



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΣΕ ΤΜΗΜΑ ΑΡΧΑΙΟΥ
ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΤΗΣ 3^{ΗΣ} ΧΙΛΙΕΤΙΑΣ Π.Χ. ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΙΑ
«ΛΑΜΠΑΓΙΑΝΝΑ» ΣΤΟ ΦΡΑΓΧΘΙ ΑΡΓΟΛΙΔΟΣ»**



ΕΥΣΤΑΘΙΑ ΛΥΜΠΕΡΟΠΟΥΛΟΥ

Επιβλέπουσα: Ορθοδοξία Αραμπατζή – Επίκουρη καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Ιούνιος 2017, Αθήνα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Είναι ήρεμη, είναι άγρια.

Μπορεί να σε σώσει, αλλά και να σε διαλύσει.

Μα όποιος στο τέλος τη κατακτήσει, ζει για να την αρμενίσει.

Θάλασσα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ιδέα για το θέμα ξεκίνησε με τη φίλη και συνάδελφό μου Κωνσταντίνα Καραντώνη την άνοιξη του 2014, στο 6^ο εξάμηνο της σχολής κατά την διεξαγωγή του μαθήματος Ειδικά Θέματα Γεωδαισίας, στο οποίο έγινε μια παράδοση από τον κ. Στέφανο Δογγούρη σχετικά με τις υποβρύχιες αποτυπώσεις.

Ευχαριστούμε την επίκουρη καθηγήτρια της σχολής των Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του Ε.Μ.Π. Ορθοδοξία Αραμπατζή και τον επιστημονικό συνεργάτη Στέφανο Δογγούρη για την εμπιστοσύνη και την υποστήριξή τους, αλλά και την Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων για την τελική ανάθεση της συγκεκριμένης διπλωματικής και την παροχή στέγης κατά τη διάρκεια της αποτύπωσης.

Ευχαριστούμε θερμά την προϊστάμενη αρχαιολόγο κ. Αγγελική Σίμωση, η οποία φρόντισε για τις σχετικές άδειες και την αρχαιολόγο κ. Δέσποινα Κουτσούμπα, η οποία ήταν μαζί μας καθόλη τη διάρκεια των υποβρύχιων αποτυπώσεων και μας βοήθησε σε μεγάλο βαθμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΓΕΝΙΚΑ	7
Εισαγωγή.....	7
1.1. Περιοχή Μελέτης.....	9
1.1.1. Ιστορικά στοιχεία.....	9
1.1.2. Γεωγραφικά χαρακτηριστικά.....	14
1.2. Εφορεία εναλίων αρχαιοτήτων.....	15
1.3. Μέθοδοι γεωμετρικής τεκμηρίωσης.....	16
1.4. Περιβάλλον μετρήσεων.....	17
1.4.1. Κίνδυνοι κατάδυσης.....	20
1.4.2. Οργάνωση τοπογραφικού συνεργείου και εξοπλισμού.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Η ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ ΣΤΙΣ ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΙΣ	27
2.1. Θεωρητικό μέρος.....	27
2.1.1. Αναγνώριση περιοχής.....	27
2.1.2. Σήμανση.....	28
2.1.3. Επισήμανση.....	29
2.1.4. Υποβρύχιες μετρήσεις.....	30
2.1.5. Μετρήσεις μηκών.....	30
2.1.6. Πινακίδες καταγραφής μετρήσεων.....	31
2.1.7. Όργανα μέτρησης μηκών.....	32
2.1.7.1. Μετροταινίες.....	32
2.1.7.2. Sonar.....	35
2.1.8. Γωνιομετρήσεις.....	36
2.1.9. Υψομετρία.....	38
2.1.9.1. Γεωμετρική χωροστάθμηση.....	39
2.1.9.2. Διαφορικό βαθύμετρο.....	39
2.1.9.3. Υδραυλική χωροστάθμηση.....	40
2.1.9.4. Μετρητική διάταξη.....	41
2.1.9.5. Προσδιορισμός υψομετρικών διαφορών.....	41
2.1.9.6. Διαδικασία μέτρησης.....	42

	σελ.
2.1.9.7. Συνεργείο.....	43
2.1.9.8. Ακρίβεια μετρήσεων.....	45
2.1.9.9. Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα μεθόδου.....	46
2.2.1. Ίδρυση σημείων αναφοράς.....	46
2.2.2. Εξάρτηση από το κρατικό σύστημα.....	49
2.2.3. Βασικές συνθήκες.....	50
2.2.4. Εξάρτηση με αναβιβασμό από μικρά βάθη.....	50
2.2.5. Ακρίβεια προσδιορισμού.....	51
2.2.6. Επίδραση βάθους.....	52
2.2.7. Συμπεράσματα.....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	54
3.1. Αναγνώριση περιοχής – Χρονοδιάγραμμα εργασιών.....	54
3.2. Ίδρυση σημείων αναφοράς στη στεριά.....	57
3.3. Αναβιβασμός σημείων.....	58
3.3.1. Αναβιβασμός σημείων με ιδιοκατασκευή.....	58
3.3.2. Αναβιβασμός σημείων με κατάφωτο.....	61
3.3.3. Σύγκριση μεθόδων αποτύπωσης.....	63
3.4. Ίδρυση σημείων αναφοράς υποβρυχίως.....	63
3.5. Τριπλευρισμός.....	64
3.6. Υψομετρία με υδραυλική χωροστάθμηση.....	68
3.7. Τελικά σχέδια.....	72
3.8. Κήρυξη αρχαιολογικού χώρου.....	73
Συμπεράσματα.....	78
Βιβλιογραφία.....	79
Ιστοσελίδες.....	79

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο ελλαδικός χώρος αποτελείται σε μια μεγάλη του έκταση από το υδάτινο στοιχείο, το οποίο καλύπτει έναν μεγάλο αριθμό στοιχείων πολιτιστικής κληρονομιάς. Ο κλάδος της αρχαιολογίας, της φωτογραμμετρίας και της υποβρύχιας γεωδαισίας ασχολούνται με την έρευνα και την ανάδειξη των αρχαίων μνημείων μέσω της γεωμετρικής τους τεκμηρίωσης. Έτσι ορίζεται η θέση, η μορφή, το σχήμα και το μέγεθος των μνημείων. Πολλές φορές διάφορα φυσικά φαινόμενα και ανθρώπινες παρεμβάσεις καθιστούν την αποτύπωση των μνημείων επίπονη και δύσκολη διαδικασία.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία επικεντρώθηκε στις υποβρύχιες γεωδαιτικές αποτυπώσεις χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές και μεθοδολογίες στον βυθισμένο αρχαίο οικισμό στη παραλία Λαμπαγιαννά στο Φράγγθι Αργολίδος. Εφαρμόστηκε η μέθοδος του αναβιβασμού σημείων με ιδιοκατασκευή αλλά και κατάφωτο, της εμπροσθοτομίας, της ίδρυσης σημείων αναφοράς υποβρυχίως για την διευκόλυνση του τριπλευρισμού και της υψομετρίας με υδραυλική χωροστάθμηση. Παράλληλα, έγινε και η κήρυξη του αρχαιολογικού χώρου που μας ζητήθηκε από την αρχαιολόγο. Στο τέλος παρατίθεται το τοπογραφικό διάγραμμα του τμήματος του αρχαίου οικισμού που μελετήθηκε.

ABSTRACT

Greece in a large area consists of the water element, which cover a large number of cultural heritage features. The sector of archeology, photogrammetry and underwater geodesy have as subject the research and the emergence of this cultural heritage through the geometric monument documentation. So we can define the position, the form, the shape and the size of monuments. Many times various natural conditions and human interventions make the monument documentation painful and difficult.

This diploma thesis focused in the underwater geodetic documentation with use of different techniques and methodologies at the underwater settlement of the beach Lampagianna at Fraxthi of Argolis.

The methods that used were projecting the points on the vertical with the use of self-construction and then with the use of stylet, doing intersection, establishing reference points in order to facilitate trilateration and hydraulic leveling. Alongside, the archeologist instructed us to do the declaration of the archeological site. Finally, the topographical diagram is mentioned at the end of this diploma thesis of the underwater settlement.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΓΕΝΙΚΑ

Εισαγωγή

Θάλασσα είναι τα αλμυρά νερά που καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της γης. Από τα 510.000.000 τ.χλμ. της τα 366.000.000 τ.χλμ., δηλαδή τα 7/10 καλύπτονται από θάλασσα και ο όγκος των θαλασσινών νερών υπολογίζεται στα 1.370.000 κυβ.χλμ. περίπου. Οι αρχαίοι Έλληνες μάλιστα την είχαν θεοποιήσει και τη θεωρούσαν κόρη της Γαίας και μητέρα της Αφροδίτης.

Πολλές είναι οι ωφέλειες που η θάλασσα παρέχει στον άνθρωπο. Οι θαλάσσιοι δρόμοι από την αρχαιότητα εξυπηρετούν τα ταξίδια και το εμπόριο. Αλλά και τα προϊόντα της θάλασσας δεν είναι λίγα: το αλάτι της είναι απαραίτητο για τη ζωή μας και οι οργανισμοί της αποτελούν βασική τροφή του ανθρώπου. Επίσης, δίνει τους σπόγγους, τα φύκια, τα κοράλλια, τα μαργαριτάρια, τα όστρακα, κ.λπ.

Η ανάπτυξη των θαλάσσιων δρόμων έφερε σε στενή και γρήγορη επικοινωνία τους ανθρώπους και έδωσε τεράστια ώθηση όχι μόνο στο εμπόριο και τη ναυτιλία, αλλά και στους άλλους κλάδους της οικονομικής ζωής. Οι θαλάσσιες συγκοινωνίες είναι το πιο οικονομικό μέσο ανταλλαγών, γιατί συντομεύουν τις αποστάσεις.

Επιδρά ακόμα και στον χαρακτήρα των ανθρώπων. Αυτοί που ασχολούνται με τη θάλασσα αποκτούν ορισμένες αρετές, όπως η τόλμη, το θάρρος, η αυτοπεποίθηση, η ευγένεια.

Περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη χώρα η Ελλάδα δέχτηκε την ευεργετική επίδρασή της, γιατί αυτή περιβρέχει κατά τα δύο περίπου τρίτα τον ελληνικό ηπειρωτικό χώρο και σχηματίζει ένα πλήθος μικρών και μεγάλων νησιών. Γι' αυτό από τους αρχαιότετους χρόνους, οι Έλληνες εξοικειώθηκαν με τη θάλασσα και έδειξαν μια σπάνια ναυτική ιδιοφυΐα και κλίση προς τα θαλασσινά επαγγέλματα. Πρώτα οι Έλληνες κατασκεύασαν πλοία και ίδρυσαν αποικίες.

Η ελευθερία των θαλασσών περιλαμβάνει ειδικότερα το δικαίωμα της αλιείας, της τοποθέτησης υποβρυχίων καλωδίων, την αναζήτηση πετρελαίου, την ελεύθερη πτήση των αεροπλάνων, την ανεμπόδιστη ναυσιπλοΐα, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν υπάρχουν και κάποιοι περιορισμοί στα χωρικά ύδατα, τα οποία είναι η αιγιαλίτιδα ζώνη, η κλειστή και ανοιχτή θάλασσα.

Δεν είναι λίγοι εκείνοι, οι οποίοι έχουν τολμήσει να διεισδύσουν στο βυθό της θάλασσας για να ανακαλύψουν τις ομορφιές του. Η προσπάθεια για αυτονομία υποβρυχίως πέρασε από πολλά στάδια. Από την κατάδυση με χρήση ασκών αέρα μέχρι τους πρώτους καταδυτικούς κώδωνες που ήταν ανοικτοί από κάτω προς τη θάλασσα (1.500 μ.Χ.), φτάσαμε στο 1715 στην πρώτη ατομική «στολή» από τον Lethbridge που ήταν ουσιαστικά ένα βαρέλι με γυάλινο παραθυράκι για να μπορεί να βλέπει ο δύτες και δύο τρύπες για τα χέρια που έκλειναν με υδατοστεγή μανίκια. Έδινε δε αυτονομία περί τα 34 λεπτά με επιχειρησιακό βάθος τα 20 μέτρα. Το 1828, οι αδερφοί Deane

κατασκεύασαν την πρώτη στολή με μεταλλικό κράνος και συνεχή παροχή αέρα από την επιφάνεια. Η περίσσεια αέρα και η εκπνοή του δύτη εξέρχονταν από την κάτω επιφάνεια του κράνους που δεν συνδεόταν στεγανά με την υπόλοιπη στολή. Αν ο δύτης έπεφτε κατά τη διάρκεια των εργασιών το κράνος γέμιζε με νερό πολύ γρήγορα. Η τροποποίηση που έκανε στεγανή τη σύνδεση του κράνους με τη στολή ήρθε από τον Augustus Siebe, και αυτή η στολή χρησιμοποιήθηκε κυρίως στην επιχείρηση ανέλκυσης του ναυαγίου «HMS Royal George» έξω από το Portsmouth περί το 1840. Το ενδιαφέρον είναι πως μετά την ολοκλήρωση του έργου, αξιωματούχος ιστορικός της εποχής ανέφερε ότι «από τους δύτες κανένας δεν ξέφυγε από τις επανειλημμένες προσβολές ρευματισμών και κρυωμάτων». Οι δύτες εργάζονταν στα 20-25 μέτρα βάθος για 6-7 ώρες την ημέρα. Η εξέλιξη του καταδυτικού κώδωνα που φιλοξενούσε πολλούς άνδρες-εργάτες σε αυξημένη πίεση συνέβαινε παράλληλα και η χρήση του ήταν σημαντική στις υποβρύχιες εργασίες για την κατασκευή των μεγάλων γεφυρών αλλά και τούνελ στη ξηρά. Σε αυτή τη περίοδο και με τη κατασκευή όλο και μεγαλύτερων έργων με παραμονή εργατών σε αυξανόμενες πιέσεις και για περισσότερο χρόνο, έκανε την εμφάνισή της πιο συχνά και αναγνωρίστηκε η Νόσος Δυτών. Το 1905 σχεδιάστηκε και χρησιμοποιήθηκε από το Αμερικάνικο Πολεμικό Ναυτικό το εξελιγμένο κράνος για την καταδυτική στολή MK V προσφέροντας φυσική προστασία αλλά και αυξημένη κινητικότητα – δυνατότητα ελιγμών στο δύτη. Με ορισμένες μετατροπές αυτό το κράνος παρέμεινε σε χρήση μέχρι τη δεκαετία του '80.

Οι καταδύσεις σήμερα ανήκουν στη μεγάλη πλειονότητά τους στη κατηγορία SCUBA (Self Contained Underwater Breathing Apparatus), δηλαδή κατάδυση με αυτόνομη υποβρύχια αναπνευστική συσκευή – χωρίς την ανάγκη παροχής αέρα ή άλλου αναπνευστικού μέσου από την επιφάνεια. Αυτό ισχύει για όλες τις καταδύσεις αναψυχής και για μεγάλο μέρος επαγγελματικών αλλά και επιστημονικών καταδύσεων.

Καταδύσεις SCUBA κλειστού κυκλώματος με χρήση 100% οξυγόνου γινόντουσαν από το 1880 και ευρέως στους Παγκόσμιους Πολέμους για πολεμική χρήση, με όλες τις δυσκολίες και τους κινδύνους από την τοξικότητα οξυγόνου. Η επανάσταση στη κατάδυση ήρθε από την εργασία των Jacques-Yves Cousteau, Emile και Gagnan, οι οποίοι κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου κατόρθωσαν να συνδυάσουν έναν εξελιγμένο κατάλληλο ρυθμιστή πίεσης με φιάλες πεπιεσμένου αέρα σε υψηλή πίεση. Έτσι έφτιαξαν τη πρώτη αποτελεσματική και ασφαλή αναπνευστική συσκευή SCUBA ανοικτού κυκλώματος, γνωστή ως Aqua - Lung. (Στις συσκευές ανοικτού κυκλώματος ο αέρας που εισπνέει ο δύτης προέρχεται από τη φιάλη, ενώ η εκπνοή του εξέρχεται απευθείας στο νερό. Στις συσκευές κλειστού κυκλώματος το εκπνεόμενο από το δύτη αέριο ανακυκλώνεται μετά από κατακράτηση του Διοξειδίου του Άνθρακα και ξαναχρησιμοποιείται από το δύτη.)

Είναι λίγο κοινότοπο, αλλά αληθινό, ότι γνωρίζουμε την επιφάνεια του φεγγαριού καλύτερα από ότι γνωρίζουμε τους βυθούς των ωκεανών μας. Ακόμη και στις πιο δημοφιλείς περιοχές κατάδυσης, υπάρχουν πράγματα που ο πολύς κόσμος δεν έχει δει ποτέ.

Η κατάδυση είναι ένα από τα πιο μαγικά σπορ που μπορεί να επιλέξει κανείς σαν χόμπι, ιδιαίτερα στη χώρα μας που έχει την τύχη να είναι περιτριγυρισμένη από θάλασσα. Η επαφή με το νερό, όσο και η περιήγηση σε έναν κόσμο καλά κρυμμένο και απομακρυσμένο από την καθημερινότητά μας, είναι μόνο δύο από τα στοιχεία, που την κάνουν μία περιπέτεια σε έναν κόσμο που ηχεί μόνο ηρεμία και φωτίζεται μόνο από τις ζωοδότες ακτίνες του ηλίου. Κάτι που τη κάνει μοναδική είναι και η ελευθερία από την «έλλειψη της βαρύτητας», καθώς και οι μοναδικές εικόνες και ήχοι.

Το ενδιαφέρον μου για τις καταδύσεις σε συνδυασμό με αυτό για τα αρχαία μνημεία είχε ως αποτέλεσμα την ενασχόλησή μου με την γεωμετρική τεκμηρίωση του αρχαίου οικισμού στο Φράγγθι Αργολίδας. Έτσι ασχολήθηκα γεωδαιτικά με τις υποβρύχιες αποτυπώσεις. Η συγκεκριμένη περιοχή προς αποτύπωση δεν επιλέχθηκε από εμένα, αλλά από την Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων μετά από δήλωσή μου να μου ανατεθεί περιοχή αρχαιολογικού ενδιαφέροντος προκειμένου να αποτυπωθεί.

Η εργασία αποτελείται από 3 κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο επιχειρείται να δοθεί μια ιδέα στον αναγνώστη για την περιοχή της μελέτης και την ιστορία της, τις ιδιαιτερότητες του υποβρύχιου περιβάλλοντος τόσο από την σκοπιά της βιωσιμότητας μέσα σε αυτό, όσο και από αυτή του τοπογράφου και του περιβάλλοντος των μετρήσεων. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν υποβρυχίως, με σκοπό τη γεωμετρική τεκμηρίωση του αρχαίου οικισμού, ενώ ακολουθεί το τρίτο με την εφαρμογή για την επίτευξη αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων.

Οποιαδήποτε υποβρύχια εφαρμογή προϋποθέτει σωστή προετοιμασία. Ο βυθός είναι κάτι το άγνωστο, μαγεία αλλά και παγίδα μαζί. Εφαρμόζοντας σωστά τις γνώσεις των καταδύσεων η κατάπληξη και η φοβία γίνονται αγάπη και μεράκι για ανακάλυψη.

1.1. Περιοχή Μελέτης

Η περιοχή μελέτης παρουσιάζει στο σύνολό της ιστορικά και γεωγραφικά στοιχεία από τα οποία φαίνεται η ιδιαιτερότητα της περιοχής και το αρχαιολογικό της ενδιαφέρον. Μέσα από αυτά πηγάζει η ανάγκη για τη γεωμετρική τους τεκμηρίωση.

1.1.1. Ιστορικά στοιχεία

Σκοπός της έρευνας, είναι να εξερευνηθεί το βυθισμένο αρχαίο τοπίο και να βρει τα ίχνη της ανθρώπινης κατοίκησης στην ευρύτερη περιοχή του σπηλαιού Φράγγθι. Τα πρώτα βήματα της έρευνας έγιναν το 2012 και η εν λόγω διπλωματική εργασία αποτελεί κομμάτι της.

Σπήλαιο Φράγχθι

Το σπήλαιο Φράγχθι βρίσκεται στη Ν.Δ. Αργολίδα, στη βόρεια ακτή του κόλπου της Κοιλιάδας. Κατοικήθηκε κυρίως κατά την Ανώτερη Παλαιολιθική (40-10.000 π.Χ.), τη Μεσολιθική (9-7.000 π.Χ.) και τη Νεολιθική περίοδο (7-3.000π.Χ.).

Στην *Παλαιολιθική και Μεσολιθική περίοδο*, το Φράγχθι υπήρξε καταφύγιο μετακινούμενων κυνηγών, τροφосуλλεκτών και ψαράδων, οι οποίοι χρησιμοποιούσαν για τις καθημερινές τους ανάγκες εργαλεία φτιαγμένα από σκληρές και αιχμηρές πέτρες, όπως ο πυριτόλιθος και ο οψιανός. Η Μεσολιθική είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ιστορία του σπηλαίου, καθώς συνδέεται με κοινωνικές και οικονομικές μεταβολές. Πραγματοποιούνται οι πρώτοι ενταφιασμοί, τα ταξίδια ανοιχτής θαλάσσης και εμφανίζονται τα πρώτα δείγματα συστηματικής αλιείας.

Στη *Νεολιθική περίοδο*, η κατοίκηση επεκτάθηκε εκτός του σπηλαίου, στον παρακείμενο υπαίθριο χώρο. Το μεγαλύτερο μέρος αυτού του οικισμού, το οποίο ονομάζεται Παραλία, είναι σήμερα καταβυθισμένο λόγω της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Σπήλαιο και υπαίθριος χώρος αποτέλεσαν το χώρο δραστηριοτήτων μιας κοινότητας γεωργών και κτηνοτρόφων, η οποία διατηρούσε επαφές με πολλές περιοχές του νοτίου Αιγαίου. Οι κάτοικοι του οικισμού χρησιμοποιούσαν πλήθος λίθινων εργαλείων, όπως λεπίδες για δρεπάνια, μαχαιράκια, αιχμές βελών, μυλόπετρες, τσεκουράκια και αξίνες, αλλά και πολλά οστέινα, όπως αγκίστρια, σπάτουλες και σουβλιά. Πολλά είδη της καθημερινής τους εργαλειοθήκης δεν έχουν σωθεί λόγω του φθαρτού τους χαρακτήρα. Για την εξυπηρέτηση των καθημερινών τους αναγκών, οι κάτοικοι είχαν διαμορφώσει το εσωτερικό του σπηλαίου σε επιμέρους χώρους χρήσης, κάποιοι από τους οποίους περιείχαν λιθόστρωτα δάπεδα ή εστίες φωτιάς. Στον υπαίθριο χώρο, τα σπίτια τους ήταν απλές κατασκευές με λίθινη θεμελίωση, δάπεδα από πατημένο πηλό και τοίχους σοβατισμένους για μόνωση και καθαριότητα. Τόσο το σπήλαιο όσο και ο υπαίθριος χώρος χρησιμοποιήθηκαν κατά καιρούς και ως τόποι ενταφιασμού. Μία από τις καινοτομίες της περιόδου είναι η κατασκευή αγγείων και ειδωλίων από ψημένο πηλό. Κάποια από τα αγγεία έφεραν περίτεχνη πολύχρωμη διακόσμηση. Όπως οι προκάτοχοί τους, έτσι και οι Νεολιθικοί κάτοικοι του σπηλαίου φρόντιζαν για τον καλλωπισμό τους φτιάχνοντας κοσμήματα από απλά φυσικά υλικά, όπως τα θαλάσσια κοχύλια.

Κατά το μεγαλύτερο μέρος του 20ου αιώνα το σπήλαιο χρησιμοποιήθηκε ως εποχικό ποιμνιοστάσιο.

Ιστορικά, το σπήλαιο Φράγχθι υπήρξε η πρώτη ανασκαμμένη θέση η οποία πυροδότησε τη συζήτηση της πρώιμης ναυσιπλοΐας στο Αιγαίο, με την εύρεση οψιανού –όπως προαναφέρθηκε- από τη Μήλο στα μεσολιθικά στρώματα. Επιπλέον, υπήρξε από τις πρώτες θέσεις που ανασκάφηκαν από διεπιστημονικό επιτελείο ερευνητών, εφαρμόζοντας μερικές από τις καινοτόμες μεθόδους της εποχής και συλλέγοντας συστηματικά πλήθος

ευρημάτων οργανικής προέλευσης, όπως φυτικά, κατάλοιπα μικροσπονδυλωτών, χερσαία και θαλάσσια όστρεα, ενώ σημαντικός αριθμός δειγμάτων από ξυλάνθρακες και οστά χρονολογήθηκαν με τη μέθοδο του ραδιενεργού άνθρακα (C14).

Το σπήλαιο Φράγγχι είναι ένα από τα ιστορικότερα σπήλαια και από τα πλουσιότερα σε αρχαιολογικά ευρήματα στην Ευρώπη. Ανακαλύφθηκε επίσημα από τον λάτρη της αρχαιολογίας Άδωνι Κύρου στα μέσα της δεκαετίας του 1960, όταν στη παραλία μπροστά από το σπήλαιο αντίκρισε θραύσματα από νεολιθικά αγγεία. Από εκεί ξεκίνησε η περιπέτεια της ανασκαφής στο σπήλαιο Φράγγχι.

Ήδη από το 1979, η Αμερικάνικη Αρχαιολογική Σχολή πραγματοποίησε έρευνες (γεωφυσικές μετρήσεις και μια τομή) στο βυθό της κοιλάδας σε συνεργασία με την Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων. Με αυτές τις έρευνες ανασυστάθηκε το γεωφυσικό ανάγλυφο και βρέθηκε η κοίτη ενός ποταμού, κοντά στον οποίο θεώρησαν οι ερευνητές ότι πιθανόν να εκτεινόταν το νεολιθικό χωριό που έψαχναν. Όμως τα τότε διαθέσιμα μέσα δε βοηθούσαν το δύσκολο εγχείρημα.

Έπειτα από τελευταίες θαλάσσιες έρευνες που ξεκίνησαν το 2012 αποδείχτηκε ότι η συγκεκριμένη τοποθεσία είχε μια πορεία ανάλογη με την ιστορία του ανθρώπινου γένους, γίνοντας έτσι γνωστό κι ως το προϊστορικό σπίτι του *homo sapiens*. Όλα τα νεότερα αρχαιολογικά ευρήματα του σπηλαίου, εκτίθενται σήμερα στο Αρχαιολογικό Μουσείο Ναυπλίου.

Η είσοδος του σπηλαίου Φράγγχι έχει βάθος 150 μέτρα και πλάτος 30 μέτρα και βρίσκεται σε υψόμετρο 12,5 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας. Αποτελείται από δύο θαλάμους και καθώς διασχίζει ο επισκέπτης το εσωτερικό του, συναντά μια μικρή λίμνη. (πηγή: <https://greece.terrabook.com>)

Καταβυθισμένος οικισμός Χαλκοκρατίας (3^η χιλιετία π.Χ.)

Το υπουργείο Πολιτισμού, Παιδείας και Θρησκευμάτων ανακοίνωσε στις 12/8/2015 το εξής δελτίο τύπου:

Μεγάλης έκτασης βυθισμένο οικισμό της 3ης χιλιετίας π.Χ. έφερε στο φως η έρευνα συνεργασίας της Εφορείας Εναλίων Αρχαιοτήτων και του Πανεπιστημίου της Γενεύης υπό την αιγίδα της Ελβετικής Αρχαιολογικής Σχολής, στον όρμο Κοιλάδας στην Αργολίδα. Η έρευνα, που ξεκίνησε από το 2014 στην θαλάσσια περιοχή του σπηλαίου Φράγγχι με την αποστολή Terra Submersa και το ηλιακό σκάφος Planet Solar, διεξάγεται υπό την διεύθυνση της Προϊσταμένης της Εφορείας Εναλίων Αρχαιοτήτων Δρ Αγγελικής Γ. Σίμωσι και του Διευθυντή της Ελβετικής Αρχαιολογικής Σχολής καθηγητή Karl Reber, με υπεύθυνους επί τόπου την καταδυόμενη αρχαιολόγο της ΕΕΑ Δέσποινα Κουτσούμπα και τον λέκτορα ελληνικής προϊστορίας του Πανεπιστημίου της Γενεύης Julien Beck.

Η επιστημονική ομάδα αναζητά τα ίχνη προϊστορικής ανθρώπινης δραστηριότητας στην ανατολική πλευρά του Αργολικού Κόλπου. Η φετινή ερευνητική περίοδος (2015) ξεκίνησε στις 13 Ιουλίου και επικεντρώθηκε στην παραλία "Λαμπαγιαννάς", όπου είχε εντοπιστεί προϊστορικός οικισμός από την ερευνητική περίοδο του 2014.

Πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη επιφανειακή έρευνα σε όλο τον όρμο. Ο οικισμός, που βρίσκεται σε βάθος από 1 μ έως 3 μ., έχει έκταση τουλάχιστον 12 στρέμματα και ήταν οχυρωμένος και παραθαλάσσιος. Εντοπίζεται η θεμελίωση πληθώρας κτισμάτων όλων των χαρακτηριστικών πρωτοελλαδικών τύπων (ορθογώνια, κυκλικά, αψιδωτά) και πλακόστρωτα (πιθανώς από δρόμους).

Εντοπίστηκε επίσης τμήμα του οχυρωματικού τείχους του οικισμού και τουλάχιστον τρεις υπερμεγέθεις (18X10 μ) πεταλόσχημες θεμελιώσεις προσαρτημένες στην γραμμή του τείχους (πιθανόν μέρος της οχύρωσης, ίσως πύργοι). Η κεραμική που περισυνελέγη από το χώρο του οικισμού, είναι χαρακτηριστική της Πρωτοελλαδικής ΙΙ περιόδου (μέσα 3ης χιλιετίας π.Χ., περίπου 2500 π.Χ.). Βρέθηκαν επίσης πληθώρα λίθινων εργαλείων, λεπίδες οψιανού και άλλα αντικείμενα.

Η περαιτέρω έρευνα του εκτεταμένου οικισμού, που έρχεται να προστεθεί στο πυκνό δίκτυο παραθαλάσσιων οικισμών της πρώιμης Χαλκοκρατίας στον Αργολικό Κόλπο (λ.χ. Λέρνα, Ασίνη, Σαλάντι κ.ά.), αναμένεται να δώσει πολύ ενδιαφέροντα στοιχεία για την κατοίκηση, το εμπόριο και τη ναυτιλιακή δραστηριότητα της περιόδου.

Η έρευνα θα συνεχιστεί ως τις 14 Αυγούστου 2015 με λήψη πυρήνων και γεωφυσικές διασκοπήσεις στην θαλάσσια περιοχή του σπηλαίου Φράγχθι στον όρμο Κοιλιάδας.



Εικόνα 1.1. Η αρχαιολογική περιοχή στον νομό Αργολίδας, Πελοπόννησος

Η ανακάλυψη έγινε ουσιαστικά τυχαία, ενώ αναζητούνταν ενδείξεις για το αρχαιότερο χωριό στην Ευρώπη που χρονολογούνται πριν από 8.000 χρόνια. Η εύρεση, ωστόσο, της αρχαίας πόλης δεν είναι λιγότερο σημαντική. Συνολικά

6.000 αντικείμενα ανασύρθηκαν από τα ερείπια. Οι λεπίδες οψιδιανού πιστεύεται ότι προέρχονται από ηφαιστειακά πετρώματα από το νησί της Μήλου, η οποία κατοικείται από την τρίτη χιλιετία. Επιπλέον, τα τείχη που βρέθηκαν είναι ταυτόχρονα με τις πυραμίδες της Γκίζας (χτίστηκαν γύρω στο 2.600 -2.500 π.Χ.), καθώς και του κυκλαδικού πολιτισμού (3.200 – 2.000 π.Χ.) και των πρώτων Μινωικών της Κρήτης (2.700 – 1.200 π.Χ.). Ωστόσο, προηγούνται του πρώτου μεγάλου ελληνικού πολιτισμού, του Μυκηναϊκού (1.650 – 1.100 π.Χ.), πάνω από χίλια χρόνια.

Σχετικά με την αποστολή Terra Submersa και το ηλιακό σκάφος Planet Solar, όπως αναφέρονται στο δελτίο τύπου, οι καιρικές συνθήκες της έρευνας ήταν ιδανικές. Πλωτά όργανα μέτρησης ποντίστηκαν στο νερό καταγράφοντας λεπτομέρειες για το βυθό της περιοχής. Εκτός από την καταγραφή του βάθους με το βυθόμετρο, διεξήχθησαν έρευνες με σεισμικές τομές, από έναν πλωτό τομογράφο πυθμένα. Με βάση αυτά τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν, οι ερευνητές μπορούν να σχηματίσουν μια σαφή εικόνα για την τομή του βυθού και το πώς αυτός έχει διαφοροποιηθεί στην πάροδο του χρόνου σε βάθος δεκάδων χιλιάδων ετών.

Στη συνέχεια, με τη χρήση ηχοβολιστικού (side-scan sonar), ελήφθησαν δεδομένα που θα επιτρέψουν τη χαρτογράφηση του ανάγλυφου του πυθμένα, όπως αυτός είναι σήμερα. Για τη λήψη των μετρήσεων τα ερευνητικά σκάφη ακολουθούσαν προκαθορισμένες πορείες με απολύτως ελεγχόμενη ταχύτητα, ώστε να σαρώσουν ολόκληρη την υπό διερεύνηση περιοχή.

Οι έρευνες των θαλάσσιων γεωλόγων κατέδειξαν, επίσης, σημάδια από την κοίτη ενός αρχαίου ποταμού, γεγονός ενθαρρυντικό για την ανακάλυψη περαιτέρω ευρημάτων, αφού ήταν σύνηθες στην αρχαία εποχή οι ανθρώπινες δραστηριότητες να αναπτύσσονται κοντά σε νερό.

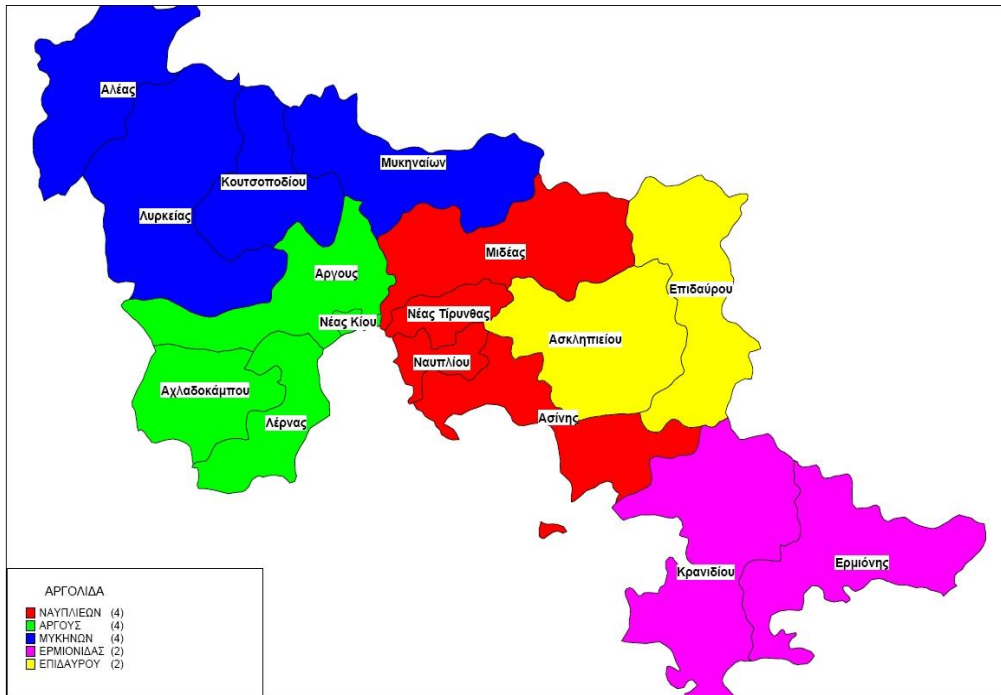
Η δική μας έρευνα επικεντρώθηκε σε τμήμα της παραλίας «Λαμπαγιαννά» και συγκεκριμένα στον βορειότερο από τις τρεις υπερμεγέθεις πεταλόσχημες θεμελιώσεις, που βρέθηκαν προσαρτημένες στη γραμμή του οχυρωματικού τείχους και οι οποίες δεν αποκλείεται να στήριζαν τους αρχαίους πύργους.



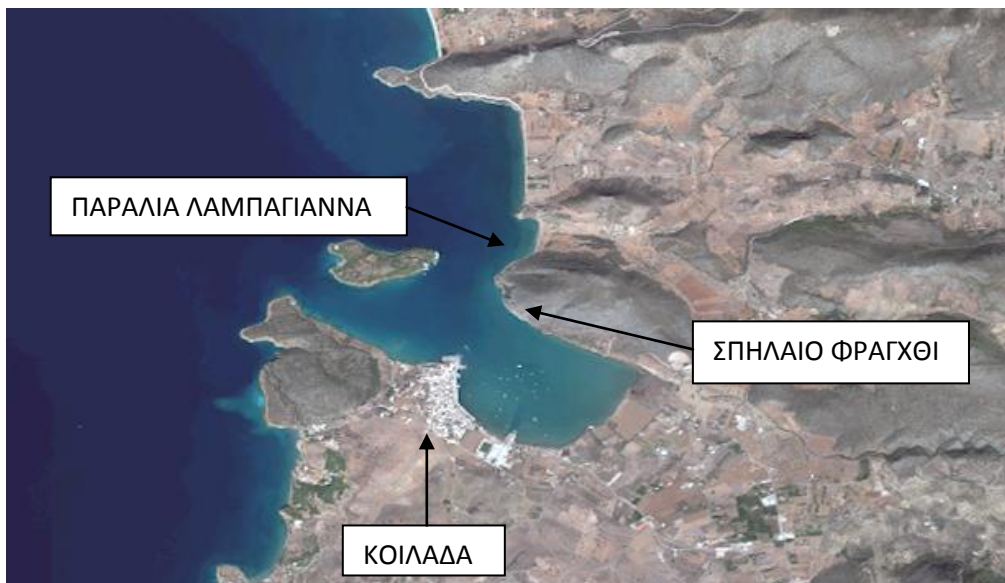
Εικόνα 1.2. Όστρακα αγγείων στην παραλία Λαμπαγιαννά

1.1.2. Γεωγραφικά χαρακτηριστικά

Το σπήλαιο Φράγγθι και ο βυθισμένος οικισμός της 3^{ης} χιλιετίας π.Χ. βρίσκονται στη ΝΔ Αργολίδα και συγκεκριμένα στον όρμο της Κοιλιάδας, επαρχία Ερμιονίδας. Η Κοιλιάδα είναι ένα γραφικό παραθαλάσσιο χωριό με μεγάλη παράδοση στην κατασκευή ξύλινων. Ουσιαστικά αποτελεί το επίνειο της πόλης του Κρανιδίου. Η περιοχή είναι ηλιόλουστη και το κλίμα της θερμό. Το υψόμετρο του χωριού είναι 12m.



Εικόνα 1.3. Ο νομός Αργολίδας και οι δήμοι του



Εικόνα 1.4. Το σπήλαιο Φράγγθι και η παραλία Λαμπαγιαννά σε σχέση με την Κοιλιάδα

Το σπήλαιο Φράγγχι βρίσκεται στη βόρεια ακτή του κόλπου της Κοιλιάδας. Η φυσική βλάστηση στην περιοχή είναι χαμηλή και το έδαφος πετρώδες. Συναντώνται, επίσης, καλλιέργειες ελαιόδεντρων.

Μία από τις παραλίες της Κοιλιάδας είναι αυτή του «Λαμπαγιαννά», στην οποία ανακαλύφθηκε ο βυθισμένος οικισμός. Η ακτή καλύπτεται από βότσαλα και η κατεύθυνσή της είναι Β-ΒΑ, Ν-ΝΔ. Ο πυθμένας παρουσιάζει σχετικά ήπια κλίση και μικρό βάθος. Η περιοχή που πραγματοποιείται η αρχαιολογική έρευνα εκτείνεται σε απόσταση 100m, περίπου, από την ακτή με μέγιστο βάθος τα 3m.

Η συγκεκριμένη παραλία επηρεάζεται πολύ από τον δυτικό άνεμο (Ζέφυρος/Πουνέντες), καθώς παρουσιάζει επιφανειακό κυματισμό προς την παραλία παρασύροντας ξένα σώματα προς αυτήν. Επίσης, αυτός ο άνεμος δυσχεραίνει την ορατότητα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, καθώς τα αιωρούμενα σωματίδια σε συνδυασμό με το μικρό βάθος δημιουργούν θολότητα.

Ένα, ακόμα, χαρακτηριστικό που αξίζει να σημειωθεί από την επιτόπια επίσκεψη στην παραλία είναι η έντονη αλατότητα, η οποία πιθανώς να εξηγεί και την απουσία θαλάσσιας ζωής. Τα νερά ήταν αρκετά ζεστά (τέλη Ιουλίου), γεγονός που παρέτεινε τον χρόνο παραμονής υποβρυχίως.

1.2. Εφορεία εναλίων αρχαιοτήτων

Η Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων (Ε.Ε.Α.) είναι Ειδική Περιφερειακή Υπηρεσία του Υπουργείου Πολιτισμού και Αθλητισμού (ΥΠ.ΠΟ.Α.) με αρμοδιότητα σε όλη την Ελληνική Επικράτεια.

Ιδρύθηκε το 1976 (ΦΕΚ 207/Α/10-8-1976) και έχει ως αποστολή την προστασία των ενάλιων αρχαιοτήτων, όπως ναυάγια αρχαίων πλοίων, οικισμών ή αρχαίων λιμενικών εγκαταστάσεων, που βρίσκονται εντός των θαλασσών, των λιμνών και των ποταμών. Από το 2003, η Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων προστατεύει και τα ναυάγια πλοίων και αεροσκαφών άνω των 50 ετών από την ημερομηνία ναυαγήσεώς τους, τα οποία κηρύχτηκαν ως μνημεία (ΦΕΚ 1701/Β/19-11-2003) -συμπεριλαμβανομένων και των κινητών στοιχείων που περικλείουν- διότι παρουσιάζουν ιστορικό, τεχνολογικό, επιστημονικό και πολιτιστικό ενδιαφέρον.

Αναλυτικά, η Εφορεία ασκεί τις εξής δραστηριότητες:

- Εντοπισμό, έρευνα εναλίων αρχαίων και μέριμνα για τη διασφάλιση αυτών
- Συντήρηση εναλίων αρχαιοτήτων
- Οργάνωση μουσείων εναλίων αρχαιοτήτων
- Εποπτεία έργου Ινστιτούτων εναλίων δραστηριοτήτων, ωκεανογραφικών ιδρυμάτων και αποστολών
- Έλεγχο των θαλασσίων και υποβρυχίων δραστηριοτήτων που μπορούν να προκαλέσουν άμεση ή έμμεση βλάβη σε αρχαία
- Προώθηση της διαδικασίας της κήρυξης ενάλιων αρχαιολογικών χώρων (άρθρο 15 του Ν. 3028, ΦΕΚ 153/Α/28-6-2002), καθώς και της ίδρυσης και λειτουργίας των χώρων αυτών ως επισκέψιμων με

συνοδευόμενη κατάδυση (άρθρο 11 του Ν3409, ΦΕΚ 273/Α/4-11-2005).

Η Εφορεία Εναλίων Αρχαιοτήτων λειτουργεί ως αυτοτελής Διεύθυνση της Γενικής Διεύθυνσης Αρχαιοτήτων και Πολιτιστικής Κληρονομιάς με έδρα την Αθήνα και υπάγονται σε αυτή Γραφεία που λειτουργούν στην Περιφερειακή Ενότητα Θεσσαλονίκης, με έδρα τη Θεσσαλονίκη, και στην Περιφερειακή Ενότητα Ηρακλείου, με έδρα το Ηράκλειο.

Τα Γραφεία που λειτουργούν στις Περιφερειακές Ενότητες Θεσσαλονίκης και Ηρακλείου ασκούν το σύνολο των αρμοδιοτήτων των τμημάτων της Εφορείας κατά τόπο στα όρια των περιοχών τους.

Ειδικότερα, αντικείμενα αρμοδιότητας της Εφορείας είναι:

- Δημόσια και ιδιωτικά έργα στη θάλασσα (λιμενικά έργα κλπ.)
- Έργα επί του αιγιαλού και της παραλίας
- Χορηγήσεις αδειών για υ/β έρευνες, ιχθυοκαλλιέργειες, υδατοκαλλιέργειες, οστρακαλιείες, ποντίσεις καλωδίων
- Άδεια υποβρύχιας φωτογράφισης, κινηματογράφησης και βιντεοσκόπησης κλπ.
- Χορήγηση αμοιβών για παράδοση αρχαίων
- Χειρισμός υποθέσεων για αρχαιοκαπηλίες και κατασχέσεις, χορήγηση νόμιμων αδειών κατοχής αρχαίων αντικειμένων
- Αρχαιολογικός Έλεγχος για υποδείξεις εναλίων αρχαίων
- Συντήρηση για την προστασία και την ανάδειξη των εναλίων.

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής, υπήρξε αγαστή συνεργασία με την Ε.Ε.Α. και συγκεκριμένα με το υπαγόμενο Τμήμα Εναλίων Αρχαιολογικών Χώρων, Μνημείων και Ερευνών το οποίο είναι αρμόδιο για:

- Τον προγραμματισμό, την τεχνική οργάνωση και πραγματοποίηση υποβρυχίων αρχαιολογικών ανασκαφών ή εν γένει ερευνών, για τον εντοπισμό, την εξερεύνηση, τη διάσωση και την ανέλκυση των εναλίων αρχαιοτήτων
- Την οργάνωση και λήψη μέτρων για την προστασία και διασφάλιση των ευρισκομένων στους βυθούς αρχαιοτήτων.
- Την εποπτεία και τον έλεγχο των διεξαγόμενων από ημεδαπούς και αλλοδαπούς οργανισμούς ή ιδιώτες, πάσης φύσεως υποβρυχίων ερευνών και δραστηριοτήτων.

1.3. Μέθοδοι γεωμετρικής τεκμηρίωσης

Η διαδικασία συλλογής, επεξεργασίας, απόδοσης και καταχώρησης στοιχείων για τα μνημεία ονομάζεται τεκμηρίωση. Γεωμετρική τεκμηρίωση μνημείου είναι η καταγραφή της θέσης του και της πραγματικής υπάρχουσας μορφής, σχήματος και μεγέθους του, στο χώρο των τριών διαστάσεων σε μια δεδομένη χρονική στιγμή.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αποτύπωση μιας περιοχής υποβρυχίως ελάχιστα διαφέρουν ως προς τις βασικές τους αρχές με τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται επίγεια. Έτσι στις αποτυπώσεις των μνημείων έχουν εφαρμογή τόσο οι απλές τοπογραφικές μέθοδοι, όσο και οι τοπομετρικές και φωτογραμμετρικές μέθοδοι.

Οι τοπομετρικές βασίζονται στην μέτρηση των αναγκαίων στοιχείων και αποσκοπούν στο διαδοχικό προσδιορισμό σημείων με τη μέθοδο των τριγώνων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα στα μεγάλα μνημεία, καθώς και στα μνημεία που παρουσιάζουν χωρική κατανομή οι τοπομετρικές μέθοδοι να έχουν δυσκολία εφαρμογής.

Ένας συνδυασμός τοπογραφικών και τοπομετρικών μεθόδων είναι ικανός να δώσει αποτελέσματα περισσότερο αποδεκτά από ότι οι τοπομετρικές μέθοδοι. Οι μέθοδοι αυτοί βασίζονται σε άμεσες μετρήσεις μηκών και γωνιών είτε στο αντικείμενο είτε σε φωτογραφίες, με στόχο τον προσδιορισμό τρισδιάστατων συντεταγμένων, των σημείων της αποτύπωσης σε ένα ενιαίο σύστημα αναφοράς.

Παρόλα αυτά οι τοπογραφικές - φωτογραμμετρικές μέθοδοι είναι οι οικονομικότερες, με την έννοια ότι είναι οι μόνες που μπορούν να ικανοποιήσουν με ασφάλεια τις οποιεσδήποτε προδιαγραφές, με το μικρότερο δυνατό κόστος και τη μεγαλύτερη ωφέλεια.

1.4. Περιβάλλον μετρήσεων

Το υποβρύχιο περιβάλλον είναι ξένο και αφύσικο για τον άνθρωπο, όπου βλέπει, ακούει, κινείται και αλληλεπιδρά με ένα διαφορετικό τρόπο σε σχέση με τον αέρα.

Το νερό είναι περίπου 800 φορές πυκνότερο από τον αέρα και γι' αυτό το λόγο το φως, ο ήχος και η θερμότητα συμπεριφέρονται διαφορετικά μέσα στο νερό. Για να γίνει αυτό πιο κατανοητό ας εστιάσουμε σε ορισμένες διαφορές.

Το ανθρώπινο μάτι χρειάζεται αέρα για να μπορέσει να εστιάσει και αυτόν του τον παρέχει η μάσκα. Ωστόσο, ακόμα και αν τα μάτια μπορούν να εστιάσουν, υπάρχουν ακόμα ορισμένες επιπτώσεις στην όραση γιατί το φως ταξιδεύει με διαφορετικές ταχύτητες μέσα στο νερό και μέσα στον αέρα. Όταν το φως αλλάζει ταχύτητα πηγαίνοντας από το νερό στον αέρα (όπως όταν μπαίνει μέσα στη μάσκα) αλλάζει ελαφρώς την πορεία του (αυτό ονομάζεται *διάθλαση*) που μεγεθύνει τα πάντα κατά περίπου 33%. Αυτό κάνει τα πράγματα να δείχνουν μεγαλύτερα και/ή πιο κοντά, ανάλογα με την προοπτική που τα πράγματα γίνονται αντιληπτά.

Το νερό επηρεάζει το φως και με άλλους τρόπους. Καθώς ο δύτες κατεβαίνει στον βυθό υπάρχει λιγότερο φως. Αυτό συμβαίνει γιατί το φως αντανάκλαται στην επιφάνεια του νερού, διαχέεται από σωματίδια μέσα σε αυτό, και το νερό το απορροφά απευθείας. Ωστόσο, το νερό δεν απορροφά το φως ομοιόμορφα.

Το λευκό φως, όπως είναι το φως του ηλίου, αποτελείται από όλα τα χρώματα μαζί. *Καθώς το λευκό φως ταξιδεύει μέσα στο νερό, αυτό απορροφά τα χρώματα το ένα μετά το άλλο: πρώτα το κόκκινο, και ακολουθεί το πορτοκαλί και το κίτρινο. Επειδή κάθε χρώμα αποτελεί μέρος του συνολικού φωτός, απομένει λιγότερο φως, καθώς το βάθος αυξάνει και το νερό απορροφά το κάθε χρώμα. Αυτό κάνει τα πιο βαθιά νερά πιο σκοτεινά και με λιγότερο*

χρώμα. Κόκκινα, πορτοκαλί, ή κίτρινα αντικείμενα, συχνά εμφανίζονται σε τόνους του καφέ, του γκρι ή του μαύρου. Για να δουν οι δύτες πιο ζωντανά χρώματα σε βαθύτερες καταδύσεις χρειάζονται υποβρύχιο φακό, που παρέχει αφιλτράριστο φως και φανερώνει τα χρώματα.

Το νερό επίσης, επηρεάζει τον ήχο. Ο υποβρύχιος κόσμος δεν είναι ένας αθόρυβος κόσμος. Μέσα σε αυτόν ακούγονται πολλοί καινούργιοι και ενδιαφέροντες ήχοι, όπως είναι το δάγκωμα της γαρίδας, το γρύλισμα του ψαριού και οι μηχανές των σκαφών που περνούν από απόσταση. Ο ήχος ταξιδεύει μακρύτερα μέσα στο νερό σε σχέση με τον αέρα, γι' αυτό είναι δυνατό να ακουστούν πράγματα από αποστάσεις που στον αέρα δεν γίνεται.

Επίσης, ο ήχος ταξιδεύει περίπου τέσσερις φορές ταχύτερα στο νερό απ' ό,τι στον αέρα. Αυτό κάνει δύσκολο τον προσδιορισμό της κατεύθυνσης από την οποία έρχεται ο ήχος. Συνήθως, φαίνεται ότι έρχεται απ' ευθείας πάνω από το κεφάλι του δύτε.

Υποβρυχίως, η επικοινωνία είναι μειωμένη, εκτός και αν υπάρχει ειδικός εξοπλισμός ηλεκτρονικής επικοινωνίας. Κάποιοι δύτες προσελκύουν τη προσοχή φωνάζοντας και μερικοί γίνονται κατανοητοί φωνάζοντας μέσα από ρυθμιστή, αλλά συνήθως περιορίζονται στην υποβρύχια επικοινωνία κάνοντας ήχους για να προσελκύσουν το ζευγάρι τους. Ο ευκολότερος τρόπος γι' αυτό είναι το χτύπημα της φιάλης με το καταδυτικό μαχαίρι ή κάποιο άλλο αντικείμενο. Το ζευγάρι θα ακούσει τον κτύπο, αλλά ίσως χρειαστεί να κοιτάξει τριγύρω για να καταλάβει από πού έρχεται ο ήχος.

Αφού τραβήξουμε την προσοχή του, μπορούμε να επικοινωνήσουμε είτε γράφοντας πάνω σε μία πινακίδα είτε χρησιμοποιώντας σήματα με τα χέρια. Ο πρώτος τρόπος έχει το μειονέκτημα ότι παίρνει αρκετό χρόνο, γι' αυτό είναι καλύτερη η χρήση σημάτων με τα χέρια.

Οι εικόνες που ακολουθούν δείχνουν τα βασικά σήματα με τα χέρια που χρησιμοποιούνται υποβρυχίως:



Εικόνες 1.5, 1.6. Βασικοί συμβολισμοί επικοινωνίας υποβρυχίως

Επίσης, το κάθε ζευγάρι μπορεί να επινοήσει ορισμένα και να αυτοσχεδιάσει αν χρειαστεί.

Το να κρυώνουμε αποτελεί ακόμα μια ιδιαιτερότητα της κατάδυσης, καθώς υπάρχει και η πιθανότητα για σοβαρή απειλή στην υγεία μας, εάν αυτό γίνει σε υπερβολικό βαθμό. Στον αέρα, χάνουμε θερμότητα από το σώμα καθώς αυτή μεταφέρεται από το δέρμα στον αέρα, και καθώς ο ιδρώτας δροσίζει το δέρμα με την εξάτμιση. Στο νερό η μετάδοση της θερμότητας γίνεται 20 φορές γρηγορότερα από τον αέρα, που σημαίνει ότι για μια δεδομένη θερμοκρασία, το νερό μας κρυώνει πολύ πιο γρήγορα. Στον αέρα στους 30° C είναι ζεστά, αλλά μέσα στο νερό νοιώθουμε κρύο μετά από λίγο.

Εάν δεν περιορισθεί η απώλεια θερμότητας του σώματος μπορεί να οδηγήσει σε υποθερμία, μία σοβαρή κατάσταση κατά την οποία το σώμα παγώνει τόσο πολύ που δεν μπορεί να λειτουργήσει φυσιολογικά. Για να αποφευχθεί αυτή η κατάσταση γίνεται χρήση μονωτικού υλικού (στολές υγρού ή στεγανού τύπου). Οι ισοθερμικές στολές στην ουσία δεν μας «κρατούν» ζεστούς, αλλά επιβραδύνουν την απώλεια της θερμότητας αρκετά, ώστε να αισθανόμαστε άνετα κατά την διάρκεια της κατάδυσης.

Η πυκνότητα του νερού το κάνει να εμφανίζει αντίσταση στην κίνηση, γι' αυτό εξοικονομούμε ενέργεια με το να κινούμαστε αργά και σταθερά. Οι γρήγορες σπασμωδικές κινήσεις που σπαταλούν ενέργεια και προκαλούν την κατανάλωση αέρα πιο γρήγορα πρέπει να αποφεύγονται.

Η θέση μέσα στο νερό σχετίζεται με αυτό. Η υδροδυναμική θέση δημιουργείται κολυμπώντας οριζόντια και διατηρώντας τους σωλήνες και τον εξοπλισμό μαζεμένα κοντά στον κορμό. Με αυτόν τον τρόπο, εξοικονομούμε ενέργεια, γιατί υπάρχει πολύ μικρότερο εμπόδιο ενάντια στο νερό.

Μια άλλη κατάσταση που αλλάζει στο νερό είναι η ορατότητα, η οποία κυμαίνεται από 0 μέχρι και πάνω από 60 μέτρα. Στους παράγοντες που επηρεάζουν την ορατότητα περιλαμβάνονται: 1) η κίνηση του νερού, 2) ο καιρός, 3) τα αιωρούμενα μικροσωματίδια και 4) η σύνθεση του βυθού. Τα κύματα, το σπάσιμο του κύματος στην ακτή και τα ρεύματα αναταράζουν το ίζημα. Επίσης, η απορροή της βροχής συνήθως θολώνει την ορατότητα. Εάν αναταραχθεί από τις κινήσεις των πέλδων, τα απόνερα του σκάφους ή από κάποια άλλη κίνηση του νερού, το λεπτό ίζημα στον πυθμένα θα στροβιλισθεί μέσα στο νερό και θα καταστρέψει αμέσως την ορατότητα. Σε συγκεκριμένες συνθήκες, τα αιωρούμενα μικροσκοπικά ζώδια (ζωοπλαγκτόν) και φυτά (φυτο-πλαγκτόν) πολλαπλασιάζονται και θολώνουν το νερό.

Η κατάδυση σε υπερβολικά διαυγή νερά απαιτεί κάποια προσοχή. Ο πυθμένας μπορεί να εμφανίζεται πιο κοντά απ' ό,τι είναι στην πραγματικότητα και είναι πιθανό να επέλθει αποπροσανατολισμός κατά τη διάρκεια των καταδύσεων και αναδύσεων σε διαυγή νερά, χωρίς σημείο αναφοράς.

1.4.1. Κίνδυνοι κατάδυσης

Κατά την κατάδυσή μας εισβάλλουμε σε έναν άλλο κόσμο όχι τόσο γνώριμο με τον επίγειο. Οι κίνδυνοι είναι σαφώς αυξημένοι, αλλά με την κατάλληλη προσοχή σχεδόν εκμηδενίζονται.

Είναι πολύ πιθανό να υποφέρουμε από την απρόσμενη επαφή με ένα μη επιθετικό οργανισμό – όπως είναι ο τραυματισμός από το τσίμπημα αχινού, το τσίμπημα από τσούχτρα και τα συγγενικά της είδη, ή κοψίματα και γδαρσίματα από οστρακοειδή και κοράλλια. Για να τα αποφύγουμε, προσέχουμε πού ακουμπάμε και φοράμε καταδυτική στολή για προστασία από τυχαία επαφή. Εάν δεν έχουμε εξοικείωση με έναν οργανισμό, τον αφήνουμε ήσυχο. Ένας έξοχος κανόνας λέει ότι: Αν είναι πολύ όμορφο, πολύ άσχημο ή δεν τρέχει να κρυφτεί - μην το αγγίζετε! Τα δηλητηριώδη ψάρια και άλλα υδρόβια ζώα που τσιμπάνε φροντίζουν να έχουν αυτά τα χαρακτηριστικά.

Εξαιρετικά λίγα υδρόβια ζώα είναι επιθετικά. Αν και είναι αλήθεια ότι σχεδόν οποιοδήποτε ζώο που έχει μεγάλο μέγεθος είναι ενδεχομένως επικίνδυνο όταν προκαλείται, είναι πραγματικά πολύ σπάνιο για τους ανθρώπους να έχουν δεχθεί επιθέσεις από υδρόβια ζώα. Η φήμη για ορισμένα ζώα ως δολοφόνοι που διψούν για αίμα, όπως είναι οι καρχαρίες και οι φάλαινες δολοφόνοι, προέκυψαν από ανακριβείς και διαστρεβλωμένες αναφορές που έγιναν μύθοι.

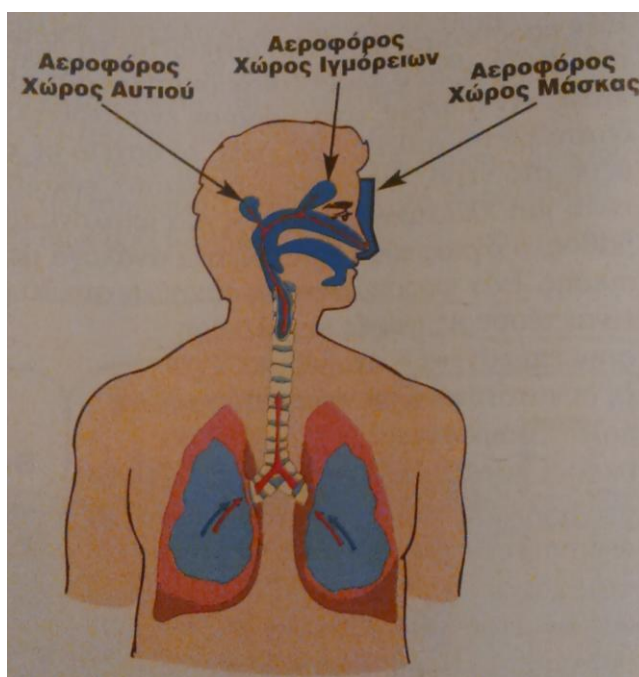
Οι τραυματισμοί από ζώα που μπορεί να φαίνονται επιθετικά, όπως είναι τα χέλια και τα σαλάχια, στην πραγματικότητα είναι αποτέλεσμα φοβισμένων ζώων, που αναγκάζονται να αντιδρούν αμυντικά – όπως στην περίπτωση που από απροσεξία βάλουμε το χέρι μας μέσα σε τρύπα με ένα χέλι, χωρίς να κοιτάζουμε πρώτα μέσα.

Κάτι άλλο που συναντάμε στον βυθό της θάλασσας είναι τα υδρόβια φυτά και είναι πολύ εύκολο να γλιστρήσουμε πάνω τους. Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να μπλεχτούμε σε ορισμένους τύπους φυτών. Αυτό όμως δεν αποτελεί σοβαρό πρόβλημα και με λίγη προσοχή μπορούμε να κινηθούμε εύκολα μέσα και γύρω από τα υδρόβια φυτά χωρίς να μπλεχτούμε ποτέ. Διατηρώντας τον εξοπλισμό σε υδροδυναμική θέση, προσέχοντας το πού πηγαίνουμε και αποφεύγοντας περιοχές με πυκνή βλάστηση ελαχιστοποιούνται οι πιθανότητες να πιαστούμε ή να μπερδευτούμε κάπου.

Αν όμως συμβεί αυτό, μένοντας ήρεμοι και σταματώντας στο σημείο αυτό κάνοντας μόνο ελαφρές κινήσεις θα ελευθερωθούμε, έχοντας και τη βοήθεια του ζευγαριού μας. Να αποφεύγεται η περιστροφή και η χρήση της δύναμης, γιατί έτσι τα φυτά θα τυλιχθούν γύρω μας χειρότερα.

Κατά τη διάρκεια της κατάδυσης, η πίεση του νερού αυξάνεται και συμπιέζει τον αέρα μέσα στους αεροφόρους χώρους του σώματος. Οι αεροφόροι χώροι είναι φυσικοί, που υπάρχουν ήδη στο σώμα και τεχνητοί, που δημιουργούνται όταν έχει φορεθεί ο καταδυτικός εξοπλισμός. Οι τρεις κύριοι αεροφόροι χώροι μέσα στο σώμα που επηρεάζονται περισσότερο από την αύξηση της πίεσης είναι τα αυτιά, τα ιγμόρεια και οι πνεύμονες, οι οποίοι πνεύμονες λόγω του

μεγέθους τους δύσκολα παθαίνουν συμπίεση. Ο κύριος τεχνητός αεροφόρος χώρος που επηρεάζεται περισσότερο από την αύξηση της πίεσης είναι αυτός που δημιουργείται από τη μάσκα.



Εικόνα 1.7. Οι βασικοί αεροφόροι χώροι

Καθώς ο όγκος μειώνεται, η πίεση σπρώχνει τους γειτονικούς ιστούς προς τον αεροφόρο χώρο, και αυτό γίνεται αισθητό στα αυτιά, στα ιγμόρεια και στη μάσκα. Εάν συνεχιστεί η κατάβαση, η αίσθηση γίνεται δυσάρεστη και αν συνεχίσετε ακόμα, γίνεται οδυνηρή. Αυτό ονομάζεται *συμπίεση του αεροφόρου χώρου*.

Επομένως, η συμπίεση είναι η έλλειψη ισορροπίας της πίεσης, κατά την οποία η πίεση έξω από έναν αεροφόρο χώρο ξεπερνά την πίεση μέσα στον αεροφόρο χώρο, καταλήγοντας σε πόνο και δυσφορία. Εκτός από τα αυτιά, τα ιγμόρεια και τη μάσκα, είναι πιθανό η συμπίεση να γίνει αισθητή και στους πνεύμονες, τα δόντια ή οποιοδήποτε άλλο αεροφόρο χώρο.

Για να αποφευχθεί η δυσφορία, πρέπει ο όγκος ενός αεροφόρου χώρου να διατηρείται κανονικός με το να προστίθεται αέρας κατά τη διάρκεια της καθόδου, κρατώντας, έτσι, την πίεση στον αεροφόρο χώρο ίση με την πίεση του νερού εξωτερικά. Αυτό ονομάζεται εξίσωση. Οι αεροφόροι χώροι των αυτιών και των ιγμορείων συνδέονται με το λαιμό, οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αέρας από τους πνεύμονες για να εξισωθούν. Ο αεροφόρος χώρος της μάσκας εξισώνεται από τη μύτη.

Κατά τη διάρκεια της ανάδυσης, ο ίδιος αέρας διαστέλλεται και πάλι, με αποτέλεσμα στην επιφάνεια οι πνεύμονες να επιστρέφουν σχεδόν στον αρχικό τους όγκο. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντική η συνεχόμενη αναπνοή, ακόμα και σε ρηχά νερά.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, μερικές από τις άμεσες επιπτώσεις που προέρχονται από τον αέρα που αναπνέουν οι δύτες, καθώς και τις αντιδράσεις τους είναι η μείωση του όγκου, οπότε και απαιτείται εξίσωση των αεροφόρων χώρων, και η αύξηση της πυκνότητας του αέρα, οπότε η εισπνοή πρέπει να γίνεται αργά και βαθιά.

Εκτός από αυτές τις άμεσες επιπτώσεις, η χρήση αέρα υπό πίεση έχει έμμεσες και περισσότερο δυσδιάκριτες επιπτώσεις. Αλλά, όπως και με τις πρώτες, αυτές οι επιπτώσεις είναι αρκετά προβλέψιμες και μπορούν να αποφεύγουν οι δύτες συνδεόμενα προβλήματα, ακολουθώντας ορισμένες απλές οδηγίες.

Για να γίνουν κατανοητές ορισμένες από τις πιθανές έμμεσες επιπτώσεις του αέρα στο βυθό της θάλασσας, χρειάζεται να εξετάσουμε τι είναι ο αέρας. Ο αέρας αποτελείται από πολλά αέρια, αλλά το άζωτο και το οξυγόνο καταλαμβάνουν πάνω από το 99%, έτσι για πρακτικούς λόγους, μπορεί να θεωρηθεί ότι ο αέρας κατά 79% αποτελείται από άζωτο και κατά 21% από οξυγόνο. Όταν αναπνέουμε, το σώμα χρησιμοποιεί το οξυγόνο, ενώ το αέριο του αζώτου είναι φυσιολογικά αδρανές, δηλαδή δεν χρησιμοποιείται από το σώμα.

Ο συμπιεσμένος αέρας μέσα στην καταδυτική φιάλη είναι ουσιαστικά ο ίδιος με τον αέρα που αναπνέουμε στο φυσικό μας περιβάλλον. Με τη διαδικασία γεμίσματος ο αέρας φιλτράρεται, ώστε να απομακρυνθούν χημικές ουσίες και σωματίδια ρύπων. Επιπλέον, αποβάλλεται το μεγαλύτερο μέρος της υγρασίας που μπορεί να καταστρέψει τις καταδυτικές φιάλες και να προκαλέσει άλλα προβλήματα.

Μολυσμένος Αέρας: Το πρώτο πιθανό πρόβλημα που εμπλέκεται με τον αναπνεύσιμο αέρα υπό πίεση, δηλαδή υποβρυχίως, αφορά στην παρουσία ουσιών που μολύνουν τον αέρα, οι οποίες δεν θα έπρεπε να βρίσκονται εκεί. Αυτό το πρόβλημα είναι σπάνιο, αλλά πιθανό.

Οι συμπιεστές που γεμίζουν τις καταδυτικές φιάλες χρησιμοποιούν ειδικά φίλτρα και διαχωριστήρες για να κατακρατούν τους ρύπους, όπως είναι το μονοξειδίο του άνθρακα ή αναθυμιάσεις πετρελαίου, μακριά από τον αναπνεύσιμο αέρα. Αυτό είναι σημαντικό, γιατί η πίεση αυξάνει αναλογικά τις συνέπειες του αερίου που αναπνέεται, γι' αυτό ακόμα και ίχνη ρύπων που στην επιφάνεια θα μπορούσαν να είναι ακίνδυνα, μπορεί να αποδειχθούν τοξικά υποβρυχίως.

Γενικά ο μολυσμένος αέρας προέρχεται από κάποιο πρόβλημα με το συμπιεστή ή το σύστημα φιλτραρίσματος, και κατά συνέπεια συχνά έχει άσχημη γεύση και οσμή – μπορεί, βέβαια, να είναι άοσμος και άγευστος. Ένας δύτες που αναπνέει μολυσμένο αέρα είναι πιθανό να νοιώσει πονοκέφαλο, ναυτία, ζαλάδα, ακόμη και να χάσει τις αισθήσεις του. Ο δύτες που έχει προσβληθεί από μολυσμένο αέρα ίσως να έχει κατακόκκινα χείλια και νύχια, ωστόσο αυτό είναι δύσκολο να γίνει φανερό μέσα στο νερό.

Για να αποφευχθεί ο μολυσμένος, θα πρέπει να βεβαιωθούμε ότι οι φιάλες περιέχουν μόνο καθαρό, ξηρό, φιλτραρισμένο και συμπιεσμένο αέρα από έναν αξιόπιστο σταθμό.

Τοξικότητα Οξυγόνου: Εάν η καταδυτική φιάλη γεμίσει με καθαρό οξυγόνο και όχι με συμπιεσμένο αέρα, το οξυγόνο μπορεί να γίνει τοξικό εάν το αναπνεύσουμε υπό πίεση. Σε μια τέτοια περίπτωση, θα μπορούσε να προκληθεί δηλητηρίαση από το οξυγόνο ακόμα και σε ρηχά νερά, όπως στα 6 μέτρα. Γι' αυτό το λόγο δε θα πρέπει να γεμίζει η φιάλη με καθαρό οξυγόνο.

Το 21% του οξυγόνου στο συμπιεσμένο αέρα μπορεί επίσης να αποδειχθεί τοξικό, αλλά όχι πριν περάσει κατά πολύ το μέγιστο προτεινόμενο όριο βάθους για την κατάδυση. Έτσι, όταν η κατάδυση γίνεται με αέρα μέσα στα όρια βάθους, η τοξικότητα του οξυγόνου δεν αποτελεί πρόβλημα.

Για να αποφευχθούν προβλήματα τοξικότητας οξυγόνου θα πρέπει να μη γεμίσει ο κύλινδρος με εμπλουτισμένο αέρα, εκτός αν προϋπάρχει ειδική εκπαίδευση και πιστοποίηση για τη χρήση του. Επίσης, θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση ενός κυλίνδρου που είναι μαρκαρισμένος για εμπλουτισμένο αέρα.

Νάρκωση του Αζώτου: Αν και το άζωτο δεν έχει καμιά άμεση επίπτωση στην επιφάνεια, αυτό αλλάζει όταν το αναπνέουμε υπό πίεση. Υποβρυχίως, σε βάθη που πλησιάζουν τα 30 μέτρα, το άζωτο έχει μια αισθητή επίδραση μέθης που εντείνεται καθώς το βάθος μεγαλώνει.

Ο δύτης που έχει επηρεαστεί από τη νάρκωση του αζώτου συμπεριφέρεται σαν μεθυσμένος. Η νάρκωση προκαλεί εξασθένηση στην κρίση και το συντονισμό του δύτη και μπορεί να δημιουργήσει μια λανθασμένη αίσθηση ασφάλειας, να προκαλέσει αδιαφορία για πρακτικές ασφάλειας και γενικά ανόητη συμπεριφορά. Η νάρκωση του αζώτου μπορεί να κάνει ένα δύτη να αισθανθεί ανήσυχα ή άβολα, τόσο που να μπορεί να οδηγήσει σε πανικό ή σε ανεπαρκείς αποφάσεις.

Η νάρκωση του αζώτου επηρεάζει κάθε άτομο διαφορετικά, και επίσης μπορεί να επηρεάσει το ίδιο άτομο διαφορετικά από τη μια μέρα στην άλλη. Η επίδρασή της μπορεί να συνδυαστεί με ορισμένα φάρμακα ή αλκοόλ και να επηρεάσει έναν δύτη σε μικρότερα βάθη από τα αναμενόμενα. Ως εκ τούτου η προειδοποίηση είναι να μην έχει πιεί και χρησιμοποιήσει φάρμακα πριν την κατάδυση ένας δύτης.

Η μείωση της νάρκωσης επιτυγχάνεται όταν αναδυόμαστε σε πιο ρηχά νερά, χωρίς παρενέργειες. Συνήθως εξαφανίζεται γρήγορα, καλό θα είναι όμως να αποφεύγουμε τις βαθιές καταδύσεις. Δεν είναι επικίνδυνη ή επιβλαβής από μόνη της, αλλά μας θέτει σε κίνδυνο, λόγω της εξασθένησης της κρίσης και του συντονισμού που απαιτούνται για να αποτραπούν καταστάσεις έκτακτης ανάγκης και να υπάρξει ανταπόκριση σε αυτές αν προκύψουν.

Νόσος της Αποσυμπίεσης: Ο χρόνος παραμονής στον βυθό έχει όρια, τα οποία σχετίζονται με το πόσο βαθιά πηγαίνουμε, και προκύπτουν από τη διάλυση του αερίου του αζώτου μέσα στους ιστούς του σώματός μας κατά τη διάρκεια της κατάδυσης. Αυτή είναι ίσως μια από τις πιο σημαντικές επιπτώσεις της αναπνοής αέρα υπό πίεση.

Η αυξημένη πίεση κατά την κατάδυση προκαλεί διάλυση του αζώτου από τον αέρα που αναπνέουμε μέσα στους ιστούς του σώματός μας. Όσο πιο βαθιά πηγαίνουμε και παραμένουμε, τόσο περισσότερο άζωτο απορροφά το σώμα μας.

Το σώμα μας δεν χρησιμοποιεί άζωτο, γι' αυτό ό,τι διαλύεται μέσα στο σώμα πρέπει να αποβληθεί από αυτό. Όταν γίνεται ανάδυση η πίεση που μας περιβάλλει μειώνεται και το πρόσθετο άζωτο δεν μπορεί να παραμείνει πλέον διαλυμένο μέσα στους ιστούς, γι' αυτό ξεκινά να βγει έξω. Έτσι, πραγματοποιώντας αργές (όχι ταχύτερα από 18 μέτρα/λεπτό) και ασφαλείς αναδύσεις μειώνεται ο κίνδυνος για νόσο αποσυμπίεσης.

Εφόσον το πρόσθετο άζωτο διατηρείται σε λογικά όρια, το σώμα το αποβάλλει χωρίς επιπλοκή. Για να παραμείνουμε μέσα σε αυτά τα όρια πρέπει να γίνεται χρήση καταδυτικών πινάκων και καταδυτικών κομπιούτερ, που δίνουν τους μέγιστους χρόνους παραμονής σε ένα δεδομένο βάθος, με βάση το πόσο άζωτο το σώμα μας έχει θεωρητικά απορροφήσει και απελευθερώσει.

Αν, ωστόσο, τα όρια ξεπεραστούν, το σώμα απορροφά τόσο πολύ πρόσθετο άζωτο που όταν αναδυόμαστε και βγαίνουμε στην επιφάνεια, το σώμα δεν μπορεί να το αποβάλει τόσο γρήγορα όσο αυτό βγαίνει από την κατάσταση διάλυσης που βρίσκεται. Καθώς βγαίνει έξω από τους ιστούς, το πρόσθετο άζωτο σχηματίζει φυσαλίδες μέσα στα αιμοφόρα αγγεία και τους ιστούς. Το φαινόμενο αυτό είναι παρόμοιο με αυτό όταν ανοίγουμε ένα μπουκάλι με σόδα, δηλαδή καθώς απελευθερώνουμε την πίεση και το διαλυμένο αέριο βγαίνει έξω από το διάλυμα, δίνοντας στο αναψυκτικό το άφρισμά του.

Ο σχηματισμός των φυσαλίδων μέσα στο σώμα μετά από μια κατάδυση προκαλεί μια πολύ σοβαρή ιατρική πάθηση που ονομάζεται *νόσος αποσυμπίεσης* και ορισμένες φορές αποκαλείται και *νόσος των δυτών*.

Ο χρόνος και το βάθος της κατάδυσης είναι οι βασικές μεταβλητές που εμπλέκονται στη νόσο της αποσυμπίεσης. Οι παράγοντες όμως που επιδρούν στο πώς το σώμα μας απορροφά και αποβάλλει το πρόσθετο άζωτο είναι διαφορετικοί. Όταν υπάρχουν αυτοί οι δευτερεύοντες παράγοντες, μπορούν να συμβάλλουν στην ανάπτυξη της DCS: η κούραση, η αφυδάτωση, η έντονη άσκηση (πριν, κατά τη διάρκεια ή μετά την κατάδυση), το κρύο, η ηλικία, τα πολλά περιττά κιλά, η ασθένεια, οι τραυματισμοί, η κατανάλωση αλκοόλ πριν ή μετά από μια κατάδυση. Επίσης, η κατάδυση σε υψόμετρο χωρίς να ακολουθούνται οι ειδικές διαδικασίες, ή η αύξηση του υψόμετρου μετά την κατάδυση με πτήση ή οδηγώντας μέσα στα βουνά, μπορεί να συμβάλλουν στο να εμφανιστεί νόσος αποσυμπίεσης.

Στα σημάδια και τα συμπτώματα συμπεριλαμβάνονται η παράλυση, το σοκ, η αδυναμία, η ζαλάδα, το μούδιασμα, το μυρμήγκιασμα, η δυσκολία στην αναπνοή και ο πόνος στις αρθρώσεις και τα άκρα με ένταση που ποικίλει. Στις πιο σοβαρές περιπτώσεις μπορεί να προκληθεί λιποθυμία και θάνατος. Συνήθως τα συμπτώματα εμφανίζονται μέσα σε διάστημα από 15 λεπτά έως 12 ώρες μετά την κατάδυση, ωστόσο μπορεί να εμφανιστούν και αργότερα. Έχουν την τάση να προκύπτουν βαθμιαία και να εμμένουν, ωστόσο μπορεί να είναι και περιοδικά.

Στις πρώτες βοήθειες για την ασθένεια της αποσυμπίεσης συμπεριλαμβάνεται το ξάπλωμα του δύτε και η εισπνοή οξυγόνου. Επίσης, σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις ασθένειας αποσυμπίεσης απαιτείται θεραπευτική αγωγή μέσα σε θάλαμο επανασυμπίεσης κατά τη διάρκεια της οποίας ο δύτες επανατοποθετείται υπό πίεση, ώστε να μπορέσει το σώμα να απορροφήσει τις φυσαλίδες μέσα στους ιστούς.

1.4.2. Οργάνωση τοπογραφικού συνεργείου και εξοπλισμού

Τα παραπάνω προβλήματα που δημιουργούνται από την ιδιαιτερότητα του περιβάλλοντος κάνουν ακόμα πιο επιτακτική τη σωστή οργάνωση του συνεργείου αποτύπωσης. Ωστόσο ο προγραμματισμός του είναι πρόβλημα αρκετά πολύπλοκο αφού προϋποθέτει να κατέχουμε αρκετά καλά θέματα τοπογραφίας αλλά και αποτυπώσεων.

Στα θέματα που αφορούν την αποτύπωση, ο προγραμματισμός γίνεται με τον ίδιο τρόπο που γίνεται και στις επίγειες αποτυπώσεις. Πρέπει η συλλογή των στοιχείων να γίνεται με τον ίδιο τρόπο ώστε οι επισκέψεις στον τόπο αποτύπωσης (καταδύσεις στην περίπτωση μας) να είναι όσο το δυνατόν λιγότερες.

Αρχικά θα πρέπει να είμαστε σίγουροι ότι όλα τα μέλη του συνεργείου βρίσκονται σε αρμονία μεταξύ τους και νιώθουν το θαλασσινό περιβάλλον οικείο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην επηρεάζονται όσον αφορά την ιδιαιτερότητα του περιβάλλοντος οι δύτες. Οι εργασίες δεν επιφορτίζονται με αυτό τον τρόπο από το υπερβαρικό περιβάλλον και έτσι οι απαραίτητες μετρήσεις γίνονται τώρα σαν να βρισκόμαστε στη στεριά.

Θέματα όπως είναι η πλήρωση των φιαλών με αέρα και η προετοιμασία των καταδυτικών εξοπλισμών πρέπει έγκαιρα να αντιμετωπίζονται. Είναι επίσης απαραίτητη η ύπαρξη σκάφους μεταφοράς του προσωπικού και υλικού με άνεση και ασφάλεια. Καλό είναι να υπάρχει και σκάφος συνοδείας και υποστήριξης του συνεργείου το οποίο θα παραμένει πάνω από την περιοχή των εργασιών οριοθετώντας την νοητά. Επίσης, χρήσιμο είναι και στην περίπτωση που το κυρίως σκάφος θα χρειαστεί να μετακινηθεί για να εκτελέσει κάποια άλλη εργασία. Στο σκάφος πρέπει να βρίσκονται απαραίτητα ο υπεύθυνος των καταδύσεων, ο οποίος θα έχει και την επίβλεψη των εργασιών. Αυτός έχει την ευθύνη για την μεταφορά και την τοποθέτηση των υλικών και οργάνων στο σκάφος. Ακόμη, μεταξύ των άλλων θα πρέπει να

βρίσκεται στο σκάφος φαρμακείο και μπουκάλα οξυγόνου για την περίπτωση ατυχήματος και την αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών. Τέλος, με το πέρας των εργασιών πρέπει να γίνεται η συντήρηση του εξοπλισμού με το ξέπλυμά του με νερό, τον καθαρισμό του σκάφους και την προσεκτική αποθήκευση των οργάνων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Η ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ ΣΤΙΣ ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΕΙΣ

2.1. Θεωρητικό μέρος

Στο τμήμα αυτό της διπλωματικής θα επιχειρήσουμε να περιγράψουμε συνοπτικά τις μεθόδους που μπορούν να χρησιμοποιηθούν υποβρυχίως, με σκοπό τη γεωμετρική τεκμηρίωση αρχαίου οικισμού. Υπόβαθρο οποιασδήποτε εργασίας αποτύπωσης είναι η τοπογραφία. Παρακάτω δίνονται στοιχεία για την ίδρυση και την επίλυση δικτύων υποβρύχια, ενώ αναλύονται όργανα και ο τρόπος λειτουργίας τους. Τέλος, αναλύεται ο τρόπος και η σειρά με την οποία πρέπει να λαμβάνουν χώρα οι υποβρύχιες εργασίες και τα στοιχεία εκείνα τα οποία είναι άξια προσοχής.

2.1.1. Αναγνώριση περιοχής

Πρόκειται για μια διαδικασία, η οποία υπάγεται στις εργασίες πεδίου που εκτελούνται για την αποτύπωση μιας έκτασης, είτε αυτή είναι στη στεριά είτε είναι στη θάλασσα.

Στο πλαίσιο της αναγνώρισης γίνεται η πρώτη επαφή του μηχανικού με την προς αποτύπωση έκταση. Έτσι καταγράφονται οι ιδιαιτερότητες και οι δυσκολίες της εργασίας. Είναι ιδιαίτερα σημαντική εργασία αφού με αυτόν τον τρόπο μπορεί:

- να εκτιμηθεί ο χρόνος που απαιτείται,
- να αποφασιστεί ποια είναι η κατάλληλη μέθοδος μέτρησης που θα εφαρμοσθεί και ο εξοπλισμός που θα χρειαστεί (όργανα, παρελκόμενα).

Κατά την αναγνώριση αξιολογείται όλη η εργασία, εκτιμώνται οι δυσκολίες της, επιλέγονται προσεκτικά οι κατάλληλες θέσεις (σημεία) υλοποίησης των κορυφών πύκνωσης του δικτύου (τριγωνομετρικά, πολυγωνική όδευση) για την πραγματοποίηση των μετρήσεων. Καταβάλλεται πάντοτε προσπάθεια ώστε ο αριθμός των σημείων αυτών να είναι ο ελάχιστος δυνατός με την προϋπόθεση ότι θα καλύπτει πλήρως τις ανάγκες της εργασίας.

Έτσι, λοιπόν, για μια υποβρύχια αποτύπωση είναι απαραίτητη η συλλογή πληροφοριών και για το θαλάσσιο τμήμα της, αλλά και για το χερσαίο. Η σωστή αναγνώριση αποτελεί το έναυσμα για την επιτυχημένη οργάνωση του συνεργείου που περιλαμβάνει τον σωστό προγραμματισμό των καταδύσεων, αλλά και τον τρόπο και την σειρά υλοποίησης των εργασιών.

Μιας και το θαλάσσιο περιβάλλον για τον άνθρωπο δεν είναι τόσο οικείο όσο το χερσαίο απαιτείται ιδιαίτερα αυξημένη προσοχή, λόγω των κινδύνων που μπορούν να προκληθούν σε αντίθετη περίπτωση. Η ένταση των ανέμων και ρευμάτων θα πρέπει να είναι γνωστά για το συνεργείο με μεγάλη ακρίβεια, όπως και τα βάθη της περιοχής. Γι' αυτό μπορούν να φανούν χρήσιμοι κάτοικοι της περιοχής, πέρα από τους υδρογραφικούς χάρτες. Εκτός από τον καιρό οι άνθρωποι αυτοί μπορούν να βοηθήσουν και για την υπόδειξη της περιοχής, καθώς η ανάπτυξη οργανισμών μπορεί να μην τη κάνει ξεκάθαρη,

τη θερμοκρασία και την ορατότητα του βυθού. Έτσι με προκαταρκτικές καταδύσεις ατόμων του συνεργείου μαζί με τα άτομα της περιοχής δημιουργείται η σωστή εικόνα της περιοχής προς αποτύπωση. Είναι επίσης χρήσιμο, να προμηθευτεί το συνεργείο χάρτες 1/5000 της Γ.Υ.Σ., προκειμένου να γνωρίζει τις θέσεις των τριγωνομετρικών.

Είτε ψάχνουμε για ένα λιμάνι, είτε για ένα ναυάγιο, είτε για έναν οικισμό είναι απίθανο να εντοπίσουμε την πραγματική του θέση από την χοντρική σημείωση του πάνω στον χάρτη. Είναι, λοιπόν, απαραίτητο κάθε τετραγωνικό μέτρο βυθού να ερευνάται οπτικά και με μεγάλη προσοχή.

Για τον λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τρόποι αναγνώρισης, οι οποίοι αφορούν μεθόδους σάρωσης των επιφανειών που μας ενδιαφέρουν. Στη συνέχεια αναπτύσσεται μόνο η μία από αυτές (αναγνώριση στα ρηχά νερά), η οποία ήταν και αυτή που εφαρμόστηκε για τον αρχαίο οικισμό στο Φράγχθι.

Αναγνώριση στα ρηχά νερά

Για αυτού του είδους την αναγνώριση είναι απαραίτητη μια ομάδα κολυμβητών από το συνεργείο και ενδεχομένως ατόμων της περιοχής, τα οποία με αναπνευστήρες, κολυμπώντας ο ένας δίπλα στον άλλο στην επιφάνεια της θάλασσας, δημιουργούν μια γραμμή σάρωσης, προκειμένου να αναγνωρίσουν την περιοχή αποτύπωσης. Πρέπει να κολυμπούν με την ίδια ταχύτητα και να διατηρούν σταθερή απόσταση μεταξύ τους. Η απόσταση καθορίζεται με βάση το οπτικό πεδίο των κολυμβητών, γι' αυτό αυτή δε πρέπει να ξεπερνά τα 2/3 του πλάτους της λωρίδας του βυθού που βλέπει ο καθένας.

Στην ειδική περίπτωση που η αναγνώριση γίνεται σε έναν κόλπο, η διαδικασία πραγματοποιείται με τη γραμμή σάρωσης να είναι κάθετη προς την παραλία και με κατεύθυνση από το ένα ακρωτήριο στο άλλο. Έτσι ο κάθε κολυμβητής στοχεύει ένα σταθερό σημείο του απέναντι ακρωτηρίου και προσπαθεί να το προσεγγίσει κρατώντας σταθερή πορεία πάνω σε μια ευθεία. Ο καλύτερος από τους κολυμβητές, που στη δεδομένη περίπτωση θεωρείται αυτός που κινείται σταθερότερα πάνω στην ευθεία του, τοποθετείται στο κέντρο και αποτελεί τον συντονιστή της ομάδας και ελέγχει τους υπολοίπους εάν τηρούν την απόσταση και την ταχύτητά τους. Στη περίπτωση που πρέπει να τους διορθώσει τους μιλά μιας και βρίσκονται στην επιφάνεια και δεν είναι απαραίτητη η χρήση συμβολισμών.

Εφαρμόζοντας αυτή τη μεθοδολογία βρέθηκε ο αρχαίος οικισμός στο Φράγχθι με μέγιστο βάθος τα 3 μέτρα και ελάχιστο το 0,5 μέτρο.

2.1.2. Σήμανση

Η σήμανση γίνεται με διάφορους τρόπους ανάλογα με το είδος του βυθού και την μονιμότητα των σημείων αναφοράς.

Στον αμμώδη βυθό ο πιο συνηθισμένος τρόπος είναι η σήμανση με κάποια μεταλλική ράβδο που καρφώνεται στην άμμο. Η σταθερότητα των σημάνσεων

βελτιώνεται με τη προσθήκη ειδικών πτερυγίων στην άκρη της ράβδου ούτως ώστε να εξασφαλίζεται η σταθερότητα στις πλευρικές μετακινήσεις. Επίσης, η ράβδος εγκιβωτίζεται μέσα σε κυλινδρική βάση από τσιμέντο.

Επειδή υπάρχει κίνδυνος με την πάροδο του χρόνου να σκεπαστούν τα βάθρα από άμμο, χρησιμοποιούνται ράβδοι μεγάλου μήκους, οι οποίες και εξέχουν πάνω από το τσιμεντένιο βάθρο τουλάχιστον 0,50 μέτρα.

Σε βραχώδεις βυθούς η ράβδος ή το ασάλινο καρφί δεν είναι συνήθως δυνατόν να καρφωθούν πάνω στα βράχια, μιας και είναι σαθροί και θραύονται εύκολα. Έτσι οι επισήμανσεις γίνονται με ανεξίτηλο χρώμα αφού πρώτα καθαρισθεί ο βράχος και τριφτεί με συρματόβουρτσα για να φύγουν η βλάστηση και τα κοχύλια.

Όλες οι υποβρύχιες σημάνσεις μειονεκτούν στο ότι δεν διατηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα, επειδή σκεπάζονται από βλάστηση ή άμμο.

Λόγω της μειωμένης ορατότητας ο δύτες δεν έχει την ευχέρεια να εποπτεύει όλη τη περιοχή. Έτσι πολλές φορές είναι δυνατόν να μην βρίσκει εύκολα τις στάσεις και να περιφέρεται άσκοπα σπαταλώντας τον πολύτιμο χρόνο του.

Αυτό αποφεύγεται με τη χρησιμοποίηση σημαντήρων, πάνω στους οποίους είναι γραμμένος ο αριθμός της στάσης. Η απλούστερη λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι η χρήση κοινών σημαδούρων ψαρέματος δεμένων με ένα σχοινί από τη κορυφή της στάσης. Το μήκος του σχοινιού είναι τέτοιο ώστε να επιπλέει σε κάποιο ύψος, πάνω από τον πυθμένα, ώστε να είναι ορατό από το τοπογράφο-δύτη, ο οποίος έτσι εντοπίζει εύκολα το σημείο της στάσης.

Ένα άλλο εξίσου φθινό και διαδεδομένο μέσο είναι τα πλαστικά μπουκάλια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν το ίδιο καλά. Πλεονέκτημά τους είναι ότι δεν χαλάνε, δεν διαβρώνονται, ενώ δεν αναπτύσσονται πάνω τους φύκια.

2.1.3. Επισήμανση

Η ύπαρξη ρευμάτων και ο κυματισμός της θάλασσας δεν επιτρέπει στους σημαντήρες να παραμένουν κατακόρυφα επάνω από τις στάσεις. Έτσι χρειάζεται να γίνει επισήμανση των στάσεων όπως και για τις επίγειες μετρήσεις.

Η επισήμανση γίνεται με κλασσικά βαρέα μεταλλικά ακόντια, τα οποία κατακορυφώνονται πάνω από τις στάσεις με τη χρήση γωνιακής αεροστάθμης και κρατιούνται με βαρέα μεταλλικά τριποδάκια.

Η εργασία είναι αρκετά επίπονη γιατί η ύπαρξη ρευμάτων μπορεί δύσκολα να μετακινήσει και να ανατρέψει τα ακόντια.

Τα ακόντια πρέπει να είναι βαμμένα με τέτοια χρώματα, ώστε να είναι ορατά στα συγκεκριμένα βάθη. Όπως έχει ήδη αναφερθεί η απορρόφηση των χρωμάτων γίνεται σταδιακά με το βάθος. Έτσι η επιλογή των χρωματισμών γίνεται ανάλογα με το βάθος.

2.1.4. Υποβρύχιες μετρήσεις

Ο περιορισμός στο χρόνο παραμονής του τοπογραφικού συνεργείου κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, καθώς και η χρήση οργάνων ικανών να αποδώσουν μέσα στο νερό, είναι οι κυριότεροι παράγοντες που οδηγούν στη χρήση ειδικών οργάνων και μεθόδων.

Οι μετρήσεις που γίνονται σε υποβρύχιες γεωδαιτικές εργασίες δεν διαφέρουν από αυτές που γίνονται στη ξηρά και είναι μετρήσεις μηκών, γωνιών και διευθύνσεων, καθώς και υψομετρικών διαφορών.

2.1.5. Μετρήσεις μηκών

Στη γεωδαισία η μέτρηση ενός μήκους μπορεί να γίνει είτε άμεσα είτε έμμεσα. Άμεση μέτρηση ενός μήκους ονομάζεται η μέτρηση, με οποιαδήποτε μέθοδο, του μήκους αυτού, διατρέχοντας την περιοχή ανάμεσα στα δύο άκρα που ορίζουν το μήκος της ζητούμενης απόστασης.

Στις μεθόδους άμεσης μέτρησης ενός μήκους ανήκουν η Μηχανική και η Ηλεκτρομαγνητική.

Ο προσδιορισμός του μήκους μιας απόστασης χωρίς να διατρέξουμε την περιοχή που ορίζεται μεταξύ των άκρων της ονομάζεται έμμεση μέτρηση μήκους.

Στις μεθόδους έμμεσης μέτρησης ενός μήκους ανήκουν η Γεωμετρική, η Τριγωνομετρική ή Αναλυτική και η Οπτική.

Άμεση μέθοδος είναι ο προσδιορισμός του ζητούμενου μήκους με τη βοήθεια μιας μετροταινίας με τη βοήθεια ακοντίων με αεροστάθμη ή όχι, τρίποδες στήριξης, ορθογώνιο, λιναίες ή γωνιακές αεροστάθμες. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να μεταφερθεί το μετρημένο μήκος παράλληλα, σε επίπεδο που υπάρχει αμοιβαία ορατότητα μεταξύ των σημείων αναφοράς. Τα ακόντια τοποθετούνται στα σημεία αναφοράς και κατακορυφώνονται με τη βοήθεια αεροσταθμών ή λιναίης.

Έμμεση μέθοδος είναι ο προσδιορισμός του ζητούμενου μήκους με sonar ή τη χρήση οργάνων που μετρούν τη κλίση μεταξύ δύο σημείων αναφοράς. Αυτό επιτυγχάνεται με αναγωγή του μετρημένου κεκλιμένου μήκους με τη βοήθεια κλισίμετρου και μετροταινίας για τη διεύθυνση σκόπευσης σε οριζόντιο.



Εικόνα 2.1. Κλισίμετρο

Η δεύτερη μέθοδος έχει μικρή ακρίβεια εξαιτίας των ρευμάτων που επικρατούν και δε μπορεί η λιναίη να ισοροπήσει, αλλά και το νήμα που υλοποιεί τη διεύθυνση σκόπευσης να είναι τεντωμένο. Για το λόγο αυτό το κλισίμετρο καλό θα είναι να χρησιμοποιείται μόνο σε αναγνωριστικές εργασίες και αποτυπώσεις μικρής ακριβείας. Το μόνο πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι η ταυτόχρονη ανάγνωση της κλίσης και της κεκλιμένης απόστασης.

Οι υποβρύχιες αποτυπώσεις χαρακτηρίζονται για το πλήθος των μετρήσεων μηκών. Τα μήκη αναφέρονται, είτε σε χαρακτηριστικά σημεία της περιοχής είτε σε πλευρές δικτύου ή όδευσης. Ανάλογα με τον τρόπο μέτρησης ενός μήκους καθορίζεται και η ακρίβεια της μέτρησης.

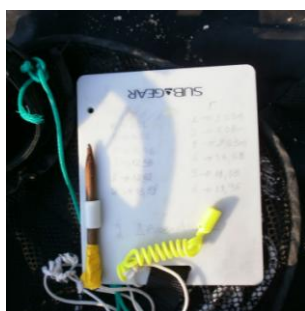
2.1.6. Πινακίδες καταγραφής μετρήσεων

Όπως εύκολα μπορεί να γίνει αντιληπτό, ο τρόπος με τον οποίο σημειώνουμε τις μετρήσεις ή σχεδιάζουμε την προς αποτύπωση περιοχή στη στεριά διαφέρει από τον αντίστοιχο υποβρυχίως.

Στο θαλάσσιο περιβάλλον δύο είναι οι τρόποι με τους οποίους μπορεί αυτό να επιτευχθεί. Είτε με πινακίδα που αποτελείται από άσπρη φορμάικα είτε με ντοσιέ από Plexiglas. Η πινακίδα με την άσπρη φορμάικα έχει διαστάσεις 50*30 εκατοστά και στη μια πλευρά της ανοίγονται τρύπες για να μπορεί να προσδεθεί σε ένα σημείο του εξοπλισμού του τοπογράφου-δύτη, αλλά και να περαστεί το μολύβι καταγραφής. Ο δεύτερος τρόπος περιλαμβάνει στο επάνω μέρος μεταλλική κατασκευή, η οποία συγκρατεί το πλαστικοποιημένο χαρτί που γίνεται η γραφή και γύρω από αυτό πρέπει να τοποθετηθεί μονωτική ταινία, η οποία θα απαγορεύει την είσοδο αέρα και νερού στο ριζόχαρτο.

Μειονέκτημα της δεύτερης μεθόδου καταγραφής στο νερό είναι ο χρόνος και η λεπτομέρεια της διαδικασίας που απαιτείται για την κατασκευή της, καθώς και η καταστροφή του μηχανισμού στήριξης του πλαστικοποιημένου χαρτιού μακροχρόνια, μιας και αυτός δεν είναι ανοξείδωτος.

Το μολύβι αποτελεί τη μόνη μέθοδο γραφής στη θάλασσα και για τυχόν διορθώσεις χρησιμοποιούμε γόμα ή τρίβουμε, είτε με άμμο είτε μόνο με το χέρι, σε περίπτωση που η περιοχή είναι βραχώδης. Προτιμάται μολύβι μαλακό (HB), ώστε να μην σχιστεί το πλαστικοποιημένο χαρτί σε περίπτωση που γίνεται χρήση της δεύτερης μεθόδου.



Εικόνα 2.2. Πινακίδα καταγραφής με άσπρη φορμάικα



Εικόνα 2.3. Κατασκευή πινακίδας καταγραφής με ριζόχαρτο

2.1.7. Όργανα μέτρησης μηκών

Τα όργανα μέτρησης μηκών κατατάσσονται σε:

- Απλά, τα οποία μετρούν το ανάπτυσμα μιας απόστασης ή μετρούν την οριζόντια απόσταση (μετροταινία, βηματόμετρο, μετρητικός τροχός)
- Οπτικομηχανικά, τα οποία μπορεί να είναι φακοί, πρίσματα ή διατεταγμένα όργανα με βάση τους νόμους της Γεωμετρικής Οπτικής – διάδοση φωτός μέσα από διάφορα μέσα
- Ηλεκτρομαγνητικά, τα οποία βασίζονται σε διάφορες ηλεκτρικές διατάξεις (EDM).

Το όργανο που χρησιμοποιείται στην υποβρύχια γεωδαισία για τον προσδιορισμό μηκών είναι η μετροταινία και θα αναλυθεί στη συνέχεια λεπτομερώς.

2.1.7.1. Μετροταινίες

Η μετροταινία μπορεί να είναι μεταλλική ή πλαστική, όμως προτιμάται όπως και στην περίπτωση μας η πλαστική. Η μεταλλική μετροταινία χρησιμοποιείται σε μετρήσεις μηκών μεγάλης ακρίβειας, που λόγω της δυσκολίας του υποβρύχιου περιβάλλοντος αυτή δε μπορεί να υπάρχει.

Το κύριο πλεονέκτημα των μεταλλικών είναι η ακρίβεια μέτρησης όπως προαναφέρθηκε, αλλά υστερούν ως προς το γεγονός ότι είναι βαρύτερες, με αποτέλεσμα να είναι δυσκολότερη η μεταφορά τους και μεγαλύτερη η καμπύλη βύθισης την ώρα των μετρήσεων. Αντιθέτως οι πλαστικές μαζεύονται εύκολα, χωρίς να κινδυνεύουν οι τοπογράφοι-δύτες να κοπούν,

όμως όταν τα ρεύματα είναι ισχυρά στο εσωτερικό της θάλασσας η μέτρηση μεγάλων μηκών γίνεται σχεδόν αδύνατη.

Η διαδικασία μέτρησης μιας απόστασης με μετροταινία είναι η συνηθισμένη των επίγειων μετρήσεων. Πάνω από τα σημεία μεταξύ των οποίων θα μετρηθεί η απόσταση τοποθετούνται και κατακορυφώνονται ακόντια. Ανάλογα με την ύπαρξη ισχυρών ρευμάτων ή μη, και τη μορφολογία του εδάφους τα ακόντια μπορούν να στηριχθούν σε τριποδάκια. Οι αποστάσεις μετρούνται πάντα aller-retour.

Λόγω των μεγάλων βελών κάμψης που δημιουργούν τα ρεύματα στη μετροταινία και της μειωμένης ορατότητας στο βυθό, οι πλευρομετρήσεις γίνονται δύσκολες σε αποστάσεις άνω των 15 μέτρων. Σ' αυτή τη περίπτωση πρέπει να γίνει πύκνωση της ευθυγραμμίας και μέτρηση της απόστασης τμηματικά. Η πύκνωση μπορεί να γίνει με το μάτι ή με ορθόγωνο. Το πλεονέκτημα του ορθόγωνου είναι ότι διπλασιάζει την απόσταση που μπορεί να βρίσκονται τα δύο ακόντια δεδομένου ότι ο παρατηρητής στέκεται στο μέσον της απόστασης.

Το ορθόγωνο που χρησιμοποιείται είναι ένα κοινό πεντάπρισμα με στυλεό για την εύκολη υλοποίηση του σημείου πύκνωσης.

Το πρόβλημα στη χρήση του ορθόγωνου είναι ακόμα ο τοπογράφος-δύτης παρασύρεται εύκολα από τα ρεύματα, με αποτέλεσμα να μπορεί μόνο ελάχιστα δευτερόλεπτα να μπει σε ευθυγραμμία με τα δύο ακόντια. Έτσι η θέση πάνω στην ευθυγραμμία βρίσκεται με διαδοχικές προσπάθειες του δύτη να υπερνικήσει αυτή την ώθηση.

Η μέτρηση των μηκών με μετροταινία είναι μια εργασία που απαιτεί 3 με 5 δύτες ανάλογα με το βυθό και τα επικρατούμενα ρεύματα. Η διαδικασία της πύκνωσης διπλασιάζει το χρόνο μέτρησης μιας πλευράς. Γι' αυτό συνιστάται η αποφυγή εκλογής μεγάλων πλευρών.

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι είναι οι περιστρεφόμενες με χειρολαβή και οι περιστρεφόμενες χωρίς χειρολαβή που περιτυλίσσονται μέσα σε πλαστική θήκη.



Εικόνα 2.4. Μεταλλική μετροταινία με χειρολαβή



Εικόνα 2.5. Πλαστική μετροταινία χωρίς χειρολαβή

Τα μήκη των μεταλλικών μετροταινιών είναι συνήθως 15, 20, 25 και 30 μέτρα με διατομή (10, 0.2 χιλιοστά). Έχουν υποδιαιρέσεις ανά 1 ή 0,5 εκατοστό και παρέχουν ακρίβεια της τάξης των $\pm 2-3$ εκατοστών/100 μέτρα, με κανονική δύναμη έλξης που αναγράφεται συνήθως πάνω στη μετροταινία και θερμοκρασία 20 °C.

Τα μήκη των πλαστικών μετροταινιών κυμαίνεται από 10-50 μέτρα με διατομή (10, 0.2 χιλιοστά). Έχουν υποδιαιρέσεις ανά 1 εκατοστό και παρέχουν ακρίβεια της τάξης των $\pm 2-3$ εκατοστών/100 μέτρα.

Όλες οι μετροταινίες χρειάζονται ιδιαίτερη περιποίηση στο τέλος κάθε εργασίας.

Σε αυτού του είδους τις αποτυπώσεις απαραίτητη κρίνεται η χρήση μετροταινίας όπως γίνεται στη στεριά, με τη διαφορά ότι ο βαθμός δυσκολίας είναι αυξημένος, λόγω των συνθηκών που επικρατούν στο βυθό της θάλασσας. Τα κύρια προβλήματα είναι τα εξής:

- η δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι τοπογράφοι-δύτες στη στήριξή τους, λόγω της άνωσης που τους ασκείται και σχετίζεται με τον όγκο τους. Αυτή μπορεί να αντιμετωπισθεί με την τοποθέτηση βαρών πάνω στο σώμα τους, προκειμένου να επέλθουν σε ισορροπία. Σε μικρό βάθος συνήθως χρειάζονται περισσότερα βάρη, απ' ότι βαθύτερα,
- η δυσκολία που συναντούν στην μετακίνηση και το τέντωμα της μετροταινίας, λόγω της διαφορετικής πυκνότητας αέρα-νερού. Η καμπυλότητα της μετροταινίας είναι κάτι που εύκολα μπορεί να συμβεί στο θαλάσσιο περιβάλλον, όχι μόνο λόγω του βάρους της, αλλά και των ρευμάτων που επικρατούν.

Όλα αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα την κούραση των τοπογράφων-δυτών, αλλά και την αυξημένη κατανάλωση αέρα.

2.1.7.2. Sonar

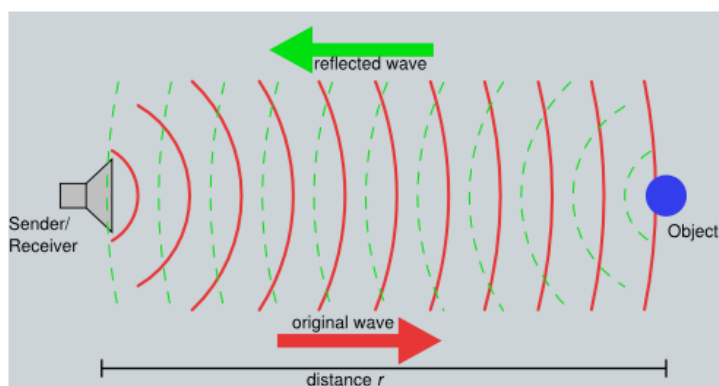
Πολλές υποβρύχιες τοπογραφικές εργασίες γίνονται σε περιοχές με περιορισμένη ορατότητα και με μεγάλα ρεύματα. Εκεί η αποτελεσματικότητα των μετροταινιών είναι αμφισβητούμενη. Σ' αυτές τις περιπτώσεις είναι δυνατή η μέτρηση του μήκους να γίνει έμμεσα με κάποιο σύστημα sonar.

Το σύστημα αποτελείται από έναν πομπό-δέκτη και δύο εκπομπές. Ο πομπός-δέκτης μεταφέρεται από έναν δύτη και εκπέμπει ένα σήμα ορισμένης συχνότητας.

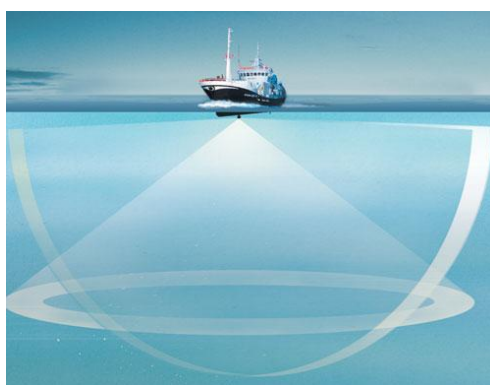
Η απόσταση υπολογίζεται χρονομετρώντας το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ του αναγνωριστικού παλμού και του επιστρέφοντος σήματος. Η ένδειξη της απόστασης λαμβάνεται ψηφιακά από τον πομπό-δέκτη. Η μέγιστη εμβέλεια του οργάνου κάτω από καλές συνθήκες είναι 1km και η ακρίβεια στον προσδιορισμό της απόστασης είναι της τάξης των 10cm.

Η μέτρηση ενός μήκους με τη χρήση sonar πραγματοποιείται με την τοποθέτηση του εκπομπού στο ένα άκρο και του πομπού-δέκτη στο άλλο. Συγχρόνως πρέπει να παίρνονται τιμές της θερμοκρασίας του νερού και της πυκνότητας του αλατιού για να καθοριστεί η ταχύτητα του ήχου στο θαλασσινό νερό.

Επειδή με αυτή τη μέθοδο μετριέται η κεκλιμένη απόσταση μεταξύ των σημείων, είναι απαραίτητο να είναι γνωστή η υψομετρική διαφορά τους, ώστε να είναι δυνατή η μετατροπή της κεκλιμένης σε οριζόντια απόσταση.



Εικόνα 2.6. Τρόπος λειτουργίας sonar



Εικόνα 2.7. Sonar σε υποβρύχια αποτύπωση

Η μέθοδος πλεονεκτεί της μέτρησης με μετροταινία ως προς τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων δυτών και το χρόνο εργασίας. Υστερεί όμως ως προς την ακρίβεια. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου γίνονται πιο εμφανή σε μετρήσεις μεγάλων αποστάσεων και σε βυθούς με μεγάλες κλίσεις και ανώμαλη μορφολογία.

2.1.8. Γωνιομετρήσεις

Όπως συμβαίνει στις μετρήσεις μηκών στο υποθαλάσσιο περιβάλλον έτσι και στις μετρήσεις γωνιών συναντούνται διαφορές στον τρόπο μέτρησης και τα όργανα που χρησιμοποιούνται από αυτά της στεριάς.

Καταρχάς στη στεριά προτιμάται να προσδιορίζονται μετρήσεις γωνιών παρά μηκών, λόγω της καλύτερης ακρίβειας που παρέχουν, γεγονός το οποίο αντιστρέφεται στη θάλασσα. Η ευαισθησία των οργάνων της στεριάς στη θάλασσα και η χαμηλή ορατότητα που κυριαρχεί εκεί είναι οι κύριοι λόγοι που ο προσδιορισμός των γωνιών υποβρυχίως διαφέρει από αυτόν στη στεριά. Η υποβρύχια πυξίδα, το γωνιόμετρο, ο στεγανοποιημένος θεοδόλιχος και η μετροτράπεζα είναι τα όργανα μέτρησης γωνιών υποβρυχίως.

Η υποβρύχια πυξίδα είναι η κοινή μαγνητική πυξίδα κατάλληλα στεγανοποιημένη, η οποία μετράει οριζόντιες γωνίες. Για να συμβεί αυτό τοποθετείται η πυξίδα πάνω σε κάποιο τρίποδο, ο οποίος κεντρώνεται πάνω από το σημείο αναφοράς από το οποίο θέλουμε να προσδιορίσουμε γωνίες. Πλεονέκτημα αυτού του τρόπου μέτρησης γωνιών είναι το μικρό βάρος της και η ταχύτητα των παρατηρήσεων. Στα μειονεκτήματα αναφέρονται οι μικρές ακρίβειες, οι αβέβαιες αναγνώσεις και η επιρροή του καταδυτικού εξοπλισμού, δίνοντας λανθασμένες τιμές στα μετρημένα μεγέθη. Το μεγαλύτερο όμως μειονέκτημα είναι η ύπαρξη μεγάλων μαγνητικών ανωμαλιών που δημιουργούν στο μαγνητικό πεδίο στην περιοχή των παρατηρήσεων τα μεταλλικά μέρη της εξάρτησης του δύτη.

Η περιφέρεια του δίσκου της πυξίδας υποδιαιρείται σε 360° ή 400 gon, με υποδιαιρέσεις που έχουν φορά από τα δεξιά προς τα αριστερά, ενώ το μήκος της μαγνητικής βελόνας είναι ίσο με τη διάμετρο του διαιρεμένου δίσκου.

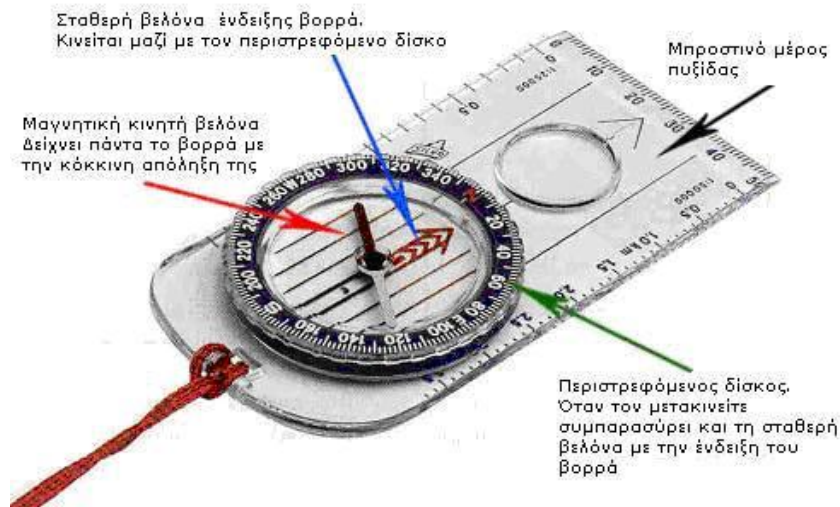
Αποτελείται από μια μαγνητική βελόνα από χάλυβα που το σημείο στήριξής της συμπίπτει με το κέντρο του διαιρεμένου δίσκου.

Από τη φυσική είναι γνωστό ότι η μαγνητική βελόνα σε κάθε σημείο της επιφάνειας της Γης σε κατάσταση ισορροπίας και με την επίδραση του γήινου μαγνητικού πεδίου λαμβάνει τη διεύθυνση Βορρά-Νότου. Έτσι, όταν οριζοντιωθεί ο διαιρεμένος δίσκος και η μαγνητική βελόνα αφεθεί ελεύθερη, ώστε να λάβει διεύθυνση Βορρά-Νότου, τα άκρα της γίνονται αυτόματα δείκτες δύο αντιδιαμετρικών υποδιαιρέσεων του δίσκου.

Μια καλή υποβρύχια πυξίδα θα πρέπει να πληρεί τα εξής χαρακτηριστικά:

- να είναι γεμάτη με υγρό,
- να μην έχει ελεύθερα κινούμενη βελόνα,

- να έχει αριθμητική βαθμονόμηση,
- να είναι φωσφορίζουσα.



Εικόνα 2.8. Κλασική μαγνητική πυξίδα



Εικόνα 2.9. Σύγχρονη υποβρύχια ή μαγνητική πυξίδα

Το γωνιόμετρο είναι ένας άλλος τρόπος μέτρησης γωνιών υποβρυχίως. Αποτελείται από έναν οριζόντιο αριθμημένο κύκλο και μια σκοπευτική διάταξη. Μέσω της διάταξης σκοπεύουμε το σημείο του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε τη γωνία ως προς κάποιο σημείο αναφοράς. Στον οριζόντιο κύκλο φαίνεται η τιμή της γωνίας, η οποία και καταγράφεται. Το συγκεκριμένο όμως όργανο δεν διαθέτει κατακόρυφο κύκλο και άρα δεν μπορεί να μετρήσει κατακόρυφες γωνίες.

Το προσδιορισμό όλων των γωνιών (οριζόντιων, κατακόρυφων) μπορεί να χρησιμοποιηθεί το στεγανοποιημένο θεοδόλιχο, το οποίο πρωτοκατασκευάστηκε από τους Farrington και Wharton. Διαθέτει

διαφοροποιημένο σκόπευτρο και αποδίδει 20". Για την στερέωσή του χρησιμοποιείται ένας απλός ξύλινος τρίποδας, για την κέντρωσή του λιναίη και η οριζοντίωσή του γίνεται με αεροστάθμες που είναι προσαρμοσμένες πάνω στο όργανο. Κατασκευάζεται από αλουμίνιο για να αντέχει στην διάβρωση του θαλασσινού νερού.

Τέλος, η μετροτράπεζα μετρά οριζόντιες γωνίες και αποτελείται από μια επίπεδη επιφάνεια σχεδίασης με δυνατότητα οριζοντίωσης και κάποια διάταξη που επιτρέπει τη σκόπευση της διεύθυνσης και την ταυτόχρονη σχεδίασή της. Η διαδικασία μέτρησης είναι απλή. Η μετροτράπεζα οριζοντιώνεται και τοποθετείται πάνω από τη στάση. Δύο δύτες επισημαίνουν τα σκοπευόμενα σημεία κρατώντας κατακόρυφα ακόντια με τη βοήθεια γωνιακών αεροσταθμών. Ο δύτες παρατηρητής σκοπεύει τα ακόντια με τη βοήθεια μιας απλής σκοπευτικής διάταξης και σχεδιάζει τη διεύθυνση της σκόπευσης πάνω στη μετροτράπεζα. Με αυτόν τον τρόπο σχεδιάζονται όλες οι διευθύνσεις προς όλα τα σκοπευόμενα σημεία.

Η μετροτράπεζα αποτελείται από τον τρίποδα, το πλαίσιο, την πινακίδα και τη σκοπευτική διάταξη.

Η πινακίδα είναι από plexi-glass στο οποίο υπάρχει η δυνατότητα γραφής με κοινό μολύβι. Το πλαίσιο είναι μεταλλικό, συνήθως από αλουμίνιο και συγκρατεί την πινακίδα με ένα κούμπωμα το οποίο ανοίγει και κλείνει εύκολα. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατόν να αλλάξουμε την πινακίδα όταν γεμίσει με τις χαραγμένες διευθύνσεις, με άλλη καθαρή πινακίδα, η δε χρησιμοποιημένη να μεταφερθεί στη ξηρά όπου γίνονται οι μετρήσεις των γωνιών και οι υπολογισμοί.

Η μετροτράπεζα μεταφέρεται από στάση σε στάση και η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται κάθε φορά. Απαιτείται αποσυναρμολόγηση και χρειάζεται τουλάχιστον τρία άτομα για να γίνει. Με την αύξηση του συνεργείου κατά ένα άτομο που θα βοηθάει στη μεταφορά και στο στήσιμο της μετροτράπεζας μειώνεται σημαντικά ο χρόνος μέτρησης μιας γωνίας.

2.1.9. Υψομετρία

Η υψομετρία στις υποβρύχιες αποτυπώσεις προσδιορίζει τις υψομετρικές διαφορές μεταξύ σημείων του βυθού ή τα υψόμετρα σημείων σε σχέση με μια ορισμένη επιφάνεια αναφοράς που χρησιμοποιείται σαν αρχή. Η επιφάνεια αυτή ορίζεται αυθαίρετα στο τοπικό σύστημα, αλλά αν απαιτείται από τους στόχους της εργασίας, μπορεί να εξαρτηθεί από τη μέση στάθμη της θάλασσας, όπως συμβαίνει και στην επίγεια υψομετρία.

Σε τεχνικά και λιμενικά έργα είναι απαραίτητη η αναγωγή των μετρήσεων στο datum της κατώτατης ρηχίας, δηλαδή σε επίπεδο κάτω από το οποίο το νερό πολύ σπάνια μπορεί να φτάσει. Για τη δημιουργία του προαπαιτείται η παρατήρηση και καταγραφή του φαινομένου της παλίρροιας στον τόπο εργασίας για αρκετό χρόνο.

Τόσο η μέση στάθμη της θάλασσας όσο και το datum κατώτατης ρηχίας προσδιορίζονται με παλιρροιόμετρα ή παλιρροιογράφους.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εύρεση των υψομετρικών διαφορών είναι της γεωμετρικής χωροστάθμησης, της υδραυλικής χωροστάθμησης και της χρήσης διαφορικού βαθύμετρου.

2.1.9.1. Γεωμετρική χωροστάθμηση

Η αρχή της γεωμετρικής χωροστάθμησης είναι ίδια με εκείνη των επίγειων μετρήσεων. Χρησιμοποιούνται κοινές σταδίες που για να γίνει δυνατόν να σταθούν κατακόρυφα στον πυθμένα, στο κάτω άκρο τους προσαρμόζεται βάρος μερικών κιλών. Οι σταδίες κατακορυφώνονται με γωνιακές αεροστάθμες.

Το όργανο που χρησιμοποιείται για τη γεωμετρική χωροστάθμηση μπορεί να είναι ένα απλό τηλεσκόπιο που να έχει τη δυνατότητα να οριζοντιώνεται και να στρέφεται γύρω από έναν κατακόρυφο άξονα, έτσι ώστε ο οπτικός του άξονας να υλοποιεί ένα οριζόντιο επίπεδο.

Ένα τέτοιο όργανο θα πρέπει να είναι από μπρούτζο ή αλουμίνιο, ώστε να μη διαβρώνεται από το θαλασσινό νερό. Αντί για τηλεσκόπιο με μεγενθυτικούς φακούς, το οποίο με τη διάθλαση θα αλλοίωνε τις μετρήσεις, χρησιμοποιείται ένας σωλήνας ανοικτός και από τα δύο άκρα του. Ο σκοπευτικός άξονας υλοποιείται από μια οπή μικρής διαμέτρου στο προσοφθάλμιο σύστημα και έχει ένα σταυρόνημα από λεπτό νήμα στο άλλο άκρο. Η οριζοντίωση του σκοπευτικού άξονα γίνεται με μια σφαιρική αεροστάθμη.

Επειδή η ορατότητα είναι μικρή η τοποθέτηση της σταδίας γίνεται περίπου 1 μέτρο μακριά από το όργανο. Με αυτόν τον τρόπο είναι απαραίτητο να γίνει χωροσταθμική όδευση όταν τα σημεία απέχουν μεταξύ τους μεγάλες αποστάσεις. Το συνεργείο σε μια τέτοια εργασία αποτελείται από τρεις δύτες.

Η ακρίβεια των μετρήσεων εξαρτάται από το μήκος της χωροσταθμικής όδευσης. Η μειωμένη ορατότητα αυξάνει την αβεβαιότητα των μετρήσεων. Κατά τη διάρκεια αυτών θα πρέπει τόσο ο παρατηρητής όσο και οι σταδιοφόροι να παραμένουν ακίνητοι, κάτι που είναι αρκετά δύσκολο υποβρυχίως, κυρίως όταν υπάρχουν ρεύματα. Γι' αυτό πρέπει να τοποθετούνται πρόσθετα βάρη που καθιστούν όμως δυσκολότερη τη μετακίνηση του συνεργείου. Σε αμμώδεις βυθούς μπορεί να προκύψουν και πρόσθετα σφάλματα λόγω υποχώρησης του εδάφους.

Η χρήση του αλφαδολάστιχου και της υδραυλικής χωροστάθμησης λύνουν ευκολότερα το πρόβλημα της μέτρησης των υψομετρικών διαφορών.

2.1.9.2. Διαφορικό βαθύμετρο

Μια έμμεση μέθοδος μέτρησης υψομετρικών διαφορών είναι αυτή που χρησιμοποιεί το διαφορικό βαθύμετρο. Η μέθοδος βασίζεται στη μέτρηση της διαφοράς της υδροστατικής πίεσης μεταξύ δύο σημείων. Το όργανο που χρησιμοποιείται είναι ένα κλασσικό μεταλλικό πιεσόμετρο.

Το μεταλλικό πιεσόμετρο είναι όργανο που μετρά την πίεση των αερίων ή των υγρών σε σχέση με την ατμοσφαιρική. Ένα τέτοιο πιεσόμετρο (πιεσόμετρο Bourdon), αποτελείται από ένα καμπύλο μεταλλικό σωλήνα, του οποίου το ένα άκρο είναι στερεωμένο, ενώ το άλλο καταλήγει σε ένα σύστημα μοχλών και οδοντωτών τροχών, που κινεί μια βελόνα πάνω σε ένα βαθμονομημένο κυκλικό δίσκο.

Αν αυτό το πιεσόμετρο κλειστεί σε μια στεγανή θήκη και προστεθούν δύο σωλήνες που ο ένας να καταλήγει σε ένα θάλαμο αναφοράς που να μπορεί να αντιληφθεί τη μεταβολή πίεσης του περιβάλλοντος (π.χ. πουάρ) και ο άλλος συνδεθεί με το πιεσόμετρο, έχουμε έναν απλό τύπο διαφορικού βαθύμετρου.

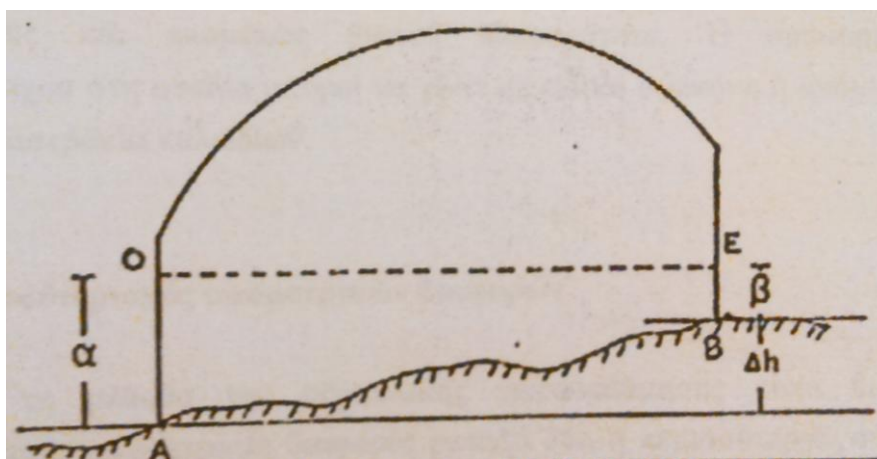
Η μέθοδος είναι απλή και γρήγορη. Δεν απαιτεί σταδίες και δύσκολες κατακορυφώσεις. Χρειάζονται δύο δύτες και η επιλογή του οργάνου εξαρτάται από την επιζητούμενη ακρίβεια. Ένα πιεσόμετρο με δυνατότητα μέτρησης μεγάλης πίεσης δεν είναι δυνατόν να αντιληφθεί μικρές μεταβολές της πίεσης. Η αύξηση της διαμέτρου του κύκλου ανάγνωσης των ενδείξεων αυξάνει την ακρίβεια.

2.1.9.3. Υδραυλική χωροστάθμηση

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό υψομετρικών διαφορών και βασίζεται στην αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων. Είναι άμεση μέθοδος και το σύστημα που χρησιμοποιείται υλοποιεί ένα οριζόντιο επίπεδο στη διαχωριστική επιφάνεια νερού-αέρα. Η διαφορά των κατακόρυφων αποστάσεων δύο σημείων από τη διαχωριστική επιφάνεια νερού-αέρα είναι η υψομετρική διαφορά των δύο σημείων.

Η στάθμη του νερού στα δύο σημεία (έστω A, B) ορίζει το ίδιο οριζόντιο επίπεδο, ορίζοντας. Έτσι αν $\Delta h_{AB} = h_B - h_A =$ υψομετρική διαφορά μεταξύ A και B τότε $\Delta h_{AB} = h_B - h_A = O - E = \alpha - \beta$ με:

- h_A , υψόμετρο του σημείου A
- h_B , υψόμετρο του σημείου B
- α, β , οι αναγνώσεις της σταδίας στα A και B αντίστοιχα.



Εικόνα 2.10. Αρχή υποβρύχιας υδραυλικής χωροστάθμησης

Η ποσότητα του νερού που μπαίνει σε κάθε άκρο του αλφαδολάστιχου είναι ανάλογη της υδροστατικής πίεσης στο σημείο εκείνο, επομένως ανάλογη του βάθους του σημείου από την επιφάνεια της θάλασσας. Η υδροστατική πίεση αυξάνεται ανάλογα με το βάθος σύμφωνα με τη σχέση $P = P_{εξ.} + \rho gh$, όπου:

- $P_{εξ.}$, η πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας
- P , η πυκνότητα του νερού.

Αξίζει να σημειωθεί ότι για κάθε 10 μέτρα βάθους η μεταβολή της πίεσης είναι 1 atm. Στην επιφάνεια η ατμοσφαιρική πίεση θεωρείται ίση καθώς απέχουν λίγα μέτρα μεταξύ τους (10-20 μέτρα).

Εκτός από την υποβρύχια υδραυλική χωροστάθμιση, υπάρχουν και άλλες μέθοδοι προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών, όπως η υποβρύχια γεωμετρική χωροστάθμιση και η χρήση του διαφορικού βαθύμετρου. Όμως πλέον θεωρούνται παρωχημένες και δε συνηθίζεται η χρήση τους, γι' αυτό δε θα αναλυθούν περαιτέρω.

2.1.9.4. Μετρητική διάταξη

Η διάταξη της υδραυλικής χωροστάθμισης αποτελείται από δύο δίμετρες σταδίες και ένα αλφαδολάστιχο διαφανές διαμέτρου 1.5-3.0 εκατοστά και μήκους ανάλογου με τις αποστάσεις των σημείων που θα μετρηθούν.

Οι δύο άκρες του αλφαδολάστιχου στερεώνονται στις σταδίες, σε όλο το μήκος τους και από την πλευρά των ενδείξεων κάθε σταδίας. Κάθε άκρη του αλφαδολάστιχου περισεύει 20-30 εκατοστά από το κάτω μέρος κάθε σταδίας. Σε κάθε σταδία στερεώνεται νήμα της στάθμης ή αεροστάθμη για τον έλεγχο της κατακορύφωσής της. Τέλος, στο κάτω μέρος κάθε σταδίας προσαρμόζεται βάρος λίγων κιλών που βοηθάει στην σταθερότητά της στον βυθό και στην καλύτερη κατακορύφωσή της. Οι ξύλινες σταδίες παρουσιάζουν άνωση μεγαλύτερη του βάρους τους και επομένως θετική πλευστότητα. Η προσαρμογή του αλφαδολάστιχου στη σταδία μπορεί να γίνει με ειδική σιλικόνη ή ακόμα και με τα κλασσικά πιαστράκια καλωδίων.

2.1.9.5. Προσδιορισμός υψομετρικών διαφορών

Με τη μέθοδο της υδραυλικής χωροστάθμισης είναι δυνατόν να προσδιοριστούν υψομετρικές διαφορές μεταξύ δύο ή περισσότερων σημείων του βυθού ή να προσδιορισθούν υψόμετρα ως προς κάποιο σημείο αναφοράς. Ο πιο εύκολος τρόπος για να προσδιοριστεί η υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο σημείων είναι η απλή ή μοναδιαία υδραυλική χωροστάθμιση και προϋποθέτει ότι τα δύο αυτά σημεία δεν απέχουν πολύ υψομετρικά και οριζοντιογραφικά.

Όταν ζητείται να προσδιορισθεί η υψομετρική διαφορά σημείων που απέχουν αρκετά και υψομετρικά και οριζοντιογραφικά είναι αδύνατη η απευθείας μέτρηση με απλή υδραυλική χωροστάθμιση. Το πρόβλημα σε αυτή τη περίπτωση είναι ότι το μήκος του αλφαδολάστιχου δεν επαρκεί για την

κάλυψη της απόστασης. Αντίστοιχα, όταν παρουσιάζονται μεγάλες κλίσεις βυθού, η διαχωριστική επιφάνεια αέρα-νερού βρίσκεται πάνω ή κάτω από το ύψος κάθε σταδίας, γεγονός που απαιτεί τη συνεχή προσθήκη αέρα με το επιστόμιο, εργασία επίπονη, αργή και μερικές φορές επικίνδυνη. Τότε εφαρμόζεται διαδοχικά η απλή υδραυλική χωροστάθμηση που κατά αντιστοιχία με την επίγεια χωροσταθμική όδευση, την ονομάζουμε υδραυλική χωροσταθμική όδευση.

Σε κάθε μοναδιαία μέτρηση θα πρέπει να αποφεύγονται αναγνώσεις πολύ χαμηλά και ιδιαίτερα στο επάνω τμήμα της σταδίας, το οποίο αποκλίνει περισσότερο από την κατακόρυφο. Ο προσδιορισμός της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ δύο ή περισσότερων σημείων γίνεται σε μετάβαση και επιστροφή (aller-retour) χωρίς να είναι βέβαια αναγκαία η χρησιμοποίηση των ίδιων ενδιάμεσων σημείων κάθε φορά.

2.1.9.6. Διαδικασία μέτρησης

Η μετρητική διάταξη βυθίζεται με τις δύο σταδίες στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο, κατά το δυνατόν, γιατί αλλιώς το αλφαδολάστιχο θα γεμίσει νερό. Σε περίπτωση που δεν το καταφέρουμε δεν υπάρχει πρόβλημα, αφού όταν οι τοπογράφοι-δύτες τακτοποιήσουν τον εξοπλισμό τους μέσα στο βυθό, μπορούν να προσθέσουν αέρα με το επιστόμιό τους μέσα στο αλφαδολάστιχο. Η ενέργεια αυτή κρίνεται απαραίτητη και σε περιπτώσεις κατά την μετακίνηση των σταδίων σε διαδοχικά σημεία. Η μετακίνηση αυτή ισοδυναμεί στην κλασική επίγεια χωροστάθμηση με το στήσιμο του οργάνου σε διαφορετική θέση ισορροπίας. Σε διαφορετική περίπτωση το λίγο νερό που μπαίνει εγκλωβίζει τον ατμοσφαιρικό αέρα μέσα στο αλφαδολάστιχο.

Οι σταδίες τοποθετούνται στα σημεία των οποίων θέλουμε να μετρήσουμε την υψομετρική τους διαφορά. Με τη βοήθεια του νήματος της στάθμης, οι σταδιοφόροι φροντίζουν να διατηρούνται οι σταδίες κατακόρυφες. Το σύστημα αφήνεται να ισορροπήσει ελέγχοντας:

- την συνέχεια του αέρα μέσα στο αλφαδολάστιχο, ώστε να μη διακόπτεται από φυσαλίδες νερού,
- τη διαχωριστική επιφάνεια αέρα-νερού, να μη βρίσκεται ούτε ψηλότερα από το επάνω άκρο κάθε σταδίας, ούτε χαμηλότερα από το μηδέν έτσι ώστε να μπορεί να εκτελεστεί μέτρηση.

Στην πρώτη περίπτωση, η συνέχεια του αέρα αποκαθίσταται πιέζοντας το αλφαδολάστιχο στα σημεία των φυσαλίδων και σπρώχνοντας αυτές προς τα άκρα. Στη δεύτερη περίπτωση, αν η διαχωριστική επιφάνεια είναι πάνω από το επάνω άκρο της σταδίας ή μετακινείται η σταδία σε άλλο σημείο από ψηλά ή προστίθεται αέρας στο αλφαδολάστιχο, από το σταδιοφόρο, με το ρυθμιστή αέρα. Αντίστοιχα, όταν η στάθμη αέρα-νερού είναι κάτω από το μηδέν της σταδίας, μετακινείται η σταδία σε άλλο χαμηλότερο σημείο.

Όταν πλέον το σύστημα έχει ισορροπήσει, μπορεί να γίνει η μέτρηση. Διαβάζεται η ανάγνωση σε κάθε σταδία και καταγράφεται σε ειδική πινακίδα,

διαμορφωμένη για τις ανάγκες των μετρήσεων της υδραυλικής χωροστάθμησης. Η διαφορά των δύο αναγνώσεων είναι η υψομετρική διαφορά των δύο σημείων.

2.1.9.7. Συνεργείο

Το συνεργείο αποτελείται από τρεις ή τέσσερεις δύτες. Οι δύο, σταδιοφόροι ασχολούνται αποκλειστικά με τις σταδίες. Φροντίζουν για την κατακορυφότητά τους, όσο διαρκεί η μέτρηση και τις μεταφέρουν σε κάθε νέα θέση. Η παραμικρή απόσπαση της προσοχής του σταδιοφόρου από τη σταδία, κάνει να χάσει τον έλεγχο της κατακορυφότητάς της, αν δε μπορεί να μείνει εντελώς ακίνητος.

Ένας άλλος από τους δύτες συντάσσει το σκαρίφημα, επιλέγοντας τις στάσεις και καταγράφει τις μετρήσεις στις πινακίδες μετρήσεων μόνος του ή βοηθούμενος από έναν ακόμη δύτε. Με δύο δύτες για την ανάγνωση των ενδείξεων, η μέθοδος κερδίζει σημαντικά σε ταχύτητα. Οι μετρήσεις στις δύο σταδίες παίρνονται ταυτόχρονα και η δουλειά γίνεται λιγότερο κουραστική, πράγμα που στο βυθό έχει μεγάλη σημασία τόσο για την ακρίβεια όσο και για την ασφάλεια των δυτών. Ακόμα όμως και με συνεργείο τριών δυτών η εργασία γίνεται εύκολα, είναι όμως επίπονη για το δύτε που καταγράφει τις παρατηρήσεις, αφού είναι αναγκασμένος να κολυμπάει από σταδία σε σταδία για να σημειώνει την έμπροσθεν και όπισθεν μέτρηση.



2.11. Προσπάθεια κατακορύφωσης σταδίας



Εικόνα 2.12. Προσπάθεια ανάγνωσης της ένδειξης της σταδίας



Εικόνα 2.13. Καταγραφή μέτρησης

2.1.9.8. Ακρίβεια μετρήσεων

Η ακρίβεια μέτρησης είναι συνάρτηση της σταδίας που χρησιμοποιείται και της βαθμονόμησής της. Σημαντικός παράγοντας για ακριβείς μετρήσεις είναι η κατακορυφότητα της σταδίας. Σε μια χωροσταθμική όδευση η ακρίβεια είναι συνάρτηση του μήκους της χωροσταθμικής όδευσης και της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ αρχικού και τελικού σημείου.

Οι ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν στο βυθό συμβάλλουν ανάλογα στη δημιουργία σφαλμάτων. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη σταθερότητα τοποθέτησης της σταδίας, ιδίως σε αμμώδη βυθό, ώστε να μην παρατηρείται υποχώρηση του εδάφους. Εξάλλου κατά τη διαδικασία μέτρησης, παρατηρείται ότι η στάθμη αέρα δεν ισορροπεί εντελώς, αλλά ταλαντώνεται με διάφορο εύρος γύρω από μία κεντρική θέση. Η ταλάντωση αυτή οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, που μπορούν να δρουν όλοι μαζί ή μεμονωμένα. Τα υποθαλάσσια ρεύματα και ο κυματισμός στα ρηχά, δυσκολεύουν τον δύτε να κρατηθεί εντελώς ακίνητος και συμβάλλουν έτσι στη μη σταθεροποίηση της σταδίας σε κατακόρυφη θέση και έχουν σαν αποτέλεσμα την ταλάντωση της στάθμης.

Ο κυριότερος όμως παράγοντας ταλάντωσης της στάθμης είναι το επιφανειακό κύμα, το οποίο παρουσιάζει κορυφές και κοίλα, με επακόλουθο την αυξομείωση του ύψους της στήλης του νερού, που βρίσκεται κάθε στιγμή πάνω από το σημείο μέτρησης. Αυτό συνεπάγεται τη μικρή αυξομείωση της υδροστατικής πίεσης στο συγκεκριμένο σημείο στο βυθό και επομένως την αυξομείωση της ποσότητας του νερού που μπαίνει στο αλφαδολάστιχο. Το φαινόμενο αυτό είναι έντονο στα ρηχά όπου μικρές αλλαγές στο βάθος έχουν σαν αποτέλεσμα μεγάλες αλλαγές στην υδροστατική πίεση.

Η κίνηση των μορίων του νερού κατά τον κυματισμό διαγράφει μια περίπου κυκλική τροχιά. Η διάμετρος της διαγραφόμενης τροχιάς είναι μέγιστη στην επιφάνεια της θάλασσας, ελαττώνεται όσο αυξάνει το βάθος μέχρι να μηδενιστεί σε ορισμένο βάθος, ανάλογο με το μήκος κύματος. Επομένως η επίδραση του κύματος είναι μεγαλύτερη στα ρηχά νερά, ενώ μειώνεται σε μεγαλύτερα βάθη και η επίδραση της στιγμιαίας έξαρσης, όσον αφορά την υδροστατική πίεση, μειώνεται αναλογικά όσο αυξάνεται η απόσταση από το αίτιο.

Λόγω της ταλάντωσης της στάθμης αέρα-νερού δυσκολεύεται ο εντοπισμός της θέσης ισοροπίας. Σε αυτή τη περίπτωση σημειώνονται οι ακραίες ενδείξεις για ορισμένο αριθμό ταλαντώσεων, ανάλογα με την επιθυμητή ακρίβεια και υπολογίζεται ο μέσος όρος των ενδείξεων. Οι μετρήσεις στις δύο σταδίες δεν είναι απαραίτητο, να παίρνονται ταυτόχρονα, αλλά δεν πρέπει να απέχουν πολύ χρονικά η μια από την άλλη, αφού μετά από μια ακολουθία κυμάτων ίσων περίπου ως προς το ύψος, ακολουθεί κάποιο μεγαλύτερο.

Όσον αφορά το εύρος της ταλάντωσης της στάθμης αέρα-νερού υπάρχει και άλλος ένας παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη: η διάμετρος του αλφαδολάστιχου. Όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο η στήλη του νερού μέσα στο

αλφαδολάστιχο γίνεται πιο αδρανής και ως προς τις μικρομετακινήσεις της σταδίας και ως προς τη μεταβολή της υδροστατικής πίεσης λόγω ύψους κύματος. Μεγάλη όμως αύξηση της διαμέτρου του αλφαδολάστιχου το καθιστά δύσχρηστο, λόγω της ακαμψίας και της μεγαλύτερης άνωσης που συνεπάγεται. Σε κάθε περίπτωση καθορίζονται οι καταλληλότερες διαστάσεις, διάμετρος και μήκος, ανάλογα με τις συνθήκες.

2.1.9.9. Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα μεθόδου

Η μέθοδος της υδραυλικής χωροστάθμησης χρησιμοποιεί μία απλή μετρητική διάταξη, που κατασκευάζεται εύκολα, χωρίς μεγάλο κόστος και δεν απαιτεί την πλήρωση συνθηκών που είναι δύσκολο να ελεγχθούν και να αποκατασταθούν. Η διάταξη είναι εύχρηστη και ελαφριά, ώστε δε δυσχεραίνει τη γρήγορη μετακίνηση του συνεργείου από θέση σε θέση. Εξάλλου η λειτουργία της και η ακρίβειά της δεν επηρεάζεται από την ορατότητα. Έτσι κερδίζει και σε ταχύτητα, σε σχέση με τις μεθόδους που απαιτούν καλή υποβρύχια ορατότητα (χωροβάτης, μετροτράπεζα) αφού μειώνεται ο αριθμός των στάσεων σε δεδομένη απόσταση, σε συνάρτηση πάντα με το μήκος του αλφαδολάστιχου.

Η ακρίβεια της μεθόδου εξαρτάται σημαντικά από την κατάσταση της θάλασσας. Η ιδανική περίπτωση είναι αυτή της νηνεμίας και ανυπαρξίας ρευμάτων. Βασικό πλεονέκτημα τότε είναι ότι η στάθμη του νερού δεν ταλαντώνεται μέσα στο αλφαδολάστιχο και μας επιτρέπει την ανάγνωση μόνο μιας τιμής.

2.2.1. Ίδρυση σημείων αναφοράς

Όπως συμβαίνει στην επίγεια Τοπογραφία, έτσι και στην υποβρύχια, θα πρέπει πριν από τη λήψη των σημείων αποτύπωσης να έχει ιδρυθεί, μετρηθεί και επιλυθεί ένα σύστημα βασικών σημείων πάνω στα οποία θα βασιστεί η αποτύπωση. Στη ξηρά το ρόλο αυτό παίζουν οι κορυφές της όδευσης, της οποίας τα στοιχεία (γωνίες, αποστάσεις και διαφορές υψομέτρων) μετριοούνται εύκολα και με ακρίβεια με τη βοήθεια των τοπογραφικών οργάνων.

Τα ίδια στοιχεία προσδιορίζονται και στις υποβρύχιες αποτυπώσεις, είναι όμως χαρακτηριστικό ότι σε πολλά σημεία, τόσο οι μέθοδοι και τα όργανα που χρησιμοποιούνται όσο και η έκταση και η ακρίβεια των μεγεθών που μετριοούνται διαφέρουν σημαντικά από τα αντίστοιχα στην ξηρά. Αφενός η ακρίβεια που πετυχαίνουμε είναι μικρότερη και αφετέρου η ίδια η μέτρηση εκτείνεται σε πολύ πιο περιορισμένο πεδίο απ' ότι στη ξηρά.

Έχοντας λοιπόν, σαν δεδομένο τις μεθοδολογίες, τους περιορισμούς που αυτές επιβάλλουν, καθώς και τις ακρίβειες που δίνουν, πρέπει να βρεθεί ο βέλτιστος τρόπος για το πώς θα επιλέξουμε και θα χρησιμοποιήσουμε τα στοιχεία που πρέπει να προσδιορίσουμε.

Τα γεωμετρικά σχήματα στα οποία θα αναφερθούμε είναι τα ίδια όπως και στην κλασσική γεωδαισία και είναι οι πλευρομετρήσεις στο βυθό, οι οποίες

έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια απ' ό,τι οι γωνιομετρήσεις. Έτσι αν θέλουμε να ορίσουμε ένα σχήμα, για παράδειγμα ένα δίκτυο, με αρκετή ακρίβεια θα πρέπει αυτό να γίνει με μετρήσεις μηκών. Από τη στιγμή που μετράμε περισσότερα μήκη από τα απαραίτητα για να ορίσουν το σχήμα στο επίπεδο υπάρχει η δυνατότητα της συνόρθωσης. Στην προκειμένη περίπτωση οι κορυφές του δικτύου παίζουν το ρόλο της όδευσης και η επίλυσή του αποβλέπει στο να επιτύχει την ακρίβεια μιας συνηθισμένης επίγειας όδευσης. Επειδή ένα βασικό χαρακτηριστικό των υποβρύχιων αποτυπώσεων είναι η δυσκολία στην προσέγγιση του αντικείμενου και κάθε επίσκεψη στο χώρο των μετρήσεων προϋποθέτει ολόκληρη διαδικασία προετοιμασίας και οργάνωσης, γι' αυτό είναι σημαντικός ο καθορισμός των μεταβλητών που περιλαμβάνει η έννοια του δικτύου. Έτσι θα πρέπει να έχει καθοριστεί το σχήμα του, ο αριθμός των κορυφών, καθώς και οι πλευρές που θα μετρηθούν. Ο προγραμματισμός αυτός θα γίνει αμέσως μετά την αναγνώριση της περιοχής και τη σύνταξη του σκαριφήματος.

Παράλληλα, η δυσκολία επαναπροσέγγισης της περιοχής κάνει απαραίτητο τον έλεγχο των αποτελεσμάτων όσο διαρκούν οι εργασίες, γι' αυτό θα πρέπει να συγκαταλέγεται στον εξοπλισμό του συνεργείου και η απαραίτητη για την επίλυση του δικτύου υπολογιστική υποδομή. Το πλήθος των κορυφών και το σχήμα του δικτύου υπαγορεύονται από το αντικείμενο και τη μορφολογία της περιοχής μετρήσεων. Το πλήθος και η επιλογή των μηκών που θα μετρηθούν εξαρτώνται από το σχήμα του δικτύου, την απαιτούμενη ακρίβεια καθώς και από τις συνθήκες που επικρατούν.

Ένα σημείο που πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή είναι ο περιορισμός του μήκους που μπορεί να μετρηθεί. Πραγματικά οι πλευρές που προβλέπεται να μετρηθούν δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 50 μέτρα. Εξάλλου μεταξύ διαδοχικών κορυφών θα πρέπει να υπάρχει ορατότητα. Οι πλευρομετρήσεις γίνονται με πλαστική μετροταινία aller-retour. Ό,που απαιτούνται γίνονται πυκνώσεις. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε πολλές περιπτώσεις είναι ασύμφορη ή και αδύνατη η ίδρυση και μέτρηση πλευρομετρικού δικτύου. Τέτοιες περιπτώσεις είναι όταν το προς αποτύπωση αντικείμενο είναι κάποιος βυθισμένος λιμενοβραχίονας ή αγωγός, όταν πρέπει να αποτυπωθεί ένας ογκώδης σχηματισμός (π.χ. ναυάγιο) και δεν μπορούμε να μετρήσουμε διαγώνιες, όταν η κλίση του βυθού είναι απότομη. Η μέτρηση υποβρυχίου πλευρομετρικού δικτύου είναι διαδικασία που απαιτεί αρκετό χρόνο. Η μέτρηση μεγάλων διαγωνίων (40-50 μέτρα) όπου απαιτούνται πυκνώσεις, καθώς και ο μεγάλος αριθμός των πλευρομετρήσεων συνεπάγονται την αποκλειστική απασχόληση για κάποιον χρόνο του συνεργείου με αυτές, χωρίς να είναι δυνατό να γίνουν ταυτόχρονα με άλλες εργασίες. Από την άλλη μεριά, η μέθοδος αυτή δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά το προσδιορισμό των σχετικών θέσεων των κορυφών, ενώ συγχρόνως υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου της ποιότητας αυτών των αποτελεσμάτων. Για το λόγο αυτό η παραπάνω μέθοδος μπορεί

να εφαρμοστεί όταν υπάρχουν αυξημένες απαιτήσεις ακρίβειας και όταν φυσικά η μορφολογία του βυθού και το είδος του αντικειμένου το επιτρέπουν. Τέλος, η συνόρθωση του δικτύου γίνεται με τη μέθοδο των εμμέσων παρατηρήσεων, η οποία έχει το προτέρημα να δίνει κατευθείαν τις συντεταγμένες των αγνώστων κορυφών και τις μεταβλητότητές τους. Η ποιότητα των αποτελεσμάτων εξαρτάται, όπως είναι γνωστό, από τη ποιότητα των μετρήσεων, το πλήθος τους, καθώς και το σχήμα του δικτύου.

Μία πιο απλή μέθοδος από το δίκτυο, που παρόλα αυτά εκμεταλλεύεται το πλεονέκτημα των μετρήσεων να γίνονται πιο εύκολα και με ακρίβεια είναι η ίδρυση κορυφών με απλές πλευροτομίες ξεκινώντας από κάποια σταθερή κεντρική βάση ή τρίγωνο αναφοράς. Με αυτό τον τρόπο απαιτούνται πολύ λιγότερες πλευρομετρήσεις, οι απαραίτητες για να ορίσουν το σχήμα στο επίπεδο. Γίνεται σημαντική οικονομία σε χρόνο, δεν υπάρχει όμως η δυνατότητα ελέγχου των αποτελεσμάτων. Μπορεί να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα ιδίως όταν μετριούνται μικρές σχετικά αποστάσεις. Εξάλλου όσο πιο πολύ απομακρυνόμαστε από τις κορυφές που θεωρούμε σταθερές, τόσο μεγαλύτερη είναι η επίδραση από τη μετάδοση του σφάλματος των μετρήσεων στις προσδιοριζόμενες κορυφές. Ακόμα, οι πλευρές θα πρέπει να τέμνονται όσο το δυνατό κάθετα μεταξύ τους και είναι καλό να παίρνονται κάποιες παραπάνω μετρήσεις για έλεγχο στο τέλος. Οι πλευρομετρήσεις γίνονται και εδώ με πλαστική μετροταινία σε aller-retour. Ο τρόπος επίλυσης είναι γνωστός. Συναντάται και σαν «πλευρομετρική αλληλοτομία» ή εμπροσθοτομία με πλευρομετρήσεις. Η παραπάνω μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί αποτελεσματικά σε αποτυπώσεις μικρών επιπέδων υποβρύχιων εκτάσεων, στη δημιουργία βοηθητικών κορυφών σε κάποια όδευση, στη σύνδεση γεωμετρικών σχημάτων, καθώς και στις περιπτώσεις που και η αποτύπωση γίνεται με την ίδια μέθοδο. Όπως αναφέρθηκε, η ακρίβεια στη μέτρηση των γωνιών στο βυθό είναι μικρή (της τάξης του 0.50 grad). Επειδή όμως και οι αποστάσεις μεταξύ των κορυφών είναι μικρές (της τάξης των 15-25 μέτρων για να υπάρχει αμοιβαία ορατότητα), αυτή η αβεβαιότητα δεν αποτελεί απαγορευτικό παράγοντα για την ίδρυση και μέτρηση μιας όδευσης. Εφόσον μάλιστα οι κορυφές είναι λίγες και οι αποστάσεις μικρές μπορεί να επιτευχθεί πολύ ικανοποιητική ακρίβεια. Το βασικότερο προτέρημα της όδευσης είναι ότι η μέτρηση των στοιχείων της μπορεί να γίνεται ταυτόχρονα με τις εργασίες αποτύπωσης, πράγμα που σημαίνει μεγάλη οικονομία σε χρόνο μια και αποφεύγονται διαδικασίες όπως το ξεχωριστό στήσιμο της μετροτράπεζας για τη μέτρηση μιας μόνο γωνίας. Εξάλλου, το σχήμα της όδευσης μπορεί να διαμορφώνεται ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες και τη μορφή του αντικειμένου που αποτυπώνεται. Έτσι μπορεί να ελίσσεται γύρω από υψώματα, βράχους κ.λπ. ή να παρακάμπτονται εμπόδια από τη μορφολογία του βυθού. Ακόμα μπορεί να ιδρυθεί κλειστή όδευση κατά μήκος αγωγών, βυθισμένων λιμενοβραχιόνων, τειχών κ.λπ. Στις οδεύσεις οι γωνίες μετριούνται συνήθως με τη βοήθεια της μετροτράπεζας (είτε γραφικά με τη

σχεδιάσή τους στη πινακίδα είτε αναλυτικά με τη βοήθεια πλαστικού βαθμογνωμόνιου). Μπορούν όμως να μετρηθούν και με τη βοήθεια άλλων γωνιομετρικών οργάνων όπως έχει αναφερθεί. Οι πλευρές μετριοούνται με πλαστική μετροταινία aller-retour. Η επίλυση της όδευσης μπορεί να γίνει γραφικά ή αναλυτικά. Γραφική επίλυση γίνεται όταν οι γωνίες έχουν μετρηθεί γραφικά. Σ' αυτή τη περίπτωση σχεδιάζονται διαδοχικά κορυφές με τη βοήθεια των μετρημένων μεγεθών και στη συνέχεια εφόσον υπάρχει σφάλμα κλεισίματος γίνεται γραφική συνόρθωση, δηλαδή μετακινείται κάθε κορυφή κατά τη διεύθυνση του σφάλματος κλεισίματος απόσταση ίση με $n \cdot (s/k)$, (με n το πλήθος των κορυφών, s το σφάλμα κλεισίματος και k οι κορυφές που έχουν μεσολαβήσει από την πρώτη). Εφόσον οι γραφικά μετρημένες γωνίες μετρηθούν στο γραφείο με βαθμογνωμόνιο μπορεί να γίνει και αναλυτική επίλυση, η οποία χωρίς να βελτιώνει το αποτέλεσμα, μας δίνει κατευθείαν τις συντεταγμένες των κορυφών.

2.2.2. Εξάρτηση από το κρατικό σύστημα

Όπως συμβαίνει και στις επίγειες αποτυπώσεις, συνήθως δεν μας ενδιαφέρει μόνο να γνωρίζουμε τη σχετική θέση ανάμεσα στα σημεία του αντικειμένου μας, αλλά και την απόλυτη θέση τους σε σχέση με κάποιο σύστημα αναφοράς που τις περισσότερες φορές είναι το Κρατικό Δίκτυο.

Για να εξαρτηθεί ένα σύνολο σημείων (δίκτυο, όδευση) αρκεί να προσδιοριστούν οι συντεταγμένες Κρατικού Δικτύου σε δύο κορυφές. Με αυτό τον τρόπο προσδιορίζονται οι τρεις απαραίτητες παράμετροι (συντεταγμένες μιας κορυφής και αζιμούθιο μιας πλευράς) που αρκούν για να ορίσουν το σχήμα στο επίπεδο. Είναι φανερό ότι η κατευθείαν μέτρηση του αζιμουθίου μιας πλευράς είναι πολύ δύσκολη κάτω από το νερό. Ο μόνος τρόπος που θα μπορούσε να γίνει αυτό είναι να μετρηθεί το μαγνητικό αζιμούθιο με κάποια στεγανοποιημένη πυξίδα, όμως και πάλι η ακρίβεια προσδιορισμού του αζιμουθίου θα ήταν μικρή. Αιτία γι' αυτό είναι παράγοντες όπως η μειωμένη ορατότητα κάτω από το νερό που κάνει αδύνατη την σκόπευση μεγάλης απόστασης. Η αδυναμία χρήσης πυξίδας ακριβείας, καθώς και το γεγονός ότι τα μεταλλικά αντικείμενα που έχει ο τοπογράφος-δύτης στον εξοπλισμό του (ρυθμιστής, μαχαίρι, ενδεχομένως χαλύβδινη φιάλη) μπορούν να επηρεάζουν τη μαγνητική βελόνα.

Αντίθετα για τον Τοπογράφο που προφανώς διαθέτει γωνιομετρικά όργανα είναι πιο εύκολος ο κατευθείαν προσδιορισμός των συντεταγμένων κάποιων σημείων. Αυτό επιτυγχάνεται, είτε με αναβιβασμούς σημείων από το βυθό είτε με καταβιβασμούς σημείων από την επιφάνεια της θάλασσας. Στη πρώτη περίπτωση κατάλληλος στόχος αναβιβάζεται από την κορυφή που θέλουμε να εξαρτήσουμε στην επιφάνεια της θάλασσας, ενώ στη δεύτερη περίπτωση τυχαίο σημείο στην επιφάνεια της θάλασσας που υλοποιείται με στόχο που επιπλέει καταβιβάζεται με λιναίη στο βυθό και από εκεί συνδέεται με το υποβρύχιο δίκτυο. Είναι χαρακτηριστικό ότι στη δεύτερη περίπτωση οι

καταβιβασμοί δεν γίνονται σε ήδη υπάρχουσα κορυφή, διότι πρακτικοί λόγοι κάνουν πολύ δύσκολη και χρονοβόρα την κατακόρυφη σύμπτωση του στόχου με αυτήν. Γι' αυτό αν πρόκειται να εφαρμοσθεί αυτή η μέθοδος σε υποβρύχιες αποτυπώσεις καλό είναι να ιδρύονται πρώτα αυτές οι κορυφές μετά από καταβιβασμό τους και στην συνέχεια να συνδέονται με το υπόλοιπο δίκτυο για οικονομία χώρου (αποφυγή δημιουργίας και μέτρησης επιπλέον κορυφών). Και στις δύο περιπτώσεις, κάποιο σημείο που υλοποιείται με στόχο που εξέχει από την επιφάνεια της θάλασσας σκοπεύεται από την ξηρά. Το σημείο εντοπίζεται από εμπροσθοτομίες με αμοιβαίες ταυτόχρονες σκοπεύσεις. Αυτό προϋποθέτει την ύπαρξη δύο τριγωνομετρικών στην ακτή κοντά στον τόπο που γίνονται οι υποβρύχιες εργασίες. Κριτήρια για την τοποθέτησή τους είναι η καλή ορατότητα και η γεωμετρική αξιοπιστία των εμπροσθοτομιών.

2.2.3. Βασικές συνθήκες

Η βασική συνθήκη που πρέπει να ικανοποιείται στις εξαρτήσεις σημείων είναι το σκοπευμένο σημείο (ο στόχος) και το σημείο στο βυθό να βρίσκονται στην ίδια κατακόρυφο. Για να επιτευχθεί αυτό με τη μεγαλύτερη δυνατή προσέγγιση πρέπει να εξαλειφθεί η επίδραση πολλών παραγόντων. Τέτοιοι είναι:

- το ρεύμα της θάλασσας που παρασύρει τον στυλεό αναβιβασμού ή τη λιναίη καταβιβασμού προς μια κατεύθυνση όχι απαραίτητα σταθερή.
- οι αλλαγές της διεύθυνσης και έντασης του ρεύματος δημιουργούν επίσης ταλάντωση της λιναίης.
- τα κύματα, ο άνεμος, τα επιφανειακά ρεύματα που εκτρέπουν το στόχο στην επιφάνεια.

Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται και η επιλογή της μεθοδολογίας θα πρέπει να αποβλέπουν στην ελαχιστοποίηση της επίδρασης των παραγόντων αυτών.

2.2.4. Εξάρτηση με αναβιβασμό από μικρά βάθη

Οι αναβιβασμοί αυτοί γίνονται εύκολα με κατευθείαν αναβιβασμό κάποιου στόχου προσαρμοσμένου σε κατάλληλο στυλεό. Οι διατάξεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ποικίλουν ανάλογα με το βάθος. Στα πολύ ρηχά (μέχρι τα 2 μέτρα) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα ακόντιο που στηρίζεται με τρίποδο και του οποίου σκοπεύεται η κορυφή. Λίγο βαθύτερα (2-4 μέτρα) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σταδία ή κάποια κατάλληλη κατασκευή όπως π.χ. κάποιο ίσιο κοντάρι με στόχο στην κορυφή ή ένα ακόντιο στο οποίο έχει προσαρμοσθεί προέκταση με στόχο. Επειδή πλέον ο στόχος έχει μεγάλο ύψος, αυτός δε μπορεί να στηριχθεί σε κάποιο απλό τρίποδα, όπως είναι οι τρίποδες των ακοντίων. Έτσι, ή θα προσαρμόζεται με κάποιο τρόπο στο βαρύ μεταλλικό τρίποδα της μετροτράπεζας ή θα κρατιέται από έναν ή δύο (ανάλογα με το είδος του στυλεού, το βάθος και τις συνθήκες που επικρατούν) σταδιοφόρους-δύτες. Είναι χαρακτηριστικό ότι ανεξάρτητα με το είδος του στυλεού και του τρόπου στήριξης, απαιτείται πάντα τουλάχιστον ένας δύτες που θα επιβλέπει το στόχο και θα ελέγχει τη κατακορυφότητα. Συνήθως απαιτείται να κρατάει ο

ίδιος τον στόχο ενισχύοντας έτσι τη στήριξή του, μιας και φάνηκε ότι στις υποβρύχιες εργασίες η χρήση τριπόδων για ακόντια κ.λπ. δεν είναι τόσο ασφαλής. Ο έλεγχος της κατακορυφότητας γίνεται σε όλες τις περιπτώσεις με γωνιακή αεροστάθμη μία και στο βυθό η αντίληψη της κατακορυφότητας και του οριζοντίου επιπέδου μειώνονται πολύ λόγω του περιορισμένου οπτικού πεδίου από τη μάσκα και εξαιτίας των διαφορετικών συνθηκών βαρύτητας. Αυτός ο έλεγχος πρέπει να γίνεται συνέχεια κατά τη διάρκεια των παρατηρήσεων, διότι εκτροπές και μετακινήσεις είναι πολύ συνηθισμένες στο βυθό. Εκτός από το δύτε θα πρέπει να υπάρχει ακόμα κάποιο άτομο που θα κολυμπάει στην επιφάνεια δίπλα στο στόχο. Αυτό απαιτείται όχι μόνο για λόγους ασφαλείας, αλλά και διότι αυτός θα αποτελεί τον συνδετικό κρίκο ανάμεσα στο δύτε και στο συνεργείο της ξηράς με το οποίο θα συνεννοείται. Η συνεννόηση με το δύτε γίνεται με προκαθορισμένα νοήματα.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπισθεί στους αναβιβασμούς με αυτές τις μεθόδους είναι η επίδραση του θαλάσσιου ρεύματος και του κυματισμού, ο οποίος δεν περιορίζεται μόνο στην επιφάνεια της θάλασσας, αλλά δημιουργεί και μετακινήσεις μέχρι κάποιο βάθος. Γι' αυτό η διάταξη που χρησιμοποιείται θα πρέπει γενικά να έχει μεγάλο βάρος για ευστάθεια και μικρή επιφάνεια για να επηρεάζεται λίγο από τις μετακινήσεις του νερού. Καλό είναι επίσης να υπάρχει κάποιο βάρος προσαρμοσμένο στη βάση του στυλεού.

2.2.5. Ακρίβεια προσδιορισμού

Ταυτόχρονα με την προσπάθεια για ελαχιστοποίηση του σφάλματος λόγω εκτροπής θα πρέπει να είναι γνωστή η αβεβαιότητα στον προσδιορισμό των συντεταγμένων. Στις εξαρτήσεις στην ξηρά αυτό είναι εύκολο σαν συνάρτηση της a -rigor ακρίβειας που δίνουν τα όργανα, του σφάλματος κλεισίματος κ.λπ. Στις υποβρύχιες εξαρτήσεις αυτός ο έλεγχος σταματάει στον σκοπευμένο στόχο, ο οποίος είναι ουσιαστικά το σημείο στο οποίο δίνουμε συντεταγμένες. Η αβεβαιότητα των συντεταγμένων που προσδιορίζουμε έτσι είναι συνάρτηση της ακρίβειας των γωνιομετρικών οργάνων, της ποιότητας των μετρήσεων και της σταθερότητας του στόχου.

Όσον αφορά την ακρίβεια των οργάνων που χρησιμοποιούμε επίγεια, αυτά καλύπτουν τις απαιτήσεις ακριβείας των επίγειων αποτυπώσεων άρα και των υποβρυχίων. Για τους μηχανισμούς αναβιβασμών και καταβιβασμών όμως πρέπει να πούμε ότι απαιτείται ικανότητα των παρατηρητών για συνεχή παρακολούθηση του στόχου και καλή συνεννόηση μεταξύ των δύο συνεργείων. Για την υπερκάλυψη της αδυναμίας αυτής, είναι καλό να γίνονται παραπάνω μετρήσεις από τις απαιτούμενες για να υπάρχει η δυνατότητα συνόρθωσης.

Τέλος, η σταθερότητα του στόχου στους αναβιβασμούς με πλωτούς στόχους και στους καταβιβασμούς είναι συνάρτηση των συνθηκών στην επιφάνεια και εξαλείφεται με τους τρόπους που έχουν αναφερθεί για κάθε μέθοδο. Εκτός

όμως από την παραπάνω αβεβαιότητα στον προσδιορισμό του στόχου υπάρχει και η αβεβαιότητα από την εκτροπή λόγω του ρεύματος για την οποία και υπάρχει πολύ μεγαλύτερη δυσκολία στον προσδιορισμό της. Πραγματικά, στις περισσότερες περιπτώσεις γίνεται απλώς μία εκτίμησή της που πηγάζει από την εμπειρία από την ίδια την εφαρμογή της μεθόδου. Πιο αναλυτικά για κάθε μέθοδο θα μπορούσαν να αναφερθούν τα εξής:

Στους αναβιβασμούς με στυλεό ή σταδία, τα πράγματα είναι πιο εύκολα μιας και η γωνιακή αεροστάθμη δίνει τη δυνατότητα του ελέγχου της κατακορυφότητας στον τοπογράφο-δύτη, ο οποίος μόλις αντιληφθεί κάποια εκτροπή επαναφέρει το στυλεό στην κατακόρυφη θέση. Η ταλάντωση του σκοπευόμενου στόχου στην κορυφή του στυλεού μας δίνει μία εικόνα για το σφάλμα λόγω μη κατακόρυφης ταύτισης στόχου-κορυφής. Ο όρος «ταλάντωση» δεν ανταποκρίνεται απόλυτα στην πραγματικότητα μια και δεν υπάρχει ακριβώς ταλάντωση με κέντρο την κατακορυφότητα από την κορυφή αλλά περισσότερες εκτροπές κατά τη διεύθυνση του ρεύματος. Έτσι δεν γίνεται ο προσδιορισμός της αβεβαιότητας της κορυφής σε σχέση με αυτή του σκοπευόμενου σημείου με τη βοήθεια μιας σχέσης, όμως θα είμαστε βέβαιοι πως η κορυφή βρίσκεται μέσα στο εύρος ταλάντωσής του. Εφόσον ο σταδιοφόρος εργασθεί σωστά μπορούμε να πούμε πως η ακρίβεια προσδιορισμού της κορυφής είναι της τάξης ή λίγο κατώτερη από την ακρίβεια προσδιορισμού του στόχου.

Δύσκολος είναι ο έλεγχος και στους καταβιβασμούς σημείων όπου η κορυφή ιδρύεται στη διάρκεια του καταβιβασμού με βάση τη μέση θέση της λιναίης και χωρίς να υπάρχει άλλη σύνδεση μεταξύ στόχου και κορυφής. Το σφάλμα λόγω ταλάντωσης της λιναίης μειώνεται αν χρησιμοποιηθεί βαριά λιναίη, με βελτιώσεις στη διάταξη που χρησιμοποιείται και με την εμπειρία των δυτών, οι οποίοι θα πρέπει να περιμένουν να ηρεμήσει κάπως η ταλάντωση, ώστε να τοποθετήσουν την κορυφή κατ' εκτίμηση στο κέντρο της. Όμως ένα μέρος από την ταλάντωση οφείλεται και στις μεταβολές της έντασης και διεύθυνσης του ρεύματος και είναι αδύνατο να εξαλειφθεί. Επίσης, και η μέση εκτροπή της λιναίης, καθώς και του νήματος είναι υπολογίσιμες, ιδίως σε μεγαλύτερα βάθη, ενώ συγχρόνως δεν είναι δυνατό να μετρηθούν.

Έτσι στους καταβιβασμούς δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε την αβεβαιότητα προσδιορισμού της κορυφής που ιδρύεται. Το μόνο ενδεικτικό μέγεθος και εφόσον η ένταση του ρεύματος δεν είναι μεγάλη είναι το εύρος των ταλαντώσεων.

2.2.6. Επίδραση βάθους

Είναι προφανές ότι όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος τόσο μεγαλύτερη είναι η επίδραση των ρευμάτων αυξάνοντας ανάλογα και τις εκτροπές. Επομένως το βάθος μέχρι το οποίο μπορεί να εφαρμοσθεί μια μέθοδος είναι συνάρτηση και των συνθηκών που επικρατούν. Γενικά όμως ισχύουν τα εξής: οι αναβιβασμοί με σταδίες ή στυλεούς έχουν το φυσικό περιορισμό του μήκους τους και γι'

αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βάθη μέχρι 4-5 μέτρα. Οι αναβιβασμοί με πλωτούς στόχους μπορούν να δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα πάντοτε σε συνάρτηση με τις συνθήκες σε βάθη μέχρι τα 7-8 μέτρα. Πιο βαθιά θα πρέπει να γίνονται καταβιβασμοί. Επίσης, σε πολύ ρηχά (σε βάθη της τάξης 2-3 μέτρα) θα πρέπει να επισημάνουμε ότι εκτός από το ρεύμα είναι έντονη και η επίδραση του κυματισμού μέχρι το βυθό δυσχεραίνοντας σημαντικά το έργο των σταδιοφόρων γι' αυτό σε εργασίες εξάρτησης στα ρηχά θα πρέπει να επιλέγονται ώρες με λίγο κύμα.

2.2.7. Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι στις εξαρτήσεις υποβρυχίων κορυφών η ακρίβεια στον προσδιορισμό των συντεταγμένων τους είναι μικρότερη απ' ό,τι στη ξηρά. Αυτό συμβαίνει διότι υπάρχει το πρόσθετο σφάλμα λόγω μη κατακόρυφης ταύτισης στόχου-κορυφής, ενώ συγχρόνως δεν παραμένει σταθερή η θέση του στόχου σε σχέση με το χρόνο. Το μέγεθος αυτού του σφάλματος δεν είμαστε σε θέση να το γνωρίζουμε ακριβώς και επομένως να το απαλείψουμε, μπορούμε όμως με διάφορους τρόπους να το μειώσουμε. Η ακρίβεια προσδιορισμού είναι συνάρτηση των συνθηκών, του βάθους και των διατάξεων που χρησιμοποιούνται. Έτσι για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου θα πρέπει να ληφθούν υπόψη αυτές οι παράμετροι, καθώς και ο χρόνος και η δυσκολία εφαρμογής της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σε αυτό το κομμάτι της διπλωματικής θα περιγραφούν όλες οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν τις ημέρες που βρεθήκαμε στο Φράγγχι για τη διεκπεραίωση των μετρήσεων, αλλά και τα αποτελέσματα που προέκυψαν στη συνέχεια από την επεξεργασία τους. Αρχικά γίνεται αναφορά για την αναγνώριση της περιοχής και το χρονοδιάγραμμα των εργασιών, την ίδρυση σημείων αναφοράς και τον αναβιβασμό σημείων. Στη συνέχεια αναφέρεται η διαδικασία ίδρυσης σημείων υποβρυχίως, η μέθοδος του τριπλευρισμού (αναλυτικά και γραφικά) και της υψομετρίας με υδραυλική χωροστάθμηση.

3.1. Αναγνώριση περιοχής – Χρονοδιάγραμμα εργασιών

Τη μέρα αφίξεώς μας στον αρχαιολογικό χώρο (26/07) πραγματοποιήσαμε αναγνώριση της περιοχής μελέτης. Μαζί μας ήταν επίσης ο κ. Στέφανος Δογγούρης (ΕΔΙΠ ΕΜΠ) και ο συνάδελφος Γιάννης Χουντάλας, ο οποίος διεξήγαγε τη διπλωματική του στην ίδια περιοχή την προηγούμενη χρονιά (2015). Η αναγνώριση αφορούσε στην παρατήρηση του πυθμένα με εξοπλισμό επιφανείας (μάσκα και αναπνευστήρα), ενώ η αρχαιολόγος μας υποδείκνυε ποικίλα στοιχεία αρχαιολογικού ενδιαφέροντος (τείχη, τοίχους, δρόμους, πλακόστρωτα κ.λπ.). Η εν λόγω ξενάγηση ήταν απαραίτητη, αφενός για να αποκτήσουμε μια άποψη των αντικειμένων που θα μας απασχολήσουν και να τα αναγνωρίζουμε, αφετέρου για να αποφασιστεί η περιοχή του αρχαιολογικού χώρου με την οποία θα ασχοληθούμε στα πλαίσια της διπλωματικής.

Μία δυσκολία της περιοχής μελέτης, η οποία παρατηρήθηκε από την πρώτη μέρα και παρέμεινε -με ελάχιστες βελτιώσεις- καθ' όλη την παρουσία μας εκεί, ήταν η πολύ περιορισμένη ορατότητα λόγω των καιρικών συνθηκών τη συγκεκριμένη περίοδο.



Εικόνα 3.1. Περιορισμένη ορατότητα

Έπειτα από συζήτηση και σύμφωνα τόσο με τις απαιτήσεις της διπλωματικής όσο και τις ανάγκες της αρχαιολογικής έρευνας, καταλήξαμε πως αντικείμενο της εργασίας θα είναι η αποτύπωση της θεμελίωσης του Βόρειου πεταλόσχημου πύργου του οικισμού. Αυτή βρίσκεται σε αρκετά μεγάλο βάθος (μέγιστο τα 3 μέτρα), ώστε να επιτρέπει την εφαρμογή ποικίλων μεθόδων αποτύπωσης, ενώ παράλληλα παρουσιάζει αρχαιολογικό ενδιαφέρον καθώς αποτελεί σημαντικό στοιχείο του οικισμού.

Παράλληλα, μας υποδείχθηκε η περιοχή που αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης της περσινής διπλωματικής, καθώς και στοιχεία που θα μπορούσαν να μας φανούν χρήσιμα, όπως οι πολυγωνομετρικές στάσεις.

Το απόγευμα της ίδιας ημέρας, παράλληλα με την εξοικείωση με το όργανο, καταστρώσαμε το χρονοδιάγραμμα της ολιγοήμερης παραμονής μας στο χώρο, σύμφωνα με τις εργασίες που αποφασίσαμε να εκτελέσουμε:

27/07: Κατασκευή κατάλληλης διάταξης για αποτύπωση τοιχίου, τοποθέτηση σημείων στον πυθμένα για τριπλευρισμό

28/07: Ολοκλήρωση αποτύπωσης πύργου, ένταξη σημείων τριπλευρισμού, τριπλευρισμός

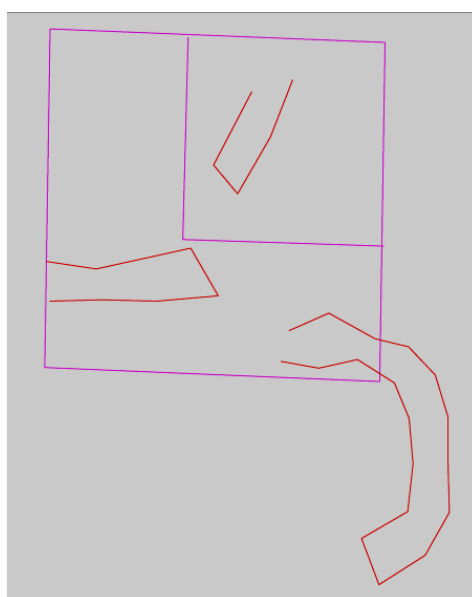
29/07: Υδραυλική χωροστάθμιση

Κατά την περίοδο διεξαγωγής της διπλωματικής, οι αρχαιολόγοι ξεκινούσαν την ανασκαφή οπότε συμμετείχαμε στη διάνοιξη και σταθεροποίηση πηγαδιού για την τοποθέτηση της αντλίας, αποτυπώσαμε τον κάναβο που κατασκεύασαν για την ευκολότερη διενέργεια της ανασκαφής, καθώς και τον τοίχο που ήταν εντός αυτού.





Εικόνες 3.2, 3.3, 3.4. Εργασίες για τη διάνοιξη και σταθεροποίηση πηγαδιού για την τοποθέτηση της αντλίας



Εικόνα 3.5. Αποτύπωση κάναβου και τοίχου

3.2. Ίδρυση σημείων αναφοράς στη στεριά

Κατά την αναγνώριση της περιοχής διαπιστώθηκε πως οι πολυγωνομετρικές στάσεις, όπως είχαν ιδρυθεί για την προηγούμενη διπλωματική, μπορούσαν να καλύψουν και την δική μας περιοχή. Το δίκτυο που είχε στηθεί ήταν τοπικό αυθαίρετο, οπότε έγινε χρήση του δικτύου HEPOS για την ένταξή του στο κρατικό σύστημα αναφοράς (Ε.Γ.Σ.Α. 87). Τα ελλειψοειδή υψόμετρα που μετρήθηκαν από το GPS Leica 1200 οριζοντιογραφικής ακρίβειας εντοπισμού $\pm 10\text{mm} \pm 1\text{ppm}$ και υψομετρικής ακρίβειας εντοπισμού $\pm 20\text{mm} \pm 1\text{ppm}$, το οποίο είναι Real Time Kinematic, μετατράπηκαν σε ορθομετρικά με γνωστή την αποχή γεωειδούς -9.876m , όπως προέκυψε από το πρόγραμμα HEPOS TT.



Εικόνα 3.6. GPS Leica 1200

Για τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με κατάφωτο χρησιμοποιήθηκε ο γεωδαιτικός σταθμός Topcon 239n με ακρίβεια μηκών τα $\pm 3\text{mm} \pm 3\text{ppm}$ και γωνιών τα $\pm 27\text{cc}$.





Εικόνες 3.7, 3.8. Γεωδαιτικός σταθμός Topcon 239n

3.3. Αναβιβασμός σημείων

Το μικρό βάθος της περιοχής μελέτης επιτρέπει τη χρήση της μεθόδου αναβιβασμού σημείου για την εξάρτηση της αποτύπωσης από το κρατικό σύστημα αναφοράς.

3.3.1. Αναβιβασμός σημείων με ιδιοκατασκευή

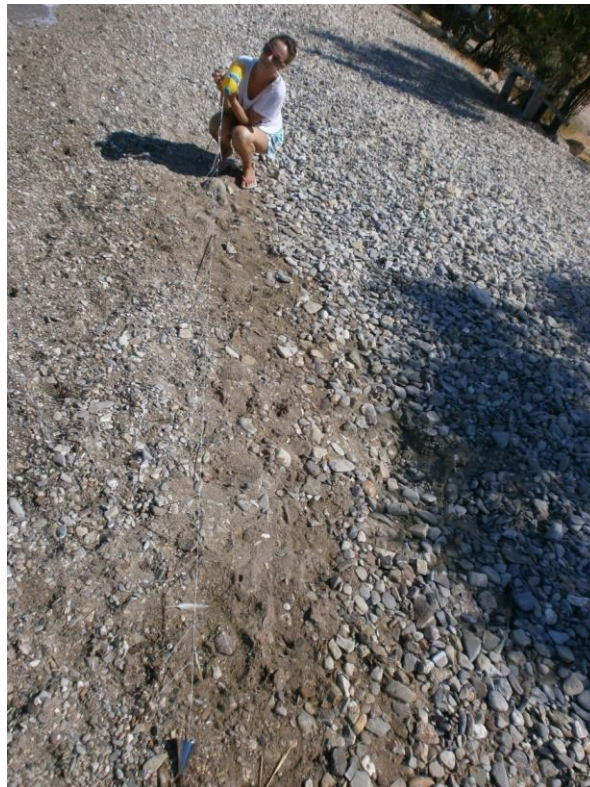
Το εκτιμώμενο βάθος της περιοχής προς αποτύπωση ήταν 3 μέτρα. Ο στυλεός που στηρίζει το πρίσμα φέρει ενδείξεις ύψους σε τμήμα του που φτάνει μέχρι τα 2.65 μέτρα. Για το λόγο αυτό και για να είμαστε σίγουροι πως το πρίσμα του κατάφωτου θα είναι ορατό από τον γεωδαιτικό σταθμό ακόμα και σε μεγαλύτερα βάθη, προσπαθήσαμε να «εφεύρουμε» μια κατασκευή της οποίας το ύψος θα είναι πάνω από 3 μέτρα, θα προσδιορίζεται εύκολα, θα μπορεί να κατακορυφώνεται και στην κορυφή θα μπορεί να φέρει το κατάφωτο.

Έπειτα από σκέψη και σύμφωνα με τα υλικά που είχαμε στη διάθεσή μας, καταλήξαμε στην κατασκευή της εξής διάταξης για να επιτύχουμε «πτυσσόμενο» ύψος χρησιμοποιήσαμε σπάγκο τον οποίο μετρήσαμε και ανά 10 εκατοστά τοποθετήσαμε tire up (λευκά ανά 10cm, μαύρα ανά 1m), στο ένα

άκρο του τοποθετήθηκε ζύγι για την υλοποίηση της κατακορύφου και στο άλλο πλαστικό μπουκάλι που έχει την ιδιότητα να επιπλέει -δεμένο από το στόμιο. Όπως γίνεται αντιληπτό, το ύψος αυτής της διάταξης δίνει απευθείας το βάθος του μετρούμενου σημείου και, μάλιστα, με ακρίβεια $\pm 2.5\text{cm}$ σύμφωνα με τη διακριτική ικανότητα, η οποία είναι αποδεκτή για υποβρύχιες εργασίες αφού οι συνθήκες (κυματισμός, ρεύματα κλπ) δυσχεραίνουν τον προσδιορισμό του ακριβούς βάθους με τέτοιες οπτικές μεθόδους.



Εικόνες 3.9, 3.10. Δημιουργία ιδιοκατασκευής για αναβίβασμό σημείων



Εικόνα 3.11. Τελικό αποτέλεσμα ιδιοκατασκευής

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων, ένα εκ των δύο ατόμων του συνεργείου παρέμεινε στην ακτή για να χειρίζεται το όργανο ενώ το άλλο βούτηξε με καταδυτικό εξοπλισμό (αρκούσε ο αναπνευστήρας, δεν χρειαζόταν μπουκάλα) και την εν λόγω διάταξη, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 3.12. Τελευταίες ετοιμασίες πριν την έναρξη των μετρήσεων

Το ζύγι τοποθετείτο στο σημείο προς αποτύπωση, ο σπάγκος τεντωνόταν μέχρις ότου να βυθιστεί σχεδόν ολόκληρο του μπουκάλι και προσδιοριζόταν το βάθος του σημείου (συμπεριλαμβανομένου και του ύψους του μπουκαλιού). Όταν ο τοπογράφος-δύτης έλεγχε την κατακορυφότητα της διάταξης, τοποθετούσε το κατάφωτο στον πάτο του μπουκαλιού και έκανε νόημα για πραγματοποίηση μέτρησης. Τα σημεία επιλέχθηκαν καθ' υπόδειξη της αρχαιολόγου, ενώ η συνεννόηση μεταξύ των μελών του συνεργείου για την πραγματοποίηση των μετρήσεων γινόταν με προσυμφωνημένες χειρονομίες. Το αποτέλεσμα όμως της παραπάνω διαδικασίας δεν ήταν το προσδοκώμενο.

Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις:

- Η μέθοδος επηρεάζεται πολύ από τα ρεύματα και τον επιφανειακό κυματισμό, ο οποίος ήταν μάλιστα έντονος εκείνη την ημέρα.
- Η μέθοδος είναι πολύ χρονοβόρα και κουραστική για τον τοπογράφο-δύτη, καθώς είναι πολύ δύσκολο να διατηρεί ο ίδιος την πλευστότητά του, καθώς και την κατακορυφότητα της διάταξης.
- Για την εν λόγω διάταξη, ήταν λάθος ο συνδυασμός του συγκεκριμένου ζυγιού και μπουκαλιού που χρησιμοποιήσαμε, καθώς η άνωση του μπουκαλιού ήταν μεγαλύτερη από το βάρος του ζυγιού. Αποτέλεσμα αυτού ήταν το τελευταίο να παρασύρεται εύκολα από το επιθυμητό σημείο στο βυθό και ο τοπογράφος-δύτης να καταβάλει μεγαλύτερη προσπάθεια επηρεάζοντας την πλευστότητά του.

- Η τοποθέτηση του καταφώτου στον πάτο του μπουκαλιού και η έντονη επίδραση του κυματισμού πάνω σε αυτό δυσκόλευε πολύ το κλείδωμα του στόχου από τον γεωδαιτικό σταθμό, με αποτέλεσμα ο προσδιορισμός των απαραίτητων στοιχείων (γωνίες και απόσταση) να απαιτεί πολύ χρόνο και συνεχή παρατήρηση του στόχου μέσα από το τηλεσκόπιο. Αυτό απέτρεπε τον τοπογράφο στεριάς από το να αντιληφθεί την μετακίνηση του στόχου, αφού η αλλαγή θέσης δεν είναι τόσο εμφανής μέσω του τηλεσκοπίου και της συνεχούς μικροκίνησης της οριζόντιας διεύθυνσης.

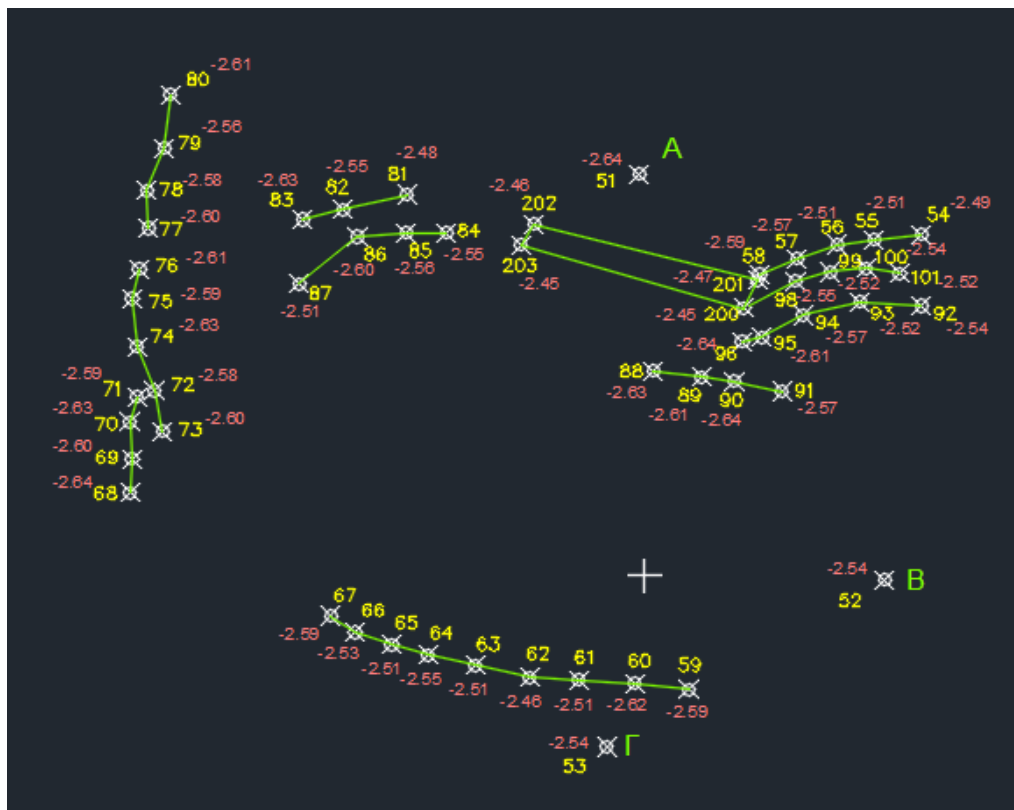
3.3.2. Αναβιβασμός σημείων με κατάφωτο

Αναλογιζόμενοι τα παραπάνω προβλήματα της διάταξης, καθώς και το γεγονός ότι ο βυθός είχε πολύ ήπια κλίση με βάθος περί τα 2.5m στην περιοχή ενδιαφέροντος, καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι για την αποτύπωση θα χρησιμοποιηθεί ο στυλεός. Για να εξασφαλίσουμε ότι το πρίσμα του κατάφωτου θα είναι ορατό από τον γεωδαιτικό σταθμό ακόμα και σε μεγαλύτερα βάθη και με σχετικά έντονο κυματισμό, αφενός εξασφαλίσουμε το μέγιστο αναγραφόμενο ύψος του στυλεού και αφετέρου εκμεταλλευτήκαμε όλες τις δυνατότητες επιμήκυνσης του κατάφωτου (επιμήκυνση του στυλεού και ξεβίδωμα πρίσματος). Το ύψος του μετρήθηκε εκ νέου με μετροταινία και υπολογίστηκε στα 2.75m. Όμως όπως αναφέρθηκε το μέγιστο βάθος της αποτύπωσης ήταν 3 μέτρα και άρα έπρεπε να βρεθεί λύση, ώστε να είναι ορατό το πρίσμα από το όργανο και στα πιο βαθιά σημεία (>2,75m). Έτσι στα σημεία αυτά το συνεργείο ύψωνε λίγο το κατάφωτο για να μπορέσει το πρίσμα να είναι πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων με αυτήν τη μέθοδο, ένα εκ των δύο ατόμων του συνεργείου παρέμεινε στην ακτή για να χειρίζεται το όργανο ενώ το άλλο βούτηξε με καταδυτικό εξοπλισμό (σε αυτήν την περίπτωση ήταν απαραίτητος ο πλήρης εξοπλισμός) και τον στυλεό με το κατάφωτο.

Τα σημεία υπεδείχθησαν από την αρχαιολόγο και για την αποτύπωσή τους ήταν απαραίτητη η παρουσία δύο ατόμων στο νερό. Το ένα (τοπογράφος-δύτης) καταβυθισμένος σε όρθια στάση έλεγχε την κατακορυφότητα του στυλεού με τη βοήθεια της φουσαλίδας, ενώ το άλλο (αρχαιολόγος) από την επιφάνεια του νερού μετέφερε το στυλεό στα σημεία ενδιαφέροντος, έλεγχε την αμοιβαία ορατότητα καταφώτου-γεωδαιτικού σταθμού και έδινε το σήμα της μέτρησης. Η μέτρηση πραγματοποιείτο από τον τοπογράφο στεριάς και με τη δική του σήμανση η διαδικασία συνεχιζόταν στο επόμενο σημείο.

Τελικά προέκυψε η αποτύπωση όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί:



Εικόνα 3.13. Αποτύπωση περιοχής με κατάφωτο

Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις:

- Η μέθοδος αυτή ήταν αρκετά γρήγορη και ακριβής (όπως φαίνεται και από την περιοχή που καλύφθηκε στην Εικόνα 4.), αλλά με απαραίτητη προϋπόθεση την συνεργασία δύο ατόμων για τον χειρισμό του καταφώτου.
- Η διάταξη παρέμενε σε μεγάλο βαθμό ανεπηρέαστη από τον επιφανειακό κυματισμό και τα υποθαλάσσια ρεύματα, καθώς η κατακορυφότητα ελεγχόταν συνεχώς από τη φυσαλίδα.
- Στην εν λόγω μέθοδο είναι απαραίτητο ο τοπογράφος-δύτης να προσέχει τις κινήσεις του -ιδιαίτερως με τα βατραχοπέδιλα- προκειμένου να μην διαταράξει την άμμο. Η αμοιβαία ορατότητα με τον δύτε επιφανείας είναι απαραίτητη για τη σωστή συνεννόηση όλου του συνεργείου.
- Όταν ο δύτε επιφανείας παρατηρούσε ότι το κατάφωτο δεν ήταν επαρκώς ορατό από τον γεωδαιτικό σταθμό, είτε λόγω οριακά μεγάλου βάθους είτε λόγω έντονου κυματισμού, σε συνεννόηση με τον τοπογράφο-δύτη τοποθετούσαν στο επιθυμητό σημείο μια πέτρα και επάνω σε αυτή το κατάφωτο.

3.3.3. Σύγκριση μεθόδων αποτύπωσης

- Η πρώτη διάταξη (μπουκάλι-σπάγκος-ζύγι) επηρεάζεται πολύ από τα ρεύματα και τον επιφανειακό κυματισμό, ενώ η δεύτερη (στυλεός-πρίσμα) μένει σε μεγάλο βαθμό ανεπηρέαστη από τα προαναφερθέντα, λόγω του σχήματος και βάρους τους αντίστοιχα.
- Η πρώτη μέθοδος είναι πολύ χρονοβόρα και κουραστική για τον τοπογράφο-δύτη, καθώς είναι πολύ δύσκολο να διατηρεί ο ίδιος την πλευστότητά του, καθώς και την κατακορυφότητα της διάταξης. Η δεύτερη μέθοδος απαιτεί από τον τοπογράφο-δύτη μόνο μεγάλη συγκέντρωση στη φυσαλίδα και προσοχή στις κινήσεις του.
- Η πρώτη μέθοδος πραγματοποιείται από έναν μόνο δύτη επιφανείας ο οποίος σε συνδυασμό με την ελαφριά διάταξη επηρεάζεται από τις συνθήκες (αέρας, υποθαλάσσια ρεύματα, επιφανειακός κυματισμός). Αποτέλεσμα αυτού είναι η μη χρονική ταύτιση σήματος μέτρησης και πραγματοποίησής της, με αποτέλεσμα το αναβιβασμένο σημείο να μην ταυτίζεται με το επιθυμητό σημείο στο βυθό. Αντιθέτως, στη δεύτερη μέθοδο η συνεργασία δύο ατόμων που ελέγχουν τη διάταξη από βυθό και επιφάνεια προσδίδουν ακρίβεια στον αναβιβασμό του σημείου και πραγματοποίηση της μέτρησης με ισχύουσες τις απαραίτητες συνθήκες (κατακορυφότητα).
- Άμεσο επακόλουθο της προαναφερθείσας παρατήρησης είναι και η ταχύτητα μέτρησης από τον γεωδαιτικό σταθμό στην ακτή. Στην πρώτη μέθοδο αυτή ήταν αργή και τελικά πραγματοποιείτο σε λάθος αναβιβασμένο σημείο από το αρχικό, ενώ στη δεύτερη που η διάταξη ήταν σταθερή, η μέτρηση ήταν άμεση και ακριβέστερη.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, για περιοχές μελέτης για τις οποίες επαρκεί η χρήση καταφώτου (μέγιστο βάθος περίπου 2.80m) συνίσταται αυτή η μέθοδος σε σύγκριση με τη διάταξη που κατασκευάσαμε.

3.4. Ίδρυση σημείων αναφοράς υποβρυχίως

Καθώς το βάθος της περιοχής επέτρεπε την εφαρμογή του αναβιβασμού σημείων, η ίδρυση σημείων αναφοράς υποβρυχίως δεν ήταν απαραίτητη για την ολοκλήρωση της αποτύπωσης, αλλά στήθηκαν τρία σημεία (Α,Β,Γ) για εκπαιδευτικούς λόγους. Αυτά θα χρησιμοποιηθούν στη μέθοδο του τριπλευρισμού, όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο που ακολουθεί.

Οι συντεταγμένες των κορυφών Α, Β, Γ προσδιορίστηκαν από τον γεωδαιτικό σταθμό με χρήση καταφώτου.

Για την επισήμανση των σημείων προτιμήθηκε να χρησιμοποιηθούν κυρίως ήδη υπάρχοντα στοιχεία της αρχαιολογικής έρευνας (όπως πακτωμένες μπετονόβεργες με αναρτημένα πλαστικά μπουκάλια), ώστε να μην αλλοιωθεί το αρχαιολογικό τοπίο. Μία επιπλέον ιδιαιτερότητα της περιοχής μελέτης που περιόριζε την επιλογή της θέσης των υποβρυχίων σημείων αναφοράς ήταν το γεγονός ότι ο βυθός ουσιαστικά αποτελείτο από πέτρινες πλάκες, πάνω στις

οποίες ήταν αδύνατο να καρφώσουμε. Όπως έλεγε και η κ. Κουτσούμπα «είμαστε μέσα στον οικισμό!!».

3.5. Τριπλευρισμός

Για την εκτέλεση του τριπλευρισμού, αρχικά επισημάνθηκαν τα επιμέρους σημεία των οποίων μας ενδιέφερε ο προσδιορισμός των συντεταγμένων. Ιδανικά, θα θέλαμε να προσδιορίσουμε σημεία που έχουν αποτυπωθεί και με τη μέθοδο του καταφώτου, ώστε να είναι άμεση η σύγκριση των αποτελεσμάτων, αλλά αυτό ήταν αδύνατο καθώς εκείνα τα σημεία είχαν υποδειχθεί επί τόπου από την αρχαιολόγο κατά την αποτύπωση. Έτσι, επισημίναμε σημεία πάνω σε κατασκευές που γνωρίζαμε πως έχουν αποτυπωθεί ώστε –έμμεσα- να γίνει η επιθυμητή σύγκριση των μεθόδων.

Για την επισήμανσή τους έγινε χρήση ήλων και κομματιών πινακίδας *ΕΝΟΙΚΙΑΖΕΤΑΙ* για εξωτερικούς χώρους -καθώς αφενός είναι πλαστική και αφετέρου μπορούμε να γράψουμε με μαρκαδόρο στην επιφάνειά της. Με ανάλογο τρόπο επισημάνθηκαν και τα Α,Β,Γ για αποφυγή καθυστερήσεων και προβλημάτων προσανατολισμού υποβρυχίως.



Εικόνες 3.14, 3.15. Εργασία για την επισήμανση των σημείων τριπλευρισμού

Τα απεικονιζόμενα κατασκευάσματα πακτώθηκαν με χρήση 'βαριοπούλας' στην περιοχή μεταξύ των σημείων Α,Β,Γ. Από την αρχική εκτίμηση των 12 σημείων, μόνο 6 ήταν δυνατό να τοποθετηθούν στην επιθυμητή θέση, λόγω των ιδιοτήτων που προαναφέρθηκαν (2.2.4.), χρειάστηκε και οι δύο τοπογράφοι-δύτες να φορέσουμε ολόκληρο τον εξοπλισμό και να καταδυθούμε. Για την εν λόγω μέθοδο είναι αναγκαίες δύο 30m μετροταινίες (πλαστικές, κλειστού κελύφους) και δύο πινακίδες καταγραφής μετρήσεων, από μία για κάθε δύτη αντίστοιχα.

Όπως αναφέρθηκε στο θεωρητικό μέρος της εργασίας (2.1.), η εν λόγω μεθοδολογία απαιτεί συνεργείο 5 ατόμων. Συνεπώς, για να εκτελεστεί από δύο άτομα υπήρξαν μεταβολές στη διαδικασία μέτρησης: ένας δύτης καθόταν σταθερά σε γνωστό σημείο κρατώντας την άκρη της μετροταινίας, ενώ ο άλλος πήγαινε από σημείο σε σημείο και σημείωνε τις ενδείξεις. Οι μετρήσεις σημειώνονταν σε πινακίδες από Plexiglas και μεταφέρονταν σε χαρτί κατά την έξοδό μας από τη θάλασσα.



Εικόνα 3.16. Οι μετρήσεις μεταφέρονται από το Plexiglas σε χαρτί

Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις:

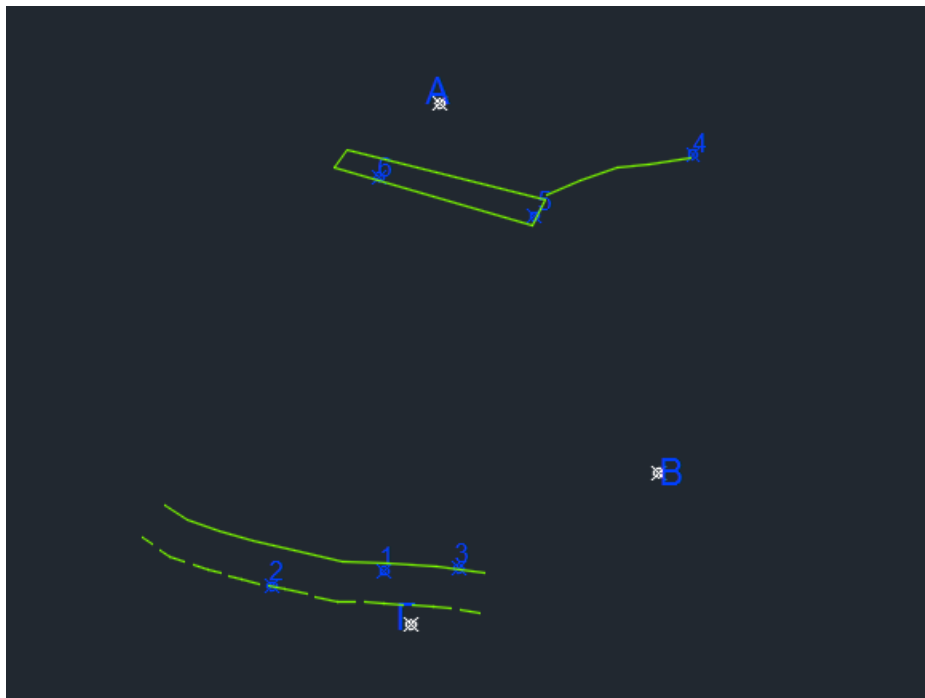
- Η περιορισμένη ορατότητα (3-4m) δυσκόλευε τις μετρήσεις με τη μετροταινία, ενώ η συνεννόηση μεταξύ των δυτών γινόταν μόνο με έντονα τραβήγματα αυτής
- Παρ' όλο που η μετροταινία έφερε ενδείξεις ανά 2mm, η ασφαλέστερη εκτίμηση που μπορούσε να γίνει υποβρυχίως ήταν ακρίβειας εκατοστού

- Η μετακίνηση πάνω από τον αρχαιολογικό χώρο με τη μετροταινία ήταν αρκετά επίφοβη, καθώς η κορδέλα ορισμένες φορές μπλεκόταν πάνω στις πέτρες
- Οι δύτες ήταν απαραίτητο να φέρουν αρκετά βάρη, ώστε να είναι πιο εύκολη η παραμονή τους κοντά στον πυθμένα.

Οι συνθήκες που επικρατούσαν στη συγκεκριμένη περίπτωση (σχετικά επίπεδος βυθός, μικρές αποστάσεις (3-14m), μικρός αριθμός σημείων) ήταν ιδανικές για τη δοκιμή αυτής της μεθοδολογίας. Ωστόσο, εάν χρειαζόταν να εφαρμοσθεί για ολόκληρη την περιοχή μελέτης θα ήταν πολύ χρονοβόρα και κουραστική, συν το γεγονός ότι η μέθοδος του τριπλευρισμού δεν μας δίνει καμία υψομετρική πληροφορία. Συνίσταται μόνο για βάθη, ή άλλες περιπτώσεις, όπου δεν μπορεί να εφαρμοσθεί η μέθοδος αναβιβασμού, με αναβιβασμό στα ελάχιστα δυνατά σημεία κ μετά με εφαρμογή του τριπλευρισμού.

Γραφικά, η αποτύπωση των σημείων έγινε σχεδιάζοντας τους κύκλους, με ακτίνα την μετρημένη απόσταση, και επιλέγοντας το –κατά προσέγγιση- σημείο τομής.

Μετά την ολοκλήρωση της προαναφερθείσας διαδικασίας και για τα 6 σημεία, το αποτέλεσμα ήταν αυτό που φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί:



Εικόνα 3.17. Αποτύπωση σημείων με τη μέθοδο του τριπλευρισμού

Στην παραπάνω εικόνα, με μπλε χρώμα εμφανίζονται τα σημεία που βρέθηκαν με τη μέθοδο του τριπλευρισμού ενώ με πράσινο οι τοίχοι όπως αποτυπώθηκαν με το κατάφωτο. Τα αποτελέσματα είναι πολύ καλά, με αποκλίσεις περί τα 10cm. Φυσικά εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι τα σημεία της

αποτύπωσης με κατάφωτο επιλέχθηκαν από την αρχαιολόγο, ενώ αυτά του τριπλευρισμού από εμάς.

Η μέθοδος του τριπλευρισμού μπορεί επίσης να αντιμετωπιστεί με αναλυτική διαδικασία, ως εμπροσθοτομία με αποστάσεις από 3 γνωστά σημεία.

Σύμφωνα με αυτή, δημιουργούνται τα διάφορα τρίγωνα (με δύο κορυφές γνωστά σημεία και τρίτη το άγνωστο), υπολογίζονται οι προσκείμενες στη βάση γωνίες (με εφαρμογή του νόμου του συνημιτόνου σε κάθε τρίγωνο) και, τέλος, οι γωνίες διεύθυνσης του άγνωστου σημείου με κάθε μία από τις γνωστές κορυφές (κάνοντας τις απαραίτητες πράξεις όπως προκύπτουν από το σχήμα). Οι συντεταγμένες του άγνωστου σημείου, από κάθε γνωστή κορυφή, προκύπτουν με την εφαρμογή του 1^{ου} Θεμελιώδους Προβλήματος και οι τελικές συντεταγμένες τους ως ο μέσος όρος των προηγούμενων.

I	ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ		ΓΡΑΦΙΚΑ		ΔΙΑΦΟΡΑ (cm)	
	Xi	Yi	Xi	Yi	ΔXi	ΔYi
1	423148.398	4142467.234	423148.383	4142467.266	1.5	3.2
2	423145.442	4142466.607	423145.359	4142466.854	8.3	24.7
3	423150.433	4142467.199	423150.379	4142467.332	5.4	13.3
4	423156.705	4142478.400	423156.691	4142478.402	1.4	0.2
5	423152.424	4142476.907	423152.426	4142476.749	0.2	15.8
6	423148.289	4142477.827	423148.250	4142477.801	3.8	2.6

Πίνακας 1. Σύγκριση αποτελεσμάτων τριπλευρισμού (γραφικά και αναλυτικά)

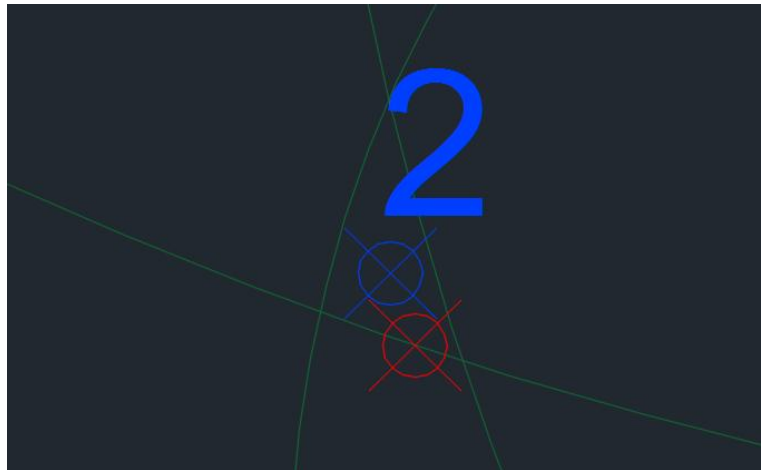
Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 1, η μέγιστη διαφορά στη διεύθυνση των X υπολογίζεται στα 8cm και η ελάχιστη στα 2mm. Αντίστοιχα, για τη διεύθυνση των Y η μέγιστη διαφορά είναι 25cm και η ελάχιστη 2mm.

Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις:

- Κάνοντας χρήση της γραφικής μεθόδου τα σημεία προέκυπταν άμεσα και οι συντεταγμένες τους λαμβάνονταν από το υπόβαθρο που ήταν ενταγμένο στο ΕΓΣΑ'87.
- Ο υπολογισμός των συντεταγμένων με τη μέθοδο της εμπροσθοτομίας ήταν πολύ πιο χρονοβόρος, καθώς ο τύπος υπολογισμού της γωνίας διεύθυνσης έπρεπε συνεχώς να αναπροσαρμόζεται (σύμφωνα με το

σχήμα) προκειμένου το αποτέλεσμα να είναι το επιθυμητό και όχι το συμμετρικό του.

- Τα σημεία που προέκυψαν γραφικά έχουν πιο 'σταθμισμένες' συντεταγμένες, καθώς αποτελούν το κεντροειδές του ελλειψοειδούς τριγώνου που σχηματίζεται από την τομή των κύκλων (Εικόνα . Πιθανώς σε αυτή τη διαφορετική προσέγγιση να οφείλονται και οι μεγαλύτερες διαφορές –κυρίως- στη διεύθυνση των Υ (Πίνακας 1).



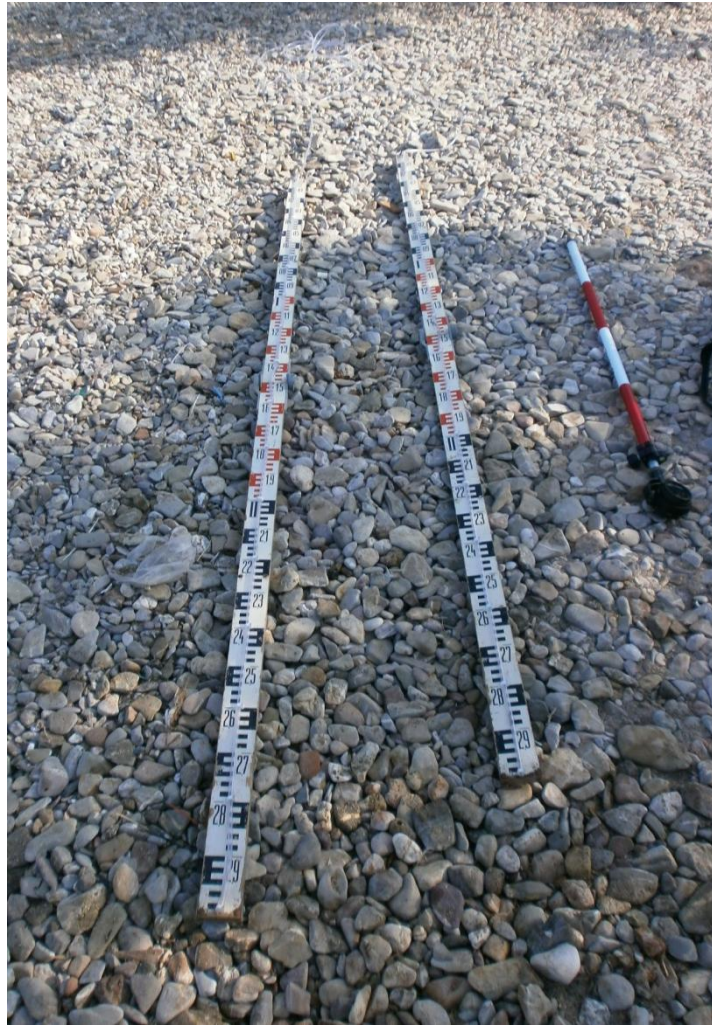
Εικόνα 3.18. Σημείο τριπλευρισμού όπως προέκυψε γραφικά (μπλε) και αναλυτικά (κόκκινο)

3.6. Υψομετρία με υδραυλική χωροστάθμηση

Για την εκτέλεση της υψομετρίας με υδραυλική χωροστάθμηση έγινε χρήση της διάταξης (Εικόνα 2.34) που μας παραχωρήθηκε από την αποθήκη οργάνων της Σχολής. Αυτή αποτελείτο από δύο ξύλινες σταδίες, με υποδιαιρέσεις εκατοστού, οι οποίες έφεραν προσαρμοσμένο αλφαδολάστιχο. Για την εκτέλεση της υψομετρίας χρειάστηκε να καταδυθούμε και οι δύο με πλήρη εξοπλισμό. Για την καταγραφή των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν οι ειδικές πινακίδες.

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο για την επιτυχή εκτέλεση της εν λόγω υψομετρίας είναι η ταυτόχρονη βύθιση των σταδίων στο νερό. Μόνο έτσι θα εγκλωβιστεί ο αέρας που είναι απαραίτητος για την εφαρμογή της αρχής των συγκοινωνούντων δοχείων.

Αρχικά, η πρόθεσή μας ήταν με αυτή τη μεθοδολογία να δοθούν υψόμετρα στα σημεία που προσδιορίστηκαν από τον τριπλευρισμό, ώστε αυτά να είναι πλήρως ορισμένα (οριζοντιογραφικά και υψομετρικά).



Εικόνα 3.19. Διάταξη υδραυλικής χωροστάθμησης





Εικόνες 3.20, 3.21. Προσπάθεια κατακορύφωσης σταδίας



Εικόνα 3.22. Προσπάθεια ανάγνωσης της μέτρησης



Εικόνα 3.23. Καταγραφή μέτρησης από σταδία

Στην συνέχεια, ωστόσο, αντιληφθήκαμε ότι τα αποτελέσματα της υδραυλικής χωροστάθμησης δεν θα μπορούσαν να επαληθευτούν κατ' αυτόν τον τρόπο, αφού δεν θα υπήρχαν στοιχεία σύγκρισης. Τελικά, αποφασίστηκε η μέθοδος με το αλφαδολάστιχο να εκτελεστεί για τα υποβρύχια σημεία αναφοράς Α,Β,Γ τα οποία είχαν υψόμετρα γνωστά από την μέθοδο με το κατάφωτο (2.2.3.2.).

Λόγω περιορισμένης ορατότητας η συνεννόηση υποβρυχίως ήταν αδύνατη, οπότε χρειάστηκε να έρθουν προς βοήθεια, ως δύτες επιφανείας, η αρχαιολόγος και ο Vonaη, μέλος της αρχαιολογικής ομάδας, τον οποίο και ευχαριστούμε θερμά.

Οι σταδίες τοποθετήθηκαν αρχικά στις κορυφές Α και Β. Από την επιφάνεια της θάλασσας οι δύτες επιφανείας συγκρατούσαν τις σταδίες για να μην μετακινούνται, από τον κυματισμό και την άνωση, και συντόνιζαν την πραγματοποίηση των μετρήσεων, δίνοντάς μας σήμα όταν οι σταδίες (το τμήμα τους που προεξείχε για την ακρίβεια) σταθεροποιούντο.

Με το σήμα τους αυτό, καταγράφαμε την ανάγνωση στην πινακίδα. Ως ανάγνωση λαμβανόταν η ένδειξη της σταδίας στο σημείο όπου ισορροπούσε η διαχωριστική επιφάνεια νερού και αέρα. Καθώς η επιφάνεια αυτή παρουσίαζε συνεχή κατακόρυφη μικρομετακίνηση ακόμα και κατά τη διάρκεια της μέτρησης, η ανάγνωση καταγραφόταν με ακρίβεια εκατοστού.

Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε για όλους τους συνδυασμούς των κορυφών (ΒΓ,ΑΓ).

Στην επεξεργασία των παραπάνω μετρήσεων, ορίστηκαν οι όπισθεν και έμπροσθεν αναγνώσεις όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

ΌΠΙΣΘΕΝ	ΈΜΠΡΟΣΘΕΝ	ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ
B:1,28m	A:1,11m	0,17m
Γ:1,18m	B:1,25m	-0,07m
A:1,07m	Γ:1,19m	-0,12m

Πίνακας 2. Μετρήσεις υδραυλικής χωροστάθμησης

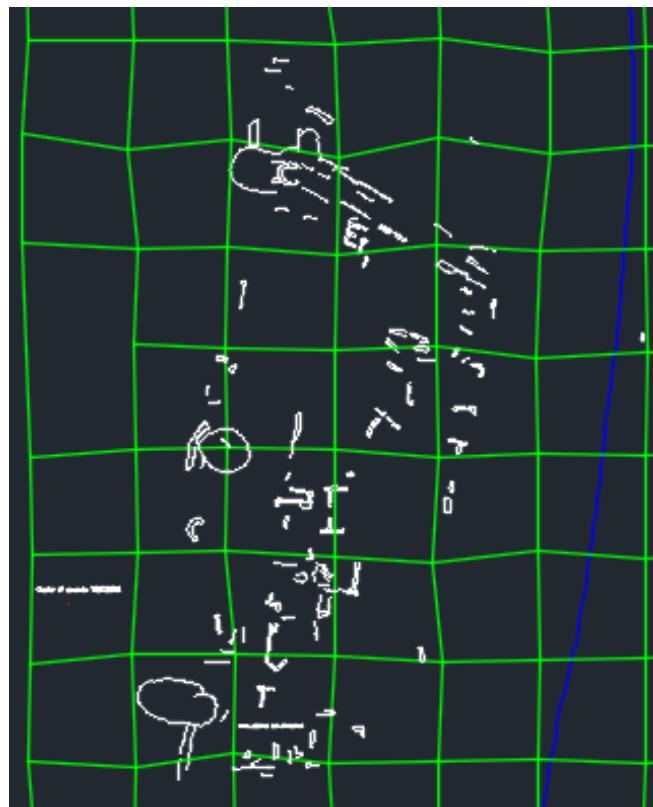
Οι τρεις κορυφές δημιουργούν ένα τρίγωνο και άρα θα πρέπει το άθροισμα των υψομετρικών διαφορών του Πίνακα 2 να προκύπτει 0,00m, όμως λόγω των δυσκολιών που εμπεριέχει αυτή η μέθοδος υπήρξε μια διαφορά των 2cm που θεωρείται ανεπαίσθητη και απολύτως λογική.

Το επιφανειακό κύμα, τα υποθαλάσσια ρεύματα και η μεγάλη άνωση που έχουν οι ξύλινες σταδίες είναι παράγοντες που επηρεάζουν τη κατακορυφότητά τους.

Μια άλλη μεθοδολογία που θα μπορούσε να εφαρμοσθεί για τον προσδιορισμό υψομέτρων στα συγκεκριμένα σημεία είναι με τη χρήση ηλεκτρονικού βυθόμετρου, το οποίο όμως πρώτα θα πρέπει να έχει ελεγχθεί για την ακρίβειά του. Επειδή δεν διαθέταμε το όργανο αυτό στη παρούσα διπλωματική δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με ηλεκτρονικό βυθόμετρο.

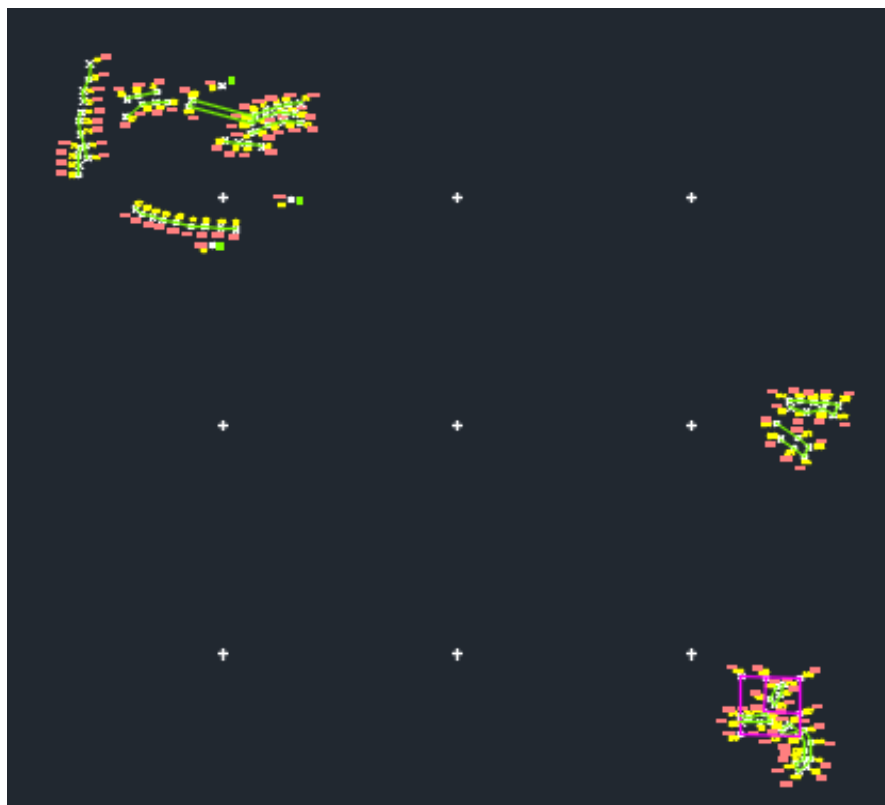
3.7. Τελικά σχέδια

Η εφορεία εναλίων αρχαιοτήτων είχε ήδη κάνει μια αποτύπωση της συνολικής περιοχής της παραλίας των 12 στρεμμάτων χωρίς ιδιαίτερη ακρίβεια με χρήση GPS. Το αποτέλεσμα της φαίνεται στη συνέχεια.



Εικόνα 3.24. Σχέδιο περιοχής με GPS

Η συνολική αποτύπωση του τμήματος που έγινε για τη διπλωματική μου απεικονίζεται στη συνέχεια.



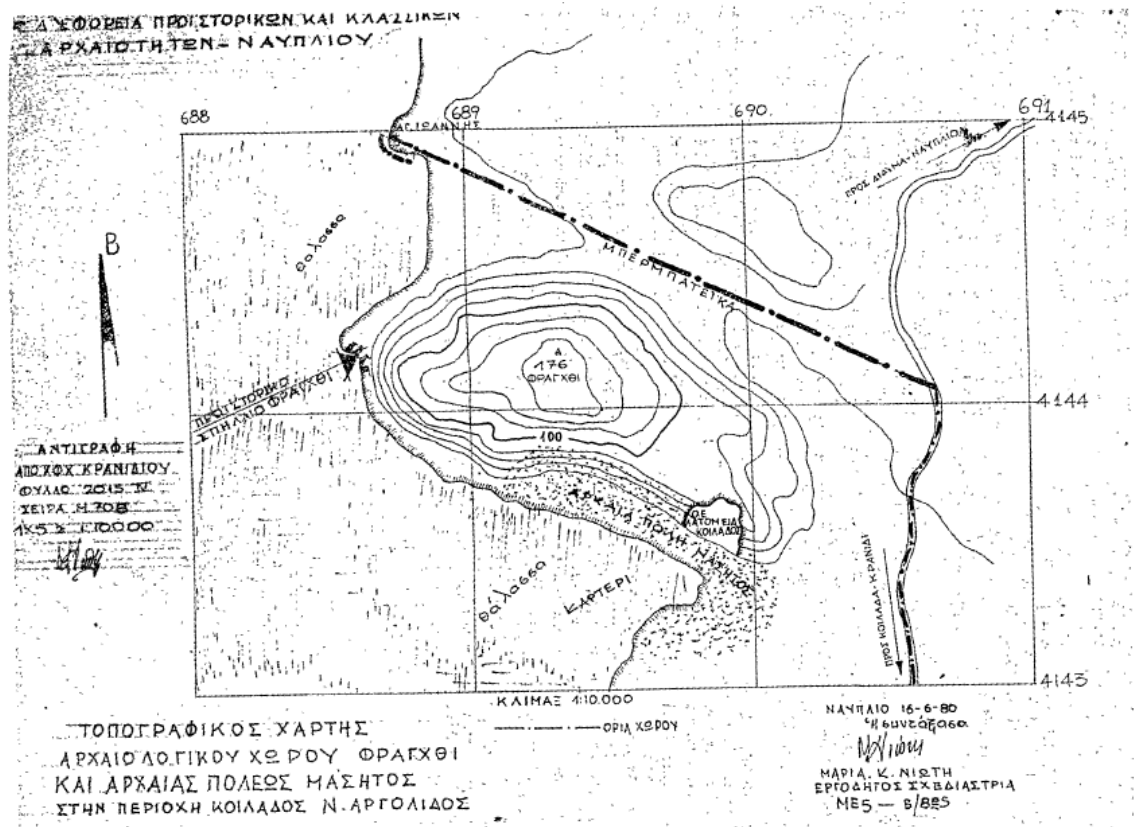
Εικόνα 3.25. Σχέδιο της συνολικής περιοχής αποτύπωσής μου

3.8. Κήρυξη αρχαιολογικού χώρου

Παράλληλα με την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας μας ζητήθηκε από την αρχαιολόγο να κάνουμε την κήρυξη του αρχαιολογικού χώρου (χερσαίου και ενάλιου).

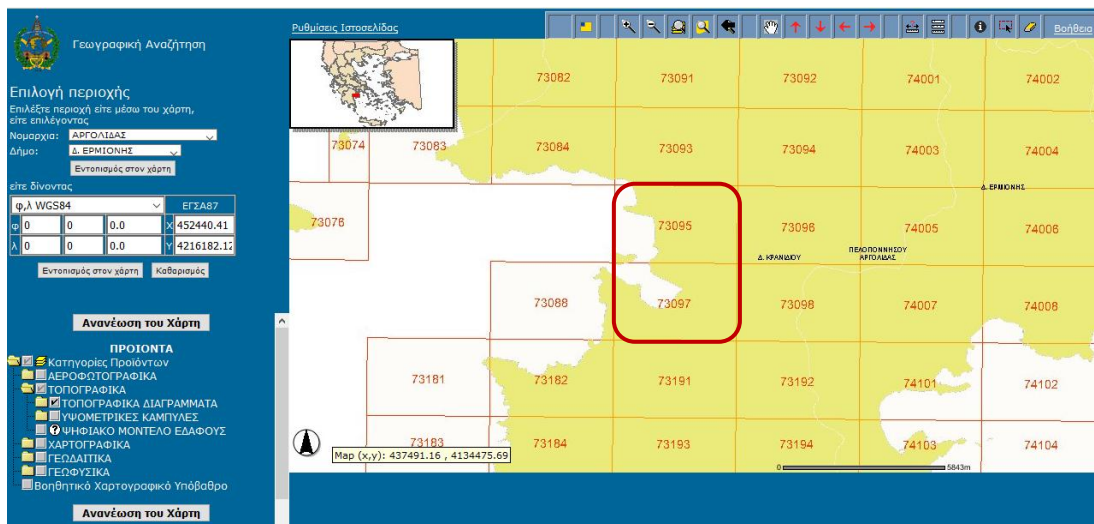
Όσον αφορά στην κήρυξη του χερσαίου τμήματος, το οποίο περιλαμβάνει το σπήλαιο και την ευρύτερη περιοχή του υψώματος Φράγχθι στην Κοιλάδα Ερμιονίδος, η αρχαιολόγος μας παρέπεμψε στο *ΦΕΚ Β 1046 – 10.10.1980*. Στο εν λόγω φύλλο καθορίζονται τα όρια του αρχαιολογικού χώρου χρησιμοποιώντας, κυρίως, τοπωνύμια και ορόσημα. Συγκεκριμένα, ορίζεται:

- α) Προς βορρά από το ναΐδριο του Αγίου Ιωάννου στην ομώνυμη θέση και εν συνεχεία από τη γραμμή που διχοτομεί την Κοιλάδα Μπερματείικα μέχρι της συναντήσεως με την εθνική οδό Ναυπλίου-Κρανιδίου.
- β) Προς ανατολάς από τον άξονα της εθνικής οδού Ναυπλίου-Κρανιδίου μέχρι της συναντήσεώς της με την συντεταγμένη του χάρτη 4143.
- γ) Προς νότο από τη συντεταγμένη του χάρτη 4143 και
- δ) Προς δυσμάς από τη γραμμή της ακτής.



Εικόνα 3.26. Απόσπασμα Φ.Χ. Κρανιδίου, κλίμακα 1:10.000 (προβολή Hatt)

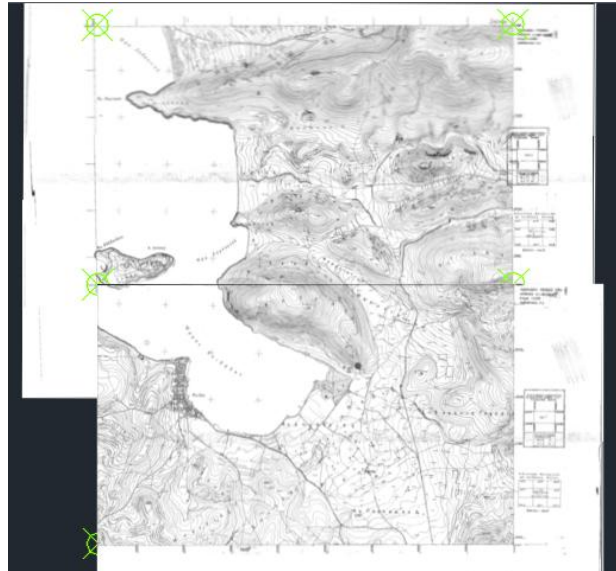
Όπως μας ενημέρωσε η αρχαιολόγος, η κήρυξη γίνεται σε τοπογραφικά διαγράμματα της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.), κλίμακας 1:5.000. Εξετάζοντας το Γεω-Ευρετήριο του ηλεκτρονικού καταστήματος της Υπηρεσίας, προέκυψε πως η περιοχή εμφανίζεται στα φύλλα 73095 και 73097 σε προβολή Hatt, τα οποία και προμηθευτήκαμε.



Πηγή: <http://web.gys.gr/GeoSearch/>

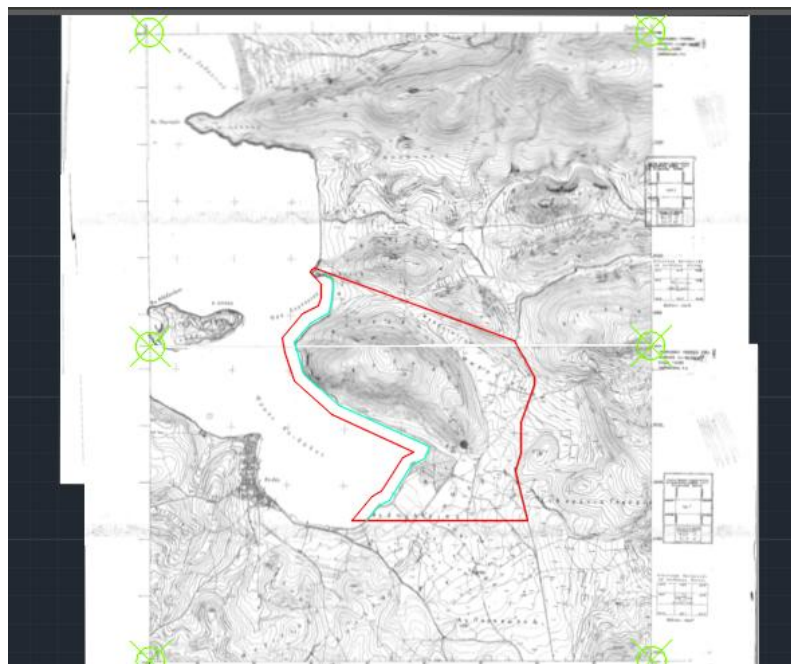
Εικόνα 3.27. Επιλογή φύλλων από το Γεω-Ευρετήριο της Γ.Υ.Σ.

Αφού παραλάβουμε τα παραπάνω φύλλα χάρτη, τα σαρώσαμε και τα εισάγαμε ως εικόνες στο σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD. Σε αυτές εφαρμόσαμε μετασχηματισμό ομοιότητας (εντολή *align*), προκειμένου να αποκτήσουν μετρητική πληροφορία (συντεταγμένες Π.Ε.Σ.Α.).



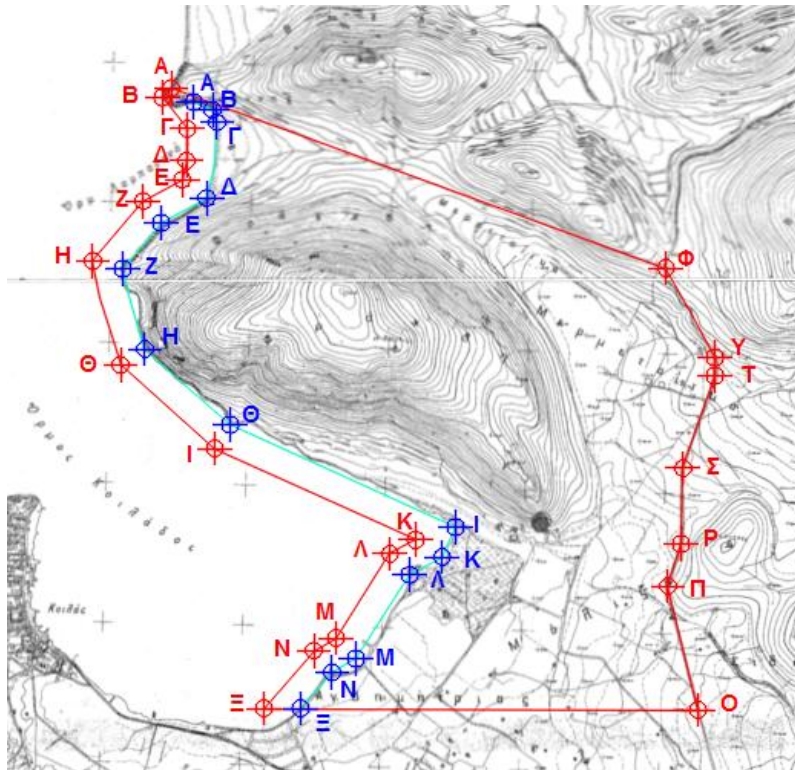
Εικόνα 3.28. Εντολή *align* στο AutoCAD

Στη συνέχεια, σύμφωνα με τις πληροφορίες του ΦΕΚ Β 1046 – 10.10.1980 (α έως δ), ορίστηκαν τα όρια του –χερσαίου- αρχαιολογικού χώρου. Για την κήρυξη του ενάλιου χώρου, η αρχαιολόγος μας ενημέρωσε πως αυτή θα καλύπτει τη θαλάσσια ζώνη σε απόσταση 100m από την ακτογραμμή της χερσαίας περιοχής.



Εικόνα 3.29. Όρια αρχαιολογικού χώρου

Τέλος, η κάθε κορυφή του κόκκινου πολυγώνου ονομάστηκε με ένα γράμμα του ελληνικού αλφάβητου και υπολογίστηκαν και οι συντεταγμένες του. Το ίδιο συνέβη και για την μπλε ακτογραμμή.



Εικόνα 3.30. Ορισμός κορυφών πολυγώνου και ακτογραμμής

Συντεταγμένες Κορυφών (Α-Φ)	X	Y	Z
A	14514,834	19889,888	0,000
B	14483,080	19855,605	0,000
Γ	14571,647	19744,424	0,000
Δ	14569,698	19630,059	0,000
E	14554,249	19561,910	0,000
Z	14414,376	19484,882	0,000
H	14234,582	19270,960	0,000
Θ	14333,806	18898,100	0,000
I	14671,110	18598,077	0,000
K	15388,225	18270,948	0,000
Λ	15296,932	18220,777	0,000
M	15103,652	17918,752	0,000
N	15025,052	17873,663	0,000
Ξ	14846,173	17666,626	0,000
O	16398,000	17660,989	0,000
Π	16289,705	18105,380	0,000
P	16337,289	18255,438	0,000
Σ	16344,134	18528,098	0,000
T	16458,307	18859,566	0,000
Υ	16458,307	18924,148	0,000
Φ	16283,277	19244,613	0,000

Συντεταγμένες Ακτογραμμής (Α-Φ)	X	Y	Z
A	14595,415	19840,429	0,000
B	14662,596	19812,030	0,000
Γ	14678,911	19767,379	0,000
Δ	14641,841	19495,987	0,000
E	14478,939	19406,276	0,000
Z	14341,544	19242,801	0,000
H	14421,119	18954,271	0,000
Θ	14726,316	18682,806	0,000
I	15530,919	18315,768	0,000
K	15483,368	18209,128	0,000
Λ	15367,425	18145,412	0,000
M	15174,670	17844,206	0,000
N	15089,291	17795,228	0,000
Ξ	14976,897	17666,862	0,000

Εικόνες 3.31, 3.32. Συντεταγμένες κορυφών πολυγώνου και ακτογραμμής Hatt με Φύλλο Χάρτου 73095 και 73097

Συμπεράσματα

Η αποτύπωση των μνημείων είναι αναγκαία, καθώς εξασφαλίζει τις καταγραφές των στοιχείων της πολιτιστικής κληρονομιάς, ιδιαίτερα αυτών που κινδυνεύουν από τη φθορά του χρόνου, τις φυσικές συνθήκες και τις μεταβολές που οφείλονται στην ανθρώπινη παρέμβαση. Η συμβολή του Αγρονόμου – Τοπογράφου Μηχανικού με τις γνώσεις που κατέχει πάνω στις μεθόδους αποτύπωσης κρίνεται αναγκαία.

Από τα αποτελέσματα όλων των μεθοδολογιών και τεχνικών που εφαρμόστηκαν στη παρούσα διπλωματική εργασία καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι μετρήσεις και η επεξεργασία τους ήταν πολύ ακριβείς παρά τις δυσκολίες του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Λόγω του περιορισμένου όμως βάθους της περιοχής εφαρμόστηκε ένας συγκεκριμένος αριθμός μεθόδων, καθώς όσο αυξάνει το βάθος αυξάνουν και οι ενέργειες που μπορούν να πραγματοποιηθούν.

Ο αναβιβασμός σημείων με κατάφωτο ήταν ιδιαίτερα ακριβής σε αντίθεση με αυτόν με την ιδιοκατασκευή. Ο τριπλευρισμός και η υδραυλική χωροστάθμιση που εφαρμόστηκαν από τα σημεία αναφοράς που τοποθετήθηκαν στο βυθό έδωσαν μεγάλης ακρίβειας αποτελέσματα και υπήρξε και η ιδέα για τη χρήση ηλεκτρονικού βυθόμετρου για τον προσδιορισμό υψομέτρων όμως δεν διατέθηκε ο συγκεκριμένος εξοπλισμός.

Οι παράγοντες του υποβρύχιου περιβάλλοντος που επιδρούν στη φυσική κατάσταση των δυτών πολύ συχνά επηρεάζουν τις μετρήσεις. Για αυτόν το λόγο, είναι απαραίτητο να γίνεται καλός προγραμματισμός των εργασιών από πριν και όχι κατά τη διάρκεια της κατάδυσης. Οι δύτες που συμμετέχουν στις μετρήσεις να είναι καλά εκπαιδευμένοι και να έχουν αντίληψη του τι μετρούν και πως το μετρούν. Η τελευταία αναφορά σχετικά με τους δύτες και την εξειδίκευσή τους, γίνεται για το λόγο ότι στις εργασίες αποτύπωσης εν μέσω μιας υποβρύχιας αρχαιολογικής έρευνας δε συμμετέχουν μόνο μηχανικοί ή γενικά υπεύθυνοι αποτυπώσεων, αλλά και δύτες – γνώστες διαφορετικών αντικειμένων.

Βιβλιογραφία

- Ευαγγελία Λάμπρου – Γεώργιος Πανταζής (Σεπτέμβριος 2011), «Εφαρμοσμένη γεωδαισία», Εκδόσεις Ζήτη
- Άνθιμος Μπαντέλας – Παρασκευάς Σαββαΐδης – Ιωάννης Υφαντής – Ιωάννης Δούκας (2010), «Γεωδαιτικά όργανα και μέθοδοι μέτρησης και υπολογισμών (Τόμος 1)», Εκδόσεις Αδελφοί Κυριακίδη
- Στέφανος Δογγούρης (Ιούνιος 1990), «Σημειώσεις στις υποβρύχιες αποτυπώσεις»

Ιστοσελίδες

- <http://www.aegean.gr/gympeir/thalassa.htm>
- <https://aboutsea.wordpress.com/category/%CE%B8%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%83%CE%B1-1%CE%BF-%CE%B8%CE%AD%CE%BC%CE%B1-%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%82/>
- http://www.huffingtonpost.gr/2015/11/08/story-scuba-vithos_n_8302904.html
- <http://www.hyperbaric.gr/index.php/diving-med/historical-development-of-scuba-diving>
- <http://www.blod.gr/lectures/Pages/viewlecture.aspx?LectureID=2362#>
- <https://greece.terrabook.com>
- <http://www.yppo.gr>
- http://www.yppo.gr/1/g1540.jsp?obj_id=91
- <https://downlineaquatec.wordpress.com/tag/%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CE%B4%CF%85%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CF%83%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CF%89%CE%BD%CE%AF%CE%B1%CF%82/>
- <http://www.ileiadivecenter.gr/kataditika-arthra/i-fisiologia-tou-ipervarikou-perivallontos/>
- <http://xsomaras.somweb.gr/wp-content/uploads/2012/04/analysisi.pdf>
- https://www.google.gr/search?q=%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CF%83%CE%AF%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF&biw=1366&bih=638&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwioi7in29TPAhXCXRQKHZffDaEQ_AUIBigB&dpr=1#tbm=isch&q=%CE%B3%CE%B5%CF%89%CE%B4%CE%B1%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF+%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CF%83%CE%AF%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF&biw=1366&bih=638&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwioi7in29TPAhXCXRQKHZffDaEQ_AUIBigB&dpr=1#tbm=isch&q=%CE%B3%CE%B5%CF%89%CE%B4%CE%B1%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF+%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CF%83%CE%AF%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF

CE%B9%CF%83%CE%AF%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF
&imgrc=QRHqj5Dlk9upjM%3A

- <https://eclass.duth.gr/modules/document/file.php/TMB287/%CE%9C%CE%B1%CE%B8%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%20%CE%94%CF%8C%CE%BA%CE%B1%CF%82/%CE%91%CE%BA%CE%B1%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%8A%CE%BA%CF%8C%20%CE%88%CF%84%CE%BF%CF%82%202014-2015/%CE%93%CE%95%CE%A9%CE%94%CE%91%CE%99%CE%A3%CE%99%CE%91%20%CE%99%20%CE%BC%CE%AC%CE%B8%CE%B7%CE%BC%CE%B1%203.pdf>
- https://www.google.gr/search?q=%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BD%CE%B9%CE%B5%CF%82+%CE%BC%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CF%82&biw=951&bih=889&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjWzJ3e1qDPAhXI6xQKHdd9AIUQ_AUIBigB#imgrc=yfHkSDtuK2Y8sM%3A
- <https://www.google.gr/search?q=%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%84%CE%B1%CE%B9%CE%BD%CE%B9%CE%B5%CF%82+%CF%80%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CF%82&biw=951&bih=889&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwiWuqfJ1qDPAhXH1hQKHZqoCEMQsAQIHQ#imgrc=BimSBINz3ZTLyM%3A>
- <http://www.gtprenatal.gr/infos/M%2011%206262.pdf>
- https://www.google.gr/search?q=%CF%83%CE%BF%CE%BD%CE%B1%CF%81&biw=1366&bih=638&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwidx5HG6NTPAhWDvxQKHYZcCfUQ_AUIBigB#tbm=isch&q=%CF%83%CE%BF%CE%BD%CE%B1%CF%81+%CF%80%CE%BF%CE%BC%CF%80%CE%BF%CF%82+%CE%B4%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%B7%CF%82&imgdii=bb0E478TauG9rM%3A%3Bbb0E478TauG9rM%3A%3BuQOPPEOo9sECWM%3A&imgrc=bb0E478TauG9rM%3A
- https://www.google.gr/search?q=%CF%83%CE%BF%CE%BD%CE%B1%CF%81&biw=1366&bih=589&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiXvc rS5dTPAhWDGRQKHwZICJsQ_AUIBigB&dpr=1#imgdii=XEVdHVivPCpk3M%3A%3BXEVdHVivPCpk3M%3A%3BXKupsG1mZk__MM%3A&imgrc=XEVdHVivPCpk3M%3A
- <http://blog.seabreeze.gr/2015/06/blog-post.html>
- <https://www.google.gr/search?q=%CE%BA%CE%BB%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%B7+%CF%80%CF%85%CE%BE%CE%B9%CE%B4%CE%B1&biw=1366&bih=638&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj>

G3dXo79TPAhXGvhQKHdlrAnQQ_AUIBigB#tbm=isch&q=%CE%BA%CE%B
B%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%B7+%CE%BC%CE%B1%CE
%B3%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B7+%CF%80%
CF%85%CE%BE%CE%B9%CE%B4%CE%B1&imgrc=o7dG5EOPh44gUM%
3A

- https://www.google.gr/search?q=%CF%85%CF%80%CE%BF%CE%B2%CF%81%CF%8D%CF%87%CE%B9%CE%B1+%CF%80%CF%85%CE%BE%CE%AF%CE%B4%CE%B1&biw=1366&bih=589&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjtW4_76tTPAhXFXhQKH9hCcQQ_AUIBigB#imgrc=zK41Mqoxl9NznM%3A
- www.ygeiaonline.gr/component/k2/item/22931-gvniometro
- http://www.treecomp.gr/downloads/GTS_233N-235N-236N-239N.pdf
- https://www.google.gr/search?q=gps+leica+1200&biw=1366&bih=638&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiMxrXnruHPAhVEwBQKHZwmDtUQ_AUIBigB#imgrc=9gsbfyuOM6D0WM%3A
- <http://web.gys.gr/GeoSearch/>