



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Σχολή Μηχανικής και
Τεχνολογίας

Πτυχιακή εργασία

**Τεκμηρίωση και Σύνδεση του Νέου Κυπριακού Δικτύου
Παλιρροιογραφικών Σταθμών με το Κατακόρυφο Πλαίσιο
Αναφοράς LVD93**

Χριστάκης Νικολάου

Λεμεσός, Μάιος 2019

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πτυχιακή εργασία

ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΕΣΗ ΤΟΥ ΝΕΟΥ ΚΥΠΡΙΑΚΟΥ
ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΑΛΙΡΡΟΙΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕ ΤΟ
ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ LVD93

του

Χριστάκη Νικολάου

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Χριστόδουλος Δανέζης

Λεμεσός, Μάιος 2019

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Χριστάκης Νικολάου, 2019

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους κ. Χριστόδουλο Δανέζη, επίκουρο καθηγητή του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου και τον κ. Ευάγγελο Μενδωνίδα, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν στο θέμα της παρούσας μελέτης. Τους ευχαριστώ για την άριστη καθοδήγηση και την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφεραν καθ' όλη την διάρκεια εκπλήρωσης της εργασίας καθώς, και για την αμέριστη υποστήριξη και την παροχή πληροφοριών που κατέβαλαν για την σωστή υλοποίηση και παρουσίαση της. Επίσης, ευχαριστώ τα άτομα τα οποία βοήθησαν στην επίτευξη του πρακτικού μέρους της μελέτης, Γιώργο Τουλούπη και Παναγιώτη Χρυσάνθου. Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου, για την συμπαράσταση και την υπομονή τους, κατά την απουσία μου από κοντά τους καθ' όλη τη διάρκεια συγγραφής της εργασίας αλλά και γενικότερα κατά την διάρκεια ολοκλήρωσης των προπτυχιακών μου σπουδών στο Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο προσδιορισμός της επιφάνειας αναφοράς των υψομέτρων αποτελεί σημαντικό παράγοντα στο κομμάτι εκτέλεσης υδρογραφικών μελετών ούτως ώστε να είναι δυνατή η ένταξη των μετρήσεων σε ενιαίο κατακόρυφο σύστημα αναφοράς. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα παλιρροιακά επίπεδα στον Κυπριακό χώρο δεν έχουν προσδιορισθεί, το Τμήμα Κτηματολογίου και Χωρομετρίας σε συνεργασία με το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου εγκατέστησαν ένα δίκτυο σύγχρονων παλιρροιογράφων με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτεται η παράκτια ζώνη των ελεύθερων περιοχών της Κύπρου.

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι η τεκμηρίωση των Παλιρροιογραφικών σταθμών του Κυπριακού Δικτύου με σύγχρονες μεθόδους καθώς και η σύνδεση τους με το υφιστάμενο κατακόρυφο πλαίσιο αναφοράς LVD93. Για τους σκοπούς αυτούς ιδρύθηκαν υψομετρικές αφετηρίες (referes), με βάση τις πιο σύγχρονες προδιαγραφές, στις περιοχές όπου είναι εγκατεστημένοι οι παλιρροιογράφοι και πραγματοποιήθηκε η σύνδεση τους με το υφιστάμενο χωροσταθμικό δίκτυο μέσω της μεθόδου της γεωμετρικής χωροστάθμησης.

Το προϊόν της εργασίας αποτελεί τη βάση για την ενοποίηση του δικτύου και την αποτελεσματική διαχείριση και επεξεργασία των μετρήσεων της στιγμιαίας στάθμης της θάλασσας (ΣΣΘ).

Λέξεις κλειδιά: Κατακόρυφο Datum, Παλιρροιακά Επίπεδα, Παλιρροιογράφοι, Κύπρος, LVD93.

ABSTRACT

Determination of the altitude reference surface is an important factor in the hydrographic execution section so that measurements can be integrated into a single vertical reference system. Taking into consideration that the tidal levels in the Cyprus area have not been defined, the Department of Lands and Surveys has installed a network of modern tidal gauges in a way that it covers most of the coastal zone of Cyprus.

The aim was, the determination of the tidal levels of Cyprus through modern methods and to link them with the existing LVD93 vertical frame report. For these purposes, altitude starting points were established, based on the most up to date specifications, in the areas where the tide gauges are installed. Their connection with the existing spatial network was made using the geometrical configuration method.

The product of the work is the basis for network integration and the effective management and processing of instant sea level measurements.

Keywords: Vertical Datum, Tidal Levels, Tide Gauges, Cyprus, LVD93.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vi
ABSTRACT.....	vii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ.....	xii
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	xiii
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ	xiv
Κυρίως κείμενο εργασίας	1
1 Εισαγωγή	1
1.1 Βασικοί Ορισμοί	1
1.2 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας	3
2 Προσδιορισμός Υψομέτρων	4
2.1 Κατακόρυφο Datum	4
2.2 Γεωμετρική Χωροστάθμηση	4
2.3 Τριγωνομετρική Υψομετρία	5
3 Δορυφορική Γεωδαισία	7
3.1 Γενικά.....	7
3.2 Μέθοδοι Δορυφορικού Εντοπισμού	8
4 Εισαγωγή στην Υδρογραφία.....	9

4.1	Γενικοί στόχοι.....	9
4.2	Εισαγωγή στις Παλίρροιες.....	12
4.3	Δυνάμεις που δημιουργούν τις παλίρροιες.....	14
4.4	Μετρήσεις Παλίρροιας.....	16
5	Μεθοδολογία Έρευνας.....	20
5.1	Εργασίες στο πεδίο	20
5.2	Εργασίες στο Γραφείο	24
6	Αποτελέσματα	27
7	Συμπεράσματα	39
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	40

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεταξύ ΥΑΑ - ΥΑΕ Λεμεσού.....	28
Πίνακας 2: Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεταξύ ΥΑΑ - ΥΑ ΤΚΧ Λεμεσού	28
Πίνακας 3: Υψομετρικές Διαφορές στη Λεμεσό	28
Πίνακας 4: Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεταξύ ΥΑΑ - ΥΑΕ Λάρνακας.....	30
Πίνακας 5: Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεταξύ ΥΑΑ - ΥΑ ΤΚΧ Λάρνακας.....	31
Πίνακας 6: Υψομετρικές Διαφορές στη Λάρνακα	31
Πίνακας 7: Υπολογισμός μέσω των τιμών των Ζενίθιων γωνιών Λάρνακας.....	31
Πίνακας 8: Υψομετρικές Διαφορές και Υψόμετρα μεταλλικής ράβδου ΠΣ Λάρνακας	31
Πίνακας 9: Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεταξύ ΥΑΑ - ΥΑΕ Πάφου	33
Πίνακας 10: Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεταξύ ΥΑΑ - ΥΑ ΤΚΧ Πάφου	33
Πίνακας 11: Υψομετρικές Διαφορές στη Πάφο	33
Πίνακας 12: Υπολογισμός μέσω των τιμών των Ζενίθιων γωνιών Πάφου	34
Πίνακας 13: Υψομετρικές Διαφορές και Υψόμετρα μεταλλικής ράβδου ΠΣ Πάφου ..	34
Πίνακας 14: Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεταξύ ΥΑΑ - ΥΑΕ Πομού	36
Πίνακας 15: Υψομετρικές Διαφορές στον Πομό.....	36
Πίνακας 16: Υπολογισμός μέσω των τιμών των Ζενίθιων γωνιών Πομού	36
Πίνακας 17: Υψομετρικές Διαφορές και Υψόμετρα μεταλλικής ράβδου ΠΣ Πομού...	36
Πίνακας 18: Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεταξύ ΥΑΑ - ΥΑΕ Παραλιμνίου	38
Πίνακας 19: Υψομετρικές Διαφορές στο Παραλίμνι	38
Πίνακας 20: Υπολογισμός μέσω των τιμών των Ζενίθιων γωνιών Παραλιμνίου	38
Πίνακας 21: Υψομετρικές Διαφορές και Υψόμετρα ράβδου ΠΣ Παραλιμνίου.....	38

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Επιφάνειες Αναφοράς.....	2
Διάγραμμα 2: Γεωμετρική Χωροστάθμιση	5
Διάγραμμα 3: Τριγωνομετρική Υψομετρία	6
Διάγραμμα 4: Βυθομετρικό Διάγραμμα	11
Διάγραμμα 5: Ναυτικός Χάρτης βασισμένος στο πιο πάνω Βυθομετρικό Διάγραμμα..	11
Διάγραμμα 6: Τύποι Παλίρροιας	13
Διάγραμμα 7: Ημιτονοειδής μορφή της παλίρροιας.....	13
Διάγραμμα 8: Παλίρροιας Συζυγίων και Τετραγωνισμών.....	15
Διάγραμμα 9: Επίπεδο Αναγωγής Βολισμάτων Χάρτη.....	16
Διάγραμμα 10: Παλιρροιόμετρο	18
Διάγραμμα 11: Παλιρροιογράφος.....	18
Διάγραμμα 12: Εβδομαδιαίο Παλιρροιογράφημα	19
Διάγραμμα 13: Τοποθέτηση Μπουλονιών – Υψομετρικών Αφετηριών	21
Διάγραμμα 14: Σκαρίφημα Μπουλονιών στην Περιοχή Πομού	21
Διάγραμμα 15: Σύνδεση ΥΑΑ (HR1) με ΜΣΘ	24
Διάγραμμα 16: Θέσεις Ειδικών Στόχων (2,3,4).....	26

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: Τοποθεσίες Παλιρροιογράφων	3
Χάρτης 2: Υψομετρικές Αφετηρίες Λεμεσού	27
Χάρτης 3: Υψομετρικές Αφετηρίες στην Λάρνακα	29
Χάρτης 4: Υψομετρικές Αφετηρίες Πάφου.....	32
Χάρτης 5: Υψομετρικές Αφετηρίες Πομού	35
Χάρτης 6: Υψομετρικές Αφετηρίες Παραλιμνίου	37

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΤΕΠΑΚ.	Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου
ΒΤΠ	Βιβλιοθήκη Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου
Φ.Γ.Ε.	Φυσική Γήινη Επιφάνεια
Μ.Σ.Θ.	Μέση Στάθμη της Θάλασσας
Μ.Σ.Π	Μέση Στάθμη Παλίρροιας
Τ.Κ.Χ	Τμήμα Κτηματολογίου και Χωρομετρίας
ΚΓΣΑ	Κυπριακό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς
ΥΑΑ	Υψομετρική Αφετηρία Αναφοράς
ΥΑΕ	Υψομετρική Αφετηρία Εξασφάλισης

ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

INS	Αδρανειακό Σύστημα Πλοήγησης
GNSS	Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης
GPS	Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού
RTK	Κινηματικός σε Πραγματικό Χρόνο
Lidar	Light Detection and Ranging

Κυρίως κείμενο εργασίας

1 Εισαγωγή

1.1 Βασικοί Ορισμοί

Η επιστήμη της Γεωδαισίας πραγματεύεται τον ακριβή προσδιορισμό των διαστάσεων και του σχήματος της Φ.Γ.Ε. Επίσης ασχολείται με την γεωμετρική απεικόνιση της Φ.Γ.Ε., την δημιουργία ενός ενιαίου συστήματος αναφοράς για την περιοχή μελέτης, τον προσδιορισμό και την μέτρηση σημείων πάνω στην Φ.Γ.Ε., τη μελέτη του γήινου πεδίου βαρύτητας και τέλος την μεταβολή των πιο πάνω παραμέτρων στο χρόνο. Για να επιτευχθούν οι πιο πάνω σκοποί της γεωεπιστήμης μετρώνται κυρίως διάφορα γεωμετρικά μεγέθη όπως διευθύνσεις, γωνιές, μήκη, υψόμετρα, υψομετρικές διαφορές κ.α..

Στην γεωδαισία χρησιμοποιούνται διάφορες επιφάνειες αναφοράς για να αποδοθεί το σχήμα και οι διαστάσεις της γης. Ο όρος Φυσική Γήινη Επιφάνεια (Φ.Γ.Ε.) στην Γεωδαισία αναφέρεται στην επιφάνεια πάνω στην οποία πραγματοποιούνται οι γεωδαιτικές μετρήσεις. Για το λόγο ότι η στάθμη της θάλασσας δεν παραμένει σταθερή, ως επίπεδο αναφοράς σε διάφορους χάρτες χρησιμοποιείται η Μέση στάθμη της θάλασσας (Μ.Σ.Θ.) που προκύπτει ως ο μέσος όρος από τις στάθμες της θάλασσας. Ως Γεωειδές ορίζεται η ισοδυναμική επιφάνεια η οποία ταυτίζεται με την Μ.Σ.Θ και την προέκτασή της στις ηπειρωτικές περιοχές της Γης αγνοώντας τις επιδράσεις που πιθανόν να οφείλονται στις παλίρροιες, τα ρεύματα ή οποιοδήποτε άλλο παράγοντα. Λόγω του ότι η επιφάνεια της γης είναι εξαιρετικά ανώμαλη και οι πιο πάνω επιφάνειες δεν μπορούν να προσδιοριστούν με οποιαδήποτε μαθηματική μέθοδο, ως επιφάνεια αναφοράς χρησιμοποιείται το ελλειψοειδές το οποίο είναι μια μαθηματική επιφάνεια με κέντρο το κέντρο μάζας της γης και προσεγγίζει όσο το δυνατό καλύτερα το γεωειδές. Σε περιπτώσεις όπου η ακρίβεια δεν παίζει σημαντικό ρόλο, η γη μπορεί να θεωρηθεί σφαιρική.

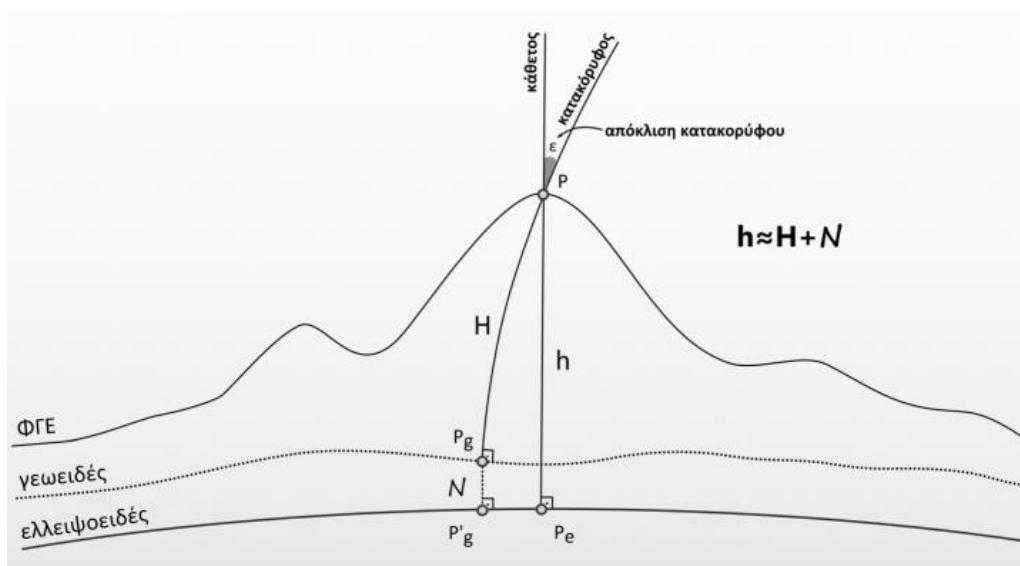
Υψομετρία είναι ο κλάδος που ασχολείται με την μέτρηση ή τον προσδιορισμό είτε των υψομέτρων είτε των υψομετρικών διαφορών μεταξύ μεμονωμένων σημείων πάνω στην Φ.Γ.Ε.. Το υψόμετρο ενός σημείου προσδιορίζεται ως η απόσταση του από την επιφάνεια στην οποία αναφέρεται. Ανάλογα με την επιφάνεια αναφοράς υπάρχουν διαφορετικές κατηγορίες υψομέτρων. Όταν η επιφάνεια αναφοράς είναι το γεωειδές

τότε αναφερόμαστε στο Ορθομετρικό Υψόμετρο (H), το οποίο προκύπτει από την απόσταση του σημείου με το γεωειδές και είναι κατά την διεύθυνση της κατακόρυφου, η οποία διέρχεται από το σημείο και είναι κάθετη στο γεωειδές. Σε περιπτώσεις που ως επιφάνεια αναφοράς λαμβάνεται το ελλειψοειδές τότε το υψόμετρο ονομάζεται Γεωμετρικό (h) και ορίζεται ως η απόσταση μεταξύ του σημείου και του ελλειψοειδούς, κατά τη διεύθυνση της καθέτου σε αυτό. Ως υψόμετρο / αποχή του γεωειδούς ονομάζεται η απόσταση που προκύπτει από τη διαφορά γεωειδούς και ελλειψοειδούς σε οποιοδήποτε σημείο της Φ.Γ.Ε. Η αποχή μεταξύ γεωειδούς και ελλειψοειδούς δίνεται με τον τύπο:

$$N = h - H$$

Με τις κλασικές μεθόδους της Γεωδαισίας δεν ήταν δυνατή η κάλυψη μεγάλων εκτάσεων γης. Το συγκεκριμένο πρόβλημα όμως λύθηκε με την χρήση δορυφορικών παρατηρήσεων και τα συστήματα GNSS, τα οποία επιτρέπουν την κάλυψη μεγάλων αποστάσεων αλλά και την δημιουργία τρισδιάστατων γεωδαιτικών δικτύων.

Ανάλογα με το αντικείμενο μελέτης ο όρος Γεωδαισία κατηγοριοποιείται σε διάφορους κλάδους όπως, Γεωμετρική Γεωδαισία, Φυσική Γεωδαισία, Δορυφορική Γεωδαισία, Διαστημική Γεωδαισία, Ανώτερη Γεωδαισία, Τοπογραφία, Θαλάσσια Γεωδαισία κ.α. Στο παρόν στάδιο δεν θα γίνει αναφορά σε όλους τους κλάδους της Γεωδαισίας αφού ορισμένοι από αυτούς δεν χρησιμοποιήθηκαν για τους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

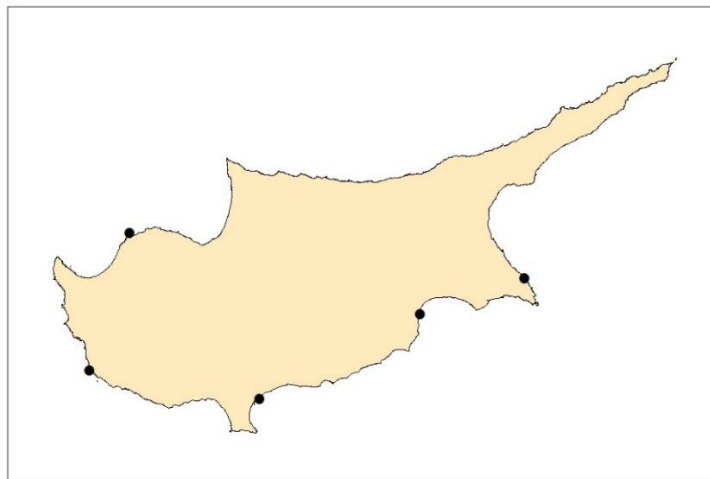


Διάγραμμα 1: Επιφάνειες Αναφοράς

1.2 Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Μετά από πρωτοβουλία του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου (ΤΕΠΑΚ) και του Τμήματος Κτηματολογίου και Χωρομετρίας εγκαθιδρύθηκε ένα δίκτυο μόνιμων παλιρροιογράφων σε λιμένες περιμετρικά της Ελεύθερης Κύπρου στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος ΘΑΛΧΩΡ2. Συγκεκριμένα οι παλιρροιογράφοι βρίσκονται στις περιοχές Λεμεσού, Λάρνακας, Πάφου, Παραλιμνίου και Πομού. Η εγκατάσταση του συγκεκριμένου δικτύου έχει ως σκοπό την συνεχή παρακολούθηση των μεταβολών της στάθμης της θάλασσας. Τα δεδομένα της στάθμης της θάλασσας συλλέγονται και επεξεργάζονται ούτως ώστε να υπολογιστεί η Μ.Σ.Θ..

Η παρούσα μελέτη αποτελεί κομμάτι του ερευνητικού προγράμματος ΘΑΛΧΩΡ2 το οποίο έχει ως στόχο τον υπολογισμό των παλιρροιακών επιπέδων στην Κύπρο μέσα από επεξεργασία χρονοσειρών μετρήσεων των παλιρροιακών σταθμών και τη σύνδεση των επιπέδων αυτών με το υφιστάμενο χωροσταθμικό δίκτυο με τη διαδικασία της γεωμετρικής χωροστάθμησης. Η συνεργασία αυτή είχε ως στόχο την ανανέωση του υψομετρικού δικτύου της Κύπρου το οποίο ορίστηκε πριν από περίπου 10 – 55 χρόνια. Απώτερος σκοπός της παρούσας διπλωματικής μελέτης ήταν η επίσκεψη στις περιοχές όπου είναι εγκατεστημένοι οι παλιρροιογράφοι, η λήψη των απαραίτητων μετρήσεων και η εκτέλεση των εργασιών που απαιτούνται ούτως ώστε τα υψόμετρα να αναφέρονται στην Μ.Σ.Θ.. Συγκεκριμένα η διαδικασία περιελάμβανε τον καθορισμό ενός κατακόρυφου Datum με σημείο μηδενισμού την Μ.Σ.Θ.



Χάρτης 1: Τοποθεσίες Παλιρροιογράφων

2 Προσδιορισμός Υψομέτρων

Στην Γεωδαισία τα υψόμετρα προσδιορίζονται με τη μέτρηση των υψομετρικών διαφορών (ΔH) μεταξύ σημείων. Γνωρίζοντας το υψόμετρο (H) σε ένα σημείο A δύναται να προσδιοριστεί το υψόμετρο ενός σημείου B . Για τον υπολογισμό των υψομέτρων γίνεται με τη χρήση της σχέσης:

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A$$

Οι υψομετρικές διαφορές μπορούν να προσδιοριστούν είτε με Γεωμετρική Χωροστάθμιση ή με Τριγωνομετρική Υψομετρία.

2.1 Κατακόρυφο Datum

Ο όρος κατακόρυφο Datum αναφέρεται στην επιφάνεια αναφοράς για διάφορες κατακόρυφες θέσεις, όπως είναι το ανάγλυφο, η βαθυμετρία, η στάθμη της θάλασσα και οι ανθρωπογενείς κατασκευές. Τα κατακόρυφα Datum χρησιμοποιούνται συνήθως σε κλασσικές μεθόδους γεωδαισίας για την μέτρηση υψομετρικών διαφορών, ούτως ώστε να ταυτίζονται όσο το δυνατό καλύτερα με την Φ.Γ.Ε. Τα κατακόρυφα Datum χωρίζονται σε 3 κατηγορίες ανάλογα με την επιφάνεια αναφοράς στην οποία αναφέρονται. Τα παλιτροϊκά, είναι τα Datum τα οποία σχετίζονται με την στάθμη της θάλασσας. Τα Datum τα οποία αναφέρονται στο γεωειδές ονομάζονται βαρυμετρικά, και αυτά τα οποία συνδέονται με τα μοντέλα του ελλειψοειδούς τα οποία χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των οριζόντιων Datum ονομάζονται γεωδαιτικά.

2.2 Γεωμετρική Χωροστάθμιση

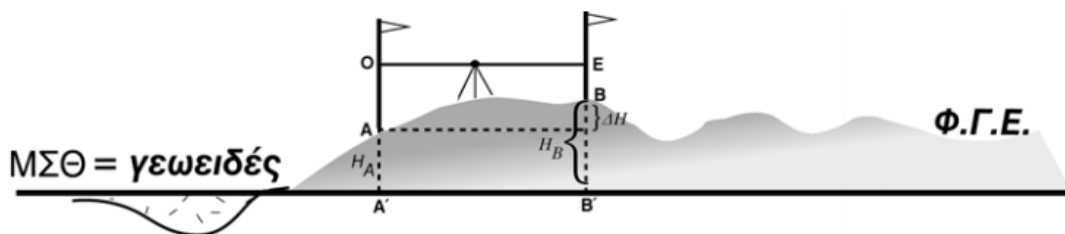
Στην διαδικασία της Γεωμετρικής Χωροστάθμισης γίνεται χρήση του χωροβάτη, ενός οργάνου το οποίο περιλαμβάνει ένα τηλεσκόπιο το οποίο περιστρέφεται γύρω από τον κατακόρυφο άξονα. Έτσι ο χωροβάτης δημιουργεί ένα οριζόντιο επίπεδο το οποίο τέμνει τις δύο αριθμημένες σταδίες που τοποθετούνται "Όπισθεν" και "Έμπροσθεν" του χωροβάτη στα σημεία ενδιαφέροντος (βλ. Διάγραμμα 3). Επομένως είναι δυνατός ο προσδιορισμός της υψομετρικής διαφορές των δύο σημείων με ακρίβεια που φθάνει τις τάξεις των χιλιοστών. Ο τύπος που χρησιμοποιείται για την απλή γεωμετρική χωροστάθμιση είναι:

$$\Delta H = \text{Όπισθεν} - \text{Έμπροσθεν}$$

Σε περιπτώσεις όπου τα σημεία ενδιαφέροντος απέχουν πολύ, η διαδικασία επαναλαμβάνεται με την μέτρηση των υψομετρικών διαφορών ενδιάμεσων σημείων με απόσταση μεταξύ των σημείων μικρότερη των 100 μέτρων. Η υψομετρική διαφορά των σημείων ενδιαφέροντος ισούται με το άθροισμα των ενδιάμεσων υψομετρικών διαφορών.

$$\Delta H = \sum \text{Όπισθεν} - \sum \text{Έμπροσθεν}$$

Στις περιπτώσεις γεωμετρικής χωροστάθμησης μεγάλων αποστάσεων η διαδικασία ολοκληρώνεται με μετρήσεις σε μετάβαση και επιστροφή (aller – retour). Οι χωροσταθμίσεις μετάβασης – επιστροφής αποτελούν δύο μετρήσεις της υψομετρικής διαφοράς των σημείων ενδιαφέροντος με διαφορετικό πρόσημο. Με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα ελέγχου τυχόν αβεβαιότητας που μπορεί να υπάρχει στις μετρήσεις. Οι δύο τιμές δεν πρέπει να διαφέρουν σε ποσότητα μεγαλύτερη από αυτή που επιτρέπουν οι κανονισμοί. Αν η συνθήκη αυτή δεν εφαρμόζεται τότε η χωροστάθμηση επαναλαμβάνεται.



Διάγραμμα 2: Γεωμετρική Χωροστάθμηση

2.3 Τριγωνομετρική Υψομετρία

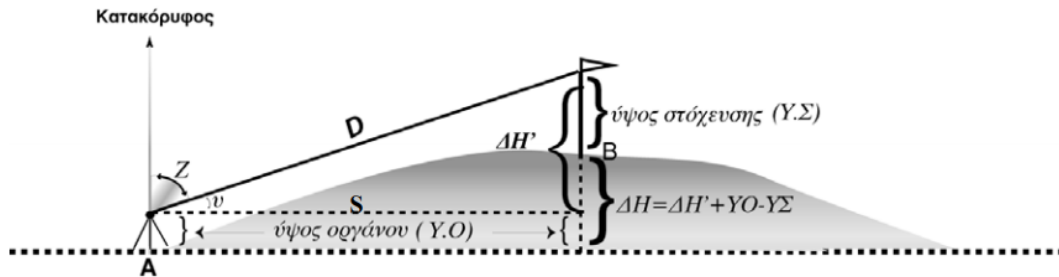
Κατά τη διαδικασία της Τριγωνομετρικής Υψομετρίας γίνεται χρήση του Ολοκληρωμένου Γεωδαιτικού Σταθμού (Total Station), ένα όργανο το οποίο μετρά οριζόντιες και ζενίθιες γωνίες, και κεκλιμένες αποστάσεις (βλ. Διάγραμμα 4). Με τη μέτρηση του κεκλιμένου μήκους (D) και της ζενίθιας γωνιάς μεταξύ των δύο σημείων ενδιαφέροντος για τον υπολογισμό της υψομετρικής διαφοράς χρησιμοποιείται η σχέση:

$$\Delta H_{AB} = D \cos Z + YO - YS$$

όπου YO = Ύψος Οργάνου και YS = Ύψος Στόχου. Όταν η υψομετρική διαφορά υπολογίζεται για μεγάλες αποστάσεις, λαμβάνονται υπόψη η διορθώσεις λόγω

σφαιρικότητας της γης ($S^2/2R$) και διάθλασης της ατμόσφαιρας ($-kS^2/2R$), όπου k είναι ο συντελεστής διάθλασης και R η ακτίνα καμπυλότητας της γης. Επομένως ο τύπος που χρησιμοποιείται για την τριγωνομετρική υψομετρία διαμορφώνεται ως εξής:

$$\Delta H_{AB} = D \cos Z + \frac{(1 - k)S^2}{2R} + Y_O - Y_\Sigma$$



Διάγραμμα 3: Τριγωνομετρική Υψομετρία

3 Δορυφορική Γεωδαισία

3.1 Γενικά

Ο κλάδος της Δορυφορικής Γεωδαισίας ασχολείται με τις μεθόδους προσδιορισμού της θέσης σημείων στον τρισδιάστατο χώρο με τη χρήση δορυφόρων. Οι δορυφόροι μέσω ειδικών εργαλείων εκπέμπουν είτε ηλεκτρομαγνητικά κύματα είτε μικροκύματα, τα οποία ανακλώνται στην ΦΓΕ και ένα μέρος τους επιστρέφει στον δορυφόρο. Τα γεωμετρικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται συνήθως στον προσδιορισμό της θέσης μέσα από δορυφορικές παρατηρήσεις είναι η απόσταση και η διεύθυνση.

Στους δορυφόρους είναι ενσωματωμένα ατομικά χρονόμετρα τα οποία χρησιμοποιούνται για τον συγχρονισμό των σημάτων τους με απόλυτη ακρίβεια. Έτσι η απόσταση προσδιορίζεται μετρώντας την διαφορά του χρόνου μεταξύ εκπομπής των σημάτων και την επιστροφή τους στον αντίστοιχο δορυφόρο. Για τον υπολογισμό των καρτεσιανών συντεταγμένων (X,Ψ,Z) ενός σταθερού σημείου απαιτούνται τουλάχιστον 3 μετρήσεις αποστάσεων από ένα ή περισσότερους δορυφόρους. Σε περίπτωση που το προς προσδιορισμό σημείο κινείται, είναι υποχρεωτικές τουλάχιστον τρεις ταυτόχρονες μετρήσεις από αντίστοιχο αριθμό δορυφόρων. Οι συνιστώσες του σημείου μπορούν να προσδιοριστούν με μόνο τρεις μετρήσεις αλλά πρακτικά απαιτείται μια τέταρτη μέτρηση για τον υπολογισμό τυχόν αποκλίσεων των χρονομέτρων.

Το σήμα του GPS αποτελείται από 3 βασικές φέρουσες συχνότητες, 2 δυαδικά διαμορφωμένους κώδικες και το μήνυμα πλοήγησης. Η συχνότητα διαμορφώνεται μέσω κωδικών PRN και εκπέμπονται οι 2 κώδικες. Κάθε δορυφόρος εκπέμπει μοναδική μορφή C/A κώδικα, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στο δέκτη να αναγνωρίζει από ποιο δορυφόρο λαμβάνει σήμα. Με το που λαμβάνει το σήμα ο δέκτης δοκιμάζει διάφορες ρεπλικές μέχρι να αναγνωρίσει τη σωστή συστοιχία. Παράλληλα ο δέκτης μέχρι να τακτοποιήσει την ρεπλικά του με αυτή του δορυφόρου, μεταφράζει τη δική του εντοπίζοντας τη μετάθεση σε επίπεδο χρόνου (Δt). Πολλαπλασιάζοντας την μετάθεση σε επίπεδο χρόνου με τη γνωστή ταχύτητα του φωτός υπολογίζεται η ψευδοαπόσταση προς τον δορυφόρο. Το μήνυμα πλοήγησης περιλαμβάνει στοιχεία σχετικά με την τροχιά του δορυφόρου, και τον συγχρονισμό των χρονομέτρων δέκτη – δορυφόρου.

3.2 Μέθοδοι Δορυφορικού Εντοπισμού

Οι μέθοδοι εκπόνησης του δορυφορικού εντοπισμού διακρίνονται ανάλογα με τον χρόνο στον οποίο υπολογίζονται οι συντεταγμένες, την κίνηση την οποία εκτελούν οι δέκτες κατά τη μέτρηση και την τεχνική δορυφορικού εντοπισμού που χρησιμοποιείται. Οι τεχνικές δορυφορικού εντοπισμού κατηγοριοποιούνται σε απόλυτο και σχετικό εντοπισμό.

Στον απόλυτο εντοπισμό θέσης, χρησιμοποιείται μόνο ένας δέκτης για τον προσδιορισμό της απόλυτης θέσης (X,Ψ,Z), στην οποία βρίσκεται τοποθετημένος ο δέκτης. Ο εντοπισμός πραγματοποιείται με ταυτόχρονη λήψη σήματος από τουλάχιστον 4 δορυφόρους και γίνεται είτε σε πραγματικό χρόνο, είτε εκ των υστέρων, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις μετρήσεις που εκτελέστηκαν.

Στο σχετικό εντοπισμό θέσης, χρησιμοποιούνται 2 δέκτες, ένας δέκτης ο οποίος παραμένει σταθερός καθ' όλη τη διάρκεια των μετρήσεων και ονομάζεται δέκτης βάσης (base receiver), και ο κινούμενος δέκτης (rover receiver) ο οποίος κινείται προσδιορίζοντας τη σχετική του θέση σε σχέση με τον base. Για να έχουμε όσο το δυνατό καλύτερη ακρίβεια της σχετικής θέσης, είναι απαραίτητη η λήψη σήματος των δύο δεκτών από τους ίδιους δορυφόρους.

Η ακρίβεια του σχετικού εντοπισμού επηρεάζεται ανάλογα με την μέθοδο που χρησιμοποιείται. Οι κυριότερες τεχνικές σχετικού εντοπισμού είναι ο στατικός, κινηματικός, και ο κινηματικός σε πραγματικό χρόνο. Στο σχετικό στατικό εντοπισμό, ο rover receiver παραμένει σταθερό σε ένα σημείο για μεγάλο χρονικό διάστημα, προσφέροντας ακρίβεια χιλιοστών. Στον κινηματικό εντοπισμό, ο rover κινείται συνεχώς, λαμβάνοντας μετρήσεις ανά δευτερόλεπτο, παρέχοντας ακρίβεια εκατοστών. Τέλος ο κινηματικός εντοπισμός σε πραγματικό χρόνο (RTK), απαιτεί ράδιο ζεύξη ανάμεσα σε base receiver και rover receiver, ούτως ώστε να γίνεται εφικτή η μετάδοση των διορθώσεων. Η ακρίβεια του RTK κυμαίνεται στα μερικά εκατοστά.

4 Εισαγωγή στην Υδρογραφία

4.1 Γενικοί στόχοι

Ο όρος Υδρογραφία αναφέρεται στην επιστήμη η οποία επικεντρώνεται στην συστηματική μελέτη και αποτύπωση της επιφάνειας της γης η οποία καλύπτεται από νερό. Κύριος σκοπός της εν λόγω επιστήμης είναι η παροχή όσο το δυνατό περισσότερων στοιχείων, τα οποία θα βοηθήσουν στην ασφαλή ναυσιπλοΐα, την κατασκευή παράκτιων εγκαταστάσεων, την εκμετάλλευση του υποθαλάσσιου πλούτου κ.α.

Σημαντικό κομμάτι της Θαλάσσιας Γεωδαισίας ή Υδρογραφίας είναι η δημιουργία ναυτικών χαρτών στους οποίους απεικονίζονται λεπτομέρειες σχετικά με την ακτογραμμή, ναυάγια, ναυτιλιακού κινδύνους κλπ. Η διαδικασία δημιουργίας τέτοιου είδους χαρτών περιλαμβάνει τον σχεδιασμό, τη συλλογή και την επεξεργασία μετρήσεων ούτως ώστε να προσδιοριστεί οριζοντιογραφικά και υψομετρικά η θέση και το βάθος χαρακτηριστικών σημείων στην επιφάνεια του βυθού, των θαλασσών, ωκεανών, λιμνών κλπ. Ωστόσο για να μπορεί μια υδρογραφία να θεωρείται πλήρης είναι πιθανόν να απαιτούνται επιπρόσθετες εργασίες όπως Γεωδαιτικές αποτυπώσεις, Παλιρροιακές μετρήσεις, Ρευματομετρήσεις, Δειγματοληψίες βυθού κ.α.

Βασική προϋπόθεση των προηγούμενων είναι ο οριζοντιογραφικός και βυθομετρικός προσδιορισμός να γίνονται την ίδια χρονική στιγμή. Το βάθος μπορεί να μετρηθεί με μηχανικές μεθόδους, ηχοβολιστικές συσκευές ή τεχνολογίες Radar, laser κ.α. Οι μηχανικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται σε μικρά βάθη και μπορεί να καθιστούν χρονοβόρα και κουραστικά. Οι ηχοβολιστικές συσκευές τοποθετούνται στην καρίνα του πλοίου και προσδιορίζουν το βάθος μέσω της εκπομπής ηχητικών κυμάτων, τα οποία ανακλώνται στον πυθμένα και λαμβάνονται από τον δέκτη. Το βάθος υπολογίζεται από τον τύπο:

$$D = \frac{1}{2} \times V \times \Delta t$$

όπου V ταχύτητα του ήχου και t ο χρόνος μεταξύ εκπομπής και λήψης του ηχητικού κύματος.

Η ακρίβεια των πιο πάνω εργασιών εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το εύρος της εκπεμπόμενης δέσμης, την γωνιά πρόσπτωσης του ηχητικού κύματος στον πυθμένα,

την ποιότητα καταγραφής, την δυνατότητα ανάκλασης της επιφάνειας του πυθμένα και το μήκος παλμού του ηχητικού κύματος.

Η θέση ενός χαρακτηριστικού σημείου δύναται να προσδιοριστεί με:

α) Οπτική Μέθοδος

Ένα σημείο στην επιφάνεια της θάλασσας μπορεί να προσδιοριστεί από την στεριά ή από το πλωτό μέσο. Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές όπως διαβαθμισμένο σχοινί, η ταχυμετρική μέθοδος, η μέθοδος της εμπροσθοτομίας, με χρήση του εξάντα κ.α.

β) Ραδιομετρική Μέθοδος

Η θέση ενός πλωτού μέσου εντοπίζεται με την χρήση ραδιοκυμάτων τα οποία εκπέμπονται από πομπούς οι οποίοι είναι τοποθετημένοι είτε πάνω στο πλοίο είτε σε γνωστά σημεία στην ακτή.

γ) Δορυφορική Μέθοδος

Οι συντεταγμένες ενός σημείου προσδιορίζονται με λήψη σήματος από δορυφόρους στον αντίστοιχο δέκτη ο οποίος τοποθετείται στο σημείο ενδιαφέροντος.

δ) Lidar

Η θέση στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται μετά από την εκπομπή ενός φωτεινού παλμού του ενεργητικού δέκτη Lidar. Ο δέκτης καταγράφει τον χρόνο εκπομπής – λήψης του φωτεινού παλμού καθώς και την ένταση τα οποία δίνουν την απόσταση. Ο δέκτης έχοντας ενσωματωμένα συστήματα GNSS και INS προσδιορίζει την θέση και τον προσανατολισμό του. Λαμβάνοντας υπόψη τα όσα προαναφέρθηκαν οι συντεταγμένες του σημείου υπολογίζονται με χρήση της εξίσωσης:

$$D = C \times \Delta t$$

Όπου C η ταχύτητα του φωτός και Δt η διαφορά χρόνου λήψης και εκπομπής του φωτεινού παλμού

ε) Ακουστική Μέθοδος

Ο καθορισμός της θέσης γίνεται με λήψη ακουστικών σημάτων τα οποία εκπέμπουν σταθμοί που βρίσκονται στο βυθό της θάλασσας.

Αφού συλλεχθούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία που χρειάζονται επιλέγεται η κατάλληλη χαρτογραφική προβολή. Στη συνέχεια τα στοιχεία αποδίδονται σε ένα βυθομετρικό διάγραμμα το οποίο περιλαμβάνει όλα όσα συλλέχθηκαν στο πεδίο. Τέλος η κατασκευή των ναυτικών χαρτών απαιτεί τη χρήση ενός ή περισσότερων βυθομετρικών διαγραμμάτων από τα οποία επιλέγονται τα σημαντικά στοιχεία ανάλογα με την χρήση του χάρτη.



Διάγραμμα 4: Βυθομετρικό Διάγραμμα



Διάγραμμα 5: Ναυτικός Χάρτης βασισμένος στο πιο πάνω Βυθομετρικό Διάγραμμα

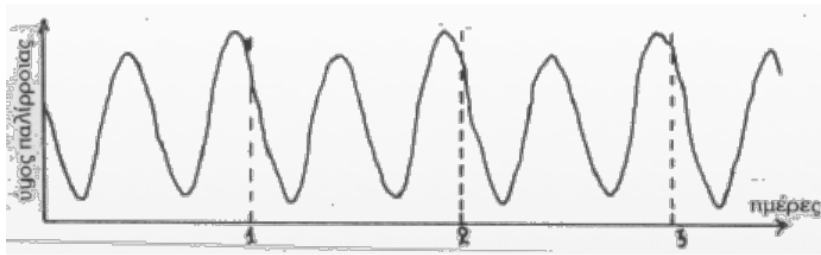
4.2 Εισαγωγή στις Παλίρροιες

Η υψομετρική θέση της στάθμης της θάλασσας ονομάζεται και διαφορετικά ύψος παλίρροιας. Ως παλίρροια εννοούμε την περιοδική ανύψωση και πτώση της στάθμης της θάλασσας σε σχέση με ένα σταθερό σημείο, το οποίο μπορεί να είναι το επίπεδο της ξηράς. Η εναλλασσόμενη μεταβολή στη στάθμη της θάλασσας οφείλεται κατά κύριο λόγο στις βαρυτικές δυνάμεις που ασκούν η σελήνη και ο ήλιος στη γη.

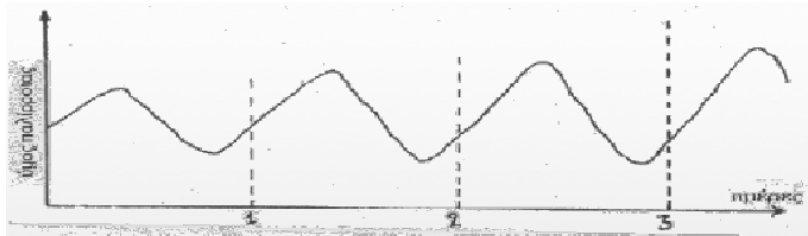
Σύμφωνα με τον Doodson (1921) το βαρυτικό δυναμικό, το οποίο δημιουργεί την παλίρροια, περιέχει 390 παλιρροϊκές αρμονικές. Οι παλιρροϊκές αυτές αρμονικές ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την περίοδο και την μορφή την οποία παρουσιάζουν. Οι κατηγορίες αυτές διακρίνονται σε ημιημερήσια, ημερήσια και μικτή παλίρροια. Η ημιημερήσια παλίρροια χαρακτηρίζεται από περίοδο 12 ωρών και 25 λεπτών, κατά την οποία παρατηρείται μια πλήμμη και μια ρηχία. Η ημερήσια παλίρροια παρουσιάζει περίοδο 24 ωρών και 50 λεπτών και χαρακτηρίζεται από μια πλήμμη και μια ρηχία. Η μικτή παλίρροια διακρίνεται με περίοδο αντίστοιχη με της ημερήσιας και παρουσιάζει δύο πλήμμες και δύο ρηχίες διαφορετικού ύψους.

Με την πάροδο του χρόνου η στάθμη της θάλασσας παρουσιάζει την μορφή μιας περίπου ημιτονοειδούς καμπύλης, στην οποία ο οριζόντιος άξονας αναπαριστά τον χρόνο και ο κατακόρυφος το ύψος της παλίρροιας. Η περίοδος κατά την οποία η στάθμη της θάλασσας ανυψώνεται ονομάζεται πλημμυρίδα ενώ η περίοδος κατά την οποία κατέρχεται ονομάζεται άμπωτις. Η φάση κατά την οποία η παλίρροια λαμβάνει μέγιστο ύψος λέγεται πλήμμη και η φάση κατά την οποία έχει ελάχιστο ύψος ονομάζεται ρηχία.

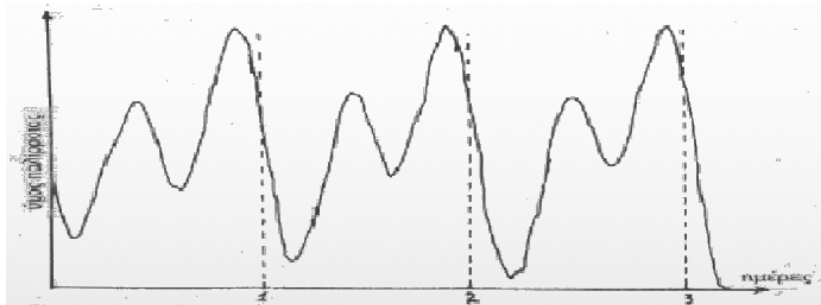
Η τιμή με την οποία ανυψώνεται ή κατέρχεται η στάθμη της θάλασσας δεν είναι ομοιόμορφη. Αρχικά το νερό αρχίζει να ανέρχεται αργά, αλλά με επιταχυνόμενο ρυθμό, μέχρι τα μισά της διαδρομής προς την πλήμμη. Στη συνέχεια η τιμή ελαττώνεται μέχρι να μηδενιστεί στην πλήμμη. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση της άμπωτις. Η περίοδος κατά την οποία το επίπεδο του νερού δεν παρουσιάζει οποιαδήποτε μεταβολή ονομάζεται στασιμότητα.



Ημιμερήσια
Παλίρροια

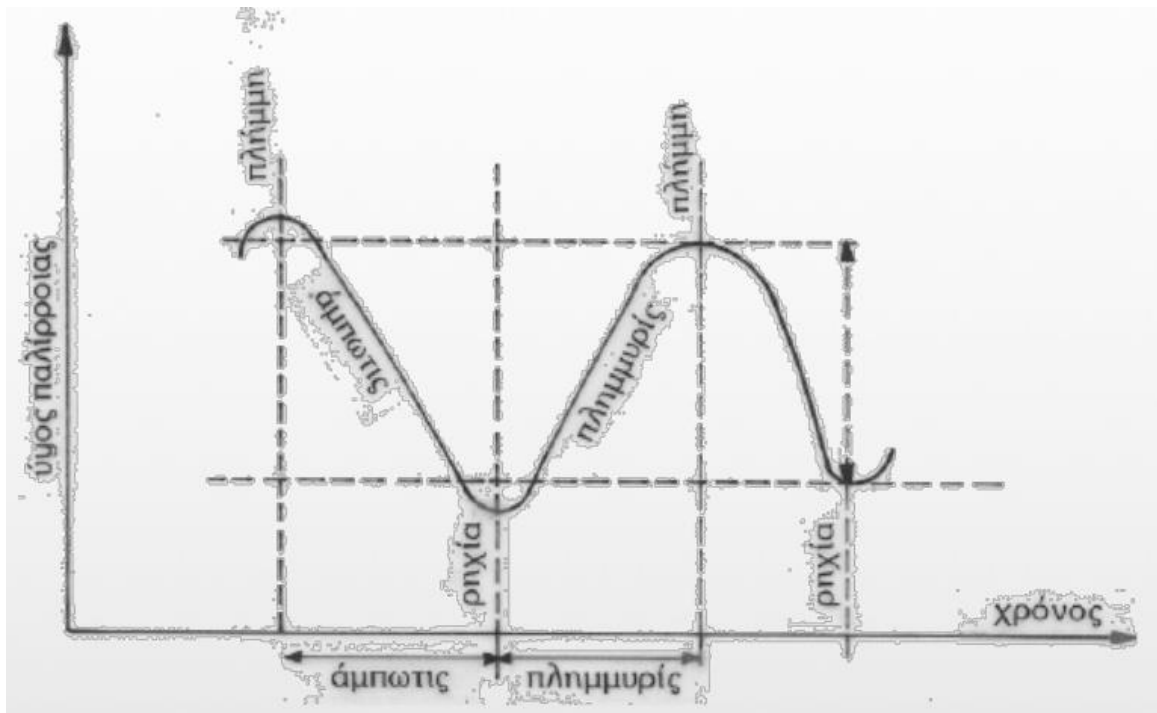


Ημερήσια Παλίρροια



Μικτή Παλίρροια

Διάγραμμα 6: Τύποι Παλίρροιας



Διάγραμμα 7: Ημιτονοειδής μορφή της παλίρροιας

4.3 Δυνάμεις που δημιουργούν τις παλίρροιες

Όπως προαναφέρθηκε, οι παλίρροιες δημιουργούνται κατά κύριο λόγο από την βαρύτητα η οποία έλκει το νερό των ωκεανών προς το κέντρο της γης και τις βαρυτικές δυνάμεις ήλιου και σελήνης οι οποίες έλκουν το νερό. Γη και Σελήνη περιστρέφονται με αριστερόστροφη φορά γύρω από ένα κοινό άξονα, ο οποίος διέρχεται διαμέσου ενός κοινού κέντρου μάζας. Το κοινό αυτό κέντρο μάζας είναι τοποθετημένο πάνω σε ένα άξονα ο οποίος ενώνει αντίστοιχα τα κέντρα μάζας Γης και Σελήνης. Λόγω του ότι η μάζα της Σελήνης ισούται με το $1/82.3$ της μάζας της Γης, ο άξονας αυτός βρίσκεται μέσα στο μανδύα της Γης, προκαλώντας έτσι μια κυκλική ταλάντωση στη Γη γύρω από το κοινό κέντρο μάζας. Με αυτό τον τρόπο κάθε σημείο στην επιφάνεια της γης διαγράφει κυκλική κίνηση της ίδιας ακριβώς ακτίνας, αναπτύσσοντας μια φυγόκεντρο η οποία παραμένει ίδια σε κάθε περιοχή της Γης.

Η βαρυτική έλξη και η φυγόκεντρος δύναμη που αναπτύσσεται από την περιστροφική κίνηση γύρω από το κοινό κέντρο μάζας, εξισορροπούνται συγκρατώντας τη Γη και τη Σελήνη στο χώρο. Η φυγόκεντρος δύναμη είναι η ίδια με την ίδια ακριβώς διεύθυνση σε όλα τα σημεία της Γης. Αντιθέτως η βαρυτική έλξη που ασκεί η Σελήνη, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Νόμο της Βαρύτητας που αναπτύχθηκε από τον Νεύτωνα, διαφέρει από σημείο σε σημείο στην επιφάνεια της Γης. Η βαρυτική έλξη μειώνεται σύμφωνα με το τετράγωνο της απόστασης.

Σε περιοχές της γης όπου η συνισταμένη της φυγόκεντρος και της ελκτικής λαμβάνει μέγιστη τιμή, η διεύθυνση του ανύσματος είναι από το κέντρο της γης προς τα έξω, προκαλώντας ανύψωση στα νερά των ωκεανών. Η δύναμη αυτή εξουδετερώνεται λόγω του ότι το μέγεθος της είναι κατά $1/(9 \times 10^6)$ μικρότερο από αυτό της βαρύτητας. Αναλύοντας τη δύναμη αυτή σε δύο συνιστώσες παρατηρείται ότι η συνιστώσα που είναι παράλληλη με την επιφάνεια της Γης, δεν εξισορροπείται από τα την βαρύτητα προξενώντας θαλάσσια ρεύματα. Έτσι οι δυνάμεις αυτές που ονομάζονται εφελκυστικές είναι ικανοποιητικές ούτως ώστε να προκαλέσουν παλίρροιες.

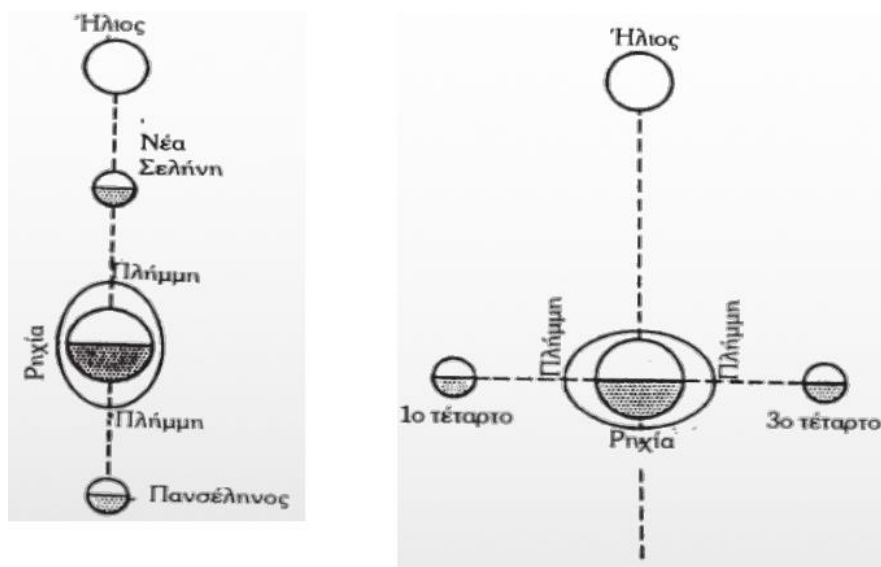
Λαμβάνοντας υπόψη τις δυνάμεις που εξασκεί ο Ήλιος πάνω στη Γη παρατηρούνται τα ίδια αποτελέσματα. Παρά την τεράστια του μάζα όμως, το αποτέλεσμα είναι περίπου το μισό από αυτό της ελκτικής λόγω της μεγάλης απόστασης που διατηρεί από την Γη.

Η θέση του κάθε ουράνιου σώματος επηρεάζει σημαντικά την δράση των δυνάμεων που προαναφέρθηκαν στη τιμή του παλιρροιακού εύρους.

Μέγιστες τιμές στα εύρη παλίρροιας παρατηρούνται τις πρώτες μέρες μετά την εμφάνιση της νέας σελήνης και της πανσέληνου που συμβαίνει κάθε 14 μέρες. Από την άλλη τα ελάχιστα παρατηρούνται μια εβδομάδα μετά την εμφάνιση των μέγιστων.

Ανάλογα με την διαφορά που παρατηρείται στο εύρος, οι παλίρροιες χωρίζονται σε παλίρροιες συζυγιών και παλίρροιες τετραγωνισμών. Κατά τις συζυγίες, Γη, Ήλιος και Σελήνη βρίσκονται σε μια ευθεία με αποτέλεσμα η συνισταμένη των δυνάμεων τους να αθροίζεται ενισχύοντας το παλιρροιακό εύρος. Αντίθετα, κατά του τετραγωνισμού η Γη, ο Ήλιος και η Σελήνη σχηματίζουν ορθή γωνία προκαλώντας εξασθένηση στο εύρος των παλιρροιών. Ο κύκλος αυτός που περιλαμβάνει τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές στο εύρος των παλιρροιών διαρκεί όσο περίπου και ένας μήνας.

Κατά τη διάρκεια του χρόνου υπάρχουν επιπλέον επιδράσεις στο εύρος των παλιρροιών που οφείλονται κατά κύριο λόγο στις αστρονομικές κινήσεις. Για παράδειγμα η Γη ακολουθεί ελλειπτική τροχιά. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα η Γη βρίσκεται πιο κοντά στο Ήλιο. Σε περίπτωση που η Σελήνη βρεθεί σε σημείο όπου οι δυνάμεις τις θα προστεθούν σε αυτές του Ήλιου, πολύ πιθανόν να παρατηρηθούν ενισχυμένες παλίρροιες στη Γη. Ο σύνθετος χαρακτήρας των κινήσεων Γης και Σελήνης γύρω από τον Ήλιο είναι αρκετά σύνθετος, γεγονός που προκαλεί επιπρόσθετες περιοδικές ταλαντώσεις κάθε φορά που μεταβάλλεται η απόσταση.

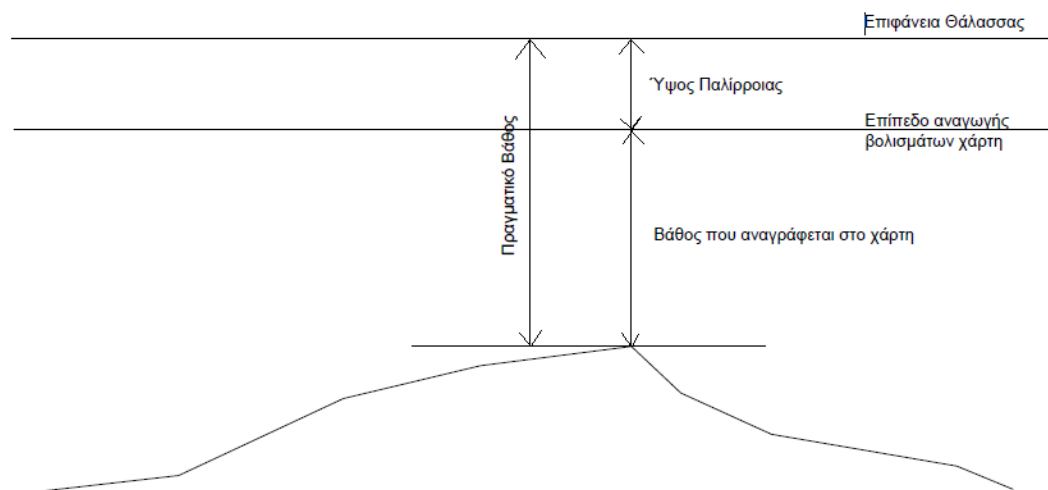


Διάγραμμα 8: Παλίρροιες Συζυγιών και Τετραγωνισμών

4.4 Μετρήσεις Παλίρροιας

Σε τεχνικές μελέτες και έρευνες ωκεανογραφίας για να είναι εφικτός ο προσδιορισμός των βαθών καθορίζεται ένα παλιρροιακό επίπεδο το οποίο χρησιμοποιείται ως αφετηρία. Το παλιρροιακό αυτό επίπεδο ονομάζεται επίπεδο βολισμάτων ή επίπεδο χάρτη (chart datum). Τα παλιρροιακά επίπεδα προκύπτουν από παρατηρήσεις του ύψους επιφανείας της θάλασσας ως προς ένα σταθερό σημείο αναφοράς. Οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων είναι συνήθως μικρότερες από 20 εκ. γι' αυτό σε περιπτώσεις με μικρό εύρος παλίρροιας μπορεί να θεωρηθεί ότι τα επίπεδα αυτά ταυτίζονται.

Τα κυριότερα παλιρροιακά επίπεδα που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι η ΜΣΘ, η ΜΣΠ και η κατώτατη καταγραφή της Ρηχίας. Ως ΜΣΠ ορίζεται η μέση τιμή των ανώτατων πλημμών και των κατώτατων ρηχίων. ΜΣΘ και ΜΣΠ διαφέρουν ελάχιστα που οφείλεται κατά κύριο λόγο στις παραμορφώσεις του παλιρροιακού σήματος λόγω της τριβής της παλιρροιακής ροής στον πυθμένα και την αλληλεπίδραση της με την τοπογραφία των παράκτιων ζωνών. Κατώτατη ρηχία είναι το ελάχιστο ύψος το οποίο παρατηρήθηκε στις μετρήσεις κατά τη διάρκεια των 18.6 ετών. Ως αφετηρία για την μέτρηση υψομέτρων χρησιμοποιείται η ΜΣΘ η οποία προσδιορίζεται από μετρήσεις του ύψους της παλίρροιας για περίοδο τουλάχιστον 18.6 ετών. Αυτό οφείλεται στην ανάγκη κάλυψης του εύρους και της φάσης των παλιρροιών που επηρεάζονται από την μετακίνηση του άξονα της Γης, αλλά και για την στάθμιση των επιδράσεων λόγω των μεταβολών που παρατηρούνται στις μετεωρολογικές συνθήκες.



Διάγραμμα 9: Επίπεδο Αναγωγής Βολισμάτων Χάρτη

Η τιμή της παλίρροιας μετριέται με τη χρήση ειδικών οργάνων, τα παλιρροιόμετρα και τους παλιρροιογράφους. Για τον προσδιορισμό της ΜΣΘ απαιτούνται μετρήσεις οι οποίες κυμαίνονται συνήθως από 1 έως 4 ώρες με τη χρήση παλιρροιομέτρου, ενώ με τη χρήση παλιρροιογράφου γίνεται συνεχής καταγραφής του ύψους της παλίρροιας. Το παλιρροιόμετρο αποτελεί ένα απλό όργανο το οποίο είναι συνήθως μια μεταλλική ή ξύλινη ράβδος με υποδιαίρεσεις εκατοστών και στερεώνεται κατακόρυφα πάνω σε μια προβλήτα. Η ακρίβεια του είναι περιορισμένη και συνήθως κυμαίνεται στις τάξεις των $\pm \geq 10 - 15 \text{ cm}$.

Ο Παλιρροιογράφος χαρακτηρίζεται από τον σύνθετη λειτουργία του και μπορεί να είναι αναλογικός ή ψηφιακός. Ο αναλογικός παλιρροιογράφος συνήθως αποτελείται από ένα μηχανισμό καταγραφής και ένα πλωτήρα. Ο πλωτήρας τοποθετείται μέσα σε ένα ειδικό σωλήνα ο οποίος είναι βυθισμένος μέσα στο νερό και μέσω του καταγραφικού μηχανισμού σημειώνεται αυτόματα η κίνηση που εκτελεί ο πλωτήρας η οποία αντιστοιχεί με τις μεταβολές της παλίρροιας. Οι ψηφιακός παλιρροιογράφος μετρά τη στάθμη της θάλασσας με τη χρήση υπέρηχων και αποθηκεύει τις μετρήσεις σε μνήμη. Παράλληλα παρέχει τη δυνατότητα υπολογισμού της στάθμης της θάλασσας με τη χρήση πιεσόμετρου. Μέσω ενός ηλεκτρονικού μικροεπεξεργαστή ο οποίος είναι ενσωματωμένος στον παλιρροιογράφο, λαμβάνεται μεγάλος αριθμός μετρήσεων μέσα σε διάστημα μερικών λεπτών, υπολογίζεται ο μέσος όρος και αποθηκεύεται το αποτέλεσμα ως μια μέτρηση που αντιπροσωπεύει τις υπόλοιπες. Η ψηφιακή επεξεργασία έλυσε τα χέρια σε θέματα κόστους, αφού δεν χρειάζονται οι διαδικασίες πάκτωσης των σωλήνων. Επίσης απλοποίησε την διαδικασία καταγραφής αντικαθιστώντας την ανάγκη απόσβεσης των κυματισμών μέσα στο σωλήνα. Η ακρίβεια του παλιρροιογράφου κυμαίνεται στις τάξεις των $\pm \leq 10 - 15 \text{ cm}$.

Η τοποθέτηση είτε αναλογικού είτε ψηφιακού παλιρροιογράφου πρέπει να γίνει με προσοχή, επιδιώκοντας την σταθερότητα τους ούτως ώστε να αποφευχθεί ο θόρυβος στις μετρήσεις. Ακόμα είναι απαραίτητη η εξάρτηση του παλιρροιογράφου με το τοπογραφικό δίκτυο της περιοχής εξασφαλίζοντας την συσχέτιση των μετρήσεων με τα απόλυτα υψόμετρα.



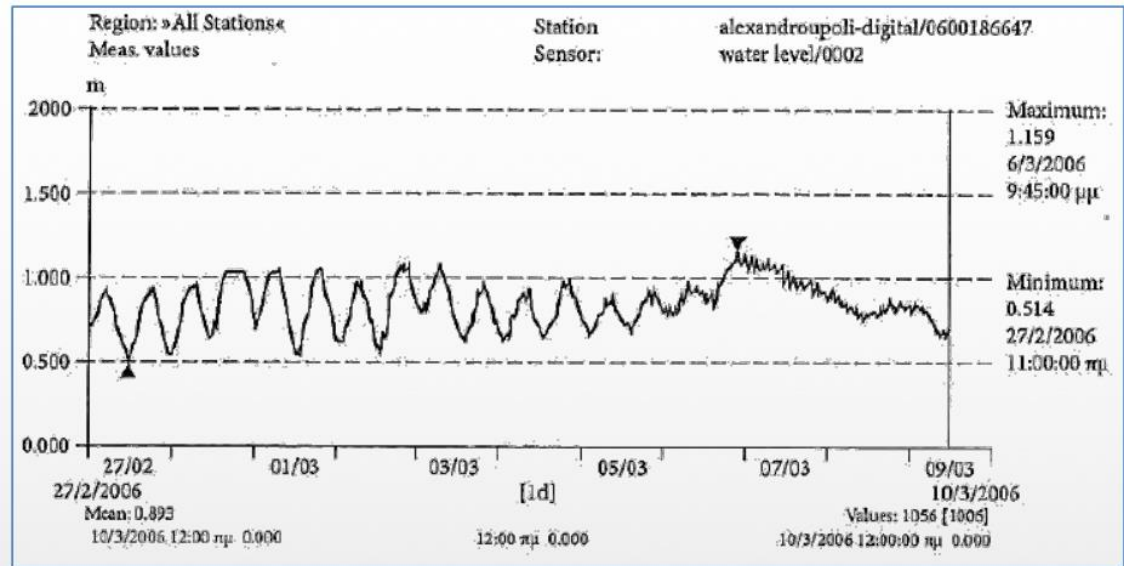
Διάγραμμα 10: Παλιρροϊόμετρο



Διάγραμμα 11: Παλιρροιογράφος

Πέρα των μεθόδων που προαναφέρθηκαν η ΜΣΘ σε παγκόσμια κλίμακα προσδιορίζεται με τη χρήση της Δορυφορικής Αλτιμετρίας. Η δορυφορική αλτιμετρία βασίζεται στην μέτρηση της απόστασης μεταξύ της θάλασσας και ενός δορυφόρου χρησιμοποιώντας αλτίμετρα RADAR ή LASER. Οι ηλεκτρομαγνητικοί παλμοί που εκπέμπει το αλτίμετρο σε μεγάλες συχνότητες, ανακλώνται στην επιφάνεια της θάλασσας και ένα μέρος τους επιστρέφει στο δορυφόρο. Για τον υπολογισμό της απόστασης, ο δορυφόρος καταγράφει την διάρκεια εκπομπής και λήψης του σήματος τον οποίο πολλαπλασιάζει με την γνωστή ταχύτητα του φωτός.

Οι μετρήσεις που καταγράφει ο παλιρροιογράφος παρουσιάζονται στη μορφή ενός παλιρροιογραφήματος. Ένα παλιρροιογράφημα μπορεί να είναι ημερήσιο, εβδομαδιαίο, μηνιαίο ή ετήσιο. Το παλιρροιογράφημα περιλαμβάνει το όνομα του σταθμού, τις μετρήσεις της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής της παλίρροιας καθώς και την ώρα και μέρα στις οποίες καταγράφηκαν οι αντίστοιχες τιμές. Επίσης ο παλιρροιογράφος υπολογίζει και καταγράφει στο παλιρροιογράφημα την τιμή της Μ.Σ.Θ. στην αντίστοιχη χρονική περίοδο.



Διάγραμμα 12: Εβδομαδιαίο Παλιρροιογράφημα

5 Μεθοδολογία Έρευνας

5.1 Εργασίες στο πεδίο

Για την σύνδεση των υφιστάμενων υψομετρικών σημείων της Ελεύθερης Κύπρου με την Μ.Σ.Θ. ακολουθήθηκαν συγκεκριμένα βήματα στο πεδίο στις αντίστοιχες τοποθεσίες όπου είναι εγκατεστημένοι οι Παλιρροιογράφοι. Η λήψη μετρήσεων στη μέθοδο της γεωμετρικής χωροστάθμησης και της τριγωνομετρικής υψομετρίας έγινε από ομάδα 4 ατόμων, ενός παρατηρητή, 2 βοηθών και ενός γραφέα. Όλες οι εργασίες οι οποίες έγιναν στο πεδίο περιγράφονται πιο κάτω:

5.1.1 Αναγνώριση Υπαίθρου

Πριν την έναρξη οποιασδήποτε εργασίας στο πεδίο έγινε αναζήτηση των θέσεων στις οποίες είναι εγκατεστημένες οι υφιστάμενες υψομετρικές αφετηρίες τις οποίες μας επισύναψε στα έντυπα του το ΤΚΧ. Στη συνέχεια, αναζητήθηκαν υποψήφιες θέσεις κοντά στους παλιρροιακούς σταθμούς στις οποίες θα τοποθετούνταν οι υψομετρικές αφετηρίες (reperes).

5.1.2 Τοποθέτηση Μπουλονιών – Υψομετρικών αφετηριών

Η ίδρυση των υψομετρικών αφετηριών γινόταν με γνώμονα την προσβασιμότητα και την μονιμότητα. Δηλαδή, την εύκολη πρόσβαση στα reperes σε μελλοντικές εργασίες και την παραμονή τους στην δεδομένη θέση για όσο το δυνατό μεγαλύτερο διάστημα αποφεύγοντας οποιοδήποτε ενδεχόμενο καταστροφής τους.

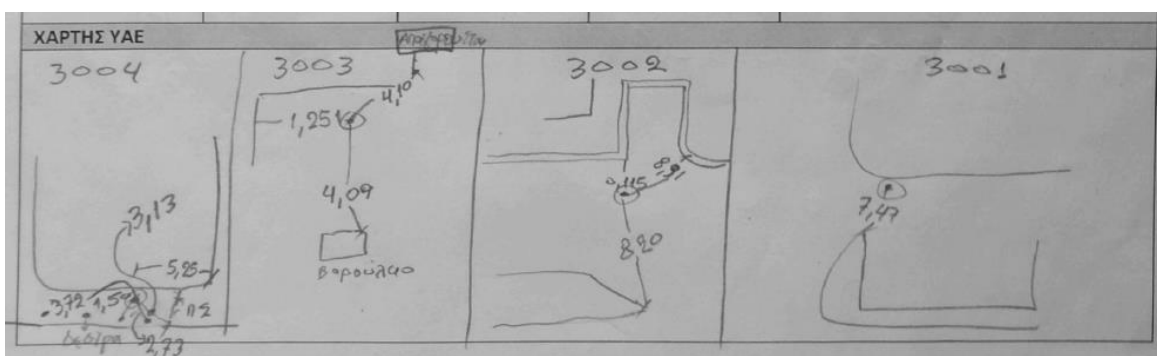
Στη συνέχεια, τοποθετούνταν τα μπουλόνια με τη χρήση ρητινούχας κόλλας ταχείας πήξεως της εταιρείας Hilti για να είναι εφικτή η εκτέλεση των επόμενων εργασιών και για εξασφάλιση της μονιμότητας και της αντοχής τους στο χρόνο. Συγκεκριμένα τοποθετήθηκε ένα μπουλόνι πλησίον κάθε παλιρροιογράφου, σε απόσταση μέχρι 1 μέτρου, το οποίο χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις ως υψομετρική αφετηρία αναφοράς. Λαμβάνοντας υπόψη τους δύο παράγοντες που προαναφέρθηκαν οι υψομετρικές αφετηρίες αναφοράς τοποθετήθηκαν στην προβλήτα κοντά στην βάση στήριξης του Παλιρροιακού Σταθμού και ακόμα τρεις ή τέσσερις υψομετρικές αφετηρίες εξασφάλισης στην ευρύτερη περιοχή σε όμορες κατασκευές.



Διάγραμμα 13: Τοποθέτηση Μπουλονιών – Υψομετρικών Αφετηριών

5.1.3 Δημιουργία Σκαριφημάτων

Για κάθε μπουλόκι το οποίο τοποθετείται, δημιουργούνται ένα σκαρίφημα του σημείου, από το οποίο μετριοούνται αποστάσεις με τη χρήση μετροταινίας από τρία διαφορετικά σταθερά σημεία. Σκοπός των σκαριφημάτων ήταν η μετέπειτα εύκολη εύρεση των σημείων σε περίπτωση που το μπουλόκι χαθεί.



Διάγραμμα 14: Σκαρίφημα Μπουλονιών στην Περιοχή Πομού

5.1.4 Μέτρηση Σημείων

Οι συντεταγμένες των σημείων στα οποία τοποθετήθηκαν τα μπουλόνια μετρήθηκαν χρησιμοποιώντας δέκτη GNSS της εταιρείας Leica. Η μέτρηση των συντεταγμένων έγινε με τη μέθοδο του κινηματικού εντοπισμού σε πραγματικό χρόνο κατά τον οποίο, ο δέκτης ήταν συνδεδεμένος με το CYPOS.

Στόχος της μέτρησης των σημείων με τον δέκτη GNSS, ήταν ο υπολογισμός των συντεταγμένων των σημείων στο ΚΓΣΑ 93, καθώς και των γεωμετρικών υψομέτρων τους. Έτσι γνωρίζοντας ορθομετρικό και γεωμετρικό υψόμετρο, ήταν δυνατό ο υπολογισμός της απόκλισης του Γεωειδούς από το Ελλειψοειδές.

Επίσης με αυτό τον τρόπο, γίνεται εφικτή η σύγκριση τυχόν μικρό-μετακινήσεων των σημείων καθώς και εντοπισμός οποιασδήποτε μεταβολής στην απόκλιση Γεωειδούς – Ελλειψοειδούς σε μελλοντικές εργασίες.

5.1.5 Γεωμετρική Χωροστάθμιση

Η διαδικασία της Γεωμετρικής Χωροστάθμισης εκτελέστηκε για την εύρεση των υψομετρικών διαφορών μεταξύ των μπουλονιών που τοποθετήθηκαν στην κάθε περιοχή, του μπουλονιού που τοποθετήθηκε πλησίον του παλιρροιογράφου και του παλιρροιομέτρου.

Για την επίλυση της γεωμετρικής χωροστάθμισης χρησιμοποιήθηκε ο ακόλουθος εξοπλισμός:

- Ψηφιακός Χωροβάτης
- Χωροσταθμικοί πήγεις
- Χωροσταθμικές βάσεις
- Τρίποδας

Ο χωροβάτης τοποθετήθηκε χονδρικά στη μέσο-κάθετο της απόστασης μεταξύ των μπουλονιών για αποφυγή σφαλμάτων, όπως διάθλαση ή κυρτότητα κλπ. Επίσης υπολογίστηκε η διαφορά του υψομέτρου μεταξύ του μπουλονιού πλησίον του παλιρροιογράφου και της μεταλλικής δοκού πάνω στην οποία είναι στερεωμένος ο αισθητήρας.

Στη συνέχεια εκτελέστηκε Γεωμετρική Χωροστάθμιση καθ' όδευση μεταξύ του μπουλονιού, το οποίο ήταν τοποθετημένο πλησίον του παλιρροιογράφου, και ενός

τριγωνομετρικού σημείου το οποίο τοποθετήθηκε από το Τμήμα Κτηματολογίου και Χωρομετρίας κοντά στην περιοχή, και άνηκε στο υφιστάμενο υψομετρικό δίκτυο της Κύπρου.

Συγκεκριμένα η Γεωμετρική Χωροστάθμιση καθ' όδευση εκτελέστηκε με διαδοχικές στάσεις ενδιάμεσα των δύο σημείων ενδιαφέροντος αφού η απόσταση μεταξύ τους ήταν υπερβολικά μεγάλη. Ο χωροβάτης τοποθετείτο στη μεσοκάθετο των σημείων που επιλέγονταν ως διαδοχικές στάσεις οι οποίες απείχαν μεταξύ τους απόσταση περίπου 50 μέτρων.

5.1.6 Τριγωνομετρική Υψομετρία

Πάνω στις μεταλλικές ράβδους των παλιρροιογράφων, στις οποίες ήταν τοποθετημένοι οι αισθητήρες οι οποίοι καταγράφουν την στάθμη της θάλασσας, τοποθετήθηκαν 3 ειδικοί στόχοι. Οι ειδικοί στόχοι τοποθετήθηκαν στα δύο άκρα της κάθε ράβδου και στο κέντρο. Ακολούθως χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω όργανα για την εκτέλεση της τριγωνομετρικής υψομετρίας:

- Ολοκληρωμένος Γεωδαιτικός Σταθμός
- Τρίποδας
- Τρικόγλιο

Στη συνέχεια με τη χρήση ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού, λήφθηκαν οι απαραίτητες μετρήσεις στους ειδικούς στόχους με σκοπό τον υπολογισμό των υψομετρικών τους διαφορών. Η δυνατότητα λήψης μετρήσεων χωρίς την χρήση ανακλαστήρα (Reflector less) βοήθησε στην άμεση μέτρηση προς τους ειδικούς στόχους με όσο το δυνατό καλύτερη ακρίβεια.

Ο υπολογισμός των υψομετρικών διαφορών μεταξύ των ειδικών στόχων έγινε έχοντας κύριο στόχο την αποφυγή σφαλμάτων σε περίπτωση κάμψης της μεταλλικής ράβδους.

5.1.7 Στατικός εντοπισμός

Τα σημεία τα οποία ήταν καθοριστικά, δηλαδή τα σημεία τα οποία συμπεριλαμβάνονταν στην γεωμετρική χωροστάθμιση καθ' όδευση μετριούνταν με τη χρήση του στατικού εντοπισμού με το πέρας των υπόλοιπων εργασιών. Συγκεκριμένα ο δέκτης GNSS Zephyr της εταιρείας Trimble εκτελούσε στατικό εντοπισμό με χρόνο παρατήρησης 3-4 ώρες. Στόχος του στατικού εντοπισμού ήταν ο υπολογισμός των

συντεταγμένων και των υψομέτρων στο σύστημα αναφοράς WGS84 και η μετατροπή των συντεταγμένων αυτών στο ΚΓΣΑ93 των αντίστοιχων σημείων με ακρίβεια της τάξεως των χιλιοστών.

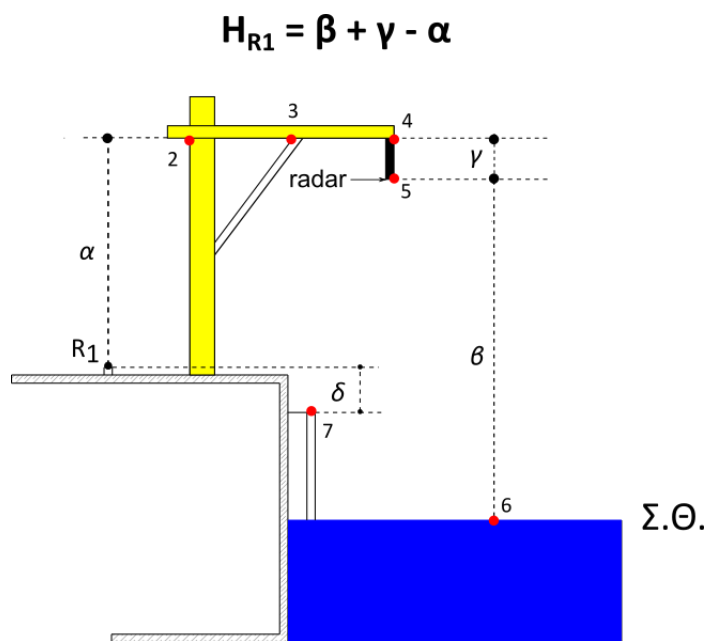
5.2 Εργασίες στο Γραφείο

Αρχικά στο γραφείο έγινε η συλλογή πληροφοριών για κάθε παλιρροιογράφο, σχετικά με την θέση του και τις ιδιαιτερότητες κάθε θέσης. Στη συνέχεια έγινε αναζήτηση των υφιστάμενων υψομετρικών αφετηριών στην εκάστοτε περιοχή.

Με την ολοκλήρωση του πρακτικού μέρους της μελέτης στο πεδίο, έγινε η απαραίτητη επεξεργασία των μετρήσεων που λήφθηκαν, με σκοπό την εξαγωγή των αναγκαίων αποτελεσμάτων. Οι εργασίες που έγιναν στο γραφείο ήταν οι εξής:

5.2.1 Σύνδεση ΥΑΑ με την Μ.Σ.Θ.

Με την ολοκλήρωση των υπολογισμών των Υψομετρικών Διαφορών με τις μεθόδους που προαναφέρθηκαν ήταν δυνατή η σύνδεση μεταξύ του των Υψομετρικών αφετηριών αναφοράς και των Radar μέτρησης απόστασης παλιρροιογράφου και στιγμιαίας στάθμης θάλασσας. Με αυτό τον τρόπο, μετά τον υπολογισμό των παλιρροιακών επιπέδων μέσω επεξεργασίας των χρονοσειρών μετρήσεων των παλιρροιακών σταθμών είναι δυνατός ο υπολογισμός του υψομέτρου της ΥΑΑ με βάση την ΜΣΘ και στη συνέχεια η σύνδεση του με το υπάρχον χωροσταθμικό δίκτυο.



Διάγραμμα 15: Σύνδεση ΥΑΑ (H_{R1}) με ΜΣΘ

5.2.2 Υπολογισμός Υψομετρικών Διαφορών – Γεωμετρική Χωροστάθμιση

Η επίλυση των προβλημάτων έγινε στο περιβάλλον του λογισμικού Microsoft Excel. Αρχικά, περάστηκαν όλες οι απαραίτητες πληροφορίες και τα δεδομένα που λήφθηκαν στο πεδίο σε ένα φύλλο Excel.

Μερικές από τις πληροφορίες που συμπεριλήφθηκαν ήταν, η περιοχή στην οποία έγιναν οι μετρήσεις, τα σημεία στα οποία αντιστοιχούν οι μετρήσεις, όπως και οι μετρήσεις που καταγράφηκαν από την ανάγνωση στη σταδία (Οπισθοσκόπευση και Εμπροσθοσκόπευση).

Στη συνέχεια με τη χρήση των απαραίτητων φόρμουλων υπολογίστηκαν οι υψομετρικές διαφορές ανάμεσα στα σημεία ενδιαφέροντος. Οι φόρμουλες που χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό ήταν διαφορετικές ανάλογα με την γεωμετρική χωροστάθμιση που εκτελέστηκε. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της απλής γεωμετρικής χωροστάθμισης η υψομετρική διαφορά (ΔH) υπολογίστηκε με τον τύπο:

$$\Delta H_{AB} = \text{Όπισθεν} - \text{Έμπροσθεν}.$$

Από την άλλη, για τον υπολογισμό των υψομετρικών διαφορών στην γεωμετρική χωροστάθμιση καθ' όδευση χρησιμοποιήθηκε ο τύπος:

$$\Delta H_{AB} = \sum \text{Όπισθεν} - \sum \text{Έμπροσθεν}$$

Δεδομένου ότι το υψόμετρο της ΥΑΑ υπολογίστηκε μετά την σύνδεση της με την ΜΣΘ ήταν δυνατός ο υπολογισμός των ΥΑΕ καθώς και το νέο υψόμετρο του υφιστάμενου τριγωνομετρικού σημείου που ήταν εγκατεστημένο στην περιοχή. Ο υπολογισμός των υψομέτρων έγινε με τη χρήση της σχέσης:

$$H_A = H_B + \Delta H_{AB}$$

5.2.3 Τριγωνομετρική Υψομετρία

Ο υπολογισμός των υψομετρικών διαφορών με τη μέθοδο της τριγωνομετρικής υψομετρίας έγινε στο περιβάλλον του λογισμικού Microsoft Excel, όπως και στην περίπτωση της γεωμετρικής χωροστάθμισης.

Οι πληροφορίες που λήφθηκαν στο πεδίο και ήταν σημαντικές για τη μέθοδο αυτή ήταν η κατακόρυφες γωνίες σε κανονική σκόπευση και ακολούθως με αναστροφή και περιστροφή του οργάνου, αλλά και οι οριζόντιες αποστάσεις. Οι οριζόντιες αποστάσεις

υπολογίστηκαν αυτόματα από τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό ο οποίος μετρά κεκλιμένες αποστάσεις με τη χρήση του τύπου:

$$D = S \times \sin Z$$

Όπου S η κεκλιμένη απόσταση και Z η κατακόρυφη γωνιά.

Ακολούθως, υπολογίστηκε η μέση τιμή των ζενίθιων γωνιών που λήφθηκαν σε μια περίοδο. Ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της μέσης τιμής ήταν:

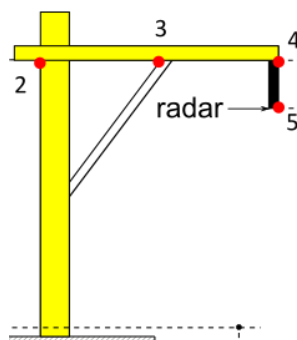
$$Z_{MT} = \frac{400 + Z^I - Z^{II}}{2}$$

Αφού υπολογίστηκε η μέση τιμή της ζενίθιας γωνιάς προς κάθε σκόπευση, προσδιορίστηκε η υψομετρική διαφορά μεταξύ του σημείου στο οποίο ήταν τοποθετημένος ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός και των 3 στόχων που ήταν τοποθετημένοι πάνω στην μεταλλική ράβδο. Για τον προσδιορισμό της υψομετρικής διαφοράς έγινε χρήση της σχέσης:

$$\Delta H_{AB} = \frac{D_{AB}}{\tan Z_{MT}} + \gamma O - \gamma \Sigma$$

Τέλος, ήταν δυνατός ο προσδιορισμός των υψομέτρων κάθε ειδικού στόχου που τοποθετήθηκε πάνω στις μεταλλικές ράβδους. Για την εύρεση των υψομέτρων θεωρήθηκε ότι το υψόμετρο του σημείου στο οποίο ήταν τοποθετημένος ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός ήταν ίσο με 0 αφού σκοπός ήταν η εύρεση τυχόν μεταβολών λόγω κάμψης της ράβδους και η αποφυγή σφαλμάτων στην αναγωγή των υψομέτρων με τη Μ.Σ.Θ., επομένως δεν μας ενδιέφεραν τα πραγματικά τους υψόμετρα. Η σχέση που χρησιμοποιήθηκε ήταν:

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB}$$



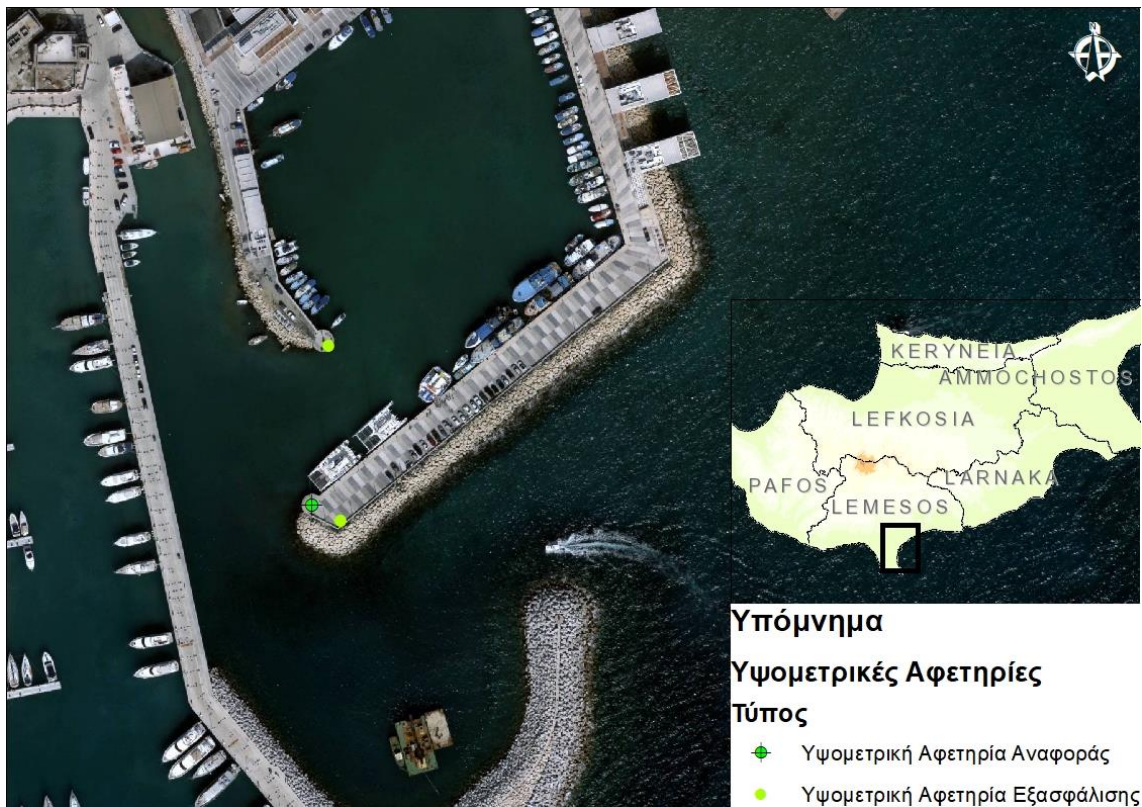
Διάγραμμα 16: Θέσεις Ειδικών Στόχων (2,3,4)

6 Αποτελέσματα

6.1 Παλιρροιακός Σταθμός (ΠΣ) Λεμεσού

Ο παλιρροιακός σταθμός στην περιοχή Λεμεσού είναι εγκατεστημένος στο άκρο του παλαιού λιμένα της περιοχής εντός περιφραγμένου χώρου για αποφυγή ζημιών. Η Λεμεσός βρίσκεται στο νότιο κομμάτι της Κύπρου (Χάρτης 1). Η θέση στην οποία είναι εγκατεστημένος ο ΠΣ επιλέχθηκε μετά από αναζήτηση μέσω κατάλληλων λογισμικών και επιτόπια επιβεβαίωση καταλληλότητας. Ο ΠΣ στην περιοχή Λεμεσού είναι τύπου Radar.

Πλησίον του ΠΣ ιδρύθηκε μια ΥΑΑ, ενώ στην ευρύτερη περιοχή ιδρύθηκαν άλλες δύο ΥΑΕ όπως φαίνονται στον χάρτη (Χάρτης 1).



Χάρτης 2: Υψομετρικές Αφετηρίες Λεμεσού

Με τη μέθοδο της γεωμετρική χωροστάθμησης υπολογίστηκαν οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ της ΥΑΑ και των ΥΑΕ., Παλιρροιομέτρου και της μεταλλικής ράβδου πάνω στην οποία είναι τοποθετημένο το Radar μέτρησης απόστασης μεταξύ παλιρροιογράφου και στιγμιαίας στάθμης της θάλασσας. Με την γεωμετρική

χωροστάθμιση καθ' όδευση υπολογίστηκε η υψομετρική διαφορά μεταξύ της υλοποιημένης υψομετρικής αφετηρίας του ΤΚΧ CHK005 με την ΥΑΑ.

Οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα των μετρήσεων παραθέτονται πιο κάτω:

A/A	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Υψομετρική Διαφορά (ΔΗ)
ΥΑΑ	1.443233333		
Παλιρροιόμετρο		1.5885	-0.145266667
ΥΑΑ	1.443233333		
LVD0039		1.3086	0.134633333
ΥΑΑ	1.443233333		
LVD0034		1.4092	0.034033333
ΥΑΑ	1.5354		
Ράβδος		-1.0217	2.5571
TG1	1.72789		
ΥΑΑ		1.58377	0.14412

Πίνακας 1: Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεταξύ ΥΑΑ - ΥΑΕ Λεμεσού

ΜΕΤΑΒΑΣΗ				
A/A	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Μερικές Υψομετρικές Διαφορές	Υψομετρική Διαφορά (ΔΗ)
TG1	1.70569			0.08058
1	1.38982	1.43385	0.27184	
2	1.45614	1.40276	-0.01294	
3	1.31575	1.4762	-0.02006	
CHK005		1.47401	-0.15826	
ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ				
CHK005	1.58273			-0.08266
3	1.40683	1.43844	0.14429	
2	1.453	1.40275	0.00408	
1	1.46589	1.41458	0.03842	
TG1		1.73534	-0.26945	

Πίνακας 2: Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεταξύ ΥΑΑ - ΥΑ ΤΚΧ Λεμεσού

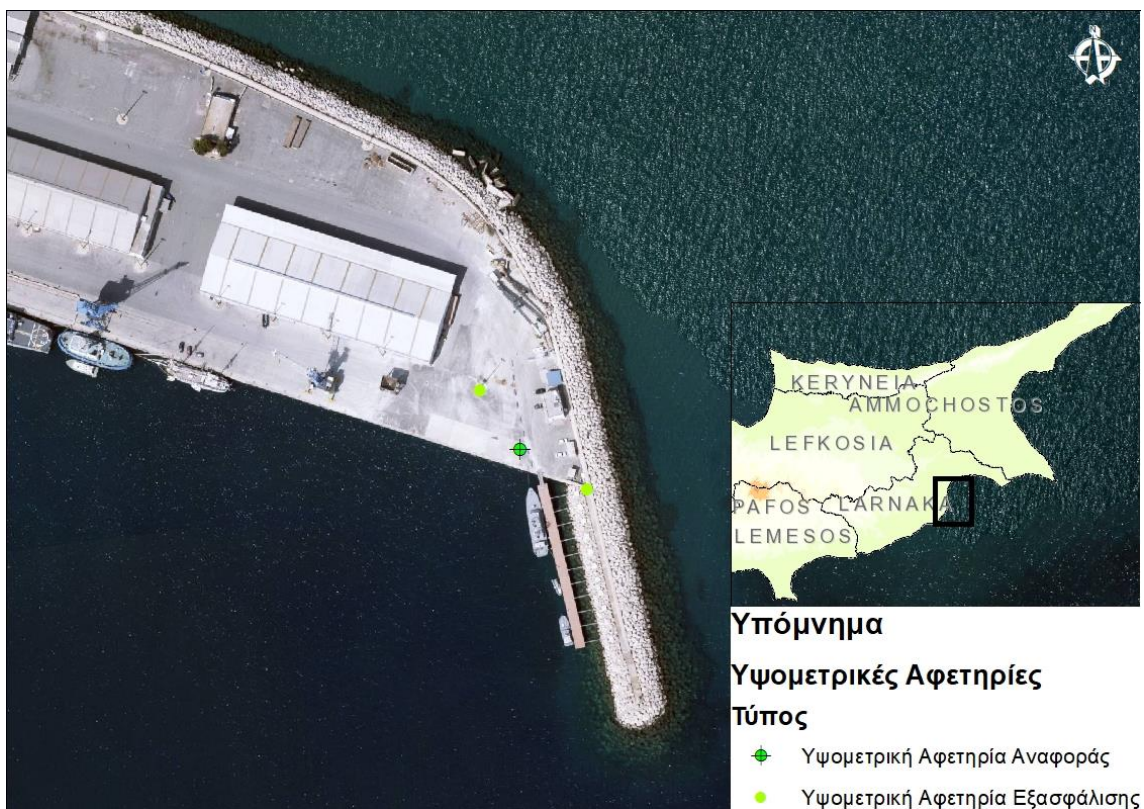
A/A	Υψομετρική Διαφορά (ΔΗ)
ΥΑΑ-Ράβδος	2.5571
ΥΑΑ-Παλιρροιόμετρο	-0.145266667
ΥΑΑ-LVD0034	0.034033333
ΥΑΑ-LVD0039	0.134633333
ΥΑΑ-TG1	0.14412
ΥΑΑ-CHK005	0.22678

Πίνακας 3: Υψομετρικές Διαφορές στη Λεμεσό

6.2 Παλιρροιακός Σταθμός (ΠΣ) Λάρνακας

Η Λάρνακα βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της Κύπρου. Ο παλιρροιακός σταθμός όπως και στην περίπτωση της Λεμεσού τοποθετήθηκε μετά από παρατήρηση μέσω κατάλληλων λογισμικών και επιτόπου επιβεβαίωση της καταλληλότητας της περιοχής στον λιμένα της Λάρνακας. Ο ΠΣ στην συγκεκριμένη περιοχή έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με αυτόν της Λεμεσού.

Πλησίον του ΠΣ ιδρύθηκε η ΥΑΑ, ενώ δύο ΥΑΕ, το LVD1035 και το LVD1033, ιδρύθηκαν στην ευρύτερη περιοχή. Οι θέσεις των Υψομετρικών Αφετηριών φαίνονται στον πιο κάτω χάρτη (Χάρτης 2).



Χάρτης 3: Υψομετρικές Αφετηρίες στην Λάρνακα

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία όπως και στην περιοχή της Λεμεσού, με γεωμετρική χωροστάθμιση καθ' όδευση υπολογίστηκε η σύνδεση μεταξύ της υψομετρικής αφετηρίας του TKX OL060 που βρισκόταν κοντά την περιοχή με την ΥΑΑ. Στη συνέχεια με αντίστοιχο τρόπο υπολογίστηκαν οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ της ΥΑΑ και των ΥΑΕ LVD1035, LVD1033, παλιρροιομέτρου και της μεταλλικής ράβδου πάνω στην οποία είναι τοποθετημένο το Radar.

Στην περιοχή της Λάρνακας σε αντίθεση με την περιοχή της Λεμεσού, εκτελέστηκε η διαδικασία της τριγωνομετρικής υψομετρίας για τον υπολογισμό τυχόν μεταβολής στο υψόμετρο κατά μήκος της μεταλλικής ράβδου λόγω κάμψης αφού το μήκος ήταν κατά 1 μέτρο μεγαλύτερο από αυτό της Λεμεσού. Με τη χρήση ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού μετρήθηκαν οι ζενίθιες γωνίες και οι οριζόντιες αποστάσεις μέσω των οποίων υπολογίστηκαν οι υψομετρικές διαφορές κατά μήκος της ράβδου.

Οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα παραθέτονται πιο κάτω:

A/A	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Υψομετρική Διαφορά (ΔΗ)
ΥΑΑ	1.4017		
Ράβδος		-0.9722	2.3739
ΥΑΑ	1.3601		
LVD1035		0.8794	0.4807
ΥΑΑ	2.9359		
LVD1033		1.4725	1.4634
ΥΑΑ	1.3601		
Παλιρροϊόμετρο		2.1498	-0.7897

Πίνακας 4: Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεταξύ ΥΑΑ - ΥΑΕ Λάρνακας

ΜΕΤΑΒΑΣΗ				
A/A	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Μερικές Υψομετρικές Διαφορές	Υψομετρική Διαφορά (ΔΗ)
ΥΑΑ	0.7027			-1.0032
61	1.4914	1.725	-1.0223	
62	1.3687	1.4205	0.0709	
63	1.651	1.4656	-0.0969	
64	1.5886	1.3954	0.2556	
65	1.4052	1.3959	0.1927	
66	1.3472	1.3354	0.0698	
67	1.3309	1.4173	-0.0701	
68	1.3393	1.4388	-0.1079	
69	1.0086	1.152	0.1873	
ΟΙ060		1.4909	-0.4823	
ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ				
ΟΙ060	1.4908			0.9997
69	1.1517	1.0089	0.4819	
68	1.4387	1.3392	-0.1875	
67	1.4173	1.3308	0.1079	
66	1.3355	1.3463	0.071	
65	1.396	1.4054	-0.0699	
64	1.3955	1.5886	-0.1926	
63	1.4643	1.6504	-0.2549	
62	1.4214	1.3698	0.0945	

61	1.7237	1.4922	-0.0708
ΥΑΑ		0.7036	1.0201

Πίνακας 5: Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεταξύ ΥΑΑ - ΥΑ ΤΚΧ Λάρνακας

A/A	Υψομετρική Διαφορά (ΔΗ)
ΥΑΑ-Παλιρροιόμετρο	-0.7897
ΥΑΑ-Ράβδος	2.3739
ΥΑΑ-LVD1033	1.4634
ΥΑΑ-LVD1035	0.4807
ΥΑΑ-ΟΛ060	1.00145

Πίνακας 6: Υψομετρικές Διαφορές στη Λάρνακα

Μετρήσεις και αποτελέσματα μετρήσεων με χρήση ολοκληρωμένου γεωδαιτικού σταθμού:

A/A	Z ^I (g)	Z ^{II} (g)	Z ^{MT} (g)	D(m)
2	106.7443	293.2572	106.7436	16.161
3	107.0323	292.9677	107.0323	15.7295
4	107.3043	292.6933	107.3055	15.425

Πίνακας 7: Υπολογισμός μέσω των τιμών των Ζενίθων γωνιών Λάρνακας

A/A	ΥΟ _{ΒΑΘΡΟ} (m)	Η _{στασης} (m)	ΔΗ(m)	Η(m)
2	1.719	0	0.000675	0.000675
3	1.719	0	-0.02563	-0.02563
4	1.719	0	-0.0589	-0.0589

Πίνακας 8: Υψομετρικές Διαφορές και Υψόμετρα μεταλλικής ράβδου ΠΣ Λάρνακας

6.3 Παλιρροιακός Σταθμός (ΠΣ) Πάφου

Η πόλη της Πάφου βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα του νησιού και ο παλιρροιακός σταθμός στην περιοχή αυτή είναι τοποθετημένος στο παραλιακό μέτωπο της πόλης, δίπλα από το Κάστρο και το αρχαιολογικό μουσείο Πάφου. Η θέση αυτή θεωρήθηκε η ιδανικότερη σε θέμα καταλληλότητας αφού ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις.

Δίπλα από τον ΠΣ ιδρύθηκε η ΥΑΑ και στην ευρύτερη περιοχή ιδρύθηκαν ακόμα τρεις ΥΑΕ, οι LVD2001, LVD2002 και LVD2003. Οι υψομετρικές αφετηρίες εμφανίζονται στον πιο κάτω χάρτη (Χάρτης 3).



Χάρτης 4: Υψομετρικές Αφετηρίες Πάφου

Με την διαδικασία της γεωμετρικής χωροστάθμησης υπολογίστηκαν αρχικά οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ της ΥΑΑ των LVD2001, LVD2002, LVD2003, του παλιρροιομέτρου και της μεταλλικής ράβδου στην οποία είναι στερεωμένο το Radar. Στη συνέχεια έγινε σύνδεση της υψομετρικής αφετηρίας του TKX OP159 με την ΥΑΑ ακολουθώντας την διαδικασία της γεωμετρικής χωροστάθμησης καθ' όδευση.

Όπως και στην περιοχή της Λάρνακας, εκτελέστηκε η διαδικασία της τριγωνομετρικής υψομετρίας για τον υπολογισμό των υψομέτρων κατά μήκος της μεταλλικής ράβδου για αποφυγή τυχόν σφαλμάτων λόγω κάμψης της.

Οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα των μετρήσεων στην περιοχή της Πάφου εμφανίζονται πιο κάτω σε μορφή πινάκων:

A/A	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Υψομετρική Διαφορά (ΔΗ)
ΥΑΑ	1.4745		
Ράβδος		-1.0878	2.5623
ΥΑΑ	1.5467		
LVD2001		1.366	0.1807
ΥΑΑ	1.48045		
LVD2002		2.3979	-0.91745
ΥΑΑ	1.4805		
LVD2003		1.4295	0.051
ΥΑΑ	1.6867		
Παλιρροϊόμετρο		2.9707	-1.284

Πίνακας 9: Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεταξύ ΥΑΑ - ΥΑΕ Πάφου

ΜΕΤΑΒΑΣΗ				
A/A	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Μερικές Υψομετρικές Διαφορές	Υψομετρική Διαφορά (ΔΗ)
ΥΑΑ	1.4357			0.032
71	1.4901	1.4969	-0.0612	
72	1.4376	1.4049	0.0852	
73	1.5299	1.3247	0.1129	
ΟΡ159		1.6348	-0.1049	
ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ				
ΟΡ159	1.6348			-0.0323
73	1.3256	1.5301	0.1047	
72	1.4049	1.4382	-0.1126	
71	1.4966	1.49	-0.0851	
ΥΑΑ		1.4359	0.0607	

Πίνακας 10: Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεταξύ ΥΑΑ - ΥΑ ΤΚΧ Πάφου

A/A	Υψομετρική Διαφορά (ΔΗ)
ΥΑΑ-Ράβδος	2.5623
ΥΑΑ-Παλιρροϊόμετρο	-1.284
ΥΑΑ-LVD2001	0.1807
ΥΑΑ-LVD2002	-0.91745
ΥΑΑ-LVD2003	0.051
ΥΑΑ-ΟΡ159	-0.0323

Πίνακας 11: Υψομετρικές Διαφορές στη Πάφο

Οι μετρήσεις που έγιναν με τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό όπως και τα αποτελέσματα των μετρήσεων:

A/A	Z'(g)	Z''(g)	Z ^{MT} (g)	D(m)
2	98.5591	301.4413	98.5589	40.888
3	98.595	301.4054	98.5948	41.1
4	98.6456	301.356	98.6448	41.359

Πίνακας 12: Υπολογισμός μέσω των τιμών των Ζενίθων γωνιών Πάφου

A/A	ΥΟ _{ΒΑΘΡΟ} (m)	Η _{στασης} (m)	ΔΗ(m)	Η(m)
2	1.624	0	2.54973	2.5497
3	1.624	0	2.53134	2.5313
4	1.624	0	2.50456	2.5046

Πίνακας 13: Υψομετρικές Διαφορές και Υψόμετρα μεταλλικής ράβδου ΠΣ Πάφου

6.4 Παλιρροιακός Σταθμός (ΠΣ) Πομού

Ο Πομός είναι χωριό στο βορειοδυτικό τμήμα της Κύπρου και ο παλιρροιακός σταθμός έχει εγκατασταθεί στο αλιευτικό καταφύγιο της περιοχής εντός περιφραγμένου χώρου. Η περιοχή του αλιευτικού καταφυγίου θεωρήθηκε η ιδανικότερη σε θέμα καταλληλότητας μετά από παρατήρηση μέσω λογισμικών αλλά και επιτόπου.

Στην περιοχή ιδρύθηκαν 5 υψομετρικές αφετηρίες, μια ΥΑΑ πλησίον του ΠΣ και τέσσερις ΥΑΕ, οι LVD3001, LVD3002, LVD3003 και LVD3004 στην ευρύτερη περιοχή όπως φαίνονται στον πιο κάτω χάρτη (Χάρτης 4).



Χάρτης 5: Υψομετρικές Αφετηρίες Πομού

Με γεωμετρική χωροστάθμηση υπολογίστηκαν οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ της ΥΑΑ και των ΥΑΕ, LVD3001, LVD3002, LVD3003, LVD3004, παλιρροιομέτρου και της μεταλλικής ράβδου.

Δεν ήταν δυνατή η εκτέλεση της διαδικασίας της γεωμετρικής χωροστάθμησης καθ' όδου αφού η υψομετρική αφετηρία του ΤΚΧ στην περιοχή είχε τοποθετηθεί πριν από πολλά χρόνια και πιθανόν να έχει καταστραφεί ή να έχει επικαλυφθεί αφού δεν ήταν δυνατή η εύρεση της.

Εκτελέστηκε επίσης η διαδικασία της τριγωνομετρικής υψομετρίας για τον υπολογισμό των υψομετρικών διαφορών κατά μήκος της μεταλλικής ράβδου πάνω στην οποία είναι τοποθετημένο το Radar.

Οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα των μετρήσεων σχετικά με την περιοχή του Πομού παραθέτονται πιο κάτω σε μορφή πινάκων:

A/A	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Υψομετρική Διαφορά (ΔΗ)
ΥΑΑ	1.4912		
LVD3001		1.6471	-0.1559
ΥΑΑ	1.4912		
LVD3002		1.4213	0.0699
ΥΑΑ	1.4912		
LVD3003		1.2903	0.2009
ΥΑΑ	1.4912		
LVD3004		1.6501	-0.1589
ΥΑΑ	1.4912		
Παλιρροίμετρο		1.7534	-0.2622

Πίνακας 14: Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεταξύ ΥΑΑ - ΥΑΕ Πομού

A/A	Υψομετρική Διαφορά (ΔΗ)
ΥΑΑ-Παλιρροίμετρο	-0.2622
ΥΑΑ-LVD3001	-0.1559
ΥΑΑ-LVD3002	0.0699
ΥΑΑ-LVD3003	0.2009
ΥΑΑ-LVD3004	-0.1589

Πίνακας 15: Υψομετρικές Διαφορές στον Πομό

A/A	Z ^I (g)	Z ^{II} (g)	Z ^{MT} (g)	D(m)
2	86.6459	313.3545	86.6457	5.59
3	86.2235	313.7754	86.22405	5.3125
4	86.8298	313.1694	86.8302	5.436

Πίνακας 16: Υπολογισμός μέσω των τιμών των Ζενίθων γωνιών Πομού

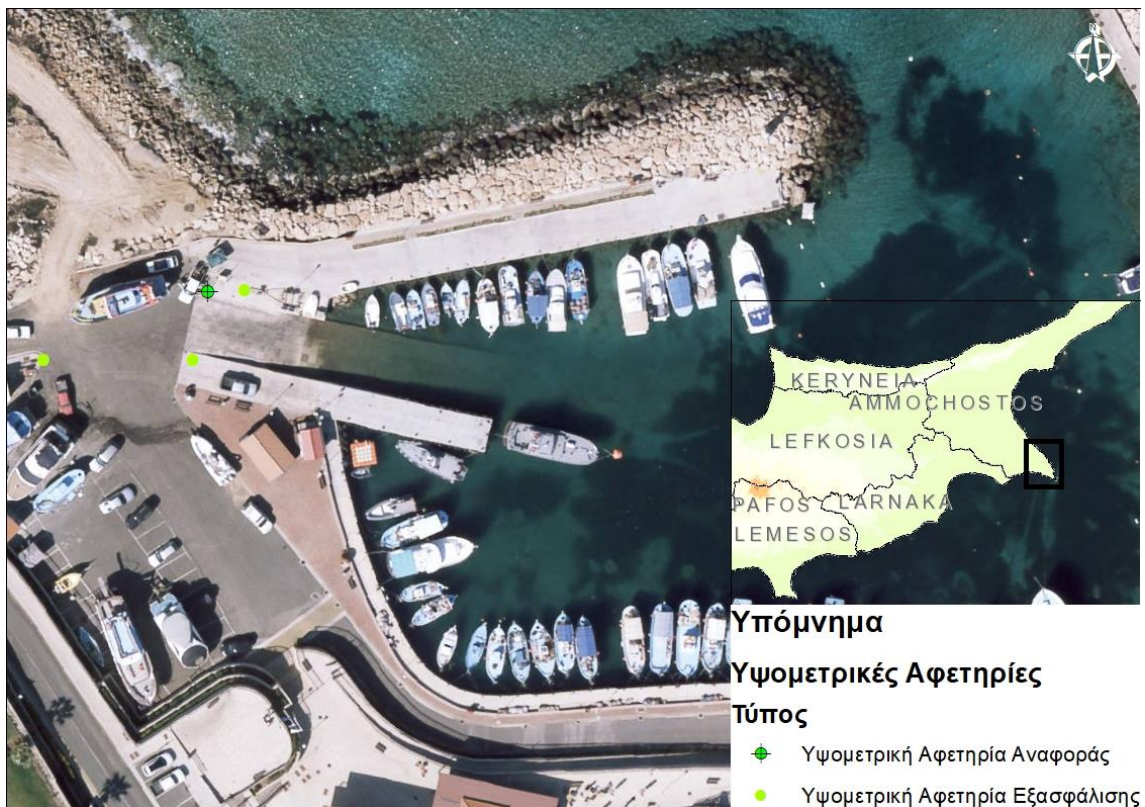
A/A	ΥΟ _{ΒΑΘΡΟ} (m)	Η ^{στασης} (m)	ΔΗ(m)	Η(m)
2	1.419	0	2.609116	2.6091
3	1.419	0	2.586869	2.5869
4	1.419	0	2.559871	2.5599

Πίνακας 17: Υψομετρικές Διαφορές και Υψόμετρα μεταλλικής ράβδου ΠΣ Πομού

6.5 Παλιρροιακός Σταθμός (ΠΣ) Παραλιμνίου

Το Παραλίμνι βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού και ο παλιρροιακός σταθμός έχει εγκατασταθεί στο αλιευτικό καταφύγιο της περιοχής εντός περιφραγμένου χώρου. Η περιοχή θεωρήθηκε κατάλληλη μετά από παρατήρηση μέσω λογισμικών αλλά και επιτόπου.

Οι υψομετρικές αφετηρίες οι οποίες ιδρύθηκαν στην περιοχή ήταν μια ΥΑΑ πλησίον του ΠΣ και ακόμα τρεις ΥΑΕ, οι LVD4001, LVD4002 και LVD4003 στην ευρύτερη περιοχή όπως εμφανίζονται στον χάρτη (Χάρτης 5).



Χάρτης 6: Υψομετρικές Αφετηρίες Παραλιμνίου

Μέσω της διαδικασίας της γεωμετρικής χωροστάθμησης υπολογίστηκαν οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ της ΥΑΑ, των ΥΑΕ, LVD4001, LVD4002, LVD4003, του Repere που τοποθέτησε το TKX, του παλιρροιομέτρου και της μεταλλικής ράβδου.

Επίσης υπολογίστηκαν οι υψομετρικές διαφορές και τα υψόμετρα κατά μήκος της μεταλλικής ράβδου με την διαδικασία της τριγωνομετρική υψομετρίας.

Οι μετρήσεις όπως και τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έγιναν στην περιοχή του αλιευτικού καταφυγίου στο Παραλίμνι φαίνονται πιο κάτω με τη μορφή πινάκων:

A/A	Όπισθεν	Έμπροσθεν	Υψομετρική Διαφορά (ΔΗ)
ΥΑΑ	1.453		
Ράβδος		-1.0912	2.5442
ΥΑΑ	1.453		
LVD4001		1.4474	0.0056
ΥΑΑ	1.453		
LVD4002		0.9238	0.5292
ΥΑΑ	1.453		
LVD4003		1.4735	-0.0205
ΥΑΑ	1.453		
Παλιρροιόμετρο		1.8022	-0.3492
ΥΑΑ	1.453		
Repere TKX		1.498	-0.045

Πίνακας 18: Γεωμετρική Χωροστάθμιση μεταξύ ΥΑΑ - ΥΑΕ Παραλιμνίου

A/A	Υψομετρική Διαφορά (ΔΗ)
ΥΑΑ-Παλιρροιόμετρο	-0.3492
ΥΑΑ-Ράβδος	2.5442
ΥΑΑ-LVD4001	0.0056
ΥΑΑ-LVD4002	0.5292
ΥΑΑ-4003	-0.0205
ΥΑΑ-Repere TKX	-0.045

Πίνακας 19: Υψομετρικές Διαφορές στο Παραλίμνι

A/A	Z ^I (g)	Z ^{II} (g)	Z ^{MT} (g)	D(m)
2	91.2528	308.7479	91.25245	8.527
3	91.0876	308.9131	91.08725	8.24
4	91.2452	308.7564	91.2444	8.214

Πίνακας 20: Υπολογισμός μέσω των τιμών των Ζενίθιων γωνιών Παραλιμνίου

A/A	ΥΟ _{ΒΑΘΡΟ} (m)	Η _{στασης} (m)	ΔΗ(m)	Η(m)
2	1.679	0	1.179093	1.179093
3	1.679	0	1.161206	1.161206
4	1.679	0	1.13687	1.13687

Πίνακας 21: Υψομετρικές Διαφορές και Υψόμετρα ράβδου ΠΣ Παραλιμνίου

7 Συμπεράσματα

Σημαντικός παράγοντας στην εκτέλεση υδρογραφικών μελετών αποτελεί ο προσδιορισμός ενός κατακόρυφου Datum (επιφάνεια αναφοράς υψομέτρων), έχοντας ως απώτερο σκοπό την ένταξη των υψομετρικών μετρήσεων σε ένα ενιαίο κατακόρυφο σύστημα αναφοράς. Για το σκοπό αυτό, απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί ο προσδιορισμός των παλιρροιακών επιπέδων του θαλάσσιου χώρου κάθε περιοχής.

Από τα παλιρροιακά επίπεδα, αυτό που χρησιμοποιείται ως αφετηρία στην μέτρηση υψομέτρων είναι το επίπεδο της Μέσης Στάθμης της Θάλασσας. Οι παλιρροιακοί σταθμοί και τα παλιρροιόμετρα αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι αυτού του σκοπού, οι οποίοι μετρούν τιμές της παλίρροιας ανά ίσα χρονικά διαστήματα, για διάρκεια 18.6 ετών περίπου για τον προσδιορισμό της ΜΣΘ.

Ακόμα, ο προσδιορισμός μιας επιφάνειας αναφοράς υψομέτρων και η ένταξη των μετρήσεων σε ένα ενιαίο κατακόρυφο σύστημα αναφοράς, θα αποτελέσει εύχρηστο και χρήσιμο εργαλείο σε μελλοντικές γεωδαιτικές εργασίες πάσης φύσεως αφού ο προσδιορισμός της τρίτης διάστασης αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι σε έργα και μελέτες ενός Μηχανικού.

Οι σύγχρονες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της κατακόρυφης διάστασης είναι τόσο επίγειες όσο και μετά από δορυφορικές παρατηρήσεις. Στην παρούσα μελέτη οι υψομετρικές διαφορές υπολογίστηκαν με τη χρήση της επίγειας μεθόδου (Γεωμετρική Χωροστάθμηση).

Μέσα από το πέρασ των χρόνων, η Γεωμετρική Χωροστάθμηση εξακολουθεί να αποτελεί μια από τις πιο ακριβές μεθόδους προσδιορισμού υψομετρικών διαφορών. Η τεχνολογική ανάπτυξη των τελευταίων χρόνων οδήγησε στην ανάπτυξη των οργάνων που χρησιμοποιούνται στην συγκεκριμένη μέθοδο. Η εμφάνιση των ψηφιακών χωροβατών έλυσε τα χέρια των μηχανικών σε θέματα που αφορούν την διάρκεια διεκπεραίωσης των εργασιών αλλά και την ακρίβεια των τελικών αποτελεσμάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Πανεπιστήμιο, Τ., & Γεωδαισίας, Κ. Ε. (n.d.). *Υδρογραφία, Ωκεανογραφία & Θαλάσσια Γεωδαισία Παλίρροιες και Επίπεδα Αναγωγής Ηχοβολίσεων*. Retrieved from https://elearning.cut.ac.cy/pluginfile.php/52596/mod_resource/content/1/pom-461-08-RDS.pdf
- Πανεπιστήμιο, Τ., & Γεωδαισίας, Κ. Ε. (n.d.). *Υδρογραφία, Ωκεανογραφία & Θαλάσσια Γεωδαισία Εισαγωγή στην Υδρογραφία*. Retrieved from https://elearning.cut.ac.cy/pluginfile.php/48098/mod_resource/content/1/pom-461-01-2016.pdf
- Ευαγγελία, Λ., Καθηγήτρια ΕΜΠ, Α., Γεώργιος, Π., & Καθηγητής ΕΜΠ, Α. (n.d.). *Ειδικά Θέματα Γεωδαισίας-Υψομετρία*. Retrieved from <https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/SURVEY129/6-7-8-weeks.pdf>
- ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ «ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΚΑΙ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΑΛΤΙΜΕΤΡΙΑ» ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ. (2009). Retrieved from <http://artemis.library.tuc.gr/PD2010-0002/PD2010-0002.pdf>
- Delikaraoglou, D. (n.d.). *Ειδικά Θέματα Δορυφορικής Γεωδαισίας (Lecture Notes, in Greek; Special Topics in Satellite Geodesy)*. Retrieved from https://www.academia.edu/29247585/Ειδικά_Θέματα_Δορυφορικής_Γεωδαισίας_Lecture_Notes_in_Greek_Special_Topics_in_Satellite_Geodesy_
- *Θέμα Διπλωματικής Έργου: «Σχεδιασμός και Οργάνωση Βάσης Χαρτογραφικών Δεδομένων Ιστορικού χάρτη Η. Η. Kitchener της Νήσου Κύπρου με τη χρήση λογισμικού GIS»*. (n.d.). Retrieved from <http://estia.hua.gr/file/lib/default/data/18084/theFile>
- ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ: ΑΠΛΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΧΩΡΟΣΤΑΘΜΗΣΗ. (n.d.). Retrieved April 17, 2019, from <https://simigis.blogspot.com/2016/02/blog-post.html>
- Δόκας, Ι. Μ., & Καθηγητής, Ε. (n.d.). *ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ Ι Μάθημα 8 θ*. Retrieved from <http://simusurveyx.caece.net/>
- Παντελίδου, Α. (2013). *Πτυχιακή Έργασία ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΚΟΥΡΗ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ*. Retrieved from http://ktisis.cut.ac.cy/bitstream/10488/3313/2/Πτυχιακή_Έργασία_Αθηνά_Παντελίδου.pdf

- *Πτυχιακή εργασία ΙΔΡΥΣΗ ΑΣΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΔΥΤΙΚΗ ΛΕΜΕΣΟ. Πανίκος Κολοβού. (2016). Retrieved from <http://ktisis.cut.ac.cy/bitstream/10488/8803/1/Κολοβού Π..pdf>*
- *Κοσμάς Γαζέας Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. (n.d.). Retrieved from https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/MATH378/02_ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ_ΧΡΟΝΟΥ_ΚΟΣΜΑΣ_ΓΑΖΕΑΣ_2017.pdf*
- *Αγρονόμων, Σ., & Μηχανικών ΕΜΠ, Τ. (2010). *Τι είναι η δορυφορική αλτιμετρία*. Retrieved from http://www.teiath.gr/userfiles/topoadmin/documents/ekdiloseis/HMERIDA_26_05_2010.files/TEI_26052010_MINTOURAKIS.pdf*