, H. (επιμ.), *Tropis V, Nauplia 1993*. Athens, 225-236.
- Katzev, M. 1972. The Kyrenia ship. Bass, G. F. (επιμ.), *History of Seafaring based on Underwater Archaeology*. London: Thames & Hudson, 50-52.
- Kopaka, K. και Ch. Matzanas 2009. Palaeolithic industries from the island of Gavdos, near neighbour to Crete in Greece. *Antiquity* 83.321, <<http://antiquity.ac.uk/antiquityNew/projgall/kopaka321/>> (Sept. 2009).
- Lambeck, K. 1996. Sea level change and shoreline evolution in Aegean Greece since Upper Paleolithic time. *Antiquity* 70: 588-611.
- Lambeck, K. και A. Purcell 2005. Sea-level change in the Mediterranean Sea since the LGM: model predictions for tectonically stable areas. *Quaternary Science Reviews* 24: 1969-1988.
- Lován, B. 2004. Zea Harbour Project, Spring 2004. *Enalia VIII*: 49.
- \_\_\_\_\_, 2011. *The Ancient Harbours of the Piraeus*, τόμ. I.1. *The Zea Shiphsheds and Slipways: Architecture and Topography*. Monographs of the Danish Institute at Athens, 15,1.
- \_\_\_\_\_, υπό έκδοση(α). The Zea Harbour Shiphsheds – a first attempt at defining the chronology. Tzalas, H. (επιμ.), *Tropis X, Hydra 2008*. Athens.
- \_\_\_\_\_, υπό έκδοση(β). Zea Harbour Project – Recent Underwater Research at the Piraeus. *Harbors and Harbor Cities in the Eastern Mediterranean from Antiquity to Byzantium, Recent Discoveries and New Approaches, 30 May – 1 June, İstanbul*. DAI – Koç University – İstanbul Archaeoloji Müzeleri, İstanbul.

- Lovén, B. και M. Schaldemose 2011. *The Ancient Harbors of the Piraeus*, τόμ. I.2. *The Zea Shiphsheds and Slipways: Finds, Area 1 Shiphshed Roof Reconstructions and Feature Catalogue*. Monographs of the Danish Institute at Athens 15,2. Aarhus: Aarhus University Press.
- Μαντζουράνη, Ε., Γ. Παπαθεοδώρου και Μ. Γεραγά, υπό έκδοση. Θαλάσσια γεωφυσική διασκόπηση του κόλπου της Νεάπολης και της παράκτιας ζώνης της Ελαφονήσου. *Πρακτικά του Διεθνούς Συνεδρίου για το Αρχαιολογικό Έργο στην Πελοπόννησο, Τρίπολη 7-12 Νοεμβρίου 2012*.
- Μαρινάτος, Σ. 1968. Ελίκη, Θήρα, Θήβαι. AAA I: 1-17.
- McKee, A. 1982. *How we found the Mary Rose*. London: Souvenir Press.
- Mellars, P. 2006. Why did modern human populations disperse from Africa ca. 60,000 years ago? A new model. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103: 9381–9386.
- Murray, W. M. 1993. Πρόγραμμα Ακτίου. ΑΔ 48: 587.
- \_\_\_\_\_, 1994. Πρόγραμμα Ακτίου. ΑΔ 49: 864-866.
- \_\_\_\_\_, 1997a. Πρόγραμμα Ακτίου. ΑΔ 52: 1201-1202.
- \_\_\_\_\_, 1997b. *The Actium Project 1997*. A research project of the University of South Florida and the Greek Ministry of Culture.
- Pakkanen, J., K. Baika, M. Geraga, D. Evangelistis, E. Fakiris, S. Heath, D. Christodoulou, M. Iatrou και G. Papatheodorou 2010. Archaeological topographical survey and marine geophysical investigation at ancient and medieval harbour of Kyllini / Glarentza (NW Peloponnese, Greece). Chatzipetros, A., V. Melfos, P. Marchev, I. Lakova (επιμ.), *XIX Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association, Thessaloniki, Greece, 23-26 Septembet 2010. Abstracts Volume, [Geologica Balcanica 39.1-2]*, Sofia, 283-284.
- Παπαθανασόπουλος, Γ. 1976. Το πρωτοελλαδικό ναυάγιο της Δοκού. AAA IX: 17-22.
- Παπαθανασόπουλος, Γ., Γ. Βήχος και Γ. Λώλος 1991. Δοκός: Ανασκαφική περίοδος 1991. *Ενάλια* III.1-2: 26-28.
- \_\_\_\_\_, 1992. Δοκός: Ανασκαφική περίοδος 1992. Η υποβρύχια έρευνα. Η κεραμική. *Ενάλια* IV.1-2: 6-19.
- Papatheodorou, G. και G. Ferentinos 1997. Submarine and coastal sediment failure triggered by the 1995, Ms = 6.1 R, Aegion earthquake, Gulf of Corinth, Greece. *Marine Geology* 137: 287-304.

- Παπαθεοδώρου, Γ., Α. Στεφάτος, Μ. Χαραλαμπάκης, Μ. Γεραγά, Μ. Ιατρού, Ν. Κάστανος, Θ. Χασιώτης και Γ. Φερεντίνος 1999. Ορθολογική διαχείριση υποβρύχιων αρχαιολογικών χώρων - Κόλπος Ναυαρίνου (Πύλου), ένα παράδειγμα προς αποφυγή. *Τόμος Πρακτικών 5ου Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου*, 632-644.
- Papatheodorou, G., T. Hasiotis, M. Geraga, E. Limberis και G. Ferentinos 2001a. Marine geophysical techniques for submarine archaeological purposes: two case studies from Nikoleika beach (Helice) and Pylos bay. Bassiakos, Y., E. Aloupi και Y. Facorellis (επιμ.), *Archaeometry issues in Greek Prehistory and Antiquity. A publication of the Hellenic Society for Archaeometry and the Society of the Messenean Archaeological Studies*. Athens, 139-156.
- Papatheodorou, G., A. Stefatos, D. Christodoulou και G. Ferentinos 2001b. Remote sensing in submarine archaeology and marine cultural resources management: an ancient shipwreck outside Zakynthos Port, Greece. *Conference on Environmental Science and Technology*, τόμ. C, 377-385.
- Papatheodorou, G., M. Geraga και G. Ferentinos 2005. The Navarino Naval Battle Site, Greece – an integrated remote-sensing survey and a rational management approach. *DNA* 34: 95-109.
- \_\_\_\_\_, 2008. The reconstruction of Prehistoric shorelines in Dokos island, Aegean Sea, using remote sensing techniques. *British Archaeological Reports (BAR) International Series 1746*. Oxford: Archaeopress, 65-71.
- Papatheodorou, G., M. Geraga, A. Chalari, D. Christodoulou, M. Ιατρού, E. Fakiris, S. Kordella, M. Prevenios και G. Ferentinos 2011. Remote sensing for underwater archaeology: Case studies from Greece and Eastern Mediterranean Sea. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, τόμ. XLIV: 100-115.
- Papatheodorou, G., M. Geraga, D. Christodoulou, S. Kordella, M. Prevenios και D. Zoura, υπό έκδοση. Marine remote sensing survey in Zea and Mounichia ancient harbours. *Zea Harbour Project. 1<sup>st</sup> Interim Report*, τόμ. 1, 1-70.
- Παπαθεοδώρου, Γ., Μ. Γεραγά, Ν. Κάστανος, Γ. Γκιώνης, Θ. Χασιώτης, Α. Χάλαρη και Γ. Φερεντίνος, υπό έκδοση. Η μελέτη της παράκτιας παλαιογεωγραφίας της νήσου Δοκού με την εφαρμογή των θαλασσιών γεωφυσικών μεθόδων. *IENAE. Τριάντα χρόνια υποβρύχιας έρευνας*.

- Από το Πελαγονήσι στην Κορακιά. Δημερίδα στη μνήμη του ιδρυτή του IENAE Νίκου Τσούχλου, 20-22 Μαΐου 2005.* Αθήνα: I.EN.A.E.
- Πέννας, Χ. 1990. Ναυάγιο Ακρωτηρίου Ιρίων. *Ενάλια* II.1-2: 6-8.
- Πέννας, Χ. και Γ. Βήχος 1991. Υποβρύχια επιφανειακή έρευνα στο ναυάγιο της ύστερης εποχής του χαλκού στο ακρωτήριο Ιρίων. Μέρος Α'. Η υποβρύχια έρευνα και η σημασία της. *Ενάλια* III.1-2: 8-17.
- \_\_\_\_\_, 1992α. Ναυάγιο ακρωτηρίου Ιρίων (1992). Η αναγνωριστική έρευνα. *Ενάλια* IV.1-2: 12.
- \_\_\_\_\_, 1992β. Ναυάγιο ακρωτηρίου Ιρίων (1993). Ανασκαφή και αποτελέσματα. *Ενάλια* IV. 3-4: 4-15.
- \_\_\_\_\_, 1993. Ναυάγιο ακρωτηρίου Ιρίων (1994). Η ολοκλήρωση της έρευνας. *Ενάλια* V. 3-4: 10-17.
- Phaneuf, B. A., T. K. Dettweiler και T. Bethge 2001. Deepest wreck: The search for a missing submarine turns up a second-century B.C. shipwreck at nearly 10,000 feet. *Archaeology* 54.2: 26-27.
- Phelps, W., Y. Lolos και Y. Vichos 1999. *The Point Iria Wreck: Interconnections in the Mediterranean ca. 1200 B.C.* Proceedings of the International Conference, Spetses 19 Sept. 1998. Athens: IENAE.
- Pulak, C. 1998. The Uluburun Shipwreck: An Overview. *International Journal of Nautical Archaeology* 27: 188-224.
- \_\_\_\_\_, 1999. Shipwreck: Recovering 3,000-Year-Old-Cargo. *Archaeology Odyssey* 2.4: 18-29.
- \_\_\_\_\_, 2005. Discovering a royal ship from the age of King Tut: Uluburun, Turkey. Bass, G. (επιμ.), *Beneath the Seven Seas, Adventures with the Institute of Nautical Archaeology.* London, 34-47.
- Quinn, R., C. Breen, W. Forsythe, K. Barton, S. Rooney και D. O'Hara 2002a. Integrated geophysical surveys of the French Frigate *La Surveillante* (1797), Bantry Bay, Co. Cork, Ireland. *Journal of Archaeological Science* 29: 413-422.
- Quinn, R., W. Forsythe, C. Breeu, M. Dean, M. Lawrence και S. Liscoe 2002b. Comparison of the Maritime Sites and Monuments Record with side scan sonar and diver surveys: a case study from Rathlin Island, Ireland. *Geoarchaeology* 17: 441-451.
- Rule, M. H. 1982. *The Mary Rose. The Excavation and Rising of Henry VIII's Flagship.* London: Conway Maritime Press.



- Sakellariou, D. 2007. Remote sensing techniques in the search for ancient shipwrecks: how to distinguish a wreck from a rock in geophysical recordings. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, τόμ. XXXVII/4: 1845-1856.
- Σακελλαρίου, Δ., Π. Γεωργίου, Γ. Ρουσάκης, Ι. Παμπίδης και Π. Μαντόπουλος 2006. Αναγνώριση αρχαίων ναυαγίων με γεωφυσικές μεθόδους: Δυνατότητες και περιορισμοί. *Πρακτικά του 8ου Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας*, 4-8 Ιουνίου 2006. Αθήνα: ΕΛΚΕΘΕ, 629-632.
- Sakellariou, D, P. Georgiou, A. Mallios, V. Kapsimalis, D. Kourkoumelis, P. Micha, T. Theodoulou και K. Dellaporta 2007. Searching for Ancient Shipwrecks in the Aegean Sea: the discovery of Chios and Kythnos Hellenistic Wrecks with the use of Marine Geological - Geophysical Methods. *International Journal of Nautical Archaeology* 36.2: 365-381.
- Soter, S. και D. Katsonopoulou 1998. The search for ancient Helike, 1988-1995. Geological, sonar and bore hole studies. Katsonopoulou, D., S. Soter και D. Schilardi (επιμ.), *Ancient Helike and Aigialeia*. Athens, 68-114.
- Soura, K., M. Geraga, G. Papatheodorou, D. Christodoulou, K. Baika, S. Kordella, E. Fakiris, I. Radić Rossi, G. Boetto και K. Zubčić 2013. The study of palaeogeographic evolution of Caska Bay (Pag island, Croatia) the last 10 kyrs using marine remote sensing techniques. *Final conference of COST Action TD0902 Submerged Prehistoric Archaeology and Landscapes of the Continental Shelf "Under the Sea: Archaeology and Palaeolandscapes"*, 23-27 September 2013, Szczecin, Poland. Abstracts Book, 27.
- Strasser, T., E. Panagopoulou, C. Runnels, P. Murray, N. Thompson, P. Karakanas, F. McCoy και K. Wegmann 2010. Stone Age Seafaring in the Mediterranean: Evidence for Lower Paleolithic and Mesolithic Inhabitation of Crete from the Plakias Region. *Hesperia* 79.2: 145-190.
- Θεοδούλου, Θ. 2011. Συνοπτική αναδρομή στην υποβρύχια αρχαιολογική έρευνα στην Ελλάδα. *Αριάδνη* 17: 13-84.
- Throckmorton, P., H. E. Edgerton και E. Yalouris 1973. The battle of Lepanto search and survey mission (Greece), 1971-72. *International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration* 2.1: 121-130.
- Τσούχλος, Ν. (επιμ.) 1989. Δοκός 1989. *Ενάλια* Ι.3-4: 1-31.
- \_\_\_\_\_, (επιμ.) 1990. Δοκός 1990. *Ενάλια* ΙΙ.3-4: 4-44.

- University of Nottingham, 2009-2013. *The Pavlopetri Underwater Archaeology Project*, <<http://www.nottingham.ac.uk/pavlopetri/index.aspx>> (20/1/2014).
- Van Andel, T. H. και N. Lianos 1984. High resolution seismic reflection profiles for the reconstruction of post-glacial transgressive shorelines: an example from Greece. *Quaternary Research* 22: 31-45.
- Van Andel, T. H. και S. B. Sutton 1987. *Landscape and people of the Franchthi region*. Bloomington: Indiana University Press.
- Vichos, Y. και G. Papathanasopoulos 1991. The excavation of an Early Bronze Age cargo at Dokos: the first two campaign seasons (1989-1990). Tzalas, H. (επιμ.), *Tropis IV, Athens 1991*. Athens, 519-538.
- Vichos, Y., N. Tsouchlos και G. Papathanasopoulos 1991. Première année de fouille de l' épave de Dokos. *Aegaeum* 7: 147-152.
- Wachsmann, S., J. Hale και R. Hohlfelder, υπό έκδοση(α). In search of the lost fleets of Persian War. Tzalas, H. (επιμ.), *Tropis IX, Agia Napa – Cyprus 2005*. Athens.
- Wachsmann, S., J. Hale, R. Hohlfelder, F. Yoerger, D. Davis και D. Bartoli, υπό έκδοση(β). In search for lost fleets: a preliminary report on the Persian War Shipwrecks Survey, 2003-2005 Expeditions. Tzalas, H. (επιμ.), *Tropis IX, Agia Napa – Cyprus 2005*. Athens.
- Wilkinson, T. και Duhon S. 1990. *Franchthi Paralia – the Sediments, Stratigraphy, and Offshore Investigations*. Bloomington: Indiana University Press.
- Woods Hole Oceanographic Institution 2014. Return to Antikythera. A project of the Hellenic Ministry of Culture and Sports with support from the Woods Hole Oceanographic Institution, <<http://antikythera.whoi.edu/about/>> (25/5/2014).
- Zea Harbour Project 2012. *2012 Geophysical Survey*, <<http://www.zeaharbourproject.dk/2012/12/2012-geophysical-survey-and-core-drilling/>> (29/1/2014).



**The contribution of marine geophysical methods  
to Underwater archaeology: A chronicle  
of their application in Greece**

KONSTANTINA SOURA

*Abstract*

**T**HIS paper highlights the significance of Underwater archaeology in solving issues that generally concern the scientific community such as the role played by coastal geomorphology in the evolution and dispersal of humankind and the development of cultural complexity, the commercial and cultural interaction, marine routes and the development of navigation in antiquity. However, answering such questions becomes difficult and time-consuming by conventional Underwater archaeology research methods. Over the last decades, the contribution of marine geophysical methods has been widely accepted as very important or even utterly essential, as these can be applied to all fields of underwater archaeological research. This paper summarises the different types of marine remote sensing techniques, as well as the advantages of their application. Finally, attention is focused on presenting a brief chronicle of the application of marine geophysical methods to Underwater archaeology in Greece.

