



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗ-
ΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΗΝ ΕΓΚΑ- ΤΑΣΤΑΣΗ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟ ΓΕΡΑΝΟΓΕ- ΦΥΡΑΣ ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΩΝ



Παναγιώτης Κλουκίνας
Διπλωματική Εργασία

Επιβλέπων:
Γεώργιος Πανταζής
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα Ιούλιος 2024



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ-ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΓΕΩΠΛΗΡΟ-
ΦΟΡΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟ ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑΣ ΦΟΡΤΟΕΚ- ΦΟΡΤΩΣΗΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΩΝ

Διπλωματική Εργασία

του

Παναγιώτη Κλουκίνα

Επιβλέπων:
Γεώργιος Πανταζής
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή:

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....
Γεώργιος Πανταζής
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Βασίλειος Γκίκας
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Δημήτριος Αναστασίου
Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα Ιούλιος 2024

(Υπογραφή)

.....
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΛΟΥΚΙΝΑΣ

Διπλωματούχος Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Copyright © Παναγιώτης Κλουκίνας, 2024

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Μετά το τέλος της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον καθηγητή της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών - Μηχανικών Γεωπληροφορικής του ΕΜΠ κ. **Γιώργο Πανταζή** για τη διατύπωση και την ανάθεση ενός τόσο πρωτότυπου, ενδιαφέροντος, απαιτητικού και πολύπλευρου θέματος.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε να πειραματιστώ με νέες τεχνολογίες και την ελευθερία να λάβω αποφάσεις. Οι κριτικές παρεμβάσεις του και η καθοδήγησή του, σε συνδυασμό με τη συνέπεια και το παιδαγωγικό του ήθος, δημιούργησαν ένα περιβάλλον που ήταν ικανό να ξεπεράσει όλες εκείνες τις δυσκολίες που παρουσιάστηκαν στα διάφορα στάδια της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην εταιρεία **Ακτωρ Α.Τ.Ε.** για τη διάθεση και την παροχή του εξοπλισμού και για την ελαστικότητά τους ως προς το χρόνο. Επιπλέον οφείλω και θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον κ. **Άγγελο Ζέρβα** ΑΤΜ ΕΜΠ για την άδεια να παρίσταμαι στους χώρους εργασίας του όπως ακόμα και για τις πολύτιμες συμβουλές του.

Τέλος το μεγαλύτερο ευχαριστώ θέλω να το εκφράσω και να το αφιερώσω στους γονείς μου **Κατερίνα** και **Λεωνίδα** που χωρίς τις θυσίες τους και την αμέριστη υποστήριξή τους δεν θα ήμουν σε θέση να ολοκληρώσω τις σπουδές μου σε αυτό το επίπεδο και να εκπληρώσω τους στόχους μου. Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω το στενό μου φιλικό και συναδελφικό περιβάλλον για τη συμπαράσταση και την κατανόηση στα άγχη και τις αγωνίες μου όλα αυτά τα χρόνια.

Παναγιώτης Κλουκίνας

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η σημερινή εποχή χαρακτηρίζεται από μεγάλη ανάπτυξη των υποδομών που αφορούν τον κλάδο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι συνδυασμένες μεταφορές και η διαχείριση των εμπορευμάτων απαιτούν ένα αναπτυγμένο δίκτυο υποδομών. Στις υποδομές αυτές περιλαμβάνονται λιμενικά και σιδηροδρομικά έργα, καθώς και υποδομές σχετικά με την αποθήκευση, διαλογή και φορτοεκφόρτωση των εμπορευμάτων.

Στις προκλήσεις και τις ανάγκες που δημιουργεί η υλοποίηση των παραπάνω έργων, ο τοπογράφος μηχανικός διαδραματίζει σημαντικό ρόλο τόσο κατά το στάδιο μελέτης και κατασκευής τους όσο και στο στάδιο που έπεται αυτών και ασχολείται με τον έλεγχο της καλής περάτωσης και λειτουργίας τους. Ταυτόχρονα είναι αυτός που θα δώσει λύσεις σε προβλήματα διαφορετικής σημαντικότητας και κλίμακας με σύγχρονες γεωδαιτικές μεθόδους. Επίσης, ο γεωδαιτής μηχανικός είναι ο μόνος που έχει το επιστημονικό υπόβαθρο να μελετήσει και να εκπονήσει εργασίες που απαιτούν μεγάλα ποσοστά ακρίβειας.

Βασικό ρόλο στη διακίνηση εμπορευμάτων διαδραματίζουν, πλην των μέσων μεταφοράς τους, και τα μέσα με τα οποία αυτά φορτοεκφορτώνονται στα χερσαία, θαλάσσια και σιδηροδρομικά μέσα μεταφοράς τους. Κεντρική θέση, λοιπόν, κατέχει ένα συγκεκριμένο είδος γερανού που ονομάζεται γερανογέφυρα. Πρόκειται για ένα μηχάνημα τόσο απλό αλλά και τόσο σύνθετο ταυτοχρόνως, το οποίο συνδυάζει εφευρέσεις που κατάγονται από τον αρχαίο κόσμο με θαύματα της σύγχρονης μηχανικής. Αυτά τα τεράστια κατασκευάσματα του ανθρώπου απαιτούν την αυστηρή τήρηση των προδιαγραφών τους, τόσο κατά το στάδιο κατασκευής-τοποθέτησής τους όσο και κατά το στάδιο λειτουργίας και συντήρησής τους.

Ο ρόλος του τοπογράφου μηχανικού είναι καθοριστικός, όντας ο μόνος που έχει την γνώση ώστε να αντιληφθεί την απαιτούμενη ακρίβεια που επιβάλλουν οι προδιαγραφές κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης των μηχανημάτων αυτών και παράλληλα είναι ο μόνος που μπορεί να εφαρμόσει στην πράξη τις μελέτες που συνοδεύουν ένα τέτοιο έργο. Η ευθύνη, λοιπόν, που τον βαραίνει είναι τεράστια και είναι αντιστρόφως ανάλογη με τα μεγέθη τα οποία εκφράζουν τις αποδεκτές αποκλίσεις από τις μελέτες και τις προδιαγραφές ενός τέτοιου έργου, οι οποίες δεν ξεπερνούν τα μερικά δέκατα του χιλιοστού.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	I
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	III
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	IV
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ	VII
ΕΙΚΟΝΕΣ	VIII
ΠΙΝΑΚΕΣ	XI
ΣΧΗΜΑΤΑ	XII
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	XIII
ABSTRACT	XIV
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΠΕΡΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑΣ ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΩΝ	4
1.1 Ιστορική Αναδρομή.....	4
1.1.1 Shaduf, ο πρώτος γερανός της ιστορίας	4
1.1.2 Εξελίξεις στην αρχαία Ελλάδα και στην Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία	5
1.1.3 Μεσαίωνα.....	9
1.1.4 Βιομηχανική επανάσταση	13
1.1.5 Εξελίξεις στον 20 ^ο και 21 ^ο αιώνα	16
1.1.5.1 Σταθεροί γερανοί.....	16
1.1.5.1.1 Γερανοί δακτυλίου	16
1.1.5.1.2 Γερανοί πύργου	17
1.1.5.1.3 Τηλεσκοπικοί γερανοί	18
1.1.5.1.4 Αυτοανεγειρόμενοι γερανοί	18
1.1.5.1.5 Γερανοί καταστρώματος	19
1.1.5.1.6 Γερανογέφυρες	20
1.1.5.2 Κινητοί γερανοί	23
1.1.5.2.1 Γερανοφόρα οχήματα	24
1.1.5.2.2 Σιδηροδρομικοί γερανοί.....	25
1.1.5.2.3 Πλωτοί γερανοί.....	26
1.1.5.2.4 Αερομεταφερόμενοι γερανοί.....	27
1.2 Περιγραφή λιμενικών γερανογεφυρών	28
1.2.1 Υποδομή γερανογεφυρών	29
1.2.1.1 Δοκοί σκυροδέματος με πασσαλόδεσμο	30
1.2.1.2 Πλάκα σκυροδέματος άνευ θεμελίων	31
1.2.1.3 Σκυρογραμμή	32
1.2.2 Επιδομή γερανογεφυρών.....	34

1.2.2.1	Επιδομή συνεχούς στήριξης.....	35
1.2.2.2	Επιδομή σταθερής ασυνεχούς στήριξης.....	36
1.2.2.3	Επιδομή ρυθμιζόμενης ασυνεχούς στήριξης	38
1.3	Αντικείμενο εργασίας.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΕ ΕΡΓΑ		
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΩΝ.....		
		40
2.1	Ίδρυση γεωδαιτικών δικτύων	40
2.1.1	Πύκνωση δικτύων	41
2.1.1.1	Τριγωνισμός	41
2.1.2	Η μέθοδος Free Station	43
2.2	Απαιτήσεις σιδηροτροχιών κίνησης γερανογεφυρών	45
2.2.1	Κατηγοριοποίηση ανοχών.....	46
2.2.2	Κατηγοριοποίηση ελέγχων.....	46
2.3	Μεθοδολογία αποτύπωσης και χάραξης σιδηροτροχιών γερανογέφυρας.....	56
2.3.1	Αποτύπωση σιδηροτροχιών γερανογέφυρας	57
2.3.2	Χάραξη σιδηροτροχιών γερανογέφυρας.....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΩΝ		
ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΧΕΡΣΑΙΑ		
ΖΩΝΗ ΛΙΜΕΝΑ.....		
		61
3.1	Χρόνος και χώρος εκτέλεσης εργασιών	61
3.2	Εργασίες προετοιμασίας του εδάφους και θεμελίωσης της βάσης έδρασης των σιδηροτροχιών	65
3.3	Εργασίες τακτοποίησης γραμμής	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΛΗΣ		
ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΝΟΣ ΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΛΙΜΕΝΙΚΗΣ		
ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑΣ.....		
		73
4.1	Χρόνος και χώρος εκτέλεσης εργασιών	73
4.2	Επέκταση δικτύου	80
4.3	Αποτύπωση γραμμής.....	84
4.4	Επεξεργασία μετρήσεων	90
4.4.1	Έλεγχος εύρους σιδηροτροχιών	92
4.4.2	Έλεγχος ευθυγραμμίας.....	93
4.4.3	Έλεγχος υψομετρικών αποκλίσεων	95
4.4.4	Υψομετρική ομοιογένεια ζεύγους σιδηροτροχιών	97
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....		
		99
5.1	Συμπεράσματα	99
5.2	Προτάσεις	103

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	104
ΙΣΤΟΓΡΑΦΙΑ.....	105

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 0.1 Βασικοί κρίκοι αλυσίδας των συνδυασμένων μεταφορών [Πηγή: Σαμπράκος, «Εισαγωγή στην Οικονομική των Μεταφορών»]	1
Διάγραμμα 5.1 Απεικόνιση της ροής των εργασιών χάραξης που απαιτούνται κατά την κατασκευή.....	100
Διάγραμμα 5.2 Απεικόνιση της ροής των εργασιών αποτύπωσης που απαιτούνται κατά την κατασκευή.....	101

EΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1.1 Εικαστική απεικόνιση ενός αιγυπτιακού shaduf [Πηγή: waterhistory.org].....	5
Εικόνα 1.2 Τομή μπλοκ στα οποία φαίνεται η σχισμή σχήματος U από την οποία προσαρτιούνται στους γερανούς [Πηγή: Coulton].....	6
Εικόνα 1.3 Γραφική αναπαράσταση τρισπάστου και πενταπάστου με ανάλυση των ανυψωτικών δυνάμεων [Πηγή: Eric Gaba – Wikimedia Commons]	7
Εικόνα 1.4 Ανάγλυφη στήλη από τον τύμβο του Haterii που απεικονίζει την ανέγερση άλλου τύμβου με χρήση γερανού [Πηγή: Museo Gregoriano Profano].....	7
Εικόνα 1.5 Έργο του Niccola Zabaglia στο οποίο απεικονίζει την ανύψωση του οβελίσκου του Βατικανού με παρόμοια μέθοδο με αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην στήλη του Τραϊανού [Πηγή: Wikimedia Commons]	8
Εικόνα 1.6 Σχέδιο του Matthew Paris που χρονολογείται γύρω στο 1250 και απεικονίζει εργοτάξιο της εποχής στο οποίο γίνεται χρήση ενός είδους ανυψωτικού μηχανήματος (βαρούλκο) [Πηγή: Vie de Saint Auban].....	9
Εικόνα 1.7 Φωτογραφία του 1868 που απεικονίζει τον γερανό του 15 ^{ου} αι. που βρίσκεται στην οροφή του, τότε υπό κατασκευή, καθεδρικού ναού της Κολωνίας στην Γερμανία [Πηγή: Theodor Creifelds μέσω του Zeno.org]	11
Εικόνα 1.8 Περιστροφικός γερανός κατασκευασμένος το 1413 στο λιμάνι του Τριρ της Γερμανίας [Πηγή: Stefan Kühn – Wikimedia Commons]	12
Εικόνα 1.9 Γερανός του 15 ^{ου} αι. κατασκευασμένος στο λιμάνι του Γκντανσκ της Πολωνίας για την τοποθέτηση καταρτιών [Πηγή: Πολωνικό Εθνικό Ναυτικό Μουσείο]	12
Εικόνα 1.10 Γερανός του 1742 στο λιμάνι της Κοπεγχάγης στην Δανία που χρησιμοποιούταν για την τοποθέτηση καταρτιών [Πηγή: Alf van Beem – Wikimedia Commons]	13
Εικόνα 1.11 Ο μοναδικός σωζόμενος υδραυλικός γερανός του Armstrong στη Βενετία κατασκευασμένος της δεκαετία του 1880 [Πηγή: Venice in Peril].....	14
Εικόνα 1.12 Σκίτσο της δεκαετίας του 1890 που απεικονίζει ατμοκίνητη γερανογέφυρα οροφής [Πηγή: Scientific America].....	15
Εικόνα 1.13 Γερανός δακτυλίου της εταιρείας Sarens [Πηγή: Sarens]	17
Εικόνα 1.14 Ο Sarens SGC-250 κατά την μεταφορά φορτίου βάρους 575 τόνων [Πηγή: Sarens].....	17

Εικόνα 1.15 Γερανός τύπου πύργος σε εργοτάξιο του μετρό της Θεσσαλονίκης [Πηγή: iefimerida].....	17
Εικόνα 1.16 Τηλεσκοπικός γερανός κατά την διάρκεια ανύψωσης πυλώνα υψηλής τάσης [Πηγή: Globalsource]	18
Εικόνα 1.17 Αυτοανεγειρόμενος γερανός στην Γερμανία [Πηγή: Phr En – Wikimedia Commons].....	19
Εικόνα 1.18 Συστοιχία γερανών σε πλοίο μεταφοράς κοντέινερ [Πηγή: Weihua]	20
Εικόνα 1.19 Η πρώτη γερανογέφυρα στο λιμάνι του Encinal [Πηγή: ASME]	23
Εικόνα 1.20 Το πλοίο Hawaiian Citizen (το πρώτο πλοίο αμιγούς μεταφοράς κοντέινερ) κατά την διαδικασία φορτοεκφόρτωσης του το 1960 στο λιμάνι του Encinal [Πηγή: ASME]	23
Εικόνα 1.21 Τηλεσκοπικοί τροχοφόροι γερανοί της Liebherr [Πηγή: Liebherr].....	24
Εικόνα 1.22 Ερπυστριοφόρος γερανός της Liebherr με μέγιστη χωρητικότητα φορτίου τους 3000 τόνους κατά την χρήση του σε εργοτάξιο (στο κάτω δεξιά μέρος της εικόνας είναι εμφανή τα αντίβαρα τα οποία απαιτούνται για την εξισορρόπηση του φορτίου) [Πηγή: Liebherr].....	25
Εικόνα 1.23 Σιδηροδρομικός γερανός κατά την διάρκεια εντροχιασμού συρμού [Πηγή: Sinotrailers].....	26
Εικόνα 1.24 Περιστρεφόμενος πλωτός γερανός [Πηγή: Spanopoulos Group]	27
Εικόνα 1.25 Πλωτός γερανός τύπου καταμαράν [Πηγή: Marinetraffic]	27
Εικόνα 1.26 Ένα Erickson S-64 Aircrane, το πιο συνηθισμένο ελικόπτερο τέτοιου τύπου [Πηγή: Martyn Wraight – Flickr].....	27
Εικόνα 1.27 Στιγμιότυπο από την διαδικασία μεταφοράς του αγάλματος από το S-64 Aircrane [Πηγή: Αρχεία Ινστιτούτου Smithsonian].....	28
Εικόνα 1.28 Στιγμιότυπο από τις εργασίες επέκτασης υφιστάμενης υποδομής για γερανογέφυρες στην προβλήτα 2 του ΟΛΠ	31
Εικόνα 1.29 Γραμμή κατά το τελικό στάδιο σκυροδέτησης των στηριγμάτων [Πηγή: Gantrex]	32
Εικόνα 1.30 Ολοκληρωμένο σύστημα υποδομής-επιδομής κατασκευασμένο σε τσιμεντένια πλάκα άνευ θεμελίωσης [Πηγή: Gantrex].....	32
Εικόνα 1.31 Τοποθέτηση στρωτήρων με ειδικό μηχάνημα στο λιμάνι του Λίβερπουλ [Πηγή: Bemo Rail]	33
Εικόνα 1.32 Υπογόμευση στρωτήρων κατά το τελικό στάδιο κατασκευής τους στο λιμάνι του Λίβερπουλ [Πηγή: Bemo Rail]	33

Εικόνα 1.33 Εργασίες κατασκευής γερανογέφυρας με χρήση ξύλινων στρωτήρων επί σκύρων στο λιμάνι του Ρότερνταμ [Πηγή: Bemo Rail]	34
Εικόνα 1.34 Γερανογέφυρα που κινείται σε καμπύλο τμήμα με διακλαδώσεις στο λιμάνι του Morehead City στην Νότια Καρολίνα, ΗΠΑ (Πηγή: Liebherr)	35
Εικόνα 1.35 Υπό κατασκευή γραμμή συνεχούς στήριξης με ελαστικό υπόθεμα [Πηγή: Gantrex]	36
Εικόνα 1.36 Δοκοί στήριξης μετά τον εγκιβωτισμό τους [Πηγή: Gantrex]	37
Εικόνα 1.37 Γραφιστική αναπαράσταση της τελικής μορφής ράγας η οποία εδράζεται σε τσιμεντένια πλάκα άνευ θεμελίωσης με χρήση σταθερής ασυνεχούς στήριξης [Πηγή: Bemo Rail]	37
Εικόνα 1.38 Εγκιβωτισμένοι τσιμεντένιοι στρωτήρες [Πηγή: Gantrex]	38
Εικόνα 1.39 Στρωτήρες επί σκύρου [Πηγή: Gantrex]	38
Εικόνα 3.1 Προβλήτα στη NEZ στην ανατολική πλευρά της οποίας πραγματοποιήθηκαν οι εργασίες [Πηγή: Google Earth]	62
Εικόνα 3.2 Στιγμιότυπο από τον χώρο διεξαγωγής των εργασιών	62
Εικόνα 3.3 Διάταξη γνωστών σημείων του δικτύου που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των ελεύθερων στάσεων του οργάνου	63
Εικόνα 3.4 Η γωνιά και το κατάφωτο το οποίο χρησιμοποιείται για την μέτρηση της γραμμής	69
Εικόνα 4.1 Δορυφορική εικόνα της προβλήτας 2 του ΟΛΠ [Πηγή: Google Earth]	74
Εικόνα 4.2 Στιγμιότυπο από το χώρο πραγματοποίησης των εργασιών αποτύπωσης	74
Εικόνα 4.3 Διάταξη γνωστών σημείων του δικτύου που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των ελεύθερων στάσεων του οργάνου	76
Εικόνα 4.4 Σκαρίφημα του άξονα των τριών σιδηροτροχιών που βρίσκονται στο Pier II	85
Εικόνα 4.5 Δημιουργία Job	87
Εικόνα 4.6 Αρχικό menu του οργάνου	87
Εικόνα 4.7 Επιλογή επιθυμητής εργασίας	87
Εικόνα 4.8 Επιλογή της μεθόδου προσδιορισμού της θέσης του οργάνου	87
Εικόνα 4.9 Καταχώρηση στοιχείων ελεύθερης στάσης	87
Εικόνα 4.10 Επιλογή σημείου προς μέτρηση	87
Εικόνα 4.11 Σκαρίφημα της ελεύθερης στάσης και των γνωστών σημείων που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της θέσης της...	88
Εικόνα 4.12 Στιγμιότυπο οθόνης όπου παρουσιάζονται οι τυπικές αποκλίσεις των συντεταγμένων της ελεύθερης στάσης	88

Εικόνα 4.13 Στιγμιότυπο οθόνης όπου παρουσιάζονται τα σφάλματα στις μετρημένες αποστάσεις των γνωστών σημείων	88
Εικόνα 4.14 Στιγμιότυπο οθόνης όπου παρουσιάζονται οι τελικές συντεταγμένες της ελεύθερης στάσης	90

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 2.1 Κατασκευαστικές ανοχές σιδηροτροχιών εδάφους κλάσεων 1 έως 4	46
Πίνακας 2.2 Κατασκευαστικές ανοχές σιδηροτροχιών επί της γερανογέφυρας κλάσεων 1 έως 4	48
Πίνακας 2.3 Κατασκευαστικές ανοχές τροχών επί της γερανογέφυρας κλάσεων 1 έως 4	49
Πίνακας 2.4 Κατασκευαστικές ανοχές τροχών επί του μηχανισμού μετατόπισης φορτίων κλάσεων 1 έως 4.....	52
Πίνακας 2.5 Κατασκευαστικές ανοχές συγκολλήσεων σιδηροτροχιών κλάσεων 1 έως 4	54
Πίνακας 2.6 Ανοχές σιδηροτροχιών κλάσεων 1 έως 4 κατά την λειτουργία τους.....	55
Πίνακας 3.1 Συντεταγμένες γνωστών σημείων δικτύου	64
Πίνακας 3.2 Συντεταγμένες ελεύθερης στάσης	70
Πίνακας 4.1 Συντεταγμένες γνωστών σημείων δικτύου	77
Πίνακας 4.2 Υψομετρικές διαφορές και τελικό υψόμετρο στάσης	81
Πίνακας 4.3 Παρουσίαση βημάτων επίλυσης του δικτύου με χρήση του λογισμικού Ταχυμετρία	81
Πίνακας 4.4 Παρουσίαση των βημάτων για την αρχικοποίηση και την πραγματοποίηση των μετρήσεων	87
Πίνακας 4.5 Συνοπτική παρουσίαση των χαρακτηριστικών των σημείων και του τρόπου σκόπευσής τους.....	87
Πίνακας 4.6 Αποτελέσματα του προσδιορισμού των συντεταγμένων της ελεύθερης στάσης	88
Πίνακας 4.7 Τελικές συντεταγμένες ελεύθερης στάσης	90
Πίνακας 4.8 Χαρακτηριστικά των τριών σιδηροτροχιών	92
Πίνακας 4.9 Υπολογισμός και έλεγχος παραμέτρου ελέγχου Α	93
Πίνακας 4.10 Υπολογισμός και έλεγχος παραμέτρου ελέγχου Β.....	94
Πίνακας 4.11 Υπολογισμός και έλεγχος παραμέτρου ελέγχου C.....	96
Πίνακας 4.12 Υπολογισμός και έλεγχος παραμέτρου ελέγχου Ε.....	98

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1.1 Διατομή της θεμελίωσης των σιδηροτροχιών που κατασκευάστηκαν στην προβλήτα 2 του ΟΛΠ	30
Σχήμα 2.1 Μορφή τριγωνομετρικού δικτύου [Πηγή: Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010].....	42
Σχήμα 2.2 Σχηματική παράσταση της ελεύθερης στάσης [Πηγή: Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010].....	44
Σχήμα 3.1 Σκαρίφημα των σημείων του δικτύου που έχει ιδρυθεί στο χώρο της ΝΕΖ.....	65
Σχήμα 4.1 Σκαρίφημα των κορυφών του δικτύου που έχει ιδρυθεί στο χώρο της προβλήτας ΙΙ του ΟΛΠ.....	79
Σχήμα 4.2 Αποτύπωση των τριών σιδηροτροχιών.....	91

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η καταγραφή και ανάλυση των γεωδαιτικών εργασιών που λαμβάνουν χώρα στα στάδια της κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης μιας λιμενικής γερανογέφυρας μεταφοράς εμπορευμάτων που κινείται επί σιδηροτροχιών.

Τα δεδομένα για την συγγραφή της συγκεκριμένης εργασίας λήφθηκαν με παρατήρηση των εργασιών πεδίου, συμμετοχή σε αυτές αλλά και με την ενασχόληση με διεργασίες που αφορούν στην επεξεργασία όσων γίνονται στο πεδίο.

Η εργασία αποσκοπεί στη δημιουργία ενός εγχειριδίου το οποίο θα παρουσιάζει με λεπτομερή τρόπο όλα τα στάδια κατασκευής της υποδομής και επιδομής κίνησης μιας γερανογέφυρας, στα οποία εμπλέκεται ο Αγρονόμος και Τοπογράφος Μηχανικός.

Η εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια, όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Στο πρώτο κεφάλαιο** γίνεται μια ιστορική αναδρομή στους γερανούς της αρχαιότητας, του μεσαίωνα μέχρι και την περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης. Στη συνέχεια παρουσιάζονται στοιχεία για τις πρώτες γερανογέφυρες που κατασκευάστηκαν στα τέλη του 19^{ου} αιώνα με την αναδρομή να καταλήγει στις εξελίξεις που συντελέστηκαν στον 20^ο και 21^ο αιώνα.
- **Στο δεύτερο κεφάλαιο** αναπτύσσεται και αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο το οποίο απαιτείται για την πραγματοποίηση των διαδικασιών που θα περιγραφούν στα επόμενα δύο κεφάλαια. Επιπρόσθετα γίνεται μια διερεύνηση των σφαλμάτων που απορρέουν από την κάθε μέτρηση που πραγματοποιήθηκε.
- **Στο τρίτο κεφάλαιο** παρουσιάζονται αναλυτικά τα στάδια που αφορούν στην κατασκευή και εγκατάσταση της υποδομής που θα υποστηρίξει την γερανογέφυρα. Επιπλέον παρουσιάζονται οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο στάδιο της κατασκευής της υποδομής και της επιδομής.
- **Στο τέταρτο κεφάλαιο** περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τον έλεγχο της καλής εκτέλεσης του συμβατικού αντικείμενου, με την εξακρίβωση πλήρωσης ή μη των αρχών καλής λειτουργίας των γερανογεφυρών.
- **Στο πέμπτο κεφάλαιο** συγκεντρώνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από το σύνολο των μετρήσεων, αλλά και όσων εφαρμόστηκαν τόσο στο στάδιο της κατασκευής όσο και στο στάδιο του ελέγχου των υποδομών των γερανογεφυρών.

Modern geodetic methods in the installation, operation and control of gantry cranes for handling goods

ABSTRACT

The subject of this thesis is the recording and analysis of the geodetic works that take place during the stages of construction, operation, and maintenance of a port crane bridge for the transport of goods moving on railway tracks.

The data for the writing of this report was obtained by observing and participating in field operations and by dealing with processes related to the processing of what is done in the field.

The aim of this project is to create a manual that will present in a detailed way all the stages of the construction of the substructure and superstructure of a crane bridge in which the surveyor is involved.

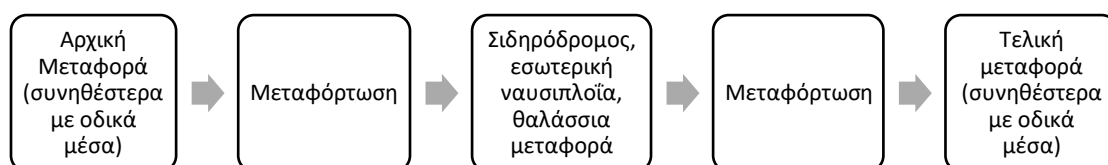
The work consists of chapters as prescribed below:

- **In the first chapter**, a historical review of cranes from the ancient times, the Middle Ages, up to the period of the industrial revolution is presented. The first gantry cranes were built at the end of the 19th century, followed by a review of the first cranes built at the end of the 19th century, and then a review of the developments that took place in the 20th and 21st centuries.
- **The second chapter** develops and analyses the theoretical background required for the realization of the procedures that will be described in the next two chapters. In addition, an investigation is made of the errors resulting from each measurement carried out.
- **The third chapter** presents in detail the stages involved in the construction and installation of the infrastructure that will support the gantry crane. It also presents the measurements conducted during the construction of the infrastructure and the superstructure.
- **The fourth chapter** describes the procedure that followed which aimed to check the good performance of the contract scope by verifying whether the principles of good functioning of the cranes have been fulfilled.
- **The fifth chapter** brings together the conclusions drawn from all the measurements, including those applied both at the construction stage and at the crane bridge infrastructure inspection stage.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο 20^{ος} αι. σήμανε την είσοδο του πλανήτη στην εποχή της τεχνολογικής επανάστασης και της παγκοσμιοποίησης. Το παγκόσμιο εμπόριο γιγαντώθηκε και οι άνθρωποι βρίσκονται σε έναν μόνιμο αγώνα για την αύξηση των ταχυτήτων με την οποία μεταφέρονται τόσο οι ίδιοι όσο και τα αγαθά τους. Βασικό ρόλο στην παγκόσμια εφοδιαστική αλυσίδα κατέχουν τα μέσα μεταφοράς και οι υποδομές που τα υποστηρίζουν.

Μέσω των σιδηροδρομικών δικτύων και των μεγάλων εμπορευματικών λιμένων του πλανήτη εκατομμύρια προϊόντα διακινούνται από την μία άκρη του πλανήτη στην άλλη μέσα σε λίγες μόνο μέρες. Το μοντέλο των συνδυασμένων μεταφορών, γνωστό και με τον αγγλικό όρο *intermodal transit*, συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των διαφορετικών τρόπων μεταφοράς καθιστώντας το εδώ και μισό αιώνα τον πιο αποδοτικό τρόπο μεταφοράς αγαθών.



*Διάγραμμα 0.1 Βασικοί κρίκοι αλυσίδας των συνδυασμένων μεταφορών
[Πηγή: Σαμπράκος, «Εισαγωγή στην Οικονομική των Μεταφορών»]*

Καθοριστική στην μέθοδο αυτή ήταν η εφεύρεση των εμπορευματοκιβωτίων, κοινότερα γνωστών ως *container*, αλλά και των λιμενικών γερανογεφυρών. Τα μεν πρώτα έδωσαν τη δυνατότητα στις πολλαπλές μικρές αποστολές να ομαδοποιηθούν εντός μιας τυποποιημένης κατασκευής. Με αυτό το τρόπο, η διαχείριση τους κατέστη ευκολότερη, γρηγορότερη και αποδοτικότερη. Οι δε γερανογέφυρες επέτρεψαν την ασφαλέστερη και συνολικά αποδοτικότερη μεταφόρτωση των εμπορευματοκιβωτίων στους τερματικούς αλλά και στους ενδιάμεσους σταθμούς τους. Με δεδομένο ότι ένα *container* απαιτεί κατά μέσο όρο 2 με 3 λεπτά για να εκφορτωθεί ή να φορτωθεί με την χρήση μιας λιμενικής γερανογέφυρας και περιέχει μεσοσταθμικά περί τους 15 τόνους εμπορευμάτων, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι δίνεται η δυνατότητα φορτοεκφόρτωσης μέχρι και 450 τόνων μέσα σε μία μόνο ώρα ακόμα και με την χρήση μίας μόνο γερανογέφυρας.

Βασικά λοιπόν πλεονεκτήματα των συνδυασμένων μεταφορών είναι τα εξής:

- Μικρότερο κόστος λόγω της ομαδοποίησης των αποστολών και της ανάγκης για μικρότερο ανθρώπινο δυναμικό
- Μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα λόγω του περιορισμού των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και του αζώτου
- Ασφαλέστερες και χρονικά ακριβέστερες μεταφορές
- Τυποποίηση των διαδικασιών
- Αύξηση της ταχύτητας μεταφοράς συνέπεια της ευκολότερης και γρηγορότερης ταυτόχρονης διαχείρισης μεγάλου όγκου φορτίου
- Ευελιξία για τον αποστολέα καθώς μπορεί να χρησιμοποιήσει όσο χώρο έχει πραγματικά ανάγκη

Συνέπεια των παραπάνω ήταν από τα τέλη της δεκαετίας του '50 να υπάρχει μια αυξητική τάση στα έργα ανάπτυξης των λιμενικών και σιδηροδρομικών εγκαταστάσεων. Τα λιμάνια μεγάλωσαν τις χερσαίες ζώνες τους διασυνδέοντας τους τερματικούς σταθμούς με το σιδηροδρομικό δίκτυο. Επιπλέον, ανέπτυξαν τις υποδομές τους ούτως ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν την ολοένα και αυξανόμενη εμπορευματική κίνηση. Ενδεικτικό είναι ότι τα τελευταία χρόνια, σύμφωνα με διεθνείς οργανισμούς, πάνω από το 80% του παγκόσμιου εμπορίου πραγματοποιείται δια θαλάσσης.

Αναπόσπαστο κομμάτι των λιμενικών υποδομών αποτελούν και οι γερανογέφυρες φορτοεκφόρτωσης εμπορευμάτων. Ως επί το πλείστον χρησιμοποιούνται σιδηροτροχιές για την κίνησή τους, υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου η κίνησή τους πραγματοποιείται με τη χρήση ελαστικών. Η δεύτερη περίπτωση αφορά κυρίως γερανογέφυρες με μικρή ανυψωτική ικανότητα, στις οποίες το προβλεπόμενο μέγιστο βάρος φορτίου είναι μικρό, και δεν απαιτεί την κατασκευή επιπλέον υποδομών.

Στην πρώτη περίπτωση, το μειονέκτημα το οποίο παρουσιάζεται είναι ότι οι σιδηροτροχιές που υποστηρίζουν την κίνηση της γερανογέφυρας απαιτούν την κατασκευή θεμελίων και την τοποθέτηση τους με ακρίβεια που αγγίζει τα μερικά δέκατα του χιλιοστού. Επιπλέον, λόγω των κινδύνων που εγκυμονεί πιθανή παρέκκλιση από τα όρια ασφαλούς λειτουργίας τους (πχ διακύμανση του εύρους της γραμμής) είναι απαραίτητος ο συνεχής έλεγχος τους.

Η επιστήμη της τοπογραφίας εμπλέκεται σε μεγάλο βαθμό τόσο στο στάδιο κατασκευής όσο και στα στάδια του ελέγχου και της συντήρησης των υποδομών μιας λιμενικής γερανογέφυρας. Ο οριζοντιογραφικός και υψομετρικός προσδιορισμός της θέσης σημείων επί της σιδηροτροχιάς είτε για την εφαρμογή της μελέτης κατασκευής της είτε για τον έλεγχο της πραγματοποιείται με την χρήση ολοκληρωμένων γεωδαιτικών σταθμών υψηλής ακρίβειας.

Αφορμή για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας στάθηκε η απουσία κάποιας λεπτομερούς καταγραφής και περιγραφής των βημάτων που ακολουθούνται στην κατασκευή και τον έλεγχο της υποδομής μιας λιμενικής γερανογέφυρας επιφορτισμένης με την διαδικασία της φορτοεκφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων. Η καταγραφή βασίστηκε πλήρως σε εργασίες που έλαβαν χώρα στο πεδίο κατά την διάρκεια ενός έργου αναβάθμισης των υποδομών των τερματικών σταθμών του Οργανισμού Λιμένος Πειραιώς (ΟΛΠ).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΕΡΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΑΣ ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ ΕΜΠΟ- ΡΕΥΜΑΤΩΝ

1.1 Ιστορική Αναδρομή

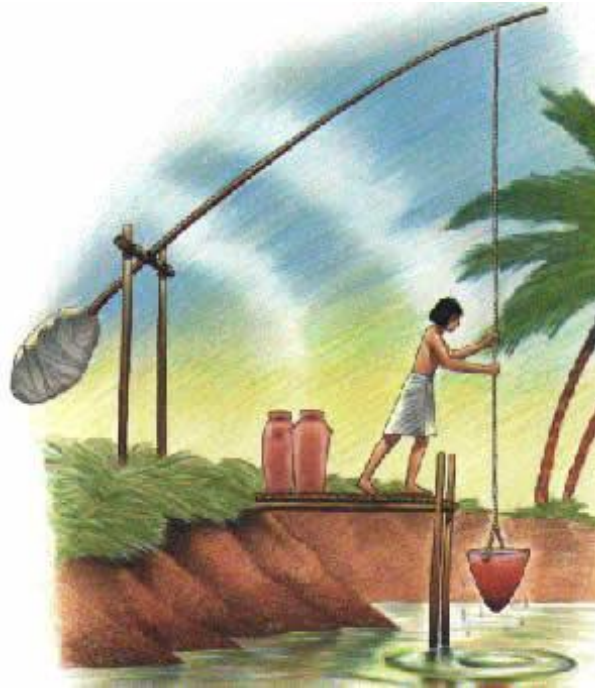
Η ονομασία των γερανών στα ελληνικά αλλά και σε άλλες γλώσσες (πχ crane στα αγγλικά και Kran στα γερμανικά) προέρχεται από την ομοιότητα του μηχανήματος αυτού με το πτηνό γερανός. Η λειτουργία τους βασίζεται στους βασικούς κανόνες της μηχανικής και σε τρεις συνθήκες που πρέπει πάντα να πληρούνται:

- Ο γερανός πρέπει να είναι σε θέση να σηκώσει το βάρος του φορτίου
- Ο γερανός δεν πρέπει να ανατραπεί
- Ο γερανός δεν πρέπει να σπάσει

Για να είναι εφικτή η ασφαλής λειτουργία του, θα πρέπει κατά το στάδιο του σχεδιασμού του να εξασφαλιστεί ότι το άθροισμα της ροπής των δυνάμεων που ασκούνται στην βάση του ισούται με το μηδέν.

1.1.1 Shaduf, ο πρώτος γερανός της ιστορίας

Η πρώτη ιστορικά απόδειξη για την ύπαρξη και χρήση ενός μηχανήματος με την ίδια λογική με τους σημερινούς γερανούς προέρχεται από μια κυλινδρική σφραγίδα από την περιοχή της Μεσοποταμίας η οποία χρονολογείται περίπου στο 2000 π.Χ. Στη σφραγίδα αυτή απεικονίζεται ένα shaduf (κήλων ή κηλώνειον στα αρχαία ελληνικά), το οποίο ήταν μια ξύλινη κατασκευή που χρησίμευε για την άντληση νερού από τους ποταμούς ή τα πηγάδια (Εικόνα 1.1).



Εικόνα 1.1 Εικαστική απεικόνιση ενός αιγυπτιακού shaduf [Πηγή: water-history.org]

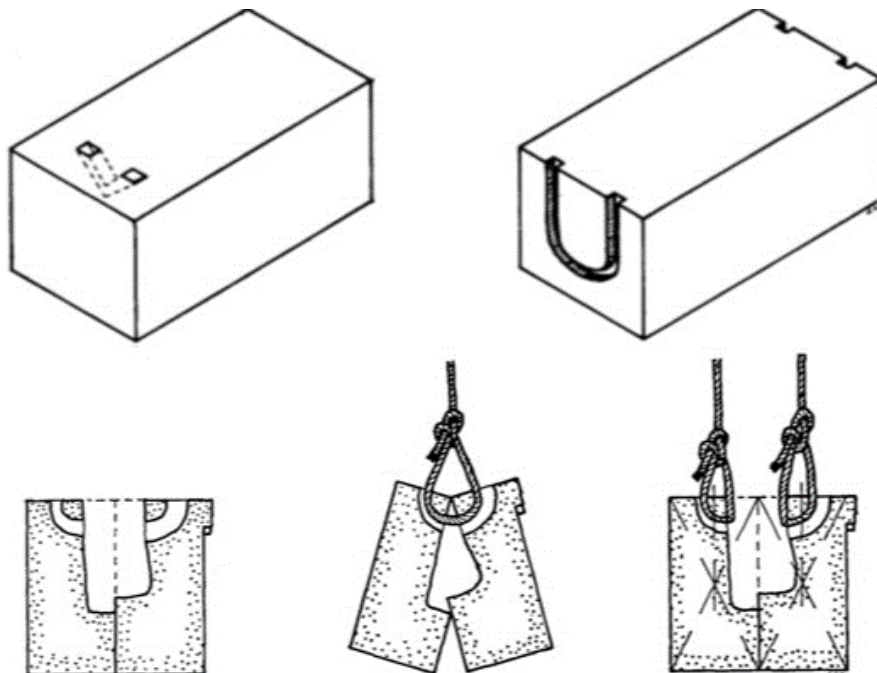
Η κατασκευή αυτή εικάζεται ότι εφευρέθηκε είτε από τους αρχαίους Αιγύπτιους είτε από τους λαούς της Μεσοποταμίας. Κατά τη διάρκεια της αρχαιότητας υπήρξε ευρέως διαδεδομένη σε πολλά τμήματα του τότε γνωστού κόσμου, όπως για παράδειγμα στην Ινδία, την Κίνα και τους Μίνωες.

Το shaduf, παρά την απλοϊκότητα της κατασκευής του, χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα σε μέρη της Αφρικής και της Ασίας, αλλά ακόμα και σε κάποιες περιοχές της Ευρώπης.

1.1.2 Εξελίξεις στην αρχαία Ελλάδα και στην Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία

Το επόμενο βήμα για την ανάπτυξη των γερανών συντελέστηκε στα τέλη του 6^{ου} π.Χ. αιώνα στην αρχαία Ελλάδα. Οι μηχανές αυτές φαίνεται να προσομοίαζαν οπτικά με τις σύγχρονες, αλλά είχαν ως κύρια διαφορά ότι βασίζονταν στην ανθρώπινη μυϊκή δύναμη για να λειτουργήσουν. Η ύπαρξή τους βασίζεται σε ευρήματα επί τμημάτων των αρχαίων κατασκευών τα οποία ήταν εξοπλισμένα με ειδικές εσοχές ώστε να μπορούν να κρεμαστούν από τα ανυψωτικά μηχανήματα της εποχής (Εικόνα 1.2). Η εξέλιξη αυτή σηματοδότησε και την αλλαγή στον τρόπο κατασκευής των κτηρίων. Τα κομμάτια τα οποία χρησιμοποιούνταν έγιναν μικρότερα

ούτως ώστε να είναι πιο εύκολη η ανύψωσή τους με την νέα για την εποχή μέθοδο.



Εικόνα 1.2 Τομή μπλοκ στα οποία φαίνεται η σχισμή σχήματος U από την οποία προσαρτιούνται στους γεραμούς [Πηγή: Coulton]

Στην μεταστροφή αυτή από τις ράμπες στους γεραμούς συνέβαλε η δομή της Αθηναϊκής κοινωνίας της εποχής, της πόλης-κράτους, η οποία δεν βασιζόταν τόσο έντονα στους δούλους όσο άλλοι πολιτισμοί της εποχής εκείνης (πχ Αίγυπτος).

Στα πλαίσια της πολιτιστικής ανταλλαγής που υπήρχε μεταξύ αρχαίων Ελλήνων και Ρωμαίων, οι γερανοί των πρώτων υιοθετήθηκαν και εξελίχθηκαν από τους δεύτερους, λόγω της μεγάλης άνθησης των μεγάλων κατασκευών που δημιουργήθηκαν στην Ρώμη και σε άλλα μέρη της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας. Σε αντίθεση με τους αρχαιοελληνικούς γεραμούς, για τους οποίους λίγα είναι γνωστά λόγω απουσίας ιστορικών πηγών που να τους περιγράφουν, οι ρωμαϊκοί γερανοί περιγράφονται λεπτομερώς από μηχανικούς και αρχιτέκτονες της εποχής, όπως για παράδειγμα από τον Ήρωνα της Αλεξάνδρειας και τον Βιτρούβιο στο βιβλίο του «De Architectura».

Η πιο απλή και διαδεδομένη μορφή γερανών στη ρωμαϊκή αυτοκρατορία ήταν η τρίσπαστος, η πεντάσπαστος και η πολύσπαστος (εικόνα 1.3). Η κατασκευή αποτελούταν από δύο ξύλινα δοκάρια που συγκλίνουν προς τα πάνω, ένα μονό ή διπλό βαρούλκο ή έναν τροχό και ένα σύστημα σχοινιού-τροχαλίας το οποίου περιείχε τρεις, πέντε ή και περισσότερες

τροχαλίας αντίστοιχα. Με τη χρήση του μηχανισμού των τροχαλιών, η ασκούμενη δύναμη από τα άτομα που χειρίζονταν τον γερανό αυτό, πολλαπλασιαζόταν. Εικάζεται δε ότι είχαν δημιουργηθεί γερανοί οι οποίοι μπορούσαν να ανυψώσουν φορτίο μέχρι και 6 τόνους (Εικόνα 1.4).

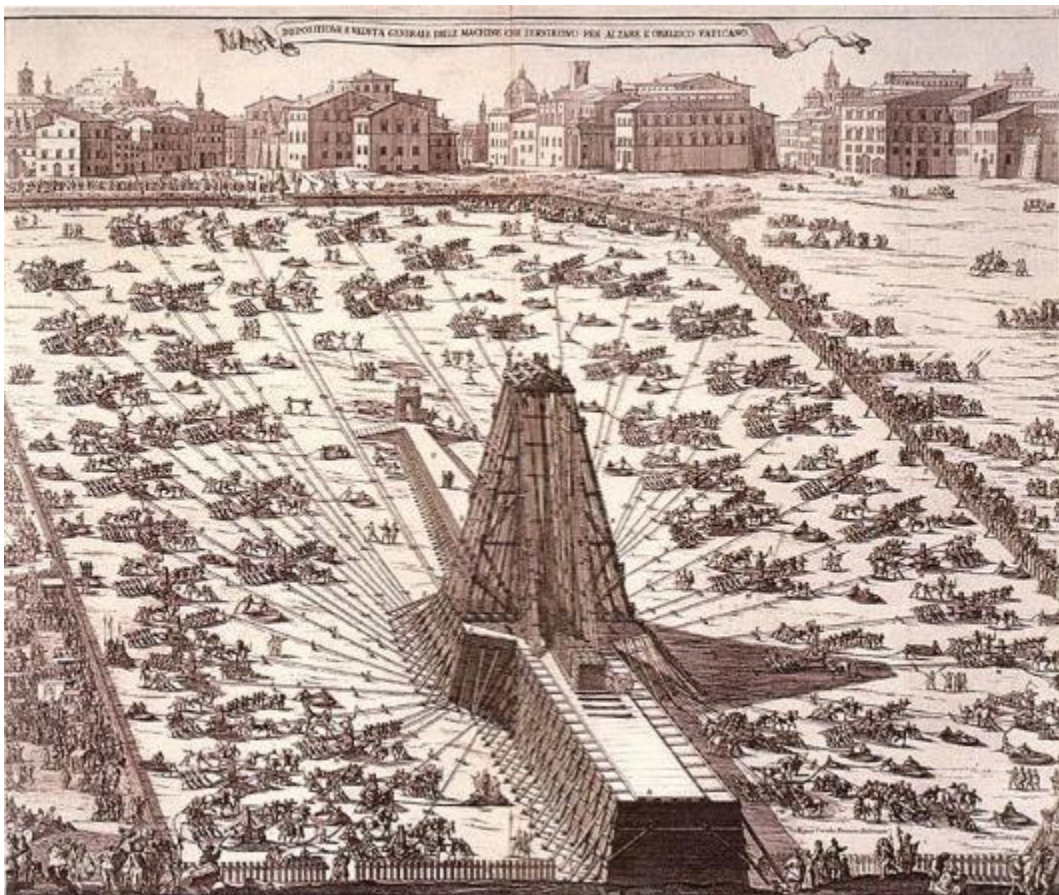


Εικόνα 1.3 Γραφική αναπαράσταση τρισπάστου και πεντασπάστου με ανάλυση των ανυψωτικών δυνάμεων [Πηγή: Eric Gaba – Wikimedia Commons]



Εικόνα 1.4 Ανάγλυφη στήλη από τον τύμβο του Haterii που απεικονίζει την ανέγερση άλλου τύμβου με χρήση γερανού [Πηγή: Museo Gregoriano Profano]

Υπήρξαν όμως και κατασκευές με ακόμα μεγαλύτερες απαιτήσεις τόσο βάρους όσο και ύψους, όπως για παράδειγμα η στήλη του Τραϊανού (εικόνα 1.5). Το τελευταίο κομμάτι της στήλης ζυγίζει 53.3 τόνους και έπρεπε να ανυψωθεί σε ύψος περίπου 34 μέτρων. Αυτό ήταν ανέφικτο με τους γερανούς που αναλύθηκαν παραπάνω, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ένα πρώιμο είδος γερανού πύργου. Στην ουσία επρόκειτο για μια ξύλινη σκαλωσιά στο κέντρο της οποίας βρισκόταν η στήλη. Περιμετρικά αυτής ένα σύστημα σχοινιών και τροχαλιών ανύψωναν τα κομμάτια της στήλης στην τελική τους θέση με την βοήθεια ανθρώπων και ζώων που περιστρέφανε οριζόντια βαρούλκα τα οποία είχαν στηθεί περιμετρικά της κατασκευής αυτής.

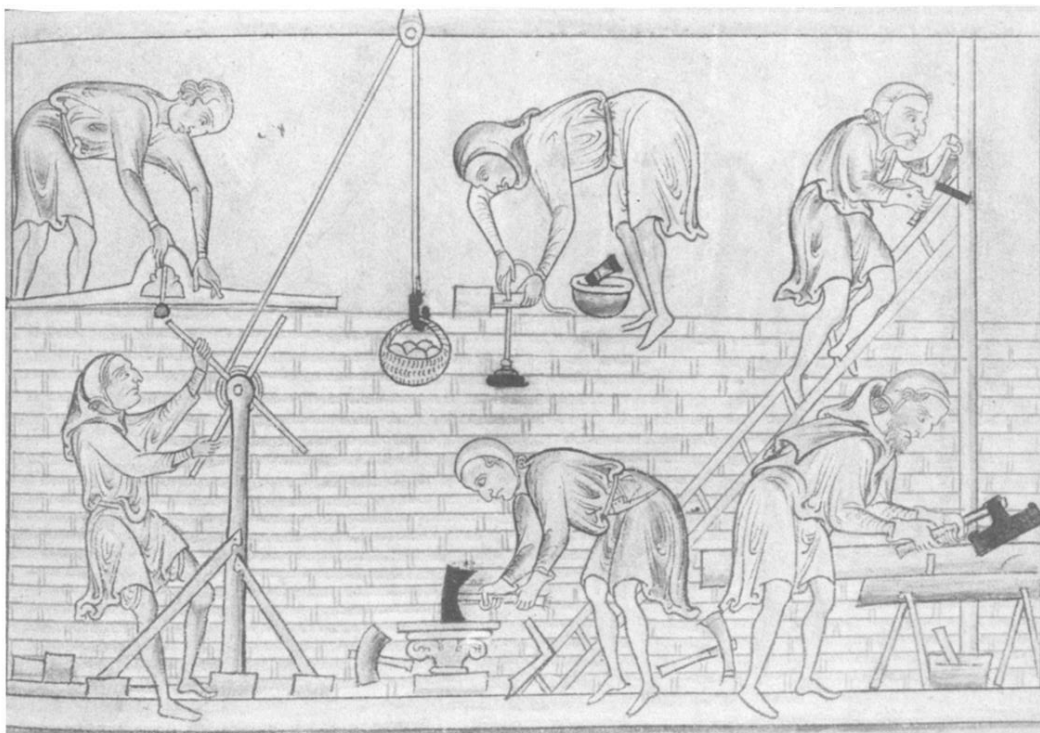


Εικόνα 1.5 Έργο του Niccolò Zabaglia στο οποίο απεικονίζει την ανύψωση του οβελίσκου του Βατικανού με παρόμοια μέθοδο με αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην στήλη του Τραϊανού [Πηγή: Wikimedia Commons]

1.1.3 Μεσαίωνα

Με την πτώση της Δυτικής Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας τον 5^ο αι. μ.Χ. η χρήση των γερανών περιορίστηκε. Προς τα τέλη όμως της περιόδου του Ωριμου Μεσαίωνα και πιο συγκεκριμένα το 1225, εμφανίζεται ξανά αναφορά σε γερανό με χρήση τροχού σε αρχαία της Γαλλίας. Οι γερανοί αυτοί αντλούσαν το όνομά τους από το λατινικό magna rota (μεγάλη ρόδα). Η χρήση τους σταδιακά εξαπλώθηκε εκ νέου στον τότε γνωστό δυτικό κόσμο, με την πρώτη τους τεκμηριωμένη χρήση στην Αγγλία να λαμβάνει χώρα στο πρώτο μισό του 14^{ου} αι. μ.Χ. Ο τρόπος με τον οποίο επανεφευρέθηκαν οι γερανοί του Μεσαίωνα παραμένει άγνωστος. Εικάζεται, όμως, ότι προήλθαν από κάποιου είδους βαρούλκα ή βίντσι που χρησιμοποιούνταν τα παλαιότερα χρόνια για την ανέγερση ψηλών κτηρίων (π.χ. γοθικές εκκλησίες). Μια άλλη θεωρία αποδίδει την κατασκευή των μεσαιωνικών γερανών στη μελέτη του βιβλίου *De architectura* του Βιτρούβιου που φυλασσόταν σε πολλές μοναστικές βιβλιοθήκες της εποχής (εικόνα 1.6).

Η ανυψωτική δύναμη των γερανών της εποχής προερχόταν από την κίνηση ανθρώπων εντός τροχών συνδεδεμένων με καρούλια στα οποία τυλιγόταν το σκοινί στο οποίο δένονταν τα προς ανύψωση αντικείμενα.



Εικόνα 1.6 Σχέδιο του Matthew Paris που χρονολογείται γύρω στο 1250 και απεικονίζει εργοτάξιο της εποχής στο οποίο γίνεται χρήση ενός είδους ανυψωτικού μηχανήματος (βαρούλκο) [Πηγή: Vie de Saint Auban]

Μέχρι τον 15^ο αι., εκτός από τροχούς, άρχισαν να χρησιμοποιούνται και μανιβέλες ή τροχαλίες στο σχήμα τιμονιού πλοίου για την ανέλκυση των αντικειμένων. Σε αντίθεση, όμως, με τους σημερινούς γερανούς που έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν αντικείμενα και στον οριζόντιο άξονα, οι γερανοί της αρχαιότητας και του μεσαίωνα προσέφεραν μετακίνηση μόνο στον κατακόρυφο άξονα. Επιπρόσθετα, δεν διέθεταν φρένα ή κασάνια τα οποία να διαφυλάσσουν ότι το φορτίο δεν θα κινηθεί σε αντίθετη από την επιθυμητή φορά ή με μεγάλη ταχύτητα. Αυτό όμως δεν ήταν εφικτό λόγω της μεγάλης τριβής που είχε ο τροχός, στον οποίο οφειλόταν η ανύψωση του φορτίου.

Ο κύριος τομέας χρήσης των γερανών στον μεσαίωνα ήταν στα λιμάνια, για την φορτοεκφόρτωση των караβιών, αλλά και για την ανύψωση των καταρτιών κατά το στάδιο κατασκευής των πλοίων. Επιπλέον, γερανοί συναντιούνταν και στα ορυχεία, αλλά και στα εργοτάξια κυρίως των γοθθικών ναών στα οποία απαιτούταν η καθ' ύψος μετακίνηση μεγάλων και βαριών αντικειμένων (Εικόνα 1.7).



Εικόνα 1.7 Φωτογραφία του 1868 που απεικονίζει τον γερανό του 15^{ου} αι. που βρίσκεται στην οροφή του, τότε υπό κατασκευή, καθεδρικού ναού της Κολωνίας στην Γερμανία [Πηγή: Theodor Creifelds μέσω του Zeno.org]

Στα λιμάνια οι γερανοί βρίσκονταν ως επί το πλείστον ενσωματωμένοι σε κάποιο κτήριο το οποίο έμοιαζε με μύλο, ούτως ώστε, σε ορισμένες περιπτώσεις, να υποστηρίζεται και η περιστροφική κίνηση του φορτίου (Εικόνα 1.8). Εξ αυτών, 15 διατηρούνται μέχρι και σήμερα σε λιμάνια της δυτικής και βόρειας Ευρώπης (Εικόνα 1.9). Στα λιμάνια της Μεσογείου η τεχνολογία αυτή δεν βρήκε πρόσφορο έδαφος καθώς η φορτοεκφόρτωση των εμπορευματικών πλοίων πραγματοποιούνταν από εργάτες με την χρήση ράμπας.



Εικόνα 1.8 Περιστροφικός γερανός κατασκευασμένος το 1413 στο λιμάνι του Τριρ της Γερμανίας [Πηγή: Stefan Kühn – Wikimedia Commons]



Εικόνα 1.9 Γερανός του 15^{ου} αι. κατασκευασμένος στο λιμάνι του Γκντανσκ της Πολωνίας για την τοποθέτηση καταρτιών [Πηγή: Πολωνικό Εθνικό Ναυτικό Μουσείο]

Οι λιμενικοί γερανοί, λόγω της ταχύτητας που απαιτούταν, σε αντίθεση με τους εργοταξιακούς γερανούς, διέθεταν δύο αντικριστούς τροχούς διαμέτρου συνήθως 4 και πάνω μέτρων τοποθετημένοι εκατέρωθεν του κεντρικού άξονα του μηχανήματος. Η ανυψωτική τους ικανότητα έφτανε μέχρι τους 3 περίπου τόνους. Συμπληρωματικά σε αυτούς τους γερανούς, κατά την διάρκεια του 14^{ου} αι. άρχισαν να κατασκευάζονται και πλωτοί γερανοί οι οποίοι μπορούσαν να εξυπηρετούν ολόκληρα τα λιμάνια σε αντίθεση με τους στατικούς λιμενικούς γερανούς.

1.1.4 Βιομηχανική επανάσταση

Με την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης τον 18^ο αι. άρχισαν να κατασκευάζονται και οι πρώτοι πιο σύγχρονοι γερανοί ως επί το πλείστον σε εμπορικά λιμάνια (Εικόνα 1.10).



Εικόνα 1.10 Γερανός του 1742 στο λιμάνι της Κοπεγχάγης στην Δανία που χρησιμοποιούταν για την τοποθέτηση καταρτιών [Πηγή: Alf van Beem – Wikimedia Commons]

Η πρώτη μεγάλη αλλαγή επήλθε με την δημιουργία των πρώτων γερανών που αντλούσαν την ενέργεια τους από ατμομηχανές. Με αυτόν τον τρόπο, οι άνθρωποι και τα ζώα αντικαταστάθηκαν από τις μηχανές και οι δυνατότητες μεταφοράς φορτίων στον κατακόρυφο άξονα πολλαπλασιάστηκαν. Η χρήση των γερανών με ατμομηχανές παρέμεινε διαδεδομένη μέχρι και τα τέλη του 20^{ου} αι.

Μια ακόμα μεγάλη καινοτομία στον τομέα αυτό προήλθε από τον Sir William George Armstrong το 1838 με την δημιουργία του πρώτου υδραυλικού γερανού, όπου ένα έμβολο τοποθετημένο εντός ενός κλειστού κυλίνδρου, με τη βοήθεια νερού υπό πίεση, έθετε σε κίνηση ένα μεταλλικό βίντσι. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια αλυσίδων που ήταν τοποθετημένες στο βίντσι ήταν εφικτή ή ανύψωση ή το κατέβασμα βαρέων αντικειμένων. Επιπλέον, η χρήση βαλβίδων εκτόνωσης επέτρεπαν την αμφίδρομη κίνηση του φορτίου.

Με την ανάπτυξη των ατμοκίνητων μηχανών κατέστη δυνατή η δημιουργία δικτύων διανομής νερού υπό πίεση. Αυτό οδήγησε στην μεγάλη αύξηση χρήσης των υδραυλικών γερανών του Armstrong (Εικόνα 1.11). Ενδεικτικό είναι ότι η εταιρεία του Armstrong τη δεκαετία του 1860 κατασκεύαζε πάνω από 100 υδραυλικούς γεραμούς ετησίως.

Όπου η παροχή νερού υπό πίεση δεν ήταν δυνατή αρχικά χτίζονταν, υδατόπυργοι, οι οποίοι, λόγω της υψομετρικής διαφοράς, μπορούσαν να παράσχουν πεπιεσμένο νερό στους γερανούς. Στην πορεία όμως, ο Armstrong κατασκεύασε υδραυλικούς συσσωρευτές. Πρόκειται για μηχανήματα τα οποία θύμιζαν μια τεράστια σύριγγα. Ένα έμβολο τοποθετημένο σε έναν μεταλλικό κύλινδρο ανυψωνόταν, με αποτέλεσμα ο κύλινδρος να γεμίζει με νερό με την βοήθεια ατμομηχανών. Στη συνέχεια, το έμβολο αφηνόταν πιέζοντας το νερό να κατευθυνθεί μέσω σωληνώσεων στο υδραυλικό σύστημα του γερανού με μεγάλη πίεση. Αυτό επέτρεψε στους γερανούς να σηκώνουν ακόμα μεγαλύτερα βάρη φτάνοντας μέχρι και τους 30 τόνους.

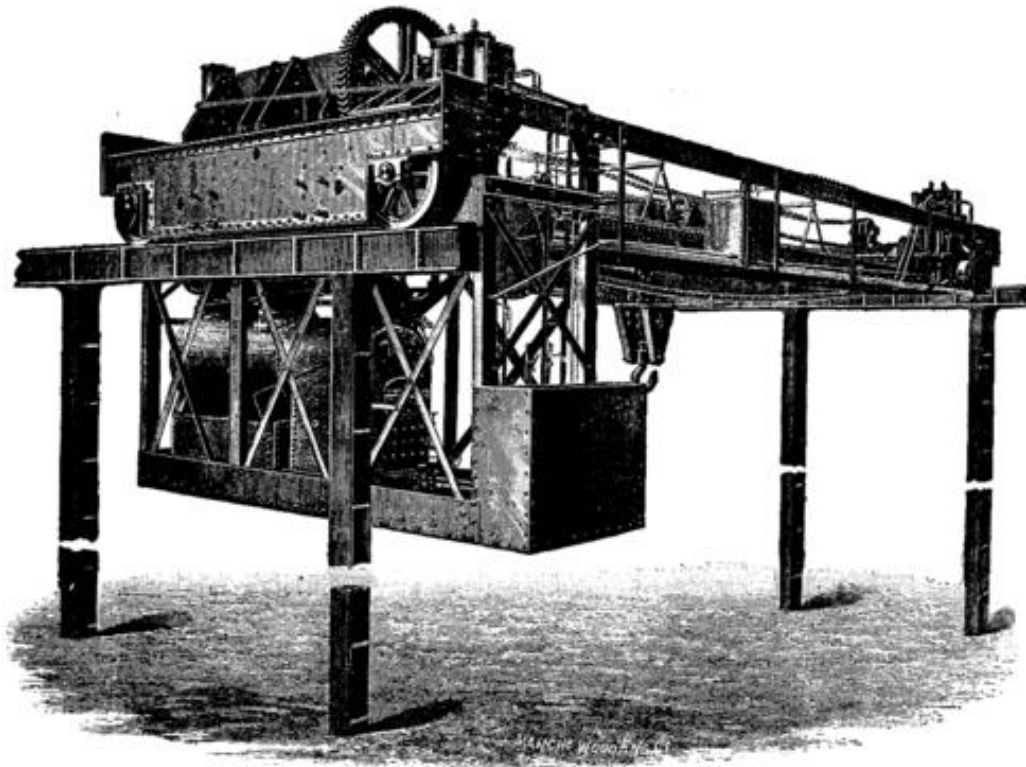


Εικόνα 1.11 Ο μοναδικός σωζόμενος υδραυλικός γερανός του Armstrong στη Βενετία κατασκευασμένος της δεκαετία του 1880 [Πηγή: Venice in Peril]

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης βιομηχανικής επανάστασης στο δεύτερο μισό του 19^{ου} αι. συντελέστηκε ακόμα μεγαλύτερη πρόοδος στον τομέα των γερανών. Η εφεύρεση των ηλεκτροκινητήρων και των κινητήρων εσωτερικής καύσης δεν άφησε ανεπηρέαστο τον τομέα των γερανών. Παράλληλα λοιπόν με τους γερανούς που βασιζόνταν σε ατμομηχανές, άρχισαν να κατασκευάζονται από τα μέσα του 19^{ου} αι. και γερανοί με ηλεκτρικά μοτέρ και κινητήρες εσωτερικής καύσης, οι οποίοι προσέφε-

ραν μεγαλύτερες δυνατότητες όσον αφορά το βάρος του φορτίου που μπορούσε να ανυψωθεί. Τα παραπάνω, σε συνδυασμό με την εκτεταμένη χρήση του χυτοσιδήρου, που ξεκίνησε κατά την διάρκεια της βιομηχανικής επανάστασης, έδωσαν την δυνατότητα να κατασκευαστούν ολοένα και μεγαλύτεροι γερανοί.

Στα τέλη του πρώτου μισού του 19^{ου} αι., οι γερανοί για πρώτη φορά προσφέρουν εκτός από κατακόρυφη μετακίνηση των φορτίων και οριζόντια μετακίνηση αυτών. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δημιουργία γερανογεφυρών οροφής. Πρόκειται ουσιαστικά για γεραμούς στερεωμένους σε μεταλλικές δοκούς που κινούνται σε ράγες τοποθετημένες σε μεταλλικά δοκάρια (Εικόνα 1.12). Αρχικά κινούνταν με τη βοήθεια σκοινιών από ανθρώπους. Στη συνέχεια, όμως, ηλεκτροκινητήρες και ατμομηχανές προσαρμόστηκαν σε αυτούς διευκολύνοντας την κίνησή τους στις ράγες. Η πρώτη ατμοκίνητη γερανογέφυρα οροφής κατασκευάστηκε το 1861 από τον John Ramsbottom στην Βρετανία.



Εικόνα 1.12 Σκίτσο της δεκαετίας του 1890 που απεικονίζει ατμοκίνητη γερανογέφυρα οροφής [Πηγή: Scientific America]

Τα τέλη του 19^{ου} βρίσκουν τους γεραμούς να μπορούν να μετακινηθούν από μέρος σε μέρος είτε ταξιδεύοντας σε ράγες προσαρμοσμένοι πάνω σε βαγόνια και ατμομηχανές είτε στους δρόμους αφού ενσωματώθηκαν πάνω στα πρώτα φορτηγά εσωτερικής καύσης της εποχής.

1.1.5 Εξελίξεις στον 20^ο και 21^ο αιώνα

Η τεχνολογική πρόοδος που συντελέστηκε κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αι. προκάλεσε τόσο την αύξηση του πλήθους των προς μεταφορά αντικειμένων όσο και το μέγεθός τους. Τα κτήρια γίνονται μεγαλύτερα και ψηλότερα, τα προσφερόμενα αγαθά τα οποία χρήζουν μετακίνησης πολλαπλασιάζονται, και μαζί τους μεγαλώνουν και τα εργαλεία του ανθρώπου για την διαχείριση των αντικειμένων αυτών. Τα φορτηγά μεγαλώνουν, τα τραίνα εξελίσσονται, τα πλοία σταδιακά αποκτούν όλο και μεγαλύτερο τονάζ, με αποτέλεσμα να απαιτείται τόσο το μέγλωμα των γερανών και η αύξηση της ανυψωτικής τους ικανότητας όσο και η προσαρμογή τους σε πολλούς διαφορετικούς τύπους.

1.1.5.1 Σταθεροί γερανοί

Η κύρια διάκριση μεταξύ των διαφόρων τύπων γερανών που υπάρχουν σήμερα είναι η δυνατότητα να μετακινηθούν αυτοδύναμα. Υπάρχουν γερανοί οι οποίοι απαιτούν θεμελίωση (μόνιμη ή προσωρινή) και υπάρχουν και γερανοί προσαρμοσμένοι πάνω σε πλοία, τραίνα και φορτηγά. Κύριο πλεονέκτημα των σταθερών γερανών αποτελεί η δυνατότητα τους να μετακινήσουν μεγαλύτερα φορτία σε μεγαλύτερα ύψη λόγω της σταθερότητας που διαθέτουν.

1.1.5.1.1 Γερανοί δακτυλίου

Πρόκειται για ένα σπάνιο είδος γερανού που χρησιμοποιείται μόνο σε περιπτώσεις όπου απαιτείται η ανύψωση πολύ βαρέων αντικειμένων. Βασικό τους χαρακτηριστικό είναι ότι ο άξονας περιστροφής τους έχει το σχήμα ενός δακτυλίου αντί για ένα στενό κεντρικό άξονα (Εικόνα 1.13). Λόγω αυτού, παρέχουν την δυνατότητα ανύψωσης μέχρι και 5000 τόνων. Οι γερανοί αυτοί χρησιμοποιούνται συνήθως κατά την κατασκευή πυρηνικών αντιδραστήρων, διωλιστηρίων και πλοίων. Ο πρώτος τέτοιος γερανός κατασκευάστηκε το 1996 από την Huisman για να τοποθετηθεί σε εργοτάξιο κατασκευής μονάδας πετροχημικών προϊόντων στο Ντουμπάι. Ο γερανός SGC-250 της Sarens κατέχει αυτή τη στιγμή το ρεκόρ ανυψωτικής ικανότητας αφού μπορεί να σηκώσει 5000 τόνους με άνοιγμα 275 μέτρων (Εικόνα 1.14). Έχει το ψευδώνυμο Big Carl και κατασκευάστηκε το 2019.



Εικόνα 1.13 Γερανός δακτυλίου της εταιρείας Sarens [Πηγή: Sarens]



Εικόνα 1.14 Ο Sarens SGC-250 κατά την μεταφορά φορτίου βάρους 575 τόνων [Πηγή: Sarens]

1.1.5.1.2 Γερανοί πύργοι

Οι γερανοί τύπου πύργου αποτελούν το πιο συχνά απαντώμενο είδος γερανού στα εργοτάξια. Πρόκειται για μεταλλική κατασκευή σχήματος Γ η οποία τοποθετείται επί τσιμεντένιας πλάκας (Εικόνα 1.15). Δίνει την δυνατότητα εκτέλεσης κινήσεων σε τρεις κατευθύνσεις, στον κατακόρυφο και οριζόντιο άξονα και περιστροφικά. Λόγω του ύψους τους, το οποίο μπορεί να φτάνει μέχρι και τα 100 μέτρα, διαθέτουν αντίβαρα τοποθετημένα αντιδιαμετρικά του σημείου όπου στερεώνεται το φορτίο.



Εικόνα 1.15 Γερανός τύπου πύργος σε εργοτάξιο του μετρό της Θεσσαλονίκης [Πηγή: iefimerida]

Για την συναρμολόγηση και τοποθέτησή τους χρησιμοποιούνται τηλεσκοπικοί γερανοί μεγαλύτερου ύψους ή αυτοανεγειρόμενοι γερανοί. Ο χειρισμός τους πραγματοποιείται από ειδικά διαμορφωμένο κουβούκλιο που βρίσκεται στο σημείο τομής του ιστού με τον βραχίονα του γερανού.

1.1.5.1.3 Τηλεσκοπικοί γερανοί

Στον συγκεκριμένο τύπο γερανού ο ιστός τους αποτελείται από πολλαπλά κυλινδρικά μέρη τα οποία μπορούν να μπουν το ένα μέσα στο άλλο ούτως ώστε να μεταβάλουν το ύψος του γερανού (Εικόνα 1.16). Σε μερικές περιπτώσεις, εκτός του ιστού με τον ίδιο τρόπο είναι κατασκευασμένος ο βραχίονας του γερανού με αποτέλεσμα να είναι εφικτή και η μεταβολή της οριζόντιας ακτίνας του γερανού. Ο τηλεσκοπικός μηχανισμός των γερανών αυτών βασίζεται συνήθως σε κάποιο σύστημα υδραυλικών κυλίνδρων.



Εικόνα 1.16 Τηλεσκοπικός γερανός κατά την διάρκεια ανύψωσης πυλώνα υψηλής τάσης [Πηγή: Globalsource]

1.1.5.1.4 Αυτοανεγειρόμενοι γερανοί

Οι γερανοί αυτού του τύπου έχουν την ικανότητα να αναδιπλώνονται με στόχο την εύκολη μεταφορά τους (Εικόνα 1.17). Μπορεί να ανεγερθεί στο χώρο ενός εργοταξίου χωρίς να απαιτείται η συνδρομή άλλου γερανού. Παρ' όλα αυτά, λόγω της φύσης της κατασκευής του, έχει περιορι-

σμένη ανυψωτική ικανότητα και δεν διαθέτει συνήθως καμπίνα για τον χειριστή. Επιπλέον, τα αντίβαρα είναι τοποθετημένα στη βάση τους στην οποία βρίσκεται και ο μηχανισμός περιστροφής τους.



Εικόνα 1.17 Αυτοανεγειρόμενος γερανός στην Γερμανία [Πηγή: Phr En – Wikimedia Commons]

1.1.5.1.5 Γερανοί καταστρώματος

Στο κατάστρωμα πολλών πλοίων συναντάται κάποιος τύπος ανυψωτικού μηχανήματος. Αυτό μπορεί να είναι από ένα απλό βίντσι μέχρι έναν κανονικό γερανό.

Οι γερανοί αυτοί χρησιμοποιούνται τόσο για την φορτοεκφόρτωση του φορτίου των πλοίων όσο και για αναδιάταξη του φορτίου μετά την τοποθέτησή του στο κατάστρωμα ή το αμπάρι του πλοίου (Εικόνα 1.18). Συνήθως προτιμώνται όταν το λιμάνι στο οποίο βρίσκεται το πλοίο δεν διαθέτει τον κατάλληλο εξοπλισμό. Επιπλέον, τέτοιοι μικροί γερανοί χρησιμοποιούνται και για την καθέλκυση των σωστικών μέσων των πλοίων στη θάλασσα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.



Εικόνα 1.18 Συστοιχία γερανών σε πλοίο μεταφοράς κοντέινερ [Πηγή: Weihua]

1.1.5.1.6 Γερανογέφυρες

Οι γερανογέφυρες συγκαταλέγονται στους σταθερούς γερανούς, παρά την δυνατότητα που έχουν να μετακινούνται στο χώρο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, ως επί το πλείστον, η κίνησή τους λαμβάνει χώρα επί σιδηροτροχιών οι οποίες διατρέχουν μια προκαθορισμένη διαδρομή.

Ξεχωριστή περίπτωση αποτελούν οι σιδηροδρομικές γερανογέφυρες, οι οποίες χρησιμοποιούν ένα κανονικό σιδηροδρομικό δίκτυο για να κινηθούν σε μεγάλες αποστάσεις, και οι γερανογέφυρες που διαθέτουν ελαστικά και μπορούν να κινηθούν παντού.

Διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες: σε αυτές που αποτελούνται από μια οριζόντια δοκό κινούμενη σε δύο ράγες κάτω από την οροφή του κτηρίου, και σε αυτές που η οριζόντια δοκός στηρίζεται σε δύο μεταλλικά πόδια τα οποία με τη σειρά τους κινούνται είτε σε ράγες είτε στο δρόμο με τη χρήση ελαστικών. Οι γερανογέφυρες οροφής έχουν παραμείνει σε μεγάλο βαθμό ίδιες από την εποχή που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια της Δεύτερης Βιομηχανικής Επανάστασης. Έχουν δεχθεί βελτιώσεις στους διάφορους μηχανισμούς τους και στην ανυψωτική δύναμή τους, με τις βασικές αρχές λειτουργίας τους όμως να διατηρούνται. Κύρια χρήση τους είναι η μεταφορά αντικειμένων εντός εργοστασίων ή συνεργείων. Για παράδειγμα, στις βιομηχανίες χάλυβα οι γερανογέφυρες οροφής συμμετέχουν σε κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας: από την μεταφορά των προς αναγωγή υλικών στους κλιβάνους και τις υψικαμίνους, μέχρι τη φόρτωση των τελικών προϊόντων στα μέσα μεταφοράς τους στους αποδέκτες τους.

Από την άλλη, ο δεύτερος τύπος γερανογεφυρών αποτελεί νεότερη εφεύρεση. Σύμφωνα με την Αμερικάνικη Εταιρεία Μηχανολόγων Μηχανικών, η πρώτη λιμενική γερανογέφυρα υψηλών ταχυτήτων για τη διαχείριση εμπορευματοκιβωτίων τέθηκε σε λειτουργία στις 7 Ιανουαρίου 1959. Κατασκευάστηκε από την Pacific Coast Engineering Company (PACECO) και συνέβαλε στη μείωση του χρόνου που χρειαζόταν για τη φορτοεκφόρτωση ενός πλοίου από τις τρεις εβδομάδες στις 18 ώρες.

Η ανάγκη για τη δημιουργία τους προέκυψε από το γεγονός ότι το 1956 η Pan-Atlantic Steamship Company άρχισε να χρησιμοποιεί τα κοντέινερ και τη μέθοδο των συνδυασμένων μεταφορών. Με βάση αυτή τη μέθοδο τα διάφορα εμπορεύματα τοποθετούνται σε κοντέινερ τα οποία με την σειρά τους φορτώνονται σε φορτηγά ή σιδηροδρομικές πλατφόρμες και οδηγούνται στα λιμάνια. Εκεί, με τη χρήση συμβατικών μέχρι το 1959 γερανών, φορτώνονταν σε πλοία τα οποία μετέφεραν τα προϊόντα στο πλησιέστερο λιμάνι του τελικού προορισμού τους. Στη συνέχεια, τα κοντέινερ αυτά ξεφορτώνονταν με τη χρήση γερανών και τοποθετούνταν σε φορτηγά ή σιδηροδρομικά οχήματα με σκοπό τη διοχέτευση τους στους τελικούς τους προορισμούς. Με τον τρόπο αυτό δόθηκε η δυνατότητα να αντικατασταθούν οι πολυάριθμοι μικροί γερανοί που διέθεταν τα λιμάνια με λιγότερους, μεγαλύτερους και κινητούς γεραμούς.

Η παραπάνω διαδικασία, ναι μεν συντόμευσε το χρόνο που απαιτούταν για την φορτοεκφόρτωση των πλοίων και περιόρισε το κόστος, δεν ήταν όμως αρκετό, καθώς οι συμβατικοί γερανοί λόγω της φύσης τους δεν παρείχαν την απαιτούμενη ακρίβεια και ταχύτητα. Για αυτό το λόγο, το 1957 η Matson's Engineering Staff, υπό την καθοδήγηση του Les Herlander, ξεκίνησε μια μελέτη για τους υπάρχοντες τύπους γερανών με σκοπό να προσδιορίσει την βέλτιστη δυνατή λύση για να χρησιμοποιηθεί στις συνδυασμένες μεταφορές με βάση κάποια κριτήρια. Τα κριτήρια αυτά ήταν:

- Δυνατότητα διαχείρισης κοντέινερ μήκους 24 ποδιών και μέγιστου βάρους 22.7 τόνων
- Δυνατότητα φορτοεκφόρτωσης ενός κοντέινερ σε χρόνο κάτω από 5 λεπτά
- Δυνατότητα εξυπηρέτησης υφιστάμενων, αλλά και μελλοντικών πλοίων
- Δυνατότητα εξυπηρέτησης κοντέινερ τόσο σε οδικά όσο και σε σιδηροδρομικά μέσα, με ταυτόχρονη παροχή της βέλτιστης δυνατής κίνησης των εμπορευμάτων στην προβλήτα
- Υψηλή αντοχή των μερών του γερανού

- Σχεδιασμός των συστημάτων ανύψωσης και ελέγχου του γερανού με τέτοιο τρόπο ώστε να περιορίζεται ο ανθρώπινος παράγοντας και ο συνεπαγόμενος κίνδυνος λάθους
- Απαίτηση του ελάχιστου δυνατού προσωπικού για τον χειρισμό του γερανού

Η έρευνα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι κανένα από τα υπάρχοντα είδη γερανών δεν ικανοποιούσε και τα 7 κριτήρια που αναφέρονται παραπάνω. Αυτό το συμπέρασμα οδήγησε τους Don Harlander και Murray Montgomery να οραματιστούν μια γερανογέφυρα οροφής τοποθετημένη πάνω σε μεταλλικά πόδια ως την λύση που κάλυπτε και τα 7 κριτήρια που είχαν τεθεί από την Matson's. Το 1958, η PACECO συμμετείχε στον διαγωνισμό που προκηρύχθηκε για την υλοποίηση του οράματος των Harlander και Montgomery, κερδίζοντας το συμβόλαιο κατασκευής της πρώτης λιμενικής γερανογέφυρας φορτοεκφόρτωσης εμπορευμάτων. Η φιλοσοφία της εταιρείας κατά την διάρκεια του σχεδιασμού και της κατασκευής της γερανογέφυρας επικεντρώθηκε στην απλότητα και στην αισθητική.

Το σχήμα της πρώτης λιμενικής γερανογέφυρας ήταν ίδιο με αυτό του γράμματος Α, διέθετε καμπίνα χειρισμού σε σημείο τέτοιο ώστε ο χειριστής να έχει πλήρη εικόνα των όσων έκανε και τοποθετήθηκαν οριακοί διακόπτες στα ηλεκτρολογικά συστήματα του γερανού ούτως ώστε να διασφαλίζεται η ορθή και ασφαλής λειτουργία του (Εικόνα 1.19). Το πρωτότυπο κατασκευάστηκε στον εμπορευματικό λιμένα του Encinal στην Καλιφόρνια. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα η διαχειριστική ικανότητα του τέρμιναλ να αυξηθεί από τους 9 τόνους φορτίου την ώρα σε 400 τόνους ανά ώρα.



Εικόνα 1.19 Η πρώτη γερανογέφυρα στο λιμάνι του Encinal [Πηγή: ASME]



Εικόνα 1.20 Το πλοίο Hawaiian Citizen (το πρώτο πλοίο αμιγούς μεταφοράς κοντέινερ) κατά την διαδικασία φορτοεκφόρτωσης του το 1960 στο λιμάνι του Encinal [Πηγή: ASME]

Δύο χρόνια αργότερα, ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποιήσεων (ISO) ξεκίνησε τις διαδικασίες τυποποίησης των κοντέινερ. Επιπλέον δημιουργήθηκε η ανάγκη κατασκευής πλοίων τα οποία θα ήταν σχεδιασμένα αποκλειστικά για την μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων. Μέσα σε 20 χρόνια είχαν κατασκευαστεί τουλάχιστον 737 λιμενικές γερανογέφυρες, οι οποίες λειτουργούσαν σε πάνω από 200 λιμάνια παγκοσμίως, αλλάζοντας για πάντα το τρόπο με τον οποίο μεταφέρονται αγαθά ανά την υφήλιο.

Τέλος, οι λιμενικοί γερανοί κατηγοριοποιούνται με βάση το μέγεθος του πλοίου το οποίο μπορούν να εξυπηρετήσουν. Βασικό στοιχείο είναι το πλάτος του πλοίου, ούτως ώστε ο βραχίονας της γερανογέφυρας να μπορεί να καλύπτει το συνολικό πλάτος του καταστρώματος. Διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες οι οποίες λαμβάνουν το όνομά τους από την ταξινόμηση των πλοίων από την διώρυγα του Παναμά. Η κατηγορία Panamax μπορεί να φορτοεκφορτώσει εμπορεύματα από πλοίο το οποίο χωράει να διέλθει από την διώρυγα του Παναμά και διαθέτει μέχρι και 13 στήλες κοντέινερ. Οι κατηγορία Post Panamax (14 με 16 στήλες), Super Post Panamax (17 με 19 στήλες) και Megamax (20 και πλέον στήλες) εξυπηρετούν πλοία τα οποία δεν μπορούν να διασχίσουν την διώρυγα του Παναμά.

1.1.5.2 Κινητοί γερανοί

Οι κινητοί γερανοί μπορεί να έχουν μικρότερη ανυψωτική ικανότητα, παρέχουν όμως την ευκολία της μετακίνησης από το ένα σημείο στο άλλο χωρίς να απαιτείται ιδιαίτερο κόστος και χρόνος. Επιπλέον, συνήθως

παρέχουν και την δυνατότητα να μεταφέρουν έναν περιορισμένο αριθμό φορτίου από ένα μέρος σε κάποιο άλλο.

1.1.5.2.1 Γερανοφόρα οχήματα

Η ανάπτυξη που υπήρξε στις αρχές του 20^{ου} αι. στην αυτοκινητοβιομηχανία βοήθησε στο να δοθεί η δυνατότητα στους γερανούς να μπορούν να μετακινηθούν από το ένα μέρος στο άλλο χωρίς να είναι απαραίτητη η συνδρομή βοηθητικών οχημάτων και μέσων. Αυτό συνέβη με την ενσωμάτωση διαφόρων τύπων γερανών στα σασί διαφόρων φορτηγών.

Το πιο συνηθισμένο είδος τροχοφόρου γερανού αποτελούν οι τηλεσκοπικοί γερανοί λόγω της δυνατότητας που έχουν να περιορίζουν κατά πολύ το μέγεθός τους (Εικόνα 1.21). Με αυτό το τρόπο, η κίνηση τους στο οδικό δίκτυο είναι ευκολότερη, χωρίς όμως να χρειάζεται να θυσιάσουν ύψος ή ανυψωτική ικανότητα.



Εικόνα 1.21 Τηλεσκοπικοί τροχοφόροι γερανοί της Liebherr [Πηγή: Liebherr]

Οι γερανοί αυτοί χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις όπου η εγκατάσταση ενός μόνιμου γερανού κρίνεται ως ασύμφορη λόγω της παροδικότητας ή της μικρής διάρκειας της εργασίας που θα κληθεί να πραγματοποιήσει. Επιπρόσθετα, οι γερανοί αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανέγερση σταθερών γερανών πύργων σε ένα εργοτάξιο ή ακόμα και να χρησιμοποιηθούν και οι ίδιοι ως εργοταξιακοί γερανοί με την χρήση ερπυστριών αντί τροχών για την κίνησή τους (Εικόνα 1.22). Οι ερπυστρίες λόγω των γεωμετρικών τους χαρακτηριστικών προσφέρουν την απαιτούμενη σταθερότητα που απαιτείται κατά την λειτουργία ενός γε-

ρανού, χωρίς όμως την ανάγκη για κατασκευή θεμελίωσης. Γερανοί αυτού του τύπου μπορούν να σηκώσουν μέχρι και 4000 τόνους.



Εικόνα 1.22 Ερπυστριοφόρος γερανός της Liebherr με μέγιστη χωρητικότητα φορτίου τους 3000 τόνους κατά την χρήση του σε εργοτάξιο (στο κάτω δεξιά μέρος της εικόνας είναι εμφανή τα αντίβαρα τα οποία απαιτούνται για την εξισορρόπηση του φορτίου) [Πηγή: Liebherr]

1.1.5.2.2 Σιδηροδρομικοί γερανοί

Οι σιδηροδρομικοί γερανοί είναι γερανοί προσαρμοσμένοι κατάλληλα ούτως ώστε να μπορούν να ταξιδεύουν επί σιδηροδρομικών γραμμών. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την διεξαγωγή εργασιών συντήρησης της υποδομής και επιδομής της σιδηροδρομικής, για τον εντροχιασμό συρμών, αλλά και για την διαχείριση φορτίων σε εμπορευματικούς σταθμούς (Εικόνα 1.23).

Οι συγκεκριμένοι γερανοί συνήθως διαθέτουν τηλεσκοπικό βραχίονα και περιστροφικό μηχανισμό, ώστε να μπορούν να κινηθούν με ασφάλεια εντός του περιτυπώματος της σιδηροδρομικής γραμμής είτε ρυμουλκούμενοι είτε αυτοδύναμοι διαθέτοντας την δική τους μηχανή. Επιπλέον, ως επί το πλείστον, διαθέτουν επίσης και μικρή πλατφόρμα για την μεταφορά υλικών που απαιτούνται κατά τις εργασίες συντήρησης στην οποία θα χρησιμοποιηθούν.



Εικόνα 1.23 Σιδηροδρομικός γερανός κατά την διάρκεια εντροχιασμού συρμού [Πηγή: Sinotrailers]

Η ανάγκη κατασκευής τους προέκυψε στις αρχές του 20^{ου} αι. όταν τα σιδηροδρομικά οχήματα μεγάλωσαν σε μέγεθος και ο εντροχιασμός τους με άλλα μέσα δεν ήταν πλέον εφικτός. Διαθέτουν προσκρουστήρες και μηχανισμό σύνδεσης με άλλα βαγόνια ή μηχανές όπως και κάθε σιδηροδρομικό όχημα. Ανάλογα το μέγεθος τους και την χρήση για την οποία προορίζονται μπορεί να διαθέτουν και καμπίνα για τον χειριστή τους.

1.1.5.2.3 Πλωτοί γερανοί

Πρόκειται για γερανούς οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε πλωτές εξέδρες με σκοπό να συμβάλουν στην ανέλκυση πλοίων ή αντικειμένων από τον βυθό και σε υπεράκτια εργοτάξια (πχ κατασκευή γεφυρών). Η βασική τους διαφορά από τους γερανούς καταστρώματος είναι ότι στην μία περίπτωση ο γερανός αποτελεί το κυρίαρχο μέρος του πλεύμενου, ενώ στην άλλη περίπτωση επιτελεί συμπληρωματικό και βοηθητικό ρόλο.

Σε μερικές περιπτώσεις, ο γερανός μπορεί να μην διαθέτει περιστροφική βάση (Εικόνα 1.24) με αποτέλεσμα ολόκληρη η εξέδρα ή το πλοίο να πρέπει να περιστραφεί ούτως ώστε να αλλάξει ο προσανατολισμός του γερανού (Εικόνα 1.25). Επιπλέον, υπάρχουν γερανοί προσαρτημένοι σε καταμαράν οι οποίες προσομοιάζουν τις γερανογέφυρες λόγω της εμφάνισής τους.



Εικόνα 1.24 Περιστρεφόμενος πλωτός γερανός [Πηγή: Sranopoulos Group]



Εικόνα 1.25 Πλωτός γερανός τύπου καταμαράν [Πηγή: Marinetrassic]

Τις περισσότερες φορές, οι πλωτοί γερανοί μπορεί να διαθέτουν χώρο στην εξέδρα με σκοπό την μεταφορά μικρού όγκου φορτίου ή για την εναπόθεση υλικών που ανελκύονται από την θάλασσα.

1.1.5.2.4 Αερομεταφερόμενοι γερανοί

Οι αερομεταφερόμενοι γερανοί αποτελούν μια ειδική κατηγορία γερανών. Πρόκειται ουσιαστικά για ειδικά κατασκευασμένα ελικόπτερα ικανά να μεταφέρουν φορτία μεγάλου βάρους (Εικόνα 1.26). Τα ελικόπτερα αυτά μπορούν να απογειωθούν έχοντας απόβαρο ίσο με περίπου 10 τόνους.



Εικόνα 1.26 Ένα Erickson S-64 Aircrane, το πιο συνηθισμένο ελικόπτερο τέτοιου τύπου [Πηγή: Martyn Wraight – Flickr]

Ο ιδιόμορφος αυτός τύπος γερανού χρησιμοποιείται για την μεταφορά φορτίων σε μέρη όπου η οδική ή σιδηροδρομική πρόσβαση είναι αδύνατη ή για την μεταφορά ογκωδών αντικειμένων σε ψηλά κτήρια. Για παράδειγμα, ένα S-64 Aircrane χρησιμοποιήθηκε το 1993 για την μεταφορά

του αγάλματος που βρίσκεται στην οροφή του κτηρίου του Καπιτωλίου στην πρωτεύουσα των ΗΠΑ με σκοπό να συντηρηθεί (Εικόνα 1.27). Το άγαλμα βάρους περίπου 7 τόνων αποσπάστηκε και επανατοποθετήθηκε στην οροφή του κτηρίου με την χρήση ενός αερομεταφερόμενου γερανού.



Εικόνα 1.27 Στιγμιότυπο από την διαδικασία μεταφοράς του αγάλματος από το S-64 Aircrane [Πηγή: Αρχεία Ινστιτούτου Smithsonian]

1.2 Περιγραφή λιμενικών γερανογεφυρών

Οι θαλάσσιες δίοδοι μεταφοράς εμπορευμάτων αποτελούν τον βασικό κορμό πάνω στον οποίο βασίζεται το παγκόσμιο εμπόριο. Με βάση εκτιμήσεις περίπου το 80% των προϊόντων που διακινούνται παγκοσμίως ταξιδεύουν δια θαλάσσης. Στις 27 Σεπτεμβρίου του 2023 η διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Εμπόριο και την Ανάπτυξη δημοσίευσε την ετήσια έκθεση της για τις θαλάσσιες μεταφορές. Σε αυτή αναφέρεται ότι κατά το 2022 διακινήθηκαν παγκοσμίως περί τα 850 εκατομμύρια TEU. Τα TEU (Twenty-foot equivalent unit) είναι μονάδα μέτρησης η οποία ανάγει όλα τα εμπορευματοκιβώτια σε κοντέινερ μήκους 20ft. Αξίζει να σημειωθεί ότι διαμέσου των ελληνικών λιμένων διακινήθηκαν 5,2 εκατομμύρια TEU μέσα στο 2022 με βάση τα στοιχεία του ΟΗΕ.

Το εμπορευματικό λιμάνι της Σανγκάης διαθέτει πολλαπλούς σταθμούς διαχείρισης εμπορευματοκιβωτίων και αποτελεί το μεγαλύτερο λιμάνι του είδους του, με βάση τον αριθμό των κοντέινερ που διαχειρίζεται, από το 2010 και μετά. Με βάση τα δημοσιευμένα στατιστικά του Παγκόσμιου Συμβουλίου Ναυτιλίας, μέσω του λιμανιού διαμετακομίστηκαν πάνω από 47 εκατομμύρια TEU το 2021. Σε αυτό συνέβαλλαν και οι 176 γερανογέφυρες φορτοεκφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων που

βρίσκονται εγκατεστημένες στον 7.5 εκατομμυρίων τετραγωνικών μέτρων χώρο του λιμένα.

Είναι συνεπώς εύκολα αντιληπτή η συμβολή των γερανογεφυρών στην λειτουργία ενός εμπορευματικού λιμανιού, αποτελώντας το βασικό εργαλείο για την μετάβαση από την ξηρά στη θάλασσα και αντίστροφα.

Στα ελληνικά, όμως, ο όρος γερανογέφυρα δεν περιορίζεται μόνο στις λιμενικές γερανογέφυρες που κινούνται επί σιδηροτροχιών. Περιλαμβάνει, επίσης, τις γερανογέφυρες που κινούνται με την βοήθεια τροχών που φέρουν ελαστικά, αλλά και τις γερανογέφυρες οροφής που βρίσκονται σε εσωτερικούς χώρους. Η παρούσα εργασία ασχολείται μόνο με την διαδικασία κατασκευής των υποδομών που απαιτούνται για την λειτουργία μιας γερανογέφυρας φορτοεκφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων που κινείται σε ράγες.

Μια τέτοια κατασκευή αποτελείται από πολλά μέρη για τον σχεδιασμό και την κατασκευή των οποίων απαιτείται η συνεργασία πολλαπλών ειδικοτήτων. Συνοπτικά, το κομμάτι που αφορά την γερανογέφυρα αυτή καθ' αυτή αποτελεί ένα θαύμα της μηχανικής. Αξίζει να σημειωθεί ότι στις μέρες μας, οι μεγαλύτερες γερανογέφυρες έχουν πλάτος τέτοιο ώστε να μπορέσει να ελλιμενιστεί κάτω από αυτές πλοίο με έως και 26 στήλες κοντέινερ. Επιπλέον, μπορούν να σηκώσουν έως και 120 τόνους, ενώ οι ίδιες ζυγίζουν από 1600 μέχρι 2000 τόνους.

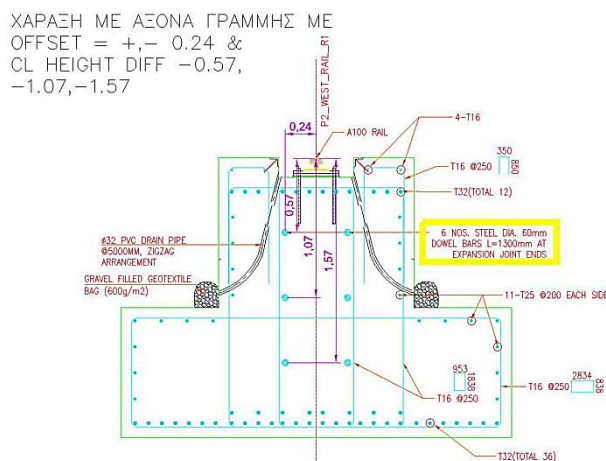
Η συμβολή του τοπογράφου, όμως, είναι καθοριστική κατά την διάρκεια κατασκευής αλλά και του ελέγχου της υποδομής επί της οποίας κινούνται οι γερανογέφυρες. Η σημασία του ρόλου του τοπογράφου στη διαδικασία αυτή υπογραμμίζεται από το γεγονός ότι απαιτείται ακρίβεια μερικών δέκατων του χιλιοστού ούτως ώστε αυτά τα τεράστια μηχανήματα να μπορούν να κινηθούν και να λειτουργήσουν με ασφάλεια.

1.2.1 Υποδομή γερανογεφυρών

Ο όρος υποδομή περιλαμβάνει τα μέρη αυτά που βρίσκονται κάτω από το επίπεδο των σιδηροτροχιών και λειτουργούν ως βάση αυτών. Το κύριο υλικό έδρασης των σιδηροτροχιών μιας γερανογέφυρας, εν αντιθέσει με όσα ισχύουν στον σιδηρόδρομο, είναι το σκυρόδεμα. Τα τελευταία όμως χρόνια έχει ξεκινήσει και η χρήση σκύρων ως υλικού έδρασης των σιδηροτροχιών και σταθεροποίησής τους με τη χρήση στρωτήρων.

1.2.1.1 Δοκοί σκυροδέματος με πασσαλόδεσμο

Η μέθοδος των δοκών σκυροδέματος με πασσαλόδεσμο αποτελεί τον συνηθέστερο τύπο θεμελίωσης των σιδηροτροχιών που θα υποστηρίξουν την λειτουργία μιας λιμενικής γερανογέφυρας (Σχήμα 1.1). Έχει το υψηλότερο κόστος κατασκευής μεταξύ των τριών μεθόδων λόγω των εργασιών που απαιτούνται, οι οποίες περιλαμβάνουν την θεμελίωση και τη σκυροδέτηση. Παρέχει τη βέλτιστη σταθερότητα του έργου που μπορεί να επιτευχθεί λόγω της ύπαρξης θεμελίωσης και μειώνει δραστικά το κόστος συντήρησης καθώς αποφεύγονται εδαφικές καθίξεις που θα είχαν ως αποτέλεσμα την ανάγκη για συνεχή υψομετρική τακτοποίηση της γραμμής ώστε αυτή να παραμένει εντός των ορίων ασφαλούς λειτουργίας της.



Σχήμα 1.1 Διατομή της θεμελίωσης των σιδηροτροχιών που κατασκευάστηκαν στην προβλήτα 2 του ΟΛΠ

Πριν το στάδιο της σκυροδέτησης και αφού έχει ολοκληρωθεί η τοποθέτηση των ράβδων του οπλισμού, τοποθετείται μεταλλική πλάκα επί των ράβδων η οποία θα αποτελέσει το μέσο σύνδεσης σιδηροτροχιάς και σκυροδέματος (Εικόνα 1.28). Με την ολοκλήρωση της σκυροδέτησης, και αφού έχει δημιουργηθεί το αυλάκι εντός του οποίου θα τοποθετηθεί η σιδηροτροχιά, η μεταλλική πλάκα βιδώνεται επί του σκυροδέματος ούτως ώστε να σταθεροποιηθεί.

Τελικό στάδιο στην παραπάνω διαδικασία αποτελεί η πλήρωση των κενών κάτω και περιμετρικά της μεταλλικής πλάκας με εποξικές ρητίνες. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται η στεγανότητα των αρμών και η βέλτιστη στήριξη της σιδηροτροχιάς μέσω της μεταλλικής πλάκας. Τα προαναφερθέντα επιτυγχάνονται τόσο με την αγκύρωση των μπουλονιών στην τελική τους θέση όσο και με την ομοιόμορφη κατανομή των δυνάμεων στο σκυρόδεμα.



Εικόνα 1.28 Στιγμιότυπο από τις εργασίες επέκτασης υφιστάμενης υποδομής για γερανογέφυρες στην προβλήτα 2 του ΟΛΠ

1.2.1.2 Πλάκα σκυροδέματος άνευ θεμελίων

Η μέθοδος αυτή προσομοιάζει τη μέθοδο της γενικής κοιτόστρωσης (γνωστή και ως ραντιέ) λόγω της χρήσης πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος για την έδραση της σιδηροτροχιάς χωρίς την χρήση δοκών για την θεμελίωση (Εικόνα 1.29). Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιλογή του συγκεκριμένου τρόπου θεμελίωσης αποτελεί η καλή ποιότητα του εδαφικού υλικού.

Η απουσία θεμελίων, ναι μεν μειώνει το κόστος κατασκευής, αυξάνει, όμως, την ευπάθεια του έργου λόγω πιθανών καθιζήσεων του εδάφους στο οποίο στηρίζεται η πλάκα σκυροδέματος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το λειτουργικό κόστος τέτοιων συστημάτων να είναι μεγαλύτερο λόγω της συνεχούς ανάγκης για επιτήρηση της γραμμής και διόρθωση τυχόν υψομετρικών σφαλμάτων της.

Την θέση της μεταλλικής πλάκας σε αυτή τη περίπτωση καταλαμβάνει ένα σύστημα στηριγμάτων τα οποία έχουν διττό ρόλο (Εικόνα 1.30). Από την μία επιτρέπουν την οριζοντιογραφική τακτοποίηση της γραμμής, όπως και οι κλασσικές δέστρες, αλλά, επιπλέον, παρέχουν την δυνατότητα μεταβολής του υψομέτρου της γραμμής με την χρήση ειδικών ροδελών. Τα στηρίγματα αυτά με την ολοκλήρωση της τοποθέτησης της σιδηροτροχιάς καλουπώνονται και σκυροδετούνται δίνοντας οπτικά την αίσθηση εγκιβωτισμένων στρωτήρων (οπτικά παρόμοιο με το σύστημα RHEDA 2000).



Εικόνα 1.29 Γραμμή κατά το τελικό στάδιο σκυροδέτησης των στηριγμάτων [Πηγή: Gantrex]



Εικόνα 1.30 Ολοκληρωμένο σύστημα υποδομής-επιδομής κατασκευασμένο σε τσιμεντένια πλάκα άνευ θεμελίωσης [Πηγή: Gantrex]

1.2.1.3 Σκυρογραμμή

Το σκύρο ως υλικό έδρασης σιδηροδρομικών γραμμών χρησιμοποιείται εδώ και δεκαετίες. Τα τελευταία χρόνια, η χρήση του έχει επεκταθεί και στο τομέα της κατασκευής γερανογεφυρών φορτοεκφόρτωσης εμπορευμάτων. Η μέθοδος κατασκευής μιας τέτοιας γραμμής δεν διαφέρει ιδιαίτερα από τα βήματα που απαιτούνται για την κατασκευή μιας οιασδήποτε σκυρογραμμής.

Αρχικά, το εδαφικό υλικό πάνω στο οποίο θα τοποθετηθούν τα σκύρα συμπιέζεται ούτως ώστε να επιπεδοποιηθεί και μειωθούν οι πιθανότητες

καθίζησης. Στη συνέχεια, λαμβάνει χώρα η σκυρόστρωση. Το σκύρο, με την χρήση ειδικών μηχανημάτων, συμπιέζεται, ώστε να σταθεροποιηθεί και να μπορέσει να υποδεχτεί τους στρωτήρες. Μετά την τοποθέτηση των στρωτήρων (Εικόνα 1.31) και της σιδηροτροχιάς επί αυτών, ειδικά μηχανήματα, τα οποία προσομοιάζουν στις μπουρέζες (μηχάνημα οριζοντιογραφικής και υψομετρικής τακτοποίησης σιδηροδρομικής γραμμής), αναλαμβάνουν την υπογόμευση της γραμμής. Πρόκειται ουσιαστικά για μηχανήματα το οποίο φέρει υδραυλικούς βραχίονες στην άκρη των οποίων βρίσκονται τα πιγκούνια. Το μηχανήμα αυτό εισχωρεί ανάμεσα και κάτω από τους στρωτήρες και με την βοήθεια ταλαντώσεων συμπιέζει τα σκύρα, καλύπτοντας τα κενά κάτω από τους στρωτήρες. Με αυτόν τον τρόπο, η γραμμή σταθεροποιείται στην τελική της θέση. Τέλος, με την βοήθεια υδραυλικών γρύλων οι σιδηροτροχιές τακτοποιούνται υψομετρικά (Εικόνα 1.32).



Εικόνα 1.31 Τοποθέτηση στρωτήρων με ειδικό μηχανήμα στο λιμάνι του Λίβερπουλ [Πηγή: Bemo Rail]



Εικόνα 1.32 Υπογόμευση στρωτήρων κατά το τελικό στάδιο κατασκευής τους στο λιμάνι του Λίβερπουλ [Πηγή: Bemo Rail]

Κύρια πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής αποτελούν τα εξής:

- Υψηλά επίπεδα απορρόφησης των κραδασμών
- Εύκολη διοχέτευση βρόχινων υδάτων στο υπέδαφος
- Χαμηλό κόστος κατασκευής
- Εύκολη διαδικασία συντήρησης και επαναφοράς του συστήματος εντός των αποδεκτών ορίων
- Αποφυγή καθιζήσεων λόγω μικρότερου βάρους υποδομής



Εικόνα 1.33 Εργασίες κατασκευής γερανογέφυρας με χρήση ξύλινων στρωτήρων επί σκύρων στο λιμάνι του Ρότερνταμ [Πηγή: Bemo Rail]

1.2.2 Επιδομή γερανογεφυρών

Το κομμάτι της επιδομής περιλαμβάνει τις σιδηροτροχιές, καθώς και το σύστημα έδρασης και πρόσδεσής τους.

Όπως και στον σιδηρόδρομο, δεν συναντάται μόνο ένα είδος επιδομής. Οι κύριες κατηγορίες είναι η συνεχής επιδομή (continuous support rail track), η σταθερή ασυνεχής επιδομή (fixed discontinuous support rail track) και η ρυθμιζόμενη ασυνεχής επιδομή (adjustable discontinuous support rail track). Οι διαφορές μεταξύ των κατηγοριών, και των υποκατηγοριών που εμπίπτουν σε αυτές, βρίσκονται στον τρόπο και στο υλικό έδρασης των σιδηροτροχιών, όπως ακριβώς και σε μια κανονική σιδηροδρομική γραμμή.

Αξίζει, επιπλέον, να σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια έχουν κατασκευαστεί γερανογέφυρες των οποίων η κίνηση δεν είναι μόνο ευθύγραμμη αλλά και σε καμπύλες (Εικόνα 1.34). Επιπρόσθετα, υπάρχουν πλέον γερανογέφυρες οι οποίες μπορούν να ακολουθήσουν και παραπάνω από μια διαδρομές ή να διασταυρωθούν με κανονικές σιδηροδρομικές γραμμές. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση διακλαδώσεων των σιδηροδρομικών γραμμών (τα λεγόμενα στον σιδηρόδρομο και ως κλειδιά).



Εικόνα 1.34 Γερανογέφυρα που κινείται σε καμπύλο τμήμα με διακλαδώσεις στο λιμάνι του Morehead City στην Νότια Καρολίνα, ΗΠΑ (Πηγή: Liebherr)

1.2.2.1 Επιδομή συνεχούς στήριξης

Σε αυτόν τον τύπο επιδομής η σιδηροτροχιά εδράζεται απευθείας στην υποδομή (ως επί το πλείστον σε δοκό σκυροδέματος με θεμελίωση). Μεταξύ της σιδηροτροχιάς και της μεταλλικής πλάκας έδρασης μεσολαβεί ένα ελαστικό υπόθεμα (Εικόνα 1.35) το οποίο είναι σχεδιασμένο να απορροφά τυχόν δονήσεις, αλλά και να κατανέμει ομοιόμορφα τις δυνάμεις που ασκεί η γερανογέφυρα τόσο στη σιδηροτροχιά όσο και στην τσιμεντένια δοκό και την μεταλλική πλάκα έδρασης.

Με την χρήση του παραπάνω υποθέματος περιορίζεται η φθορά και των δύο μερών, αλλά και η πιθανότητα εμφάνισης ρωγμών στη σιδηροτροχιά λόγω της συνεχούς κόπωσης του μετάλλου.



Εικόνα 1.35 Υπό κατασκευή γραμμή συνεχούς στήριξης με ελαστικό υπόθεμα [Πηγή: Gantrex]

Ο παραπάνω τύπος στήριξης της σιδηροτροχιάς έχει το υψηλότερο κόστος κατασκευής, αλλά, λόγω της σταθερότητάς του, έχει αντιστρόφως ανάλογο κόστος συντήρησης και λειτουργίας.

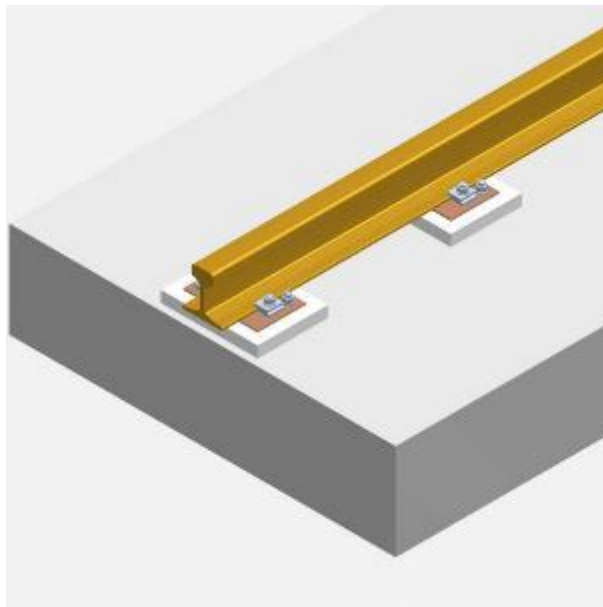
1.2.2.2 Επιδομή σταθερής ασυνεχούς στήριξης

Η επιδομή σταθερής ασυνεχούς στήριξης χρησιμοποιεί μεμονωμένες βάσεις για την στήριξη της σιδηροτροχιάς (Εικόνα 1.36). Οι βάσεις μπορεί να βρίσκονται είτε εγκιβωτισμένες σε τσιμέντο είτε να σταθεροποιούνται με την χρήση σκύρου. Στην πρώτη περίπτωση, το κόστος κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας βρίσκεται σε επίπεδα παρόμοια με την μέθοδο της συνεχούς στήριξης. Στην περίπτωση, όμως, της χρήσης σκύρου, έχουμε αντιστροφή του κόστους, με τη δαπάνη που απαιτείται για την κατασκευή του να είναι εξαιρετικά χαμηλή, αλλά τα κόστη συντήρησης και λειτουργίας να είναι τα ακριβότερα μεταξύ όλων των μεθόδων. Αυτό οφείλεται στην χαλαρή στήριξη των βάσεων, η οποία οδηγεί στην αλλοίωση των οριζοντιογραφικών χαρακτηριστικών της γραμμής.



Εικόνα 1.36 Δοκοί στήριξης μετά τον εγκιβωτισμό τους [Πηγή: Gantrex]

Οι βάσεις αυτές τοποθετούνται ανά 500 με 1000 χιλιοστά ανάλογα τα προβλεπόμενα φορτία και πακτώνονται με την χρήση μπουλονιών. Η έδραση των σιδηροτροχιών στις βάσεις πραγματοποιείται όπως και στην συνεχή στήριξη με χρήση επιθεμάτων και δεστρών (Εικόνα 1.37).



Εικόνα 1.37 Γραφιστική αναπαράσταση της τελικής μορφής ράγας η οποία εδράζεται σε τσιμεντένια πλάκα άνευ θεμελίωσης με χρήση σταθερής ασυνεχούς στήριξης [Πηγή: Bemo Rail]

1.2.2.3 Επιδομή ρυθμιζόμενης ασυνεχούς στήριξης

Η μέθοδος της ρυθμιζόμενης ασυνεχούς στήριξης των σιδηροτροχιών αποτελεί τον νεότερο από τους τύπους στήριξης που υπάρχει στην φαρέτρα των κατασκευαστών τέτοιων έργων. Αυτού του τύπου η επιδομή προσομοιάζει κατασκευαστικά αλλά και οπτικά τις κλασσικές σιδηροδρομικές γραμμές τύπου σκυρογραμμής αλλά και όσες έχουν κατασκευαστεί με την μέθοδο της σταθερής επιδομής. Για την έδραση των σιδηροτροχιών, στην συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιούνται είτε ειδικές βάσεις στήριξης οι οποίες αφού γραμμή δεθεί στην τελική της θέση σκυροδετούνται και εγκιβωτίζονται είτε με την χρήση ειδικών στρωτήρων κατασκευασμένων από σκυρόδεμα, ξύλο ή συνθετικό υλικό.



Εικόνα 1.38 Εγκιβωτισμένοι τσιμεντένιοι στρωτήρες [Πηγή: Gantrex]

Η λύση των εγκιβωτισμένων στρωτήρων αποτελεί την πιο ισορροπημένη μεταξύ κόστους κατασκευής και κόστους λειτουργίας και συντήρησης (Εικόνα 1.38).



Εικόνα 1.39 Στρωτήρες επί σκόρου [Πηγή: Gantrex]

Το σύστημα της ρυθμιζόμενης ασυνεχούς στήριξης της σιδηροτροχιάς δημιουργήθηκε από την Gantrex το 2012 και έκτοτε έχει χρησιμοποιηθεί σε κατασκευές γερανογεφυρών σε ΗΠΑ, Κίνα, Αυστραλία και Ευρώπη. Με βάση μελέτες της εταιρείας, το σύστημα αυτό μπορεί να ανταπεξέλθει ακόμα και κάτω από τις πιο αντίξοες συνθήκες. Σε αυτό συμβάλει και το σύστημα πρόσδεσης που δημιούργησε, το οποίο, λόγω της χρήσης τριών μπουλονιών, μπορεί να συνδυάσει σταθερότητα και ευκολία στην διόρθωση αποκλίσεων της γραμμής από τις τεχνικές της προδιαγραφές (εύρος και υψόμετρο).

1.3 Αντικείμενο εργασίας

Λαμβάνοντας υπόψη την σπουδαιότητα των λιμενικών γερανογεφυρών για την εύρυθμη λειτουργία των εμπορευματικών λιμένων, και ως εκ τούτου και της παγκόσμιας εφοδιαστικής αλυσίδας, αλλά και τις μεγάλες απαιτήσεις ακρίβειας που απαιτούνται κατά την διάρκεια της κατασκευής και της συντήρησής τους, η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο την καταγραφή, ανάλυση και τον σχολιασμό των σταδίων κατασκευής και ελέγχου των γερανογεφυρών φορτοεκφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων σε λιμενικές εγκαταστάσεις.

Με σκοπό την κατανόηση των επί μέρους διεργασιών που χρειάζονται για την επίτευξη των παραπάνω, προηγείται παρουσίαση των χαρακτηριστικών και των προδιαγραφών μιας γερανογέφυρας και περιγραφή της γεωδαιτικής υποδομής που απαιτείται για την εκτέλεση γεωδαιτικών εργασιών σε ένα τέτοιου είδους εργοτάξιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΕ ΕΡΓΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΩΝ

2.1 Ίδρυση γεωδαιτικών δικτύων

Η εκτέλεση των εργασιών χάραξης και αποτύπωσης σιδηροτροχιών προϋποθέτει την ίδρυση και εγκατάσταση ενός γεωδαιτικού δικτύου εντός της περιοχής κατασκευής του έργου. Βασική απαίτηση κατά την δημιουργία ενός δικτύου για τον σκοπό αυτό είναι να είναι εφικτή η μέτρηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των σιδηροτροχιών με την ακρίβεια που καθορίζεται από τις προδιαγραφές του έργου η οποία ως επί το πλείστον είναι μικρότερη του 1mm.

Πρώτο βήμα για τη δημιουργία ενός γεωδαιτικού δικτύου είναι η σήμανση των σημείων που θα το απαρτίζουν. Ανάλογα με τη σπουδαιότητα αλλά και τη θέση του σημείου επιλέγεται ο καταλληλότερος τρόπος υλοποίησης του. Στην περίπτωση ενός εργοταξίου συνηθέστερη μέθοδος αποτελεί η δημιουργία βάθρων από σκυρόδεμα ή βάθρα από PVC γεμάτα με μπετόν. Επιπρόσθετα, μπορεί να δημιουργηθούν αποσπώμενα σημεία επί κατασκευών από σκυρόδεμα (πχ στοιχεία τοιχοποιίας) ή σημεία στο δάπεδο υλοποιημένα με ήλους. Στην περίπτωση εργοταξίων που βρίσκονται σε σημεία με έντονη κυκλοφορία οχημάτων επιλέγεται η λύση των αποσπώμενων στόχων ή των καρφιών.

Επιπλέον, λόγω της φύσης του χώρου του εργοταξίου ενός τέτοιου έργου (λιμενικές εγκαταστάσεις, διαρκής κίνηση φορτίων και οχημάτων) θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν και το θέμα της ορατότητας. Λόγω της συνεχούς κίνησης οχημάτων και φορτίων εντός του χώρου του εργοταξίου η ορατότητα μεταξύ ενός σημείου και μιας κορυφής του δικτύου μπορεί να παρεμποδιστεί. Συνεπώς προκειμένου να μην υπάρχουν μεγάλες καθυστερήσεις πρέπει να εξασφαλιστεί η κάλυψη των προς μέτρηση σημείων από πολλαπλές κορυφές του δικτύου.

Τέλος οι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τις μετρήσεις είναι οι εξής:

- Η ακρίβεια του γεωδαιτικού δικτύου
- Η ακρίβεια προσδιορισμού των συντεταγμένων της θέσης του γεωδαιτικού σταθμού
- Τα τυχαία σφάλματα του συστήματος όργανο-παρατηρητής
- Η ακρίβεια στον προσδιορισμό του προσανατολισμού του γεωδαιτικού δικτύου

- Η παρουσία συστηματικών σφαλμάτων στους άξονες του οργάνου
- Ο αριθμός των περιόδων και των επαναλήψεων των μετρήσεων
- Οι ατμοσφαιρικές και καιρικές συνθήκες
- Η ακρίβεια του οργάνου και η ορθή παραμετροποίησή του

2.1.1 Πύκνωση δικτύων

Κατά την πραγματοποίηση επίγειων μετρήσεων για την ίδρυση και πύκνωση δικτύων μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της εμπροσθοτομίας, της οπισθοτομίας, της πολυγωνομετρίας ή του τριγωνισμού. Η επιλογή της μεθόδου βασίζεται σε μια σειρά παραγόντων όπως η προσβασιμότητα των γνωστών και των αγνώστων σημείων, το σχήμα του δικτύου και οι απαιτήσεις σε ακρίβεια.

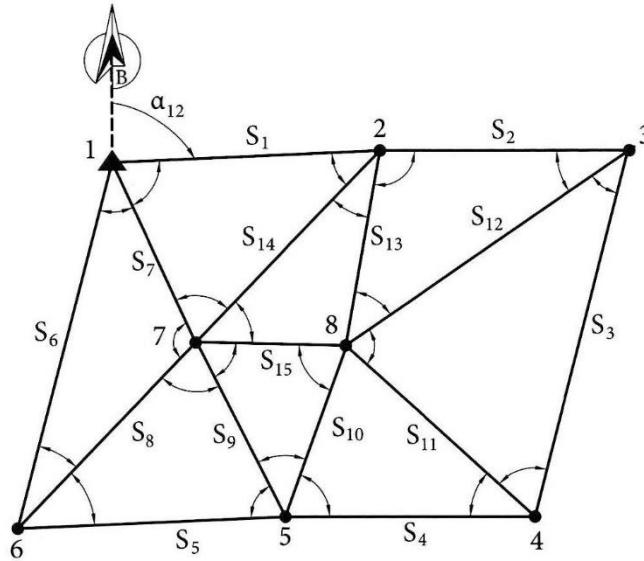
Στην περίπτωση έργων τέτοιου είδους η τοπογραφική μελέτη αναφέρει σημεία αναφοράς που βρίσκονται πλησίον του εργοταξίου. Τα σημεία αυτά χρησιμοποιούνται για την εξάρτηση του προς ίδρυση ή πύκνωση και την χρήση κοινού συστήματος αναφοράς με την μελέτη. Συνήθως τα σημεία αυτά περιέχουν σφάλματα και για αυτό κρίνεται σκόπιμη η διερεύνηση ούτως ώστε να βρεθούν αυτά με την βέλτιστη ομοιογένεια. Όσα σημεία επιλεγθούν θεωρούνται ως σταθερά κατά την επίλυση του δικτύου.

Αν όλα τα σημεία αναφοράς ανεξαιρέτως κρατηθούν σταθερά τότε λόγω των σφαλμάτων τους θα υπάρξει ανομοιόμορφη στρέβλωση του δικτύου με σημαντική υποβάθμιση της τελικής ακρίβειάς του. Επειδή όμως τα σημεία που δίνονται και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως επί το πλείστον δεν είναι επαρκή ο τοπογράφος μηχανικός του έργου καλείται να ιδρύσει νέα βάρη τα οποία θα εξαρτηθούν από τα προηγούμενα.

Η μέθοδος μέτρησης και επίλυσης του δικτύου που επιλέγεται είναι αυτή του τριγωνισμού.

2.1.1.1 Τριγωνισμός

Ο τριγωνισμός είναι μέθοδος πύκνωσης ενός δικτύου ή ίδρυσης ενός νέου τοπικού ανεξάρτητου. Συνήθως γίνεται εγκατάσταση περισσότερων του ενός σημείων τα οποία σχηματίζουν μεταξύ τους ένα πλέγμα μοναδιαίων τριγώνων γνωστό ως τριγωνομετρικό δίκτυο (Σχήμα 2.1). (Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010)



Σχήμα 2.1 Μορφή τριγωνομετρικού δικτύου [Πηγή: Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010]

Τα προς μέτρηση μεγέθη του δικτύου περιλαμβάνουν τα μήκη, τις οριζόντιες και ζενίθιες γωνίες και τα ύψη οργάνου και στόχων. Προτιμάται να πραγματοποιούνται αμοιβαίες παρατηρήσεις μεταξύ όλων των ορατών σημείων και κατ' ελάχιστων από κάθε σημείο να υπάρχουν 2 με 3 ορατά σημεία ούτως ώστε να προκύπτει ένας επαρκής αριθμός μετρήσεων. Επιπλέον το μήκος των πλευρών του δικτύου μπορεί να κυμαίνεται από μερικά μέτρα μέχρι κάποια χιλιόμετρα.

Σε κάθε δίκτυο καθορίζεται ένας ελάχιστος αριθμός μετρήσεων που απαιτούνται για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων των κορυφών του. Για παράδειγμα, αν το δίκτυο αποτελείται από n κορυφές και επιλυθεί με τις ελάχιστες δεσμεύσεις, δηλαδή ένα γνωστό σημείο και μια γνωστή διεύθυνση τότε απαιτούνται:

- **$2n-3$** μετρήσεις (διευθύνσεων ή γωνιών και αποστάσεων) αν η επίλυση γίνεται σε δύο διαστάσεις (x, y)
- **$3n-4$** μετρήσεις (διευθύνσεων ή γωνιών, μηκών και ζενίθιων γωνιών) αν η επίλυση γίνεται σε τρεις διαστάσεις (x, y, z)

Το πλήθος των επιπλέον παρατηρήσεων που θα πραγματοποιηθούν χαρακτηρίζεται ως ο βαθμός ελευθερίας του δικτύου και αποτελεί μια παράμετρο καθοριστική για την αβεβαιότητα υπολογισμού των συντεταγμένων των κορυφών του δικτύου.

Κατά την επίλυση ενός δικτύου με χρήση των ελάχιστων δεσμεύσεων πρέπει να είναι γνωστές οι συντεταγμένες ενός σημείου του, της γωνίας διεύθυνσης μιας πλευράς του στην οποία να συμπεριλαμβάνεται το γνωστό σημείο και τέλος προσεγγιστικές τιμές για τις συντεταγμένες των κο-

ρυφών του. Η επίλυση του δικτύου και ο προσδιορισμός των τελικών συντεταγμένων των σημείων του καθώς και η αβεβαιότητα προσδιορισμού τους προκύπτει με χρήση της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων. Με τον τρόπο αυτό μεταβάλλονται οι συντεταγμένες των κορυφών του δικτύου εντός της περιοχής μιας έλλειψης ώστε να γίνει προσδιορισμός των βέλτιστων τιμών τους.

Επιπρόσθετα, το σύστημα αναφοράς του δικτύου επηρεάζει το αν θα επιλυθεί ταυτόχρονα και στις τρεις διαστάσεις ή αν θα υπάρξει διαφορετική υψομετρική επίλυση. Στην περίπτωση που το δίκτυο είναι τοπικό και αυθαίρετο οι τιμές των συντεταγμένων του γνωστού σημείου καθώς και η γωνία διεύθυνσης της μίας πλευράς του λαμβάνουν αυθαίρετες τιμές. Στη συνέχεια επιλύεται ταυτόχρονα και στις τρεις διαστάσεις του με μόνο προϋπόθεση τα μήκη των πλευρών του να είναι μέχρι 1km. Αντίθετα αν το σύστημα αναφοράς είναι το κρατικό τότε οριζοντιογραφική και υψομετρική επίλυση πραγματοποιούνται ανεξάρτητα.

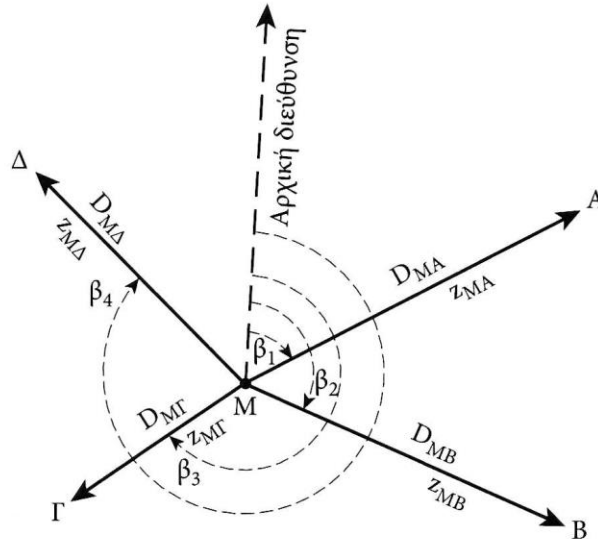
Βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου του τριγωνισμού είναι η πολύ καλές ακρίβειες που προσφέρει λόγω της ύπαρξης μεγάλου αριθμού πλεοναζόντων παρατηρήσεων. Επιπλέον λόγω της ύπαρξης μεγαλύτερου από τον απαραίτητο αριθμού μετρήσεων είναι δυνατή η εξαγωγή ποιοτικών και στατιστικών πληροφοριών για το δίκτυο καθώς και των αβεβαιότητων του.

2.1.2 Η μέθοδος Free Station

Με την μέθοδο της ελεύθερης στάσης, αποκαλούμενη ως επί το πλείστον και ως μέθοδος Free Station ή Resection, καθίσταται εφικτός ο προσδιορισμός της θέσης του γεωδαιτικού σταθμού σε πολλαπλά σημεία χωρίς την ανάγκη ίδρυσης μόνιμης στάσης του δικτύου. Επιπλέον απαλλάσσει τις μετρήσεις από το σφάλμα κέντρωσης και ελαχιστοποιεί κατά περίπτωση και τα σφάλματα που προκαλούνται από την οριζοντίωση του οργάνου και τη μέτρηση του ύψους.

Για την επίτευξη του προσδιορισμού της θέσης του γεωδαιτικού σταθμού είναι απαραίτητη η μέτρηση μηκών, οριζόντιων και κατακόρυφων γωνιών προς δύο τουλάχιστον γνωστές κορυφές του δικτύου (Σχήμα 2.2). Η ύπαρξη και τρίτης κορυφής επιτρέπει τον προσδιορισμό και των αβεβαιότητων της επίλυσης.

Το μαθηματικό μοντέλο που επιτρέπει τον προσδιορισμό των συντεταγμένων της ελεύθερης στάσης χωρίζεται σε οριζοντιογραφικό και υψομετρικό.



Σχήμα 2.2 Σχηματική παράσταση της ελεύθερης στάσης [Πηγή: Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010]

Αρχικά, για τον προσδιορισμό της οριζοντιογραφικής θέσης ενός αγνώστου σημείου γίνεται η θεώρηση ότι το σημείο όπου έχει τοποθετηθεί το total station είναι η αρχή ενός αυθαίρετου τοπικού συστήματος αναφοράς. Σε επόμενο στάδιο πραγματοποιούνται μετρήσεις μηκών και γωνιών προς τα γνωστά σημεία του δικτύου και με υπολογισμούς προκύπτουν οι συντεταγμένες τους στο αυθαίρετο σύστημα αναφοράς. Με γνωστές τις συντεταγμένες των σημείων και στα δύο συστήματα αναφοράς πραγματοποιείται μετασχηματισμός των ορθογώνιων καρτεσιανών συντεταγμένων από το αυθαίρετο σύστημα αναφοράς στο επιθυμητό σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται στην εργασία. Στην περίπτωση όπου υπάρχει επαρκής αριθμός γνωστών σημείων και μετρήσεων υπολογίζονται και οι αντίστοιχες αβεβαιότητες των παραπάνω (αβεβαιότητα υπολογισμού συντεταγμένων γνωστών σημείων στο αυθαίρετο σύστημα αναφοράς και υπολογισμός συντεταγμένων αγνώστου σημείου).

Ενδεικτικά αναφέρεται πώς για τον μετασχηματισμό των συντεταγμένων ενός σημείου από ένα σύστημα σε ένα άλλο πρέπει να είναι γνωστά τα εξής:

- Τα x_0 και y_0 της μετάθεσης της αρχής του συστήματος
- Η γωνία φ που υποδηλώνει την στροφή μεταξύ των δύο συστημάτων
- Ο συντελεστής κλίμακας K της χαρτογραφικής προβολής

Ο προσδιορισμός του υψομέτρου της ελεύθερης στάσης προσδιορίζεται με εφαρμογή της τριγωνομετρικής υψομετρίας για τον προσδιορισμό

των υψομετρικών διαφορών του αγνώστου σημείου με τα γνωστά και τον ακόλουθο τύπο:

$$H_S = \frac{(H_1 + \Delta H_{S-1}) + (H_2 + \Delta H_{S-2}) + \dots + (H_n + \Delta H_{S-n})}{n} \quad (2.1)$$

όπου S το άγνωστο σημείο και 1,2,...,n τα γνωστά σημεία του δικτύου.

Τέλος, αν εφαρμοστεί ο νόμος μετάδοσης σφαλμάτων στις σχέσεις προσδιορισμού των σφαλμάτων όλων των παραπάνω προκύπτει ότι η αβεβαιότητα των συντεταγμένων της ελεύθερης στάσης εξαρτάται από τις εξής παραμέτρους:

- Οι τιμές του μήκους μεταξύ των γνωστών σημείων και του ελεύθερου σημείου και τα σφάλματα μέτρησής τους
- Οι μετρούμενες ζενίθιες γωνίες και τα σφάλματα μέτρησής τους
- Τα σφάλματα των μετρούμενων οριζόντιων γωνιών (για τον οριζοντιογραφικό προσδιορισμό του σημείου)
- Το μέσο σφάλμα στον υπολογισμό των συντεταγμένων των γνωστών σημείων στο αυθαίρετο σύστημα (για τον οριζοντιογραφικό προσδιορισμό του σημείου)
- Τα σφάλματα των υψομέτρων των γνωστών σημείων (για το υψόμετρο)

Για την ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η ομοιόμορφη κατανομή των γνωστών σημείων στο χώρο, η χρήση του συστήματος auto lock (αν διατίθεται) ούτως ώστε να εξαλειφθούν τα σφάλματα σκόπευσης, το να υπάρχει μνεία ούτως ώστε οι κορυφές του δικτύου να κατασκευαστούν με τρόπο τέτοιο που να περιορίζονται οι ζενίθιες γωνίες κατά την πραγματοποίηση των μετρήσεων πλησίον των 100°

2.2 Απαιτήσεις σιδηροτροχιών κίνησης γερανογεφυρών

Οι τεχνικές προδιαγραφές που πρέπει να τηρούνται τόσο κατά την διάρκεια της κατασκευής όσο και κατά την λειτουργία μιας γερανογέφυρας μεταφοράς εμπορευμάτων ορίζονται στο ISO 12488 με τίτλο «Cranes-Tolerances for wheel and travel and traversing tracks». Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο τμήμα του εν λόγω ISO καθορίζονται οι απαιτήσεις και παρέχονται οι οδηγίες και οι κανόνες σχεδιασμού που αντικατοπτρίζουν την παρούσα κατάσταση της τεχνολογίας στον τομέα του σχεδιασμού γερανογεφυρών.

Οι κανόνες που δίνονται αντιπροσωπεύουν την ορθή πρακτική σχεδιασμού που εξασφαλίζει την εκπλήρωση των βασικών απαιτήσεων ασφαλείας και την επαρκή διάρκεια ζωής των εξαρτημάτων. Απόκλιση από αυτούς τους κανόνες οδηγεί συνήθως σε αυξημένους κινδύνους ή μείωση της διάρκειας ζωής, αλλά αναγνωρίζεται ότι οι νέες τεχνικές καινοτομίες, υλικά κ.λπ. μπορούν να επιτρέψουν την δημιουργία νέων λύσεων που οδηγούν σε ίση ή βελτιωμένη ασφάλεια και διάρκεια ζωής.

Τα όρια ανοχής που ορίζονται στο εν λόγω ISO αφορούν τις ακραίες τιμές που μπορούν να γίνουν ανεκτές.

2.2.1 Κατηγοριοποίηση ανοχών

Οι κατασκευές που αφορούν στην κίνηση της γερανογέφυρας ταξινομούνται σε τέσσερις κλάσεις ανάλογα κυρίως με την προβλεπόμενη συνολική απόσταση που θα καλύψουν κατά την διάρκεια της ζωής τους. Στην πρώτη κλάση εντάσσονται γερανογέφυρες που σχεδιάζεται να διανύσουν πάνω από 50 χιλιάδες χιλιόμετρα κατά την διάρκεια της λειτουργίας τους. Στη δεύτερη κλάση βρίσκονται όσες έχουν πρόβλεψη για συνολικά διανυθέντα χιλιόμετρα στο τέλος της ζωής τους μεταξύ 10 και 50 χιλιάδες. Τέλος, στην τρίτη κλάση περιλαμβάνονται γερανογέφυρες με πρόβλεψη για διάνυση κάτω από 10 χιλιάδες χιλιόμετρα και στην τέταρτη κλάση συγκαταλέγονται προσωρινές γερανογέφυρες που χρησιμοποιούνται για την ανέγερση κατασκευών.

2.2.2 Κατηγοριοποίηση ελέγχων

Τα προς έλεγχο τμήματα της γερανογέφυρας είναι πέντε: οι σιδηροτροχιές επί του εδάφους που επιτρέπουν την κίνηση της γερανογέφυρας, οι σιδηροτροχιές επί της γερανογέφυρας που επιτρέπουν την κίνηση των φορτίων κάθετα στον άξονα κίνησης της γερανογέφυρας, οι τροχοί της γερανογέφυρας, οι τροχοί του μηχανισμού μετακίνησης των φορτίων και τέλος οι ενώσεις των σιδηροτροχιών. Επιπλέον υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των ορίων που πρέπει να τηρούνται κατά την κατασκευή των γερανογεφυρών και των ορίων κατά το στάδιο λειτουργίας αυτών. Αναλυτικά οι παράμετροι που καθορίζουν τα όρια ανοχής των προς έλεγχο μερών παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 2.1 Κατασκευαστικές ανοχές σιδηροτροχιών εδάφους κλάσεων 1 έως 4

Παράμετρος	Ανοχή
------------	-------

Σύμβολο	Περιγραφή	Γραφική αναπαράσταση	Κλάση 1	Κλάση 2	Κλάση 3	Κλάση 4	Μονάδα Μέτρησης
A	Ανοχή απόκλισης του εύρους των σιδηροτροχιών σε κάθε σημείο		±3 Για κάθε S≤16 m ±[3+0.25(S-16)] ± 10 max. Για S>16m, S σε μέτρα	±5 Για κάθε S≤16 m ±[5+0.25(S-16)] ± 15 max. Για S>16m, S σε μέτρα	±8 Για κάθε S≤16 m ±[8+0.25(S-16)] ± 20 max. Για S>16m, S σε μέτρα	±12.5 Για κάθε S≤16 m ±[8+0.25(S-16)] ± 25 max. Για S>16m, S σε μέτρα	mm
B	Ανοχή της ευθυγραμμίας της γραμμής σε κάθε σημείο		±5	±10	±20	±40	
b	Ανοχή της ευθυγραμμίας της γραμμής σε τμήματα 2χλμ		1	1	2	4	
C	Ανοχή της υψομετρικής ομοιογένειας της γραμμής σε κάθε σημείο		±5	±10	±20	±40	
c	Ανοχή της υψομετρικής ομοιογένειας σε τμήματα 2χλμ		1	2	4	8	
E	Ανοχή της υψομετρικής ομοιογένειας σε ζεύγη σημείων των δύο σιδηροτροχιών		±0.5S S σε μέτρα, E≤E_max ±5 max.	±S S σε μέτρα, E≤E_max ±10 max.	±2S S σε μέτρα, E≤E_max ±20 max.	±4S S σε μέτρα, E≤E_max ±40 max.	
±F_max	Ανοχή στην απόκλιση της παραλληλίας των τερμάτων της γραμμής		±0.8S ±8 max. S σε μέτρα	±S ±10 max. S σε μέτρα	±1.25S ±12.5 max. S σε μέτρα	±1.6S ±16 max. S σε μέτρα	
G	Ανοχή στην απόκλιση από την κατακόρυφο της κάθε σιδηροτροχιάς		4	6	9	12	

Δhr	Υψομετρική ανοχή των σημείων επαφής ρόδας-σιδηροτροχιάς		0.5S ή 0.5e 5 max. e και S σε μέτρα, χρησιμοποιείται το e ή το S, όποιο είναι μικρότερο	1.0S ή 1.0e 10 max. e και S σε μέτρα, χρησιμοποιείται το e ή το S, όποιο είναι μικρότερο	1.6S ή 1.6e 16 max. e και S σε μέτρα, χρησιμοποιείται το e ή το S, όποιο είναι μικρότερο	2.0S ή 2.0e 20 max. e και S σε μέτρα, χρησιμοποιείται το e ή το S, όποιο είναι μικρότερο	
K	Ανοχή της απόκλισης του κέντρου της σιδηροτροχιάς από τον οπλισμό θεμελίωσης της	$t_{min} = \text{ελάχιστο πάχος οπλισμού}$ 	$\pm 0.5t_{min}$			-	

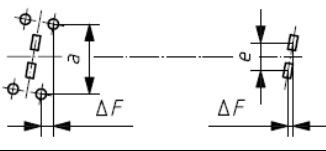
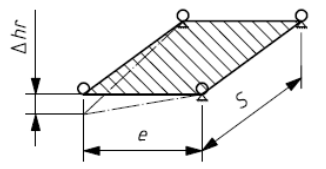
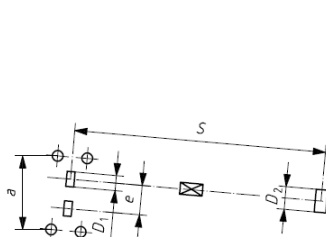
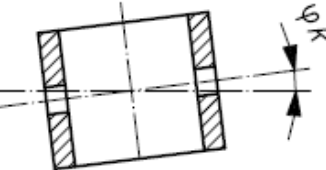
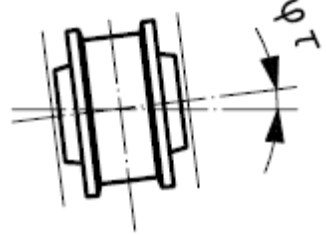
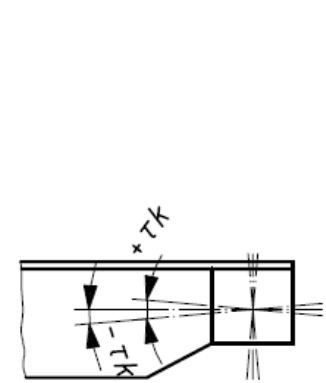
Πίνακας 2.2 Κατασκευαστικές ανοχές σιδηροτροχιών επί της γερανογέφυρας κλάσεων 1 έως 4

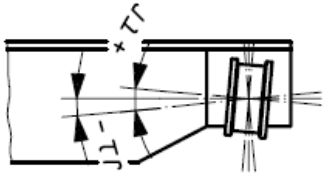
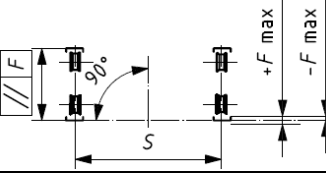
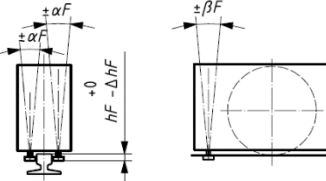
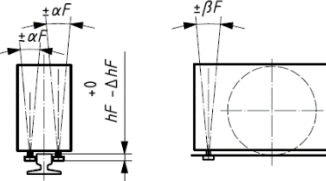
Σύμβολο	Παράμετρος		Ανοχή				Μονάδα Μέτρησης
	Περιγραφή	Γραφική αναπαράσταση	Κλάση 1	Κλάση 2	Κλάση 3	Κλάση 4	
A	Ανοχή απόκλισης του εύρους των σιδηροτροχιών σε κάθε σημείο		±3 Για κάθε S ≤ 16 m	±5 Για κάθε S ≤ 16 m	±8 Για κάθε S ≤ 16 m	±12.5 Για κάθε S ≤ 16 m	mm
b	Ανοχή της ευθυγραμμίας της γραμμής σε τμήματα 2χλμ		1	1	2	4	
E	Ανοχή της υψομετρικής ομοιογένειας σε ζεύγη σημείων των δύο σιδηροτροχιών	Ύψος σιδηροτροχιάς 	±0.5S S σε μέτρα, E ≤ Emax ±5 max.	±S S σε μέτρα, E ≤ Emax ±10 max.	±2S S σε μέτρα, E ≤ Emax ±20 max.	±4S S σε μέτρα, E ≤ Emax ±40 max.	
±F _{max}	Ανοχή στην απόκλιση της παραλληλίας των τερμάτων της γραμμής	Θέση σε κάτοψη 	±0.8S ±8 max. S σε μέτρα	±S ±10 max. S σε μέτρα	±1.25S ±12.5 max. S σε μέτρα	±1.6S ±16 max. S σε μέτρα	
G	Ανοχή στην απόκλιση από την κατακόρυφο της κάθε σιδηροτροχιάς		4	6	9	12	

Δhr	Υψομετρική ανοχή των σημείων επαφής τροχού-σιδηροτροχιάς		1.6 Για κάθε $S \leq 2$ m $0.8 S$ $\Delta hr \leq \Delta hr_{max}$ S σε μέτρα για κάθε $S > 2$ m 3.2 max.	2 Για κάθε $S \leq 2$ m 1 S $\Delta hr \leq \Delta hr_{max}$ S σε μέτρα για κάθε $S > 2$ m 4 max.	2.5 Για κάθε $S \leq 2$ m 1.25 S $\Delta hr \leq \Delta hr_{max}$ S σε μέτρα για κάθε $S > 2$ m 5 max.	3,2 Για κάθε $S \leq 2$ m 1.6 S $\Delta hr \leq \Delta hr_{max}$ S σε μέτρα για κάθε $S > 2$ m 6.3 max.	
K	Ανοχή της απόκλισης του κέντρου της σιδηροτροχιάς από το άγκιστρό της	$t_{min} = \text{ελάχιστο πάχος οπλισμού}$ 	$\pm 0.5 t_{min}$			-	

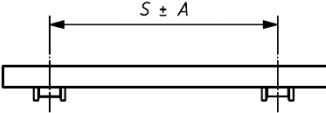
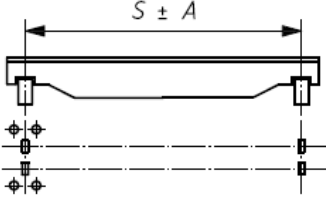
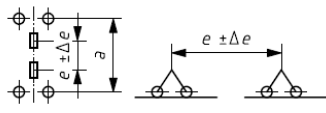
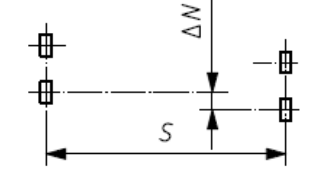
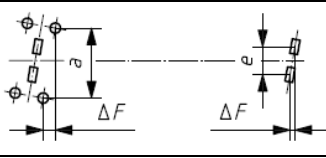
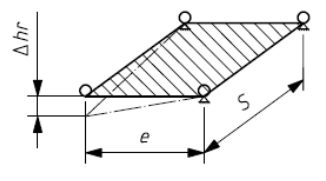
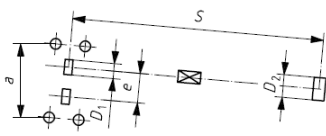
Πίνακας 2.3 Κατασκευαστικές ανοχές τροχών επί της γερανογέφυρας κλάσεων 1 έως 4

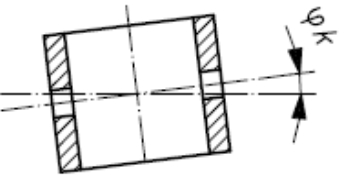
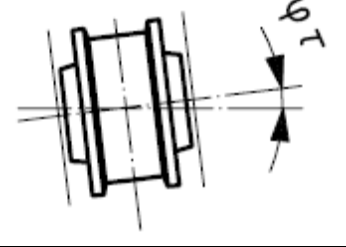
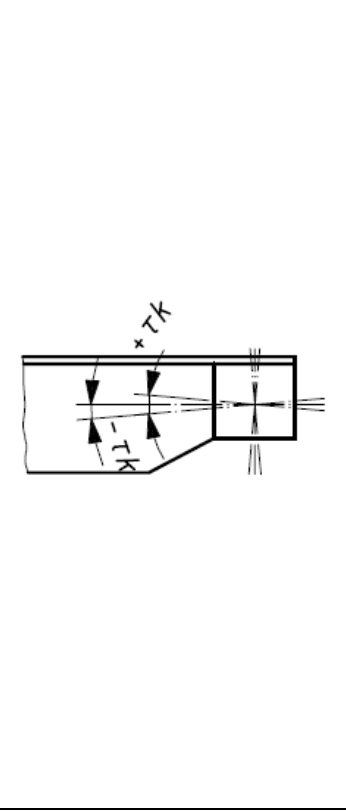
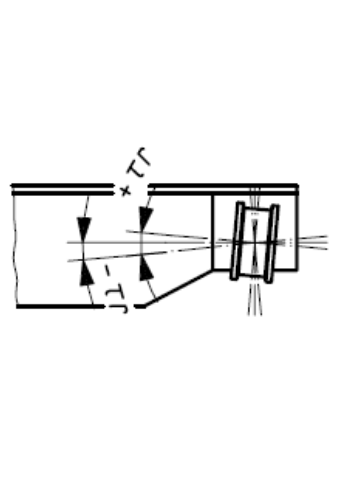
Παράμετρος			Ανοχή				Μονάδα Μέτρησης
Σύμβολο	Περιγραφή	Γραφική αναπαράσταση	Κλάση 1	Κλάση 2	Κλάση 3	Κλάση 4	
A	Ανοχή απόκλισης της αξονικής απόστασης σε τροχούς με φλάντζες		± 2 Για κάθε $S \leq 10$ m $\pm [2+0.1(S-10)]$ S σε μέτρα, για κάθε $S > 10$ m	± 2.5 Για κάθε $S \leq 10$ m $\pm [2.5+0.1(S-10)]$ S σε μέτρα, για κάθε $S > 10$ m	± 3.2 Για κάθε $S \leq 10$ m $\pm [3.2+0.1(S-10)]$ S σε μέτρα, για κάθε $S > 10$ m	± 4 Για κάθε $S \leq 10$ m $\pm [4+0.1(S-10)]$ S σε μέτρα, για κάθε $S > 10$ m	mm
A	Ανοχή απόκλισης της αξονικής απόστασης σε τροχούς χωρίς φλάντζες και οδηγούς στη μία πλευρά		± 3.2 Για κάθε $S \leq 10$ m $\pm [3.2+0.1(S-10)]$ S σε μέτρα, για κάθε $S > 10$ m	± 4 Για κάθε $S \leq 10$ m $\pm [4+0.1(S-10)]$ S σε μέτρα, για κάθε $S > 10$ m	± 5 Για κάθε $S \leq 10$ m $\pm [5+0.1(S-10)]$ S σε μέτρα, για κάθε $S > 10$ m	± 6.3 Για κάθε $S \leq 10$ m $\pm [6.3+0.1(S-10)]$ S σε μέτρα, για κάθε $S > 10$ m	
Δe	Ανοχή στην απόσταση των φορείων		± 3.2 Για κάθε $e \leq 3$ m $\pm e$ e σε μέτρα, για κάθε $e > 3$ m	± 4 Για κάθε $e \leq 3$ m $\pm 1.25e$ e σε μέτρα, για κάθε $e > 3$ m	± 5 Για κάθε $e \leq 3$ m $\pm 1.6e$ e σε μέτρα, για κάθε $e > 3$ m	± 6.3 Για κάθε $e \leq 3$ m $\pm 2e$ e σε μέτρα, για κάθε $e > 3$ m	
ΔN	Ανοχή στη παράλληλη μετατόπιση των τροχών ή των φορείων		± 5 Έγκυρο για μεμονωμένη γερανογέφυρα ± 2 Έγκυρο για συζευγμένες γερανογέφυρες, $S \leq 20$ m $\pm [2+0.2(S-20)]$ S σε μέτρα, για κάθε $S > 20$ m σε συζευγμένη οδήγηση	$\pm 6,3$ Έγκυρο για μεμονωμένη γερανογέφυρα $\pm 2,5$ Έγκυρο για συζευγμένες γερανογέφυρες, $S \leq 20$ m $\pm [2.5+0.2(S-20)]$ S σε μέτρα, για κάθε $S > 20$ m σε συζευγμένη οδήγηση	± 8 Έγκυρο για μεμονωμένη γερανογέφυρα $\pm 3,2$ Έγκυρο για συζευγμένες γερανογέφυρες, $S \leq 20$ m $\pm [3.2+0.2(S-20)]$ S σε μέτρα, για κάθε $S > 20$ m σε συζευγμένη οδήγηση	± 10 Έγκυρο για μεμονωμένη γερανογέφυρα ± 4 Έγκυρο για συζευγμένες γερανογέφυρες, $S \leq 20$ m $\pm [4+0.2(S-20)]$ S σε μέτρα, για κάθε $S > 20$ m σε συζευγμένη οδήγηση	

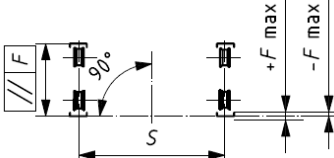
ΔF	Ανοχή στην ευθυγράμμιση των οδηγών κίνησης ή των φλαντζών		0.32a a σε μέτρα $\pm 0.4e$ e σε μέτρα	0.4a a σε μέτρα $\pm 0.5e$ e σε μέτρα	0.5a a σε μέτρα $\pm 0.63e$ e σε μέτρα	0.63a a σε μέτρα $\pm 0.8e$ e σε μέτρα	
Δhr	Υπομετρική ανοχή των σημείων επαφής τροχού-σιδηροτροχιάς		2 max. Για κάθε $S \leq 10$ m [2+0.1(S-10)] max. S σε μέτρα για κάθε $S > 10$ m	2,5 max. Για κάθε $S \leq 10$ m [2.5+0.1(S-10)] max. S σε μέτρα για κάθε $S > 10$ m	3,2 max. Για κάθε $S \leq 10$ m [3.2+0.1(S-10)] max. S σε μέτρα για κάθε $S > 10$ m	4 max. Για κάθε $S \leq 10$ m [4+0.1(S-10)] max. S σε μέτρα για κάθε $S > 10$ m	
ΔD	Επιτρεπόμενη διαφορά διαμέτρου συζευγμένων τροχών για έναν σύνδεσμο μετάδοσης κίνησης a/S για τροχούς χωρίς φλάντζες a/S για τροχούς με φλάντζες		h9 Για D1 και D2. Ανοχή διαμέτρου βάση το ISO 286-2 $\frac{1.6aD}{S}$ D σε μέτρα $\frac{1.6eD}{S}$ D σε μέτρα	h9 Για D1 και D2. Ανοχή διαμέτρου βάση το ISO 286-2 $\frac{2aD}{S}$ D σε μέτρα $\frac{2eD}{S}$ D σε μέτρα	h9 Για D1 και D2. Ανοχή διαμέτρου βάση το ISO 286-2 $\frac{2.5aD}{S}$ D σε μέτρα $\frac{2.5eD}{S}$ D σε μέτρα	h9 Για D1 και D2. Ανοχή διαμέτρου βάση το ISO 286-2 $\frac{3.2aD}{S}$ D σε μέτρα $\frac{3.2eD}{S}$ D σε μέτρα	
ϕ_k	Ανοχή απόκλισης της παραλληλίας των αξόνων σε επίπεδο (κλίση άξονα)		0.3max.	0.4max.	0.5max.	0.63max.	
ϕ_r	Ανοχή απόκλισης της παραλληλίας των αξόνων σε επίπεδο (κλίση τροχού)		± 0.4	± 0.5	± 0.63	± 0.8	
τ_k	Ανοχή απόκλισης της παραλληλίας των αξόνων σε ύψος (καμπυλότητα αξόνων) Οι ανοχές αφορούν άφορτο γερανό (χωρίς δαγκάνες) με ελεύθερη υποστήριξη πάνω ή κοντά στα ακραία βαγονέτα. Οι μέσες τιμές ανοχής επιλέγονται κατά προσέγγιση, ώστε υπό			± 1.9 -0.4		± 2.4 -0.5	0/00

	φόρτο η οριζόντια θέση του άξονα του τροχού να επιτευχθεί εκ της ελαστικής παραμόρφωσης.						
ττ	<p>Ανοχή απόκλισης της παραλληλίας των αξόνων σε ύψος (καμπυλότητα τροχών)</p> <p>Οι ανοχές αφορούν άφορτο γερανό (χωρίς δαγκάνες) με ελεύθερη υποστήριξη πάνω ή κοντά στα ακραία βαγονέτα. Οι μέσες τιμές ανοχής επιλέγονται κατά προσέγγιση, ώστε υπό φόρτο η οριζόντια θέση του άξονα του τροχού να επιτευχθεί εκ της ελαστικής παραμόρφωσης</p>		±2 -0.5		±2.6 -0.6		0/00
±F _{max}	Ανοχή στην απόκλιση της παραλληλίας των τερμάτων της γραμμής		±(0.8S) S σε μέτρα ±8 max.	±(1.0S) S σε μέτρα ±10 max.	±(1.25S) S σε μέτρα ±12,5 max.	±(1.6S) S σε μέτρα ±16 max.	mm
αF	Ανοχή απόκλισης της παραλληλίας των αξόνων των οδηγών κύλισης εκατέρωθεν της ράγας		±0.5	±0.63	±0.8	±1	0/00
βF	Ανοχή απόκλισης της παραλληλίας των αξόνων των οδηγών κύλισης κατά μήκος της ράγας		±0.3	±0.4	±0.5	±0.63	
Δh _F	Ανοχή ύψους H		+0 -1	+0 -1,6	+0 -2,5	+0 -4	mm

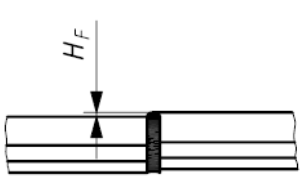
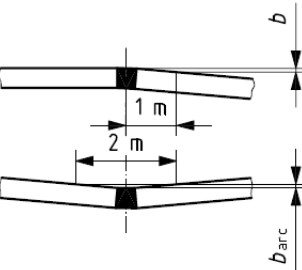
Πίνακας 2.4 Κατασκευαστικές ανοχές τροχών επί του μηχανισμού μετατόπισης φορτίων κλάσεων 1 έως 4

Παράμετρος			Ανοχή				Μονάδα Μέτρησης
Σύμβολο	Περιγραφή	Γραφική αναπαράσταση	Κλάση 1	Κλάση 2	Κλάση 3	Κλάση 4	
A	Ανοχή απόκλισης της αξονικής απόστασης σε τροχούς με φλάντζες		± 2 Για κάθε S ≤ 10 m ± [2+0.1(S-10)] S σε μέτρα, για κάθε S > 10 m	± 2.5 Για κάθε S ≤ 10 m ± [2.5+0.1(S-10)] S σε μέτρα, για κάθε S > 10 m	± 3.2 Για κάθε S ≤ 10 m ± [3.2+0.1(S-10)] S σε μέτρα, για κάθε S > 10 m	± 4 Για κάθε S ≤ 10 m ± [4+0.1(S-10)] S σε μέτρα, για κάθε S > 10 m	mm
A	Ανοχή της ευθυγραμμίας της γραμμής σε τμήματα 2χλμ		± 3.2 Για κάθε S ≤ 10 m ± [3.2+0.1(S-10)] S σε μέτρα, για κάθε S > 10 m	± 4 Για κάθε S ≤ 10 m ± [4+0.1(S-10)] S σε μέτρα, για κάθε S > 10 m	± 5 Για κάθε S ≤ 10 m ± [5+0.1(S-10)] S σε μέτρα, για κάθε S > 10 m	± 6.3 Για κάθε S ≤ 10 m ± [6.3+0.1(S-10)] S σε μέτρα, για κάθε S > 10 m	
Δe	Ανοχή της υψομετρικής ομοιογένειας σε ζεύγη σημείων των δύο σιδηροτροχιών		± 3.2 Για κάθε e ≤ 3m ± e e σε μέτρα, για κάθε e > 3 m	± 4 Για κάθε e ≤ 3m ± 1,25e e σε μέτρα, για κάθε e > 3 m	± 5 Για κάθε e ≤ 3m ± 1,6 e e σε μέτρα, για κάθε e > 3 m	± 6.3 Για κάθε e ≤ 3m ± 2e e σε μέτρα, για κάθε e > 3 m	
ΔN	Ανοχή στην απόκλιση της παραλληλίας των τερμάτων της γραμμής		± 5 Έγκυρο για μεμονωμένη γερανογέφυρα ± 2 Έγκυρο για συζευγμένες γερανογέφυρες, S ≤ 20 m ± [2+0.2(S-20)] S σε μέτρα, για κάθε S > 20m σε συζευγμένη οδήγηση	± 6.3 Έγκυρο για μεμονωμένη γερανογέφυρα ± 2.5 Έγκυρο για συζευγμένες γερανογέφυρες, S ≤ 20 m ± [2.5+0.2(S-20)] S σε μέτρα, για κάθε S > 20m σε συζευγμένη οδήγηση	± 8 Έγκυρο για μεμονωμένη γερανογέφυρα ± 3.2 Έγκυρο για συζευγμένες γερανογέφυρες, S ≤ 20 m ± [3.2+0.2(S-20)] S σε μέτρα, για κάθε S > 20m σε συζευγμένη οδήγηση	± 10 Έγκυρο για μεμονωμένη γερανογέφυρα ± 4 Έγκυρο για συζευγμένες γερανογέφυρες, S ≤ 20 m ± [4+0.2(S-20)] S σε μέτρα, για κάθε S > 20m σε συζευγμένη οδήγηση	
ΔF	Ανοχή στην απόκλιση από την κατακόρυφο της κάθε σιδηροτροχιάς		0.32a a σε μέτρα ± 0.4e e σε μέτρα	0.4a a σε μέτρα ± 0.5e e σε μέτρα	0.5a a σε μέτρα ± 0.63e e σε μέτρα	0.63a a σε μέτρα ± 0.8e e σε μέτρα	
Δhr	Υψομετρική ανοχή των σημείων επαφής τροχού-σιδηροτροχιάς		1,6 Για κάθε S ≤ 2 m 0.8 S Δhr ≤ Δhr_max S σε μέτρα για κάθε S > 2 m 3.2 max.	2 Για κάθε S ≤ 2 m 1 S Δhr ≤ Δhr_max S σε μέτρα για κάθε S > 2 m 4 max.	2,5 Για κάθε S ≤ 2 m 1.25 S Δhr ≤ Δhr_max S σε μέτρα για κάθε S > 2 m 5 max.	3,2 Για κάθε S ≤ 2 m 1.6 S Δhr ≤ Δhr_max S σε μέτρα για κάθε S > 2 m 6.3 max.	
ΔD	Ανοχή της απόκλισης του κέντρου της σιδηροτροχιάς από το άγκιστρό της					-	

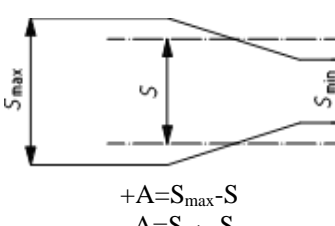
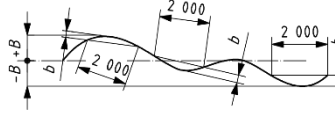
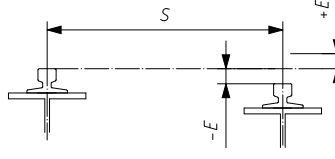
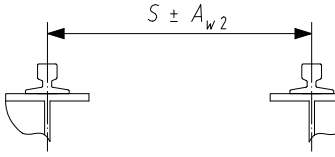
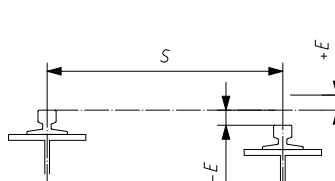
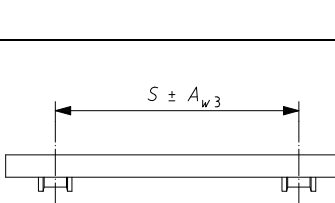
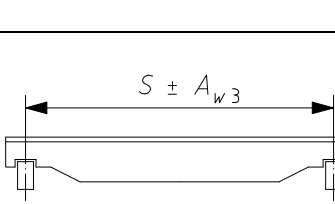
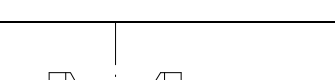
φκ	Ανοχή απόκλισης της παραλληλότητας των αξόνων σε επίπεδο (κλίση άξονα)		0.3max.	0.4max.	0.5max.	0.63max.	
φγ	Ανοχή απόκλισης της παραλληλότητας των αξόνων σε επίπεδο (κλίση τροχού)		±0.4	±0.5	±0.63	±0.8	
τκ	Ανοχή απόκλισης της παραλληλότητας των αξόνων σε ύψος (καμπυλότητα αξόνων) Οι ανοχές αφορούν άφορτο γερανό (χωρίς δαγκάνες) με ελεύθερη υποστήριξη πάνω ή κοντά στα ακραία βαγονέτα. Οι μέσες τιμές ανοχής επιλέγονται κατά προσέγγιση, ώστε υπό φόρτο η οριζόντια θέση του άξονα του τροχού να επιτευχθεί εκ της ελαστικής παραμόρφωσης.		± 1.9 - 0.4		± 2.4 - 0.5		0/00
τρ	Ανοχή απόκλισης της παραλληλότητας των αξόνων σε ύψος (καμπυλότητα τροχών) Οι ανοχές αφορούν άφορτο γερανό (χωρίς δαγκάνες) με ελεύθερη υποστήριξη πάνω ή κοντά στα ακραία βαγονέτα. Οι μέσες τιμές ανοχής		±2 -0.5		±2.6 -0.6		0/00

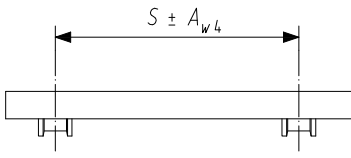
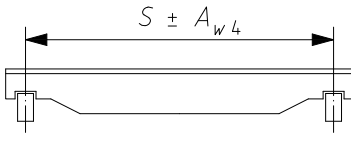
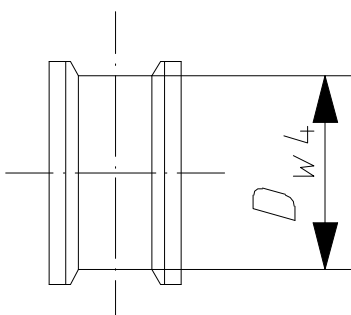
	επιλέγονται κατά προσέγγιση, ώστε υπό φόρτο η οριζόντια θέση του άξονα του τροχού να επιτευχθεί εκ της ελαστικής παραμόρφωσης						
$\pm F_{\max}$	Ανοχή στην απόκλιση της παραλληλίας των τερμάτων της γραμμής		$\pm(0.8S)$ S σε μέτρα $\pm 8 \text{ max.}$	$\pm(1.0S)$ S σε μέτρα $\pm 10 \text{ max.}$	$\pm(1.25S)$ S σε μέτρα $\pm 12,5 \text{ max.}$	$\pm(1.6S)$ S σε μέτρα $\pm 16 \text{ max.}$	mm

Πίνακας 2.5 Κατασκευαστικές ανοχές συγκολλήσεων σιδηροτροχιών κλάσεων 1 έως 4

Παράμετρος			Ανοχή	
Σύμβολο	Περιγραφή	Γραφική αναπαράσταση	Όλες οι κλάσεις	Μονάδα Μέτρησης
H_F	Κατακόρυφη διαφορά των δύο συγκολλημένων τμημάτων		0 (για συγκόλληση κατά την παραγωγή) 1 max. (για συγκόλληση στο πεδίο)	mm
H_S	Οριζόντια διαφορά των δύο συγκολλημένων τμημάτων		1 max. με στένεμα 1:50 για εξομάλυνση της διαφοράς	
b	Κλίση των σιδηροτροχιών οριζοντιογραφικά (στροφή) και υψομετρικά		2	
c			2	
H_X	Ομαλότητα μετά το τρίψιμο της συγκόλλησης	-	0.5max.	

Πίνακας 2.6 Ανοχές σιδηροτροχιών κλάσεων 1 έως 4 κατά την λειτουργία τους

Παράμετρος			Ανοχή				Μο- νάδα Μέ- τρη- σης
Σύμ- βολο	Περιγραφή	Γραφική αναπαράσταση	Κλάση 1	Κλάση 2	Κλάση 3	Κλάση 4	
A_{w1}	Ανοχή από- κλισης του εύρους των σιδηροτρο- χιών σε κάθε σημείο		± 10 Για κάθε $S \leq 16m$ $\pm [10 + 0.25(S - 16)]$ S σε μέτρα Για κάθε $S > 16m$	± 16 Για κάθε $S \leq 16m$ $\pm [16 + 0.25(S - 16)]$ S σε μέτρα, Για κάθε $S > 16m$	± 25 Για κάθε $S \leq 16m$ $\pm [25 + 0.25(S - 16)]$ S σε μέτρα, Για κάθε $S > 16m$	± 40 Για κάθε $S \leq 16m$ $\pm [40 + 0.25(S - 16)]$ S σε μέτρα, Για κάθε $S > 16m$	mm
$BB1$	Ανοχή της ευ- θυγραμμίας της γραμμής σε κάθε σημείο		± 10	± 20	± 40	± 80	
E_{w1}	Ανοχή της υ- ψομετρικής ομοιογένειας σε ζεύγη ση- μείων των δύο σιδηροτροχιών		± 10	± 20	± 40	± 80	
A_{w2}	Ανοχή απόκλι- σης του εύρους των σιδηρο- τροχιών επί της γερανογέφυρας σε κάθε σημείο		± 6 Για κάθε $S \leq 16m$	± 10 Για κάθε $S \leq 16m$	± 16 Για κάθε $S \leq 16m$	± 25 Για κάθε $S \leq 16m$	
E_{w2}	Ανοχή της υ- ψομετρικής ομοιογένειας σε ζεύγη ση- μείων των δύο σιδηροτροχιών επί της γερανο- γέφυρας		± 12.5	± 16	± 20	± 25	
A_{w3}	Ανοχή απόκλι- σης της αξονι- κής απόστασης σε τροχούς με φλάντζες		± 5 Ισχύει για $S \leq 10m$ $\pm [5 + 0.2(S - 10)]$ S σε μέτρα, Ισχύει για $S > 10m$	± 8 Ισχύει για $S \leq 10m$ $\pm [8 + 0.2(S - 10)]$ S σε μέτρα, Ισχύει για $S > 10m$	$\pm 12,5$ Ισχύει για $S \leq 10m$ $\pm [12.5 + 0.2(S - 10)]$ S σε μέτρα, Ισχύει για $S > 10m$	± 20 Ισχύει για $S \leq 10m$ $\pm [20 + 0.2(S - 10)]$ S σε μέτρα, Ισχύει για $S > 10m$	
A_{w3}	Ανοχή απόκλι- σης της αξονι- κής απόστασης σε τροχούς χωρίς φλάντζες και οδηγούς στη μία πλευρά		$\pm 12,5$ Ισχύει για $S \leq 10$ m $\pm [12.5 + 0.2(S - 10)]$ S σε μέτρα, Ισχύει για $S > 10$ m	± 14 Ισχύει για $S \leq 10m$ $\pm [14 + 0.2(S - 10)]$ S σε μέτρα, Ισχύει για $S > 10m$	± 16 Ισχύει για $S \leq 10$ m $\pm [16 + 0.2(S - 10)]$ S σε μέτρα, Ισχύει για $S > 10m$	± 20 Ισχύει για $S \leq 10m$ $\pm [20 + 0.2(S - 10)]$ S σε μέτρα, Ισχύει για $S > 10m$	
D_{w3}	Ανοχή στην διάμετρο του		h18 Όρια βάση το	h18 Όρια βάση το	h18 Όρια βάση το	h18 Όρια βάση το	

	τροχού για μεμονωμένη γερανογέφυρα		ISO 286-2	ISO 286-2	ISO 286-2	ISO 286-2
ΔD_{w3}	Ανοχή στην διάμετρο του τροχού για συζευγμένες γερανογέφυρες		IT12 Όρια βάση το ISO 1101	IT13 Όρια βάση το ISO 1101	IT14 Όρια βάση το ISO 1101	IT14 Όρια βάση το ISO 1101
A_{w4}	Ανοχή απόκλισης της αξονικής απόστασης σε τροχούς με φλάντζες (αφορά το μηχανισμό κίνησης των κοντέινερ)		± 3 Για κάθε $S \leq 2m$ $\pm [3 + 0.2(S-2)]$ S σε μέτρα, Ισχύει για $S > 2m$	± 6 Για κάθε $S \leq 2m$ $\pm [6 + 0.2(S-2)]$ S σε μέτρα, Ισχύει για $S > 2m$	± 8 Για κάθε $S \leq 2m$ $\pm [8 + 0.2(S-2)]$ S σε μέτρα, Ισχύει για $S > 2m$	± 12 Για κάθε $S \leq 2m$ $\pm [12 + 0.2(S-2)]$ S σε μέτρα, Ισχύει για $S > 2m$
	Ανοχή απόκλισης της αξονικής απόστασης σε τροχούς χωρίς φλάντζες και οδηγούς στη μία πλευρά (αφορά το μηχανισμό κίνησης των κοντέινερ)		± 5 Για κάθε $S \leq 2m$ $\pm [5 + 0.2(S-2)]$ S σε μέτρα, Ισχύει για $S > 2m$	± 10 Για κάθε $S \leq 2m$ $\pm [10 + 0.2(S-2)]$ S σε μέτρα, Ισχύει για $S > 2m$	± 12 Για κάθε $S \leq 2m$ $\pm [12 + 0.2(S-2)]$ S σε μέτρα, Ισχύει για $S > 2m$	± 16 Για κάθε $S \leq 2m$ $\pm [16 + 0.2(S-2)]$ S σε μέτρα, Ισχύει για $S > 2m$
D_{w4}	Ανοχή στην διάμετρο του τροχού για μεμονωμένη γερανογέφυρα (αφορά το μηχανισμό κίνησης των κοντέινερ)		h18 Όρια βάση το ISO 286-2	h18 Όρια βάση το ISO 286-2	h18 Όρια βάση το ISO 286-2	h18 Όρια βάση το ISO 286-2
ΔD_{w4}	Ανοχή στην διάμετρο του τροχού για συζευγμένες γερανογέφυρες (αφορά το μηχανισμό κίνησης των κοντέινερ)		IT12 Όρια βάση το ISO 1101	IT13 Όρια βάση το ISO 1101	IT14 Όρια βάση το ISO 1101	IT14 Όρια βάση το ISO 1101

2.3 Μεθοδολογία αποτύπωσης και χάραξης σιδηροτροχιών γερανογέφυρας

Οι βασικότερες τοπογραφικές εργασίες κατά την κατασκευή ενός τεχνικού έργου, όπως είναι η υποδομή μιας γερανογέφυρας σε κάποια λιμενική εγκατάσταση, αλλά και κατά το στάδιο της λειτουργίας και της συντήρησής του είναι η χάραξη και η αποτύπωση αυτού.

Η χάραξη ενός τεχνικού έργου αποτελεί τη διαδικασία κατά την οποία τα σημεία που ορίζουν την θέση κάθε στοιχείου της κατασκευής μεταφέρονται από την μελέτη στο έδαφος ούτως ώστε να υλοποιηθούν. Από την άλλη η αποτύπωση είναι η αντίστροφη διαδικασία κατά την οποία σημεία λεπτομέρειας ενός αντικειμένου καταγράφονται σε κάποιο διάγραμμα μέσω του υπολογισμού των συντεταγμένων τους.

2.3.1 Αποτύπωση σιδηροτροχιών γερανογέφυρας

Ως αποτύπωση ορίζεται η διαδικασία που ακολουθείται για να προσδιοριστεί η θέση και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά μιας ιδιοκτησίας, ενός τμήματος της φυσικής γήινης επιφάνειας ή ενός τεχνικού έργου.

Αυτό επιτυγχάνεται με τον προσδιορισμό των ορθογώνιων συντεταγμένων, δηλαδή την προβολή των χαρακτηριστικών σημείων που ορίζουν την επιφάνεια, σε κάποιο επίπεδο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων (αυθαίρετο ή κρατικό) και τον προσδιορισμό των υψομέτρων τους.

Η αποτύπωση, όπως και όλες οι γεωδαιτικές εργασίες, περιλαμβάνει:

- Εργασίες πεδίου (μετρήσεις)
- Εργασίες γραφείου (υπολογισμοί)
- Έλεγχο του παραγώγου (διαγράμματος)

Το αποτέλεσμα της αποτύπωσης είναι ένα σχέδιο στο οποίο αποδίδεται η μορφή του εδάφους και οποιουδήποτε τεχνικού έργου πάνω σε αυτό. (Λάμπρου Ε., Πανταζής Γ., 2010)

Στην περίπτωση που το προς αποτύπωση τεχνικό έργο είναι σιδηροτροχίες η διαδικασία διαφέρει μόνο ως προς την ανάγκη ύπαρξης ειδικού εξοπλισμού κατά το στάδιο των μετρήσεων. Η αποτύπωση έπεται της ίδρυσης του δικτύου αλλά μπορεί να δημιουργήσει την ανάγκη για την πύκνωση του. Επιπλέον, οι μετρήσεις προς τα προς αποτύπωση σημεία πραγματοποιείται είτε από τις κορυφές του δικτύου είτε με την ίδρυση ελεύθερων στάσεων. Συνηθέστερη μέθοδος για την πραγματοποίηση των μετρήσεων αποτελεί αυτή των πολικών συντεταγμένων.

Για τον προσδιορισμό της θέσης ενός σημείου με την μέθοδο των πολικών συντεταγμένων είναι απαραίτητο να μετρηθούν τα παρακάτω μεγέθη:

- Ύψος οργάνου
- Ύψος στόχου
- Κεκλιμένη απόσταση
- Ζενίθια γωνία

- Οριζόντια γωνία

Επιπλέον, οφείλουν να είναι γνωστές οι συντεταγμένες του γεωδαιτικού σταθμού καθώς και ενός ακόμα σημείου στο οποίο θα μηδενιστεί ο οριζόντιος δίσκος του total station.

Στην περίπτωση των σιδηροτροχιών ο στόχος που χρησιμοποιείται προσαρτάται σε ειδικό εξάρτημα το οποίο είτε προσκολλάται μαγνητικά σε κάθε μια από τις πλευρές τις σιδηροτροχιάς (ούτως ώστε στη συνέχεια να υπολογιστεί το μέσο της σιδηροτροχιάς) είτε έχει το ακριβές πλάτος της σιδηροτροχιάς και «φοριέται» σε αυτή λαμβάνοντας απευθείας μέτρηση στο κέντρο αυτής.

Των μετρήσεων έπεται ο υπολογισμός των συντεταγμένων και των υψομέτρων. Αν η μέθοδος που έχει χρησιμοποιηθεί είναι αυτή των πολικών συντεταγμένων τότε γίνεται χρήση του 1^{ου} θεμελιώδους προβλήματος της τοπογραφίας και της πλήρης σχέσης της τριγωνομετρικής υψομετρίας (λόγω αυξημένων απαιτήσεων ακρίβειας) με στόχο την εύρεση των ορθογώνιων συντεταγμένων και του υψομέτρου του σημείου *i*. Οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται παρατίθενται στη συνέχεια.

$$x_i = x_B + D_{Bi} * \sin z * \sin a_{Bi} \text{ ή } x_i = x_B + S_{Bi} * \sin a_{Bi} \quad (2.2)$$

$$y_i = y_B + D_{Bi} * \sin z * \cos a_{Bi} \text{ ή } y_i = y_B + S_{Bi} * \cos a_{Bi} \quad (2.3)$$

$$H_i = H_B + D_{Bi} * \cos z + (1 - \kappa) * \frac{D_{Bi}^2}{2 * R} * \sin^2 z + Y_O - Y_\Sigma \quad (2.4)$$

Όπου a_{Bi} η γωνία διεύθυνσης, της διεύθυνσης B_i , που δίνεται από την σχέση του 3^{ου} θεμελιώδους προβλήματος:

$$a_{Bi} = \alpha_{AB} + \beta + 200^g - k * 400^g \quad (2.5)$$

Τέλος, επειδή ως επί το πλείστον οι αποτυπώσεις πραγματοποιούνται στην προβολή του ΕΓΣΑ '87 υπολογίζεται ο συντελεστής κλίμακας K της περιοχής και όλες οι αποστάσεις S πολλαπλασιάζονται με αυτόν.

Αξίζει να σημειωθεί παρ' όλα αυτά ότι τα παραπάνω πραγματοποιούνται πλέον αυτόματα από τον ολοκληρωμένο γεωδαιτικό σταθμό κατά την πραγματοποίηση των μετρήσεων με αποτέλεσμα ο χρήστης να λαμβάνει απευθείας τόσο τη θέση των μετρούμενων σημείων όσο και την αβεβαιότητα προσδιορισμού αυτής.

2.3.2 Χάραξη σιδηροτροχιών γερανογέφυρας

Η διεργασία της χάραξης αποτελεί μια καθαρά τοπογραφική διαδικασία η οποία οδηγεί στην τοποθέτηση των σιδηροτροχιών με σωστή γεωμετρία. Η χάραξη ενός ζεύγους σιδηροτροχιών γερανογέφυρας διαφέρει από τη χάραξη μια σιδηροδρομικής γραμμής.

Αρχικά, υλοποιούνται στο έδαφος τα σημεία που οριοθετούν την θεμελίωση των σιδηροτροχιών. Για να επιτευχθεί αυτό ιδρύεται ελεύθερη στάση σε σημείο τέτοιο που να επιτυγχάνεται η βέλτιστη ορατότητα τόσο ως προς τα προς χάραξη σημεία όσο και ως προς τα γνωστά σημεία του δικτύου. Στη συνέχεια αφού προσδιοριστεί η θέση του γεωδαιτικού σταθμού αρχίζει η διαδικασία της χάραξης των σημείων. Οι συντεταγμένες τους στο κρατικό σύστημα αναφοράς έχουν εισαχθεί στο γεωδαιτικό σταθμό με χρήση αρχείου. Ο γεωδαιτικός σταθμός γνωρίζοντας τη θέση του και το ύψος του μπορεί με τη μέθοδο των πολικών συντεταγμένων να υπολογίσει την οριζόντια γωνία μεταξύ του σημείου μηδενισμού του και του προς χάραξη σημείου. Με τον τρόπο αυτό ο γεωδαιτικός σταθμός πακτώνεται στο σημείο όπου η μέτρηση της οριζόντιας γωνίας ταυτίζεται με αυτή που έχει υπολογιστεί. Στη συνέχεια το ίδιο πραγματοποιείται και με την ζενίθια γωνία ούτως ώστε να βρεθεί και το υψόμετρο του σημείου. Οι σύγχρονοι γεωδαιτικοί σταθμοί διαθέτουν δέσμη λέιζερ η οποία επιτρέπει την άμεση εύρεση του σημείου χωρίς την ανάγκη ύπαρξης καταφώτου και στείλου. Επιπλέον total station που είναι εξοπλισμένα με servo μπορούν να περιστραφούν αυτόματα στις κατάλληλες γωνίες απλοποιώντας και επιταχύνοντας την διαδικασία της χάραξης.

Όσον αφορά στις σιδηροτροχιές η διαδικασία της χάραξης διαφέρει καθώς αποτελείται από δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο τοποθετείται η πλάκα έδρασης της σιδηροτροχιάς και τακτοποιείται υψομετρικά. Αυτό επιτυγχάνεται με τον υπολογισμό της υψομετρικής διαφοράς ΔH μεταξύ του πραγματικού υψομέτρου της πλάκας και αυτού που ορίζεται από την μελέτη. Το πραγματικό υψόμετρο της πλάκας υπολογίζεται με τον τύπο της τριγωνομετρικής υψομετρίας. Σε περίπτωση απόκλισης μεταξύ των δύο υψομέτρων η πλάκα τακτοποιείται ξανά με την χρήση κατάλληλων εργαλείων και η μέτρηση λαμβάνεται ξανά. Αυτό επαναλαμβάνεται μέχρις ότου η απόκλιση να είναι αποδεκτή.

Στο δεύτερο στάδιο και αφού έχουν τοποθετηθεί τα σημεία αγκύρωσης της σιδηροτροχιάς επί της πλάκας και η σιδηροτροχιά έχει στρωθεί πρόχειρα αρχίζει η διαδικασία οριζοντιογραφικής τακτοποίησής της. Αρχικά ορίζεται στον γεωδαιτικό σταθμό η ευθεία αναφοράς η οποία ταυτίζεται με τον άξονα της σιδηροτροχιάς. Η ευθεία αυτή ορίζεται από τα σημεία αρχής και τέλους της. Στη συνέχεια, με τη χρήση κατάλληλου εξοπλισμού που προσαρτάται στην σιδηροτροχιά και ενός πρίσματος, υπολογίζεται η θέση του σημείου αυτού της σιδηροτροχιάς. Ο προσδιορισμός αυτός καθίσταται εφικτός και πάλι μέσω της μεθόδου των πολικών συντεταγμένων. Τέλος, υπολογίζεται η απόσταση του σημείου της σιδηροτροχιάς από την ευθεία αναφοράς με χρήση του τύπου υπολογισμού απόστασης σημείου από ευθεία όπως αυτός παρατίθεται παρακάτω.

$$d(\varepsilon, i) = \frac{|ax_i + by_i + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (2.6)$$

Αφού βρεθεί η απόκλιση της πραγματικής από την θέση που ορίζεται στη μελέτη, η σιδηροτροχιά μετακινείται ούτως ώστε να πλησιάσει την τελική της θέση. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι η απόκλιση να είναι εντός των αποδεκτών ορίων. Τότε η σιδηροτροχιά πακτώνεται στη τελική της θέση. Κατά τη χάραξη της δεύτερης σιδηροτροχιάς χρησιμοποιείται ως ευθεία αναφοράς ο άξονας της πρώτης ούτως ώστε να διασφαλίζεται ταυτόχρονα και η ορθή υλοποίηση του εύρους των σιδηροτροχιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΕΡΑΝΟΓΕΦΥΡΩΝ ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡ- ΤΩΣΗΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΧΕΡΣΑΙΑ ΖΩΝΗ ΛΙΜΕΝΑ

3.1 Χρόνος και χώρος εκτέλεσης εργασιών

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε παρατήρηση και καταγραφή των εργασιών που σχετίζονται με την στρώση των σιδηροτροχιών επί των οποίων εδράζεται η γερανογέφυρα, και έπειτα, συμμετοχή σε αυτές μετά από την κατανόηση της διαδικασίας.

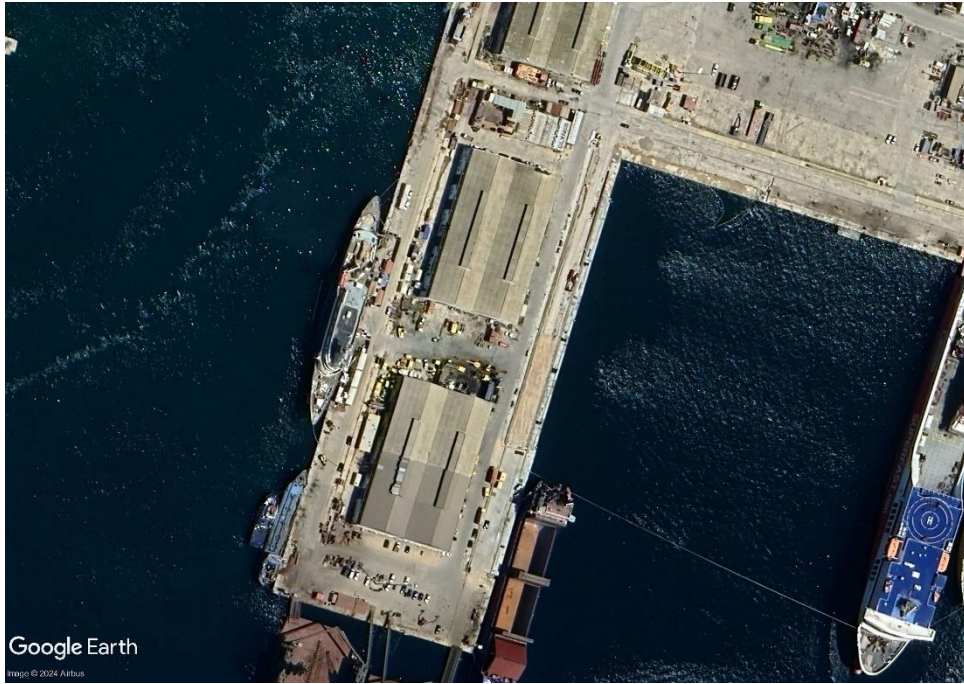
Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στους χώρους των λιμενικών εγκαταστάσεων του Οργανισμού Λιμένος Πειραιώς (ΟΛΠ) που τελούν υπό την διαχείριση της COSCO SHIPPING Ports Limited μέσω της θυγατρικής της Σταθμός Εμπορευματοκιβωτίων Πειραιά ΑΕ. Πιο συγκεκριμένα, στα πλαίσια μετατροπής μέρους της ναυπηγοεπισκευαστικής ζώνης (NEZ) Περάματος σε terminal διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων η κατασκευαστική εταιρεία ΑΚΤΩΡ ΑΕ έχει αναλάβει το έργο εγκατάστασης τριών γερανογεφυρών σε ορισμένες από τις προβλήτες της NEZ (Εικόνα 3.1).

Με βάση τις τεχνικές προδιαγραφές του έργου, πρόκειται για γερανογέφυρες οι οποίες θα κινούνται σε σιδηροτροχιές το εύρος των οποίων θα είναι ίσο με 10.5m.

Η πραγματοποίηση και καταγραφή των απαιτούμενων εργασιών έλαβε χώρα στην NEZ του Περάματος στις 2 Οκτωβρίου του 2023 από τις 7:45 έως τις 11:30. Οι καιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια των εργασιών ήταν ηλιοφάνεια με αραιές νεφώσεις και θερμοκρασία περί τους 15°C (Εικόνα 3.2).

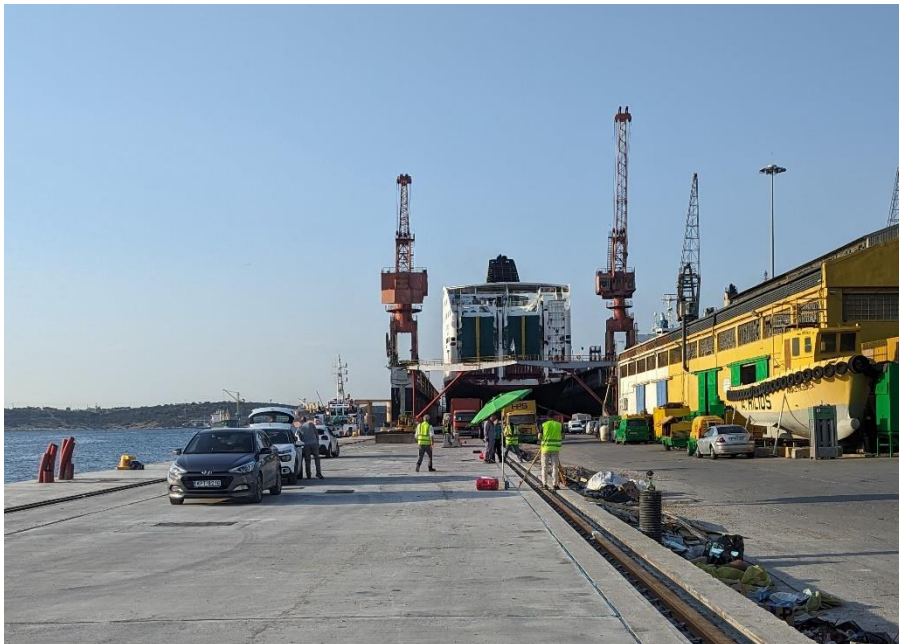
Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε αποτελούταν από:

- Ένα γεωδαιτικό σταθμό Leica TS15
- Γωνιά και μίνι κατάφωτο (Leica Mini prism)
- Ένα τρίποδα
- Κατάφωτα για την μέτρηση της ελεύθερης στάσης (Leica Mini prism και Leica Circular Prism)



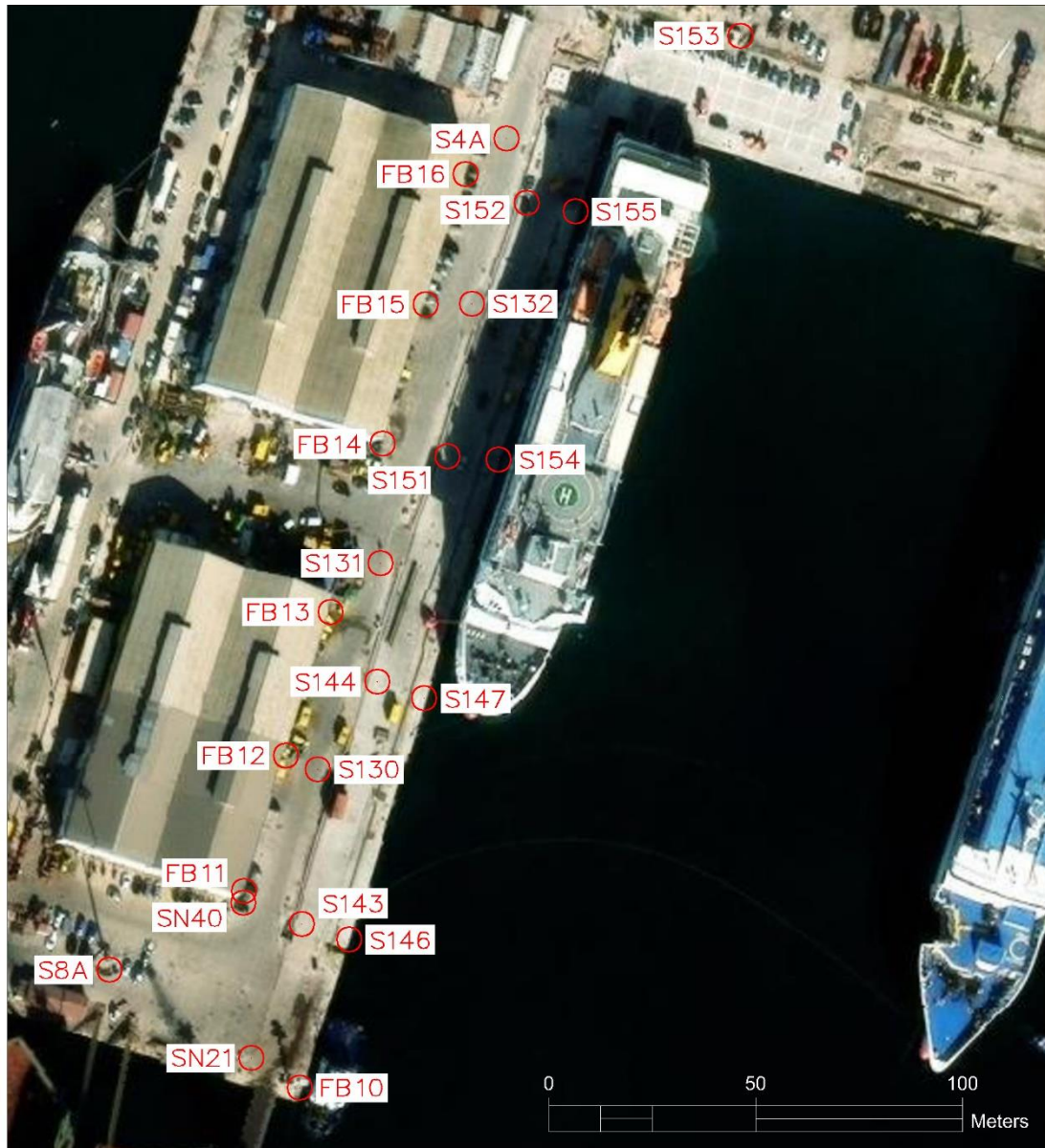
Εικόνα 3.1 Προβλήτα στη ΝΕΖ στην ανατολική πλευρά της οποίας πραγματοποιήθηκαν οι εργασίες [Πηγή: Google Earth]

Για την είσοδο στο χώρο και λόγω του ότι επρόκειτο για εργοτάξιο ήταν απαραίτητη η χρήση προστατευτικού εξοπλισμού όπως για παράδειγμα ανακλαστικά γιλέκα και παπούτσια ασφαλείας.



Εικόνα 3.2 Στιγμιότυπο από τον χώρο διεξαγωγής των εργασιών

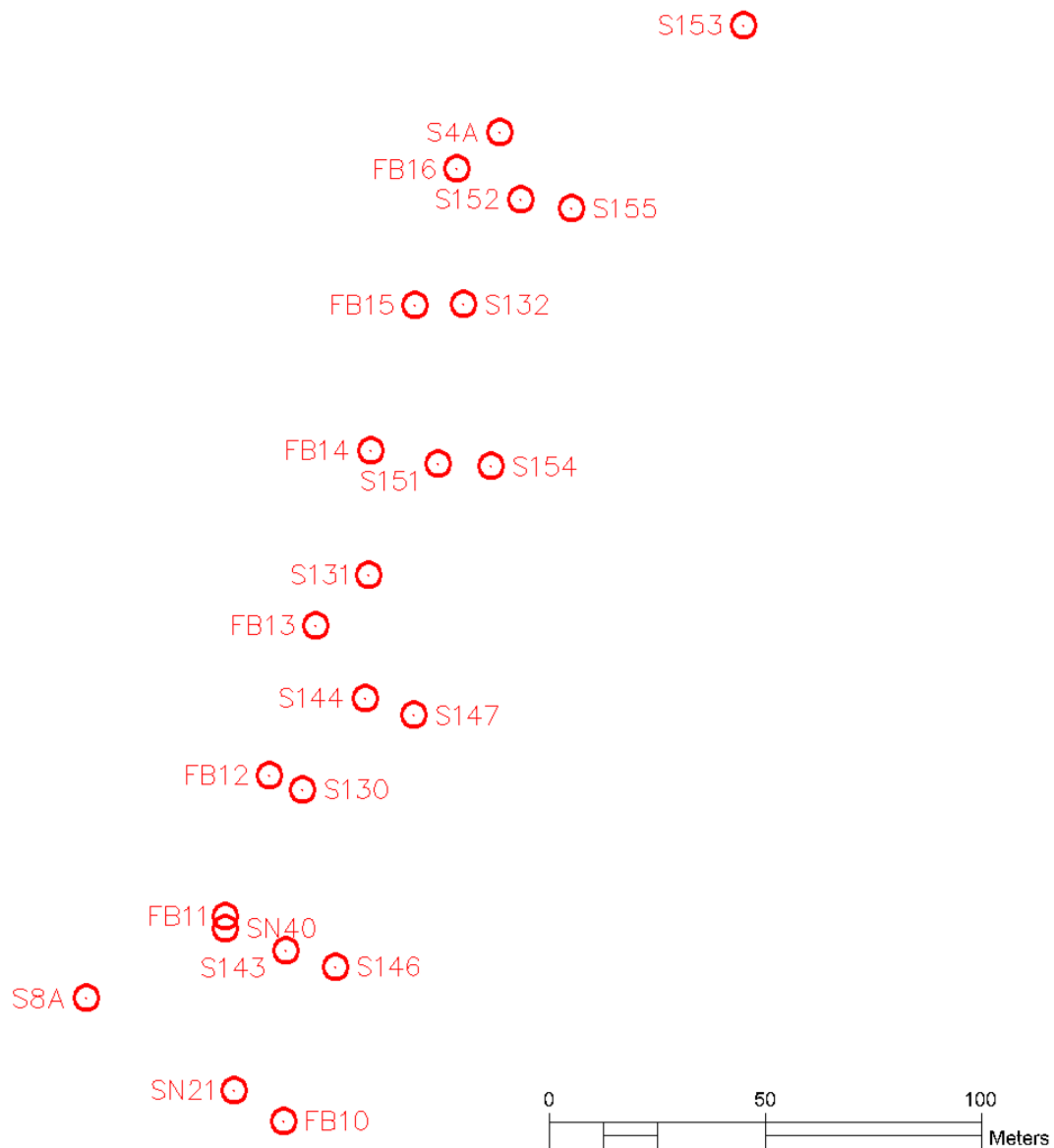
Το δίκτυο στο οποίο εντάχθηκαν οι εργασίες στρώσης και τακτοποίησης της σιδηροτροχιάς δημιουργήθηκε με την έναρξη κατασκευής του έργου το 2022. Ανάλογα με την εξέλιξη των εργασιών απαιτήθηκε η πυκνωση του δικτύου αυτού (Εικόνα 3.3). Οι παρούσες εργασίες συνδέθηκαν με το δίκτυο με την ίδρυση ελεύθερων στάσεων (μέθοδος free station) στο χώρο των εργασιών.



Εικόνα 3.3 Διάταξη γνωστών σημείων του δικτύου που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των ελεύθερων στάσεων του οργάνου

Πίνακας 3.1 Συντεταγμένες γνωστών σημείων δικτύου

Όνομα	x (m)	y (m)	H (m)	Τύπος
FB10	460898.7057	4201210.8128	4.9988	Στόχος σε τοιχοποιία
FB11	460885.1757	4201258.3218	4.4372	Στόχος σε τοιχοποιία
FB12	460895.3671	4201291.0703	5.1183	Στόχος σε τοιχοποιία
FB13	460906.1033	4201325.7930	5.3054	Στόχος σε τοιχοποιία
FB14	460918.7294	4201366.3941	5.0588	Στόχος σε τοιχοποιία
FB15	460929.1409	4201400.1284	4.8608	Στόχος σε τοιχοποιία
FB16	460938.8480	4201431.6218	5.0562	Στόχος σε τοιχοποιία
S130	460903.0662	4201287.6974	1.7865	Βάθρο
S131	460918.2335	4201337.5758	1.7981	Βάθρο
S132	460940.3240	4201400.2244	1.6836	Βάθρο
S143	460899.1935	4201250.3461	2.6378	Βάθρο
S144	460917.4670	4201308.9562	2.5401	Βάθρο
S146	460910.6457	4201246.6473	2.5396	Βάθρο
S149	460928.8125	4201304.9029	2.5568	Βάθρο
S151	460934.4013	4201363.3574	2.5787	Βάθρο
S152	460953.5030	4201424.6237	2.5354	Βάθρο
S153	461005.1831	4201464.9996	4.3719	Βάθρο
S154	460946.7440	4201362.6404	2.4532	Βάθρο
S155	460965.3234	4201422.5296	2.4107	Βάθρο
S4A	460948.7307	4201440.1848	1.8331	Καρφί
S8A	460852.7555	4201239.2687	2.1913	Καρφί
SN21	460886.9944	4201217.9764	2.2287	Καρφί
SN40	460885.0839	4201255.5191	2.0789	Καρφί



Σχήμα 3.1 Σκαρίφημα των σημείων του δικτύου που έχει ιδρυθεί στο χώρο της NEZ

3.2 Εργασίες προετοιμασίας του εδάφους και θεμελίωσης της βάσης έδρασης των σιδηροτροχιών

Της στρώσης της σιδηροτροχιάς προηγήθηκαν εργασίες προετοιμασίας του εδάφους και θεμελίωσης της βάσης έδρασης των σιδηροτροχιών. Σε πρώτη φάση καθαιρέθηκε το ανώτερο στρώμα της πλάκας του προβλήτα με σκοπό την εκσκαφή και εκ νέου θεμελίωση της βάσης των σιδηροτροχιών. Η θεμελίωση πραγματοποιήθηκε με χρήση οπλισμένου σκυροδέματος. Επί του οπλισμού αγκυρώθηκαν πίροι οι οποίοι χρησιμο-

ποιούνται για την σταθεροποίηση και πρόσδεση του μεταλλικού ελάσματος που χρησιμεύει ως βάση για την σιδηροτροχιά. Οι πίροι αυτοί τοποθετούνται σε θέσεις τέτοιες ώστε σε επόμενο στάδιο η σιδηροτροχιά να βρίσκεται πλησίον της τελικής της θέσης. Στη συνέχεια και αφού τα μεταλλικά ελάσματα προσδεθούν στους πίρους και τακτοποιηθούν στις τελικές τους θέσεις επέρχεται η τελική σκυροδέτηση των απολήξεων του οπλισμού και των πύλων μέχρι το κατώτερο επίπεδο των μεταλλικών πλακών.

Σε επόμενο στάδιο προσδένονται σε μπουλόνια επί των μεταλλικών ελασμάτων φαλτσοκομμένες δέστρες οι οποίες θα χρησιμεύσουν για την σταθεροποίηση της σιδηροτροχιάς στην τελική της θέση. Οι δέστρες αυτές είναι φαλτσοκομμένες ούτως ώστε να επιτρέπουν μικρομετακινήσεις της σιδηροτροχιάς με σκοπό της τακτοποίησής της. Τέλος, η σιδηροτροχιά εναποτίθεται ενδιάμεσου των δεσμών που βρίσκονται στις δύο πλευρές των μεταλλικών πλακών και ορίζουν στο περίπου την τελική της θέση. Μεταξύ της σιδηροτροχιάς και της μεταλλικής βάσης παρεμβάλλεται ελαστικό αντικραδασμικό επίθεμα.

3.3 Εργασίες τακτοποίησης γραμμής

Η σιδηροτροχιά τοποθετείται επί ελαστικού υποθέματος και σταθεροποιείται στην τελική της θέση με συνδέσμους που βρίσκονται εκατέρωθεν της. Ο τοπογράφος καλείται να υποδείξει την ορθή τελική θέση στην οποία θα δεθεί η σιδηροτροχιά. Κατά την εγκατάσταση των λιμενικών γερανογεφυρών απαιτούνται ακρίβειες μικρότερες του 1mm στο στάδιο στρώσης των δύο σιδηροτροχιών. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε έχει ακρίβεια $\pm 1'$ και $\pm 1\text{mm}$ κατά τη μέτρηση διευθύνσεων και μηκών αντίστοιχα, με τη χρήση αυτόματης εύρεσης στόχου (auto-lock ή automatic target aiming). Αυτό σημαίνει ότι οι απαιτήσεις ακρίβειας πληρούνται. Αρχικά, ο γεωδαιτικός σταθμός τοποθετήθηκε περί τα 50m από το ένα άκρο της σιδηροτροχιάς και άνωθεν αυτής. Αφού προσδιορίστηκε η θέση του, με τη μέθοδο της ελεύθερης στάσης που αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσης, ξεκίνησε η διαδικασία προσδιορισμού της θέσης της σιδηροτροχιάς. Το λογισμικό του οργάνου παρέχει τη δυνατότητα σε πραγματικό χρόνο να δίνεται η απόκλιση ενός σημείου από έναν δοσμένο θεωρητικό άξονα. Ο άξονας αυτός μπορεί να αντληθεί τόσο από αρχείο όσο και με τον καθορισμό σημείου αρχής και τέλους αν πρόκειται για ευθύγραμμο τμήμα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, επιλέχθηκε ο δεύτερος τρόπος, καθώς ένα από τα ζητούμενα κατά την κατασκευή γερανογεφυρών είναι και η ευθυγραμμία της τροχιάς κίνησης αυτών.

Το όργανο τοποθετήθηκε επί ξύλινου τρίποδα, ο οποίος προσφέρει μεγαλύτερη σταθερότητα λόγω του ότι το ξύλο δεν υπόκειται συστολής ή διαστολής (εξαιτίας ενδεχόμενων μεταβολών θερμοκρασίας). Το υλικό έδρασης του τρίποδα ήταν το τσιμέντο, το οποίο προσδίδει στο σύστημα όργανο-τρίποδας μια αρκετά καλή σταθερότητα.

Με δεδομένο ότι πρόκειται για ελεύθερη στάση στη διαδικασία δεν συμμετέχουν σφάλματα κέντρωσης, μιας και η υλοποίηση του σημείου προσδιορίζεται από την τομή των αξόνων του οργάνου. Επιπλέον, λόγω της χρήσης του συστήματος auto-lock και της δυνατότητας του οργάνου για αυτόματη αναστροφή-περιστροφή, εξαλείφονται τυχόν σφάλματα στην σκόπευση λόγω ομοιογένειας στη σκόπευση. Πέραν τούτου, η ύπαρξη του συστήματος αυτόματου εντοπισμού στόχου συμβάλλει στην ταχύτερη εξέλιξη των εργασιών στο πεδίο.

Βήμα το οποίο προηγήθηκε των μετρήσεων αποτελεί ο καθορισμός των βασικών παραμέτρων οι οποίες στη συνέχεια θα συμμετάσχουν στις μικροδιορθώσεις των μετρήσεων από το ίδιο το όργανο. Οι παράμετροι αυτές ήταν οι εξής:

- Ο συντελεστής γεωδαιτικής διάθλασης k που είναι ίσος με 0.16
- Η θερμοκρασία που τη δεδομένη χρονική στιγμή ήταν ίση με 20°C
- Η ατμοσφαιρική πίεση που ορίστηκε ίση με 1013.25mbar
- Ο συντελεστής κλίμακας του ΕΓΣΑ87 καθώς όλες οι συντεταγμένες των σημείων (μεταξύ αυτών και αυτά που ορίζουν τον άξονα των σιδηροτροχιών) αναφέρονται στο ΕΓΣΑ87. Ο συντελεστής που χρησιμοποιήθηκε ήταν ίσος με 0.99999969.

Ένα εξίσου σημαντικό βήμα τόσο κατά την προετοιμασία των μετρήσεων όσο και κατά τη διάρκεια εκτέλεσης αυτών αποτελεί η επιλογή του ορθού τύπου πρίσματος που θα χρησιμοποιηθεί στην εκάστοτε μέτρηση. Κατά την καταχώριση του πρίσματος, το όργανο επιλέγει και την αντίστοιχη σταθερά του καταφώτου η οποία υπεισέρχεται άμεσα στις μετρήσεις των μηκών.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, έγινε χρήση μόνο δύο τύπων κατάφωτων. Πρόκειται για τα Leica mini prism και τα Leica circle prism. Το πρώτο έχει σταθερά ίση με 17.5mm και χρησιμοποιήθηκε στα σημεία που βρίσκονται τοποθετημένα σε στοιχεία τοιχοποιίας αλλά και στην γωνιά, ενώ το δεύτερο, με σταθερά ίση με 0mm, τοποθετείται σε σημεία που έχουν υλοποιηθεί με την χρήση τσιμεντένιων βάθρων.

Κατά τον προσδιορισμό της θέσης της εκάστοτε στάσης του οργάνου έγινε χρήση του μέγιστου δυνατού αριθμού σημείων με γνωστές συντεταγμένες, τα οποία ήταν τοποθετημένα στην κάθετη τοιχοποιία των κτη-

ρίων που βρίσκονταν περιμετρικά των στάσεων, αλλά και σε τσιμεντένια βάρθρα που βρίσκονταν διάσπαρτα στο χώρο του προβλήτα. Λόγω του ότι πρόκειται για δίκτυο που ήταν ήδη υλοποιημένο πριν από τις εν λόγω μετρήσεις, οι συντεταγμένες των σημείων ήταν καταχωρημένες στη μνήμη του οργάνου. Αυτό έδινε τη δυνατότητα στον γεωδαιτικό σταθμό μετά την μέτρηση τουλάχιστον 2 σημείων να προσδιορίζει αυτόματα την θέση των επόμενων προς μέτρηση γνωστών σημείων.

Με την ολοκλήρωση της σκόπευσης και μέτρησης των γνωστών σημείων έγινε επίλυση του συστήματος με χρήση MET. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται αυτόματα από το λογισμικό του οργάνου και αποδίδει άμεσα τόσο τις συντεταγμένες της ελεύθερης στάσης όσο και την αβεβαιότητα προσδιορισμού αυτών.

Επόμενο στάδιο αποτελεί η τοποθέτηση επί της γραμμής κατάλληλα διαμορφωμένης γωνιάς στο κέντρο της οποίας τοποθετείται ένα mini prism (Εικόνα 3.4). Στη συνέχεια, λαμβάνονται μετρήσεις με το όργανο προς το πρίσμα αυτό και προσδιορίζεται η απόκλιση από τον άξονα. Η διαδικασία που ακολουθεί ο γεωδαιτικός σταθμός για τον προσδιορισμό της απόκλισης της πραγματικής θέσης της σιδηροτροχιάς στο σημείο αυτό από την θεωρητική θέση της από την μελέτη είναι η εφαρμογή του τύπου της απόστασης σημείου από ευθεία. Η απόκλιση αυτή γνωστοποιείται στα άτομα που τακτοποιούν οριζοντιογραφικά την γραμμή και, αφού ελεγχθεί με επόμενες μετρήσεις στο ίδιο σημείο ότι η απόκλιση της γραμμής βρίσκεται εντός των αποδεκτών ορίων που ορίζουν οι τεχνικές προδιαγραφές του έργου, η γραμμή «δένεται» στη τελική της θέση. Κατά την σταθεροποίηση της γραμμής στην τελική της θέση λαμβάνεται μέτρηση η οποία καταγράφεται στον γεωδαιτικό σταθμό ως η τελική και οριστική θέση της σιδηροτροχιάς για τις ανάγκες κατασκευής σχεδίου As Built το οποίο χρησιμοποιείται τόσο για την απόδειξη της καλής εκτέλεσης του έργου στον κύριο του έργου όσο και για μελλοντικές εργασίες ελέγχου και συντήρησης.



Εικόνα 3.4 Η γωνιά και το κατάφωτο το οποίο χρησιμοποιείται για την μέτρηση της γραμμής

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται σε διαδοχικές θέσεις που απέχουν μεταξύ τους περί τα δύο μέτρα. Όταν το πρίσμα με την γωνιά πλησιάσουν τον γεωδαιτικό σταθμό τόσο ώστε η κατακόρυφη γωνία να είναι πολύ οξεία, το όργανο μεταφέρεται και τοποθετείται στο επόμενο 50μετρο τμήμα της σιδηροτροχιάς. Η διαδικασία αυτή ολοκληρώνεται όταν η πρώτη σιδηροτροχιά έχει τακτοποιηθεί στην τελική της θέση.

Για το «δέσιμο» και της δεύτερης σιδηροτροχιάς ακολουθείται η ίδια διαδικασία, με τη διαφορά ότι ο άξονας αναφοράς παραμένει ο ίδιος με πριν. Με τον τρόπο αυτό, διασφαλίζεται η παραλληλία των δύο σιδηροτροχιών, αλλά και η τήρηση καθ' όλο το μήκος τους του οριζόμενου από τις προδιαγραφές εύρους τους.

Τόσο κατά τη διάρκεια των παραπάνω διαδικασιών όσο και στη λήξη αυτών, και με δεδομένη την συνεχή κίνηση ατόμων πέριξ του οργάνου, κρίνεται σκόπιμος ο έλεγχος του οργάνου για αποκλίσεις της αεροστάθμης, καθώς επίσης και πραγματοποίηση μετρήσεων προς γνωστά σημεία (κατά προτίμηση όσο το δυνατόν πιο μακρινά) για εντοπισμό πιθανών μετακινήσεων αυτού. Στην περίπτωση που υπάρχει διαφορά μεταξύ των μετρημένων συντεταγμένων του σημείου και των ήδη γνωστών του κατά την ίδρυση του δικτύου, τότε η διαδικασία προσδιορισμού των συντεταγμένων της ελεύθερης στάσης ή/και η οριζοντίωση του οργάνου θα πρέπει να επαναληφθεί.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τελικές συντεταγμένες των ελεύθερων στάσεων που υλοποιήθηκαν συνοδευόμενες από τα σφάλματα που τους αντιστοιχούν.

Πίνακας 3.2 Συντεταγμένες ελεύθερης στάσης

231002A			
x	460926.6317m	±4mm	
y	4201335.2225m	±5mm	
H	3.4964m	±5mm	
Προσανατολισμός	143.1938 ^g	±3 ^{cc}	
Γνωστά Σημεία	FB12, FB11, FB10, S149, S144, S153, S152, S151, FB15, FB14		

231002B			
x	460939.9790m	±4mm	
y	4201377.7704m	±4mm	
H	3.5023m	±5mm	
Προσανατολισμός	115.7195 ^g	±3 ^{cc}	
Γνωστά Σημεία	S153, S152, S151, S149, FB16, FB15, FB14, FB12, FB11, S144		
231002D			

x	460935.5944m	±5mm	
y	4201328.9085m	±4mm	
H	3.5263m	±6mm	
Προσανατολισμός	3.2038 ^g	±3 ^{cc}	
Γνωστά Σημεία	S153, S152, S151, S149, S144, FB16, FB15, FB14, FB12, FB10		
231002E			
x	460935.5938m	±3mm	
y	4201328.9089m	±3mm	
H	3.5264m	±5mm	
Προσανατολισμός	-0.0016 ^g	±2 ^{cc}	
Γνωστά Σημεία	S153, S152, S151, S149, S144, FB15, FB12, FB11, FB10, FB14		
231002G			
x	460948.6945m	±3mm	
y	4201371.0396m	±3mm	
H	3.4505m	±5mm	
Προσανατολισμός	137.4570 ^g	±2 ^{cc}	
Γνωστά Σημεία	FB16, FB15, FB14, FB12, S153, S152, S151, S144, S149		

Τελικό βήμα της κατασκευής του ζεύγους των σιδηροτροχιών αποτελεί η συγκόλληση μικρών μεταλλικών κομματιών τα οποία εφάπτονται των σιδηροτροχιών και από τις δύο πλευρές τους και οριοθετούν την τελική τους θέση. Τα κομμάτια αυτά χρησιμεύουν στην περίπτωση όπου η σιδηροτροχιά θα χρειαστεί να αφαιρεθεί να είναι εφικτή η εξαναγκασμένη τοποθέτηση της ξανά στην σωστή της θέση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΛΗΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ Ε- ΝΟΣ ΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΛΙΜΕΝΙΚΗΣ ΓΕΡΑΝΟ- ΓΕΦΥΡΑΣ

4.1 Χρόνος και χώρος εκτέλεσης εργασιών

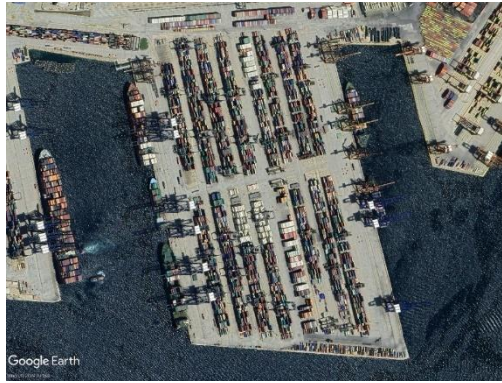
Η κατασκευάστρια εταιρεία ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε. πραγματοποίησε τις απαραίτητες εργασίες για την στρώση μιας νέας σιδηροτροχιάς η οποία βασιζόμενη σε ήδη υπάρχουσα υποδομή θα δώσει την δυνατότητα σε γερανογέφυρες διαφορετικού πλάτους να χρησιμοποιούν κοινή υποδομή. Το έργο αυτό εκτελείται στην προβλήτα 2 (Pier II) του τερματικού σταθμού εμπορευματοκιβωτίων του ΟΛΠ Α.Ε (Εικόνα 4.1).

Προ της τελικής παραδόσεως του έργου στον κύριο του έργου απαιτείται ο έλεγχος της καλής εκτέλεσης της εργολαβίας. Ο έλεγχος αυτός είναι ίδιος με αυτός που πραγματοποιείται καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του έργου για να διαπιστωθεί η ανάγκη ή όχι πραγματοποίησης συντήρησης. Κύριο αντικείμενο του ελέγχου που πραγματοποιείται είναι η διαπίστωση ότι οι σιδηροτροχιές κίνησης της γερανογέφυρας παραμένουν εντός των αποδεκτών ορίων ασφαλούς λειτουργίας. Με σκοπό την καταγραφή της μεθοδολογίας του ελέγχου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις που αποσκοπούν στην πύκνωση του ήδη υπάρχοντος δικτύου και την αποτύπωση της τρέχουσας κατάστασης των σιδηροτροχιών.

Η πραγματοποίηση των μετρήσεων έγινε στις 15 Μαΐου του 2023 από τις 8:45 έως τις 12:45 στο Pier II του ΟΛΠ. Οι καιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια των εργασιών ήταν ηλιοφάνεια με αραιές νεφώσεις και θερμοκρασία περί τους 19°C (Εικόνα 4.2).

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε αποτελούταν από:

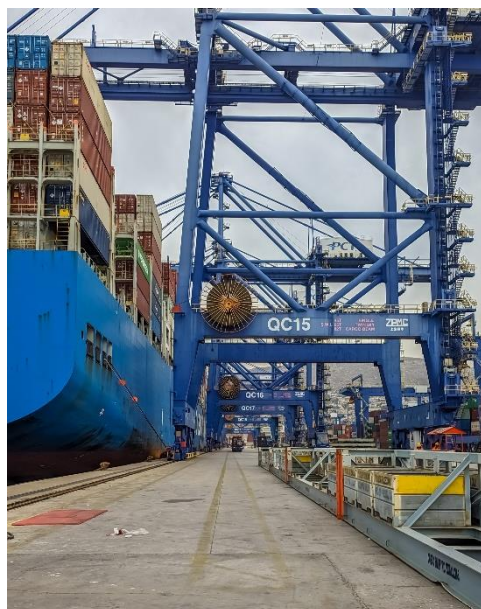
- Ένα γεωδαιτικό σταθμό Leica TS15
- Γωνιά και μίνι κατάφωτο (Leica mini prism)
- Ένα τρίποδα
- Μίνι κατάφωτα για την μέτρηση της ελεύθερης στάσης (Leica Mini Prism)
- Κατάφωτα για την πύκνωση του δικτύου (Leica Circular Prism)



Εικόνα 4.1 Δορυφορική εικόνα της προβλήτας 2 του ΟΛΠ [Πηγή: Google Earth]

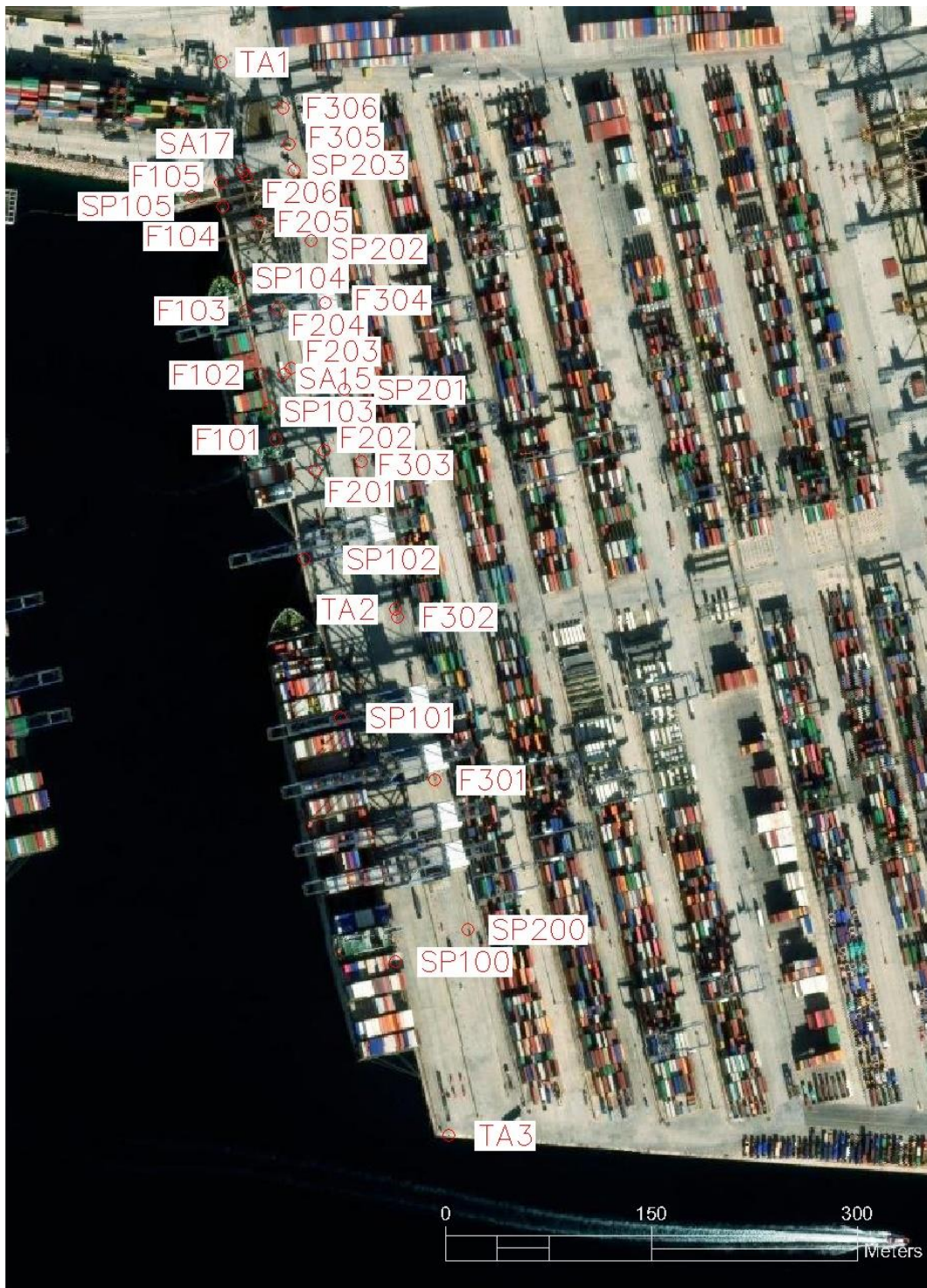
Λόγω της φύσεως του εργοταξίου (εναέρια κίνηση κοντέινερ κατά την διάρκεια φορτοεκφορτώσεων πλοίων από τις προϋπάρχουσες γερανογέφυρες), είναι απαραίτητη η λήψη μέτρων ασφαλείας από όσους εκτελούν εργασίες εντός αυτού. Πιο συγκεκριμένα, όλα τα οχήματα που εισέρχονται στον χώρο πρέπει να είναι εφοδιασμένα με φάρο στην οροφή τους. Επιπλέον, το προσωπικό υποχρεούται να φοράει καθ' όλη τη διάρκεια παραμονής του στο χώρο του λιμένα κράνος, ανακλαστικό γιλέκο και παπούτσια ασφαλείας.

Η κίνηση του προσωπικού πλησίον των βάσεων των γερανογεφυρών αντενδείκνυται για λόγους ασφαλείας. Επιπλέον, κάθε εργασία οφείλει να λαμβάνει χώρα εκτός του περιτυπώματος των γερανογεφυρών κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους.



Εικόνα 4.2 Στιγμιότυπο από το χώρο πραγματοποίησης των εργασιών αποτύπωσης

Οι εργασίες αποτύπωσης των σιδηροτροχιών εντάχθηκαν σε δίκτυο που προϋπήρχε στο χώρο του Pier II και το οποίο επεκτάθηκε για τις ανάγκες της αποτύπωσης (Εικόνα 4.3). Η σύνδεση των τρεχουσών εργασιών με το παραπάνω δίκτυο πραγματοποιήθηκε με την ίδρυση ελεύθερων στάσεων.

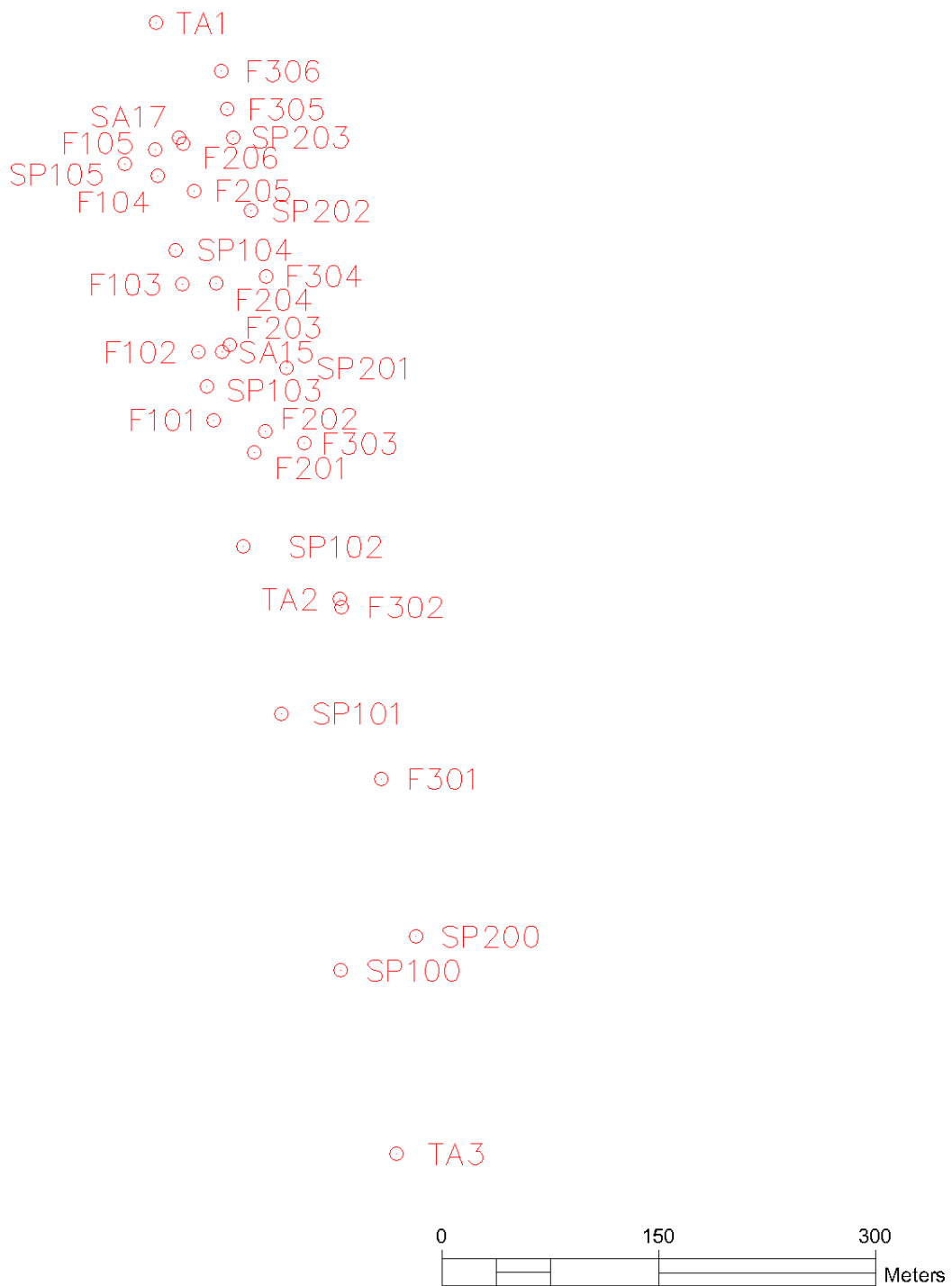


Εικόνα 4.3 Διάταξη γνωστών σημείων του δικτύου που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των ελεύθερων στάσεων του οργάνου

Πίνακας 4.1 Συντεταγμένες γνωστών σημείων δικτύου

Όνομα	x (m)	y (m)	H (m)	Τύπος
F101	463703.9025	4200780.4329	2.4445	Στόχος στο δάπεδο
F102	463693.1030	4200827.4675	2.4999	Στόχος στο δάπεδο
F103	463682.3322	4200874.3312	2.5394	Στόχος στο δάπεδο
F104	463665.1072	4200949.8575	2.6306	Στόχος στο δάπεδο
F105	463663.3723	4200967.7580	3.9525	Στόχος στο δάπεδο
F201	463732.2174	4200757.8447	2.3504	Στόχος στο δάπεδο
F202	463739.4054	4200772.4946	3.7411	Στόχος στο δάπεδο
F203	463715.0813	4200832.4869	2.4301	Στόχος στο δάπεδο
F204	463705.2559	4200875.2833	2.4732	Στόχος στο δάπεδο
F205	463690.5914	4200939.2568	2.5312	Στόχος στο δάπεδο
F206	463682.9312	4200971.9189	3.9504	Στόχος στο δάπεδο
F301	463819.8257	4200531.8112	3.1055	Στόχος σε βάθρο από σκυρόδεμα
F302	463792.5955	4200650.7708	3.1755	Στόχος σε βάθρο από σκυρόδεμα
F303	463766.5540	4200764.1689	3.2910	Στόχος σε βάθρο από σκυρόδεμα
F304	463739.9414	4200880.1370	3.4405	Στόχος σε βάθρο από σκυρόδεμα
F305	463713.4318	4200995.7495	3.6795	Στόχος σε βάθρο από σκυρόδεμα
F306	463708.7925	4201022.0829	3.8001	Στόχος σε βάθρο από σκυρόδεμα
S11	463872.1862	4200268.1759	1.6743	Καρφί - Πολυγωνομετρικό σημείο
SA15	463709.7771	4200827.5945	2.4117	Καρφί - Πολυγωνομετρικό σημείο
SA17	463679.5019	4200975.9926	2.5264	Καρφί - Πολυγωνομετρικό σημείο
SP101	463750.7717	4200577.0608	2.1491	Καρφί - Πολυγωνομετρικό σημείο
SP102	463724.2113	4200692.7437	2.2622	Καρφί - Πολυγωνομετρικό σημείο
SP103	463699.0343	4200803.8033	2.3832	Καρφί - Πολυγωνομετρικό σημείο
SP104	463677.1931	4200898.2554	2.4940	Καρφί - Πολυγωνομετρικό σημείο
SP105	463642.4896	4200957.8610	1.7090	Καρφί - Πολυγωνο-

				μετρικό σημείο
SP200	463844.0334	4200422.7325	1.9734	Καρφί - Πολυγωνο- μετρικό σημείο
SP201	463754.1761	4200816.5173	2.4048	Καρφί - Πολυγωνο- μετρικό σημείο
SP202	463729.3193	4200925.2796	2.4989	Καρφί - Πολυγωνο- μετρικό σημείο
SP203	463717.5059	4200976.2310	2.5474	Καρφί - Πολυγωνο- μετρικό σημείο
TA1	463663.8680	4201055.4910	3.0630	Καρφί - τριγωνομε- τρικό αναφοράς
TA2	463791.0613	4200656.4453	2.2261	Καρφί - τριγωνομε- τρικό αναφοράς
TA3	463830.1650	4200272.2527	1.7660	Καρφί - τριγωνομε- τρικό αναφοράς



Σχήμα 4.1 Σκαρίφημα των κορυφών του δικτύου που έχει ιδρυθεί στο χώρο της προβλήτας II του ΟΛΠ

4.2 Επέκταση δικτύου

Των εργασιών αποτύπωσης των σιδηροτροχιών προηγήθηκαν οι μετρήσεις που επέτρεψαν την ίδρυση νέων στάσεων με σκοπό την πύκνωση του δικτύου.

Τα νέα σημεία που υλοποιήθηκαν φέρουν την ονομασία S11 και SP100 και υλοποιήθηκαν με τη χρήση καρφιού. Ο γεωδαιτικός σταθμός τοποθετήθηκε διαδοχικά σε διάφορες γνωστές κορυφές του δικτύου και αφού οριζοντιωνόταν και κεντρωνόταν ξεκινούσε η διαδικασία των μετρήσεων. Οι συντεταγμένες των σημείων του προϋπάρχοντος δικτύου είναι καταχωρημένες στην μνήμη του γεωδαιτικού σταθμού. Αυτό επιτρέπει στον σταθμό να μπορεί να προσανατολιστεί και να εντοπίσει αυτόματα τα σημεία του δικτύου έπειτα από την χειροκίνητη στόχευση από τον χρήστη δύο ή τριών κορυφών του δικτύου. Η απαίτηση για δύο ή τρία σημεία εξαρτάται από την αβεβαιότητα των μετρήσεων. Αφού ο γεωδαιτικός σταθμός μπορέσει να προσδιορίσει χονδροειδώς την θέση του και να εντοπίσει τις κορυφές του δικτύου ορίζεται ο αριθμός των προς μέτρηση περιόδων. Στη συνέχεια ο ρομποτικός γεωδαιτικός σταθμός με τη βοήθεια του servo και της λειτουργίας auto lock ξεκινάει να πραγματοποιεί μετρήσεις προς όλες τις ορατές προϋπάρχουσες κορυφές του δικτύου εκτελώντας αυτόματα αναστροφή και περιστροφή του τηλεσκοπίου του. Στην περίπτωση όπου κάποιος στόχος την δεδομένη στιγμή της μέτρησης δεν είναι ορατός από τον γεωδαιτικό σταθμό ή στην περίπτωση όπου κάποιο αντικείμενο το οποίο εμφανίζει ανακλαστικότητα παρεμβληθεί μεταξύ του γεωδαιτικού σταθμού και του στόχου τότε η διαδικασία μέτρησης παύει και εμφανίζεται στο χειριστή προειδοποιητικό μήνυμα. Ο χειριστής τότε έχει τη δυνατότητα είτε να επαναλάβει τη μέτρηση είτε να την παραλείψει. Και στις δύο περιπτώσεις η διαδικασία των μετρήσεων συνεχίζεται κανονικά μετά από την παρέμβαση του χειριστή. Επιπλέον με βάση το μήνυμα ο χειριστής μπορεί να αντιληφθεί την φύση του προβλήματος καθώς στην πρώτη περίπτωση ο γεωδαιτικός σταθμός ενημερώνει για την απουσία στόχου ενώ στην δεύτερη περίπτωση ο σταθμός ενημερώνει για την εύρεση του στόχου σε σημείο πολύ διαφορετικό από το αναμενόμενο.

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας των μετρήσεων από τον γεωδαιτικό σταθμό οι συντεταγμένες των νέων στάσεων είναι πλέον γνωστές από τον σταθμό. Για την επαλήθευση όμως των μετρήσεων και των τελικών συντεταγμένων γίνεται επίλυση του δικτύου στο γραφείο με βάση τα πρωτογενή δεδομένα των μετρήσεων.

Επιπλέον, το υψόμετρο μίας εκ των δύο νέων στάσεων προσδιορίστηκε και με την μέθοδο της γεωμετρικής χωροστάθμησης. Έγινε χρήση ενός ψηφιακού χωροβάτη τύπου Trimble DiNi. Πιο συγκεκριμένα υλοποι-

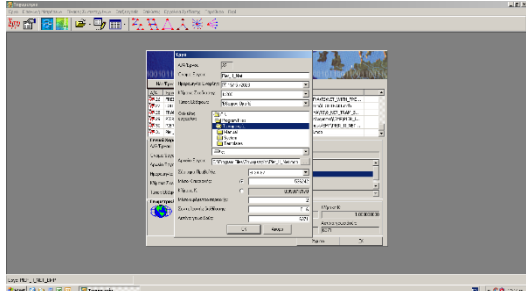
ήθηκε μια χωροσταθμική όδευση με αφετηρία το σημείο SP101, τέλος το σημείο SP200 και ενδιάμεσο το σημείο SP100 που αποτελεί και το ένα εκ των δύο νέων σημείων. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε μετάβαση και επιστροφή και με γνωστά τα υψόμετρα των σημείων SP101 και SP200. Τα αποτελέσματα των πραγματοποιηθέντων μετρήσεων παρουσιάζονται παρακάτω ενώ οι πλήρεις αναγνώσεις του χωροβάτη παρατίθενται στο παράρτημα της παρούσης.

Πίνακας 4.2 Υψομετρικές διαφορές και τελικό υψόμετρο στάσης

Σημείο	Aller	Retour	dE	Διόρθωση	Υψόμετρο
SP101					2.1491
	-0.1927	0.1937	-0.1932	-0.00055	
SP100					1.9554
	0.0186	-0.0186	0.0186	-0.00055	
SP200					1.9734

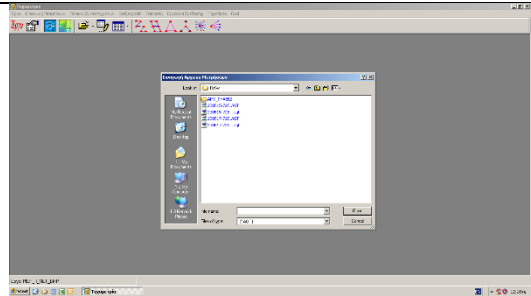
Για την επίλυση του δικτύου χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό «Ταχυμετρία». Το σύνολο των πρωτογενών δεδομένων παρουσιάζεται αναλυτικά στο παράρτημα της παρούσας. Αρχικά, το δίκτυο επιλύθηκε με την συμμετοχή του συνόλου των παρατηρήσεων. Οι συντεταγμένες των προϋπαρχοντων σημείων θεωρήθηκαν ως γνωστές και κατά συνέπεια οι κορυφές αυτές σταθεροποιήθηκαν. Επιπλέον, το υψόμετρο που προσδιορίστηκε με την μέθοδο της γεωμετρικής χωροστάθμησης καταχωρήθηκε στο σημείο SP100 και θεωρήθηκε ως γνωστό. Συνεπώς, οι άγνωστες παράμετροι ήταν πέντε (δύο ζεύγη x και y και ένα υψόμετρο H). Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την παραγωγή της πρώτης επίλυσης στο πρόγραμμα Ταχυμετρία παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 4.3 Παρουσίαση βημάτων επίλυσης του δικτύου με χρήση του λογισμικού Ταχυμετρία

Βήμα 1 ^ο	
<p>Δημιουργία νέου έργου με καθορισμό των βασικών παραμέτρων: σύστημα προβολής, μέσο Χ περιοχής για υπολογισμό κλίμακας K, μέσο υψόμετρο περιοχής, συντελεστής διάθλασης και ακτίνα γεωειδούς</p>	

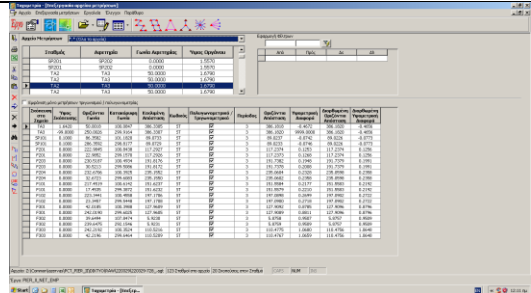
Βήμα 2^ο

Εισαγωγή μετρήσεων από αρχείο μορφής AGT



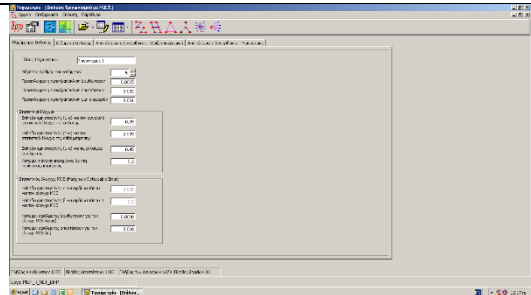
Βήμα 3^ο

Έλεγχος των μετρήσεων για προβλήματα κατά την εισαγωγή του αρχείου



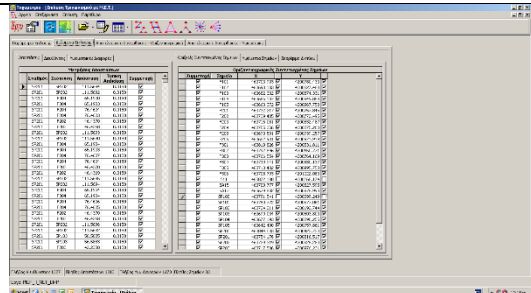
Βήμα 4^ο

Καθορισμός παραμέτρων επίλυσης: μέγιστος αριθμός επαναλήψεων, προεπιλεγμένες τυπικές αποκλίσεις αποστάσεων, διευθύνσεων και υψομέτρων αντίστοιχα



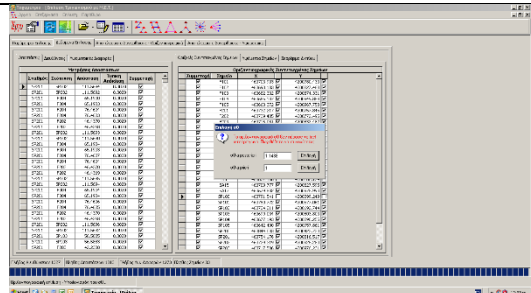
Βήμα 5^ο

Επιλογή των προς συμμετοχή μετρήσεων και σημείων και σταθεροποίηση κορυφών του δικτύου



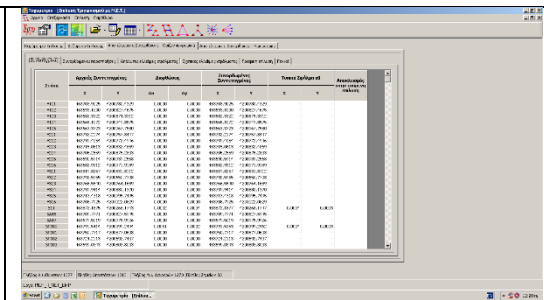
Βήμα 6^ο

Επίλυση του δικτύου και έλεγχος χ^2



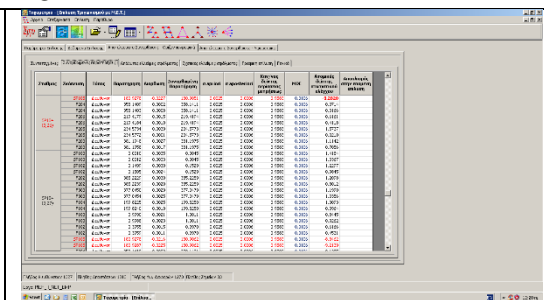
Βήμα 7^ο

Προβολή τελικών συντεταγμένων και υψομέτρων των κορυφών του δικτύου



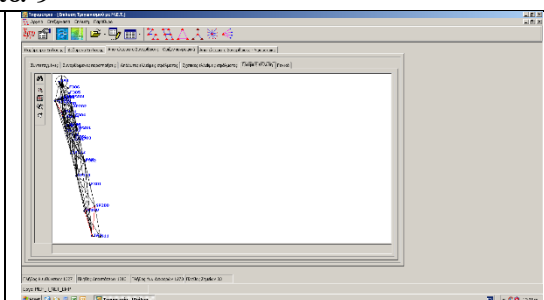
Βήμα 8^ο

Προβολή συνορθωμένων παρατηρήσεων και επιλογή παρατηρήσεων προς αποκλεισμό με βάση τον ατομικό δείκτη στατιστικού ελέγχου



Βήμα 9^ο

Προβολή σκαριφήματος δικτύου για εποπτικό έλεγχο του δικτύου, εξαγωγή της επίλυσης



Προκειμένου να προκύψει η βέλτιστη λύση του δικτύου παρελήφθησαν μετρήσεις του δικτύου με χαμηλή ακρίβεια. Οι προς απόρριψη μετρήσεις επιλέχθηκαν με βάση τον ατομικό δείκτη στατιστικού ελέγχου αλλά και με βάση το σκεπτικό να μην αποδυναμωθεί το δίκτυο, καθώς σε μια τέτοια περίπτωση η μεγάλη ακρίβεια του δικτύου θα ήταν πλασματική. Για το λόγο αυτό το δίκτυο επιλύθηκε με αρκετούς διαφορετικούς συνδυασμούς όπου κάθε φορά παραλείπονταν οι μετρήσεις με τον μεγαλύτερο ατομικό δείκτη μέχρι το σημείο να πληρούνται δύο βασικές προϋποθέσεις: να μην υπάρχουν μετρήσεις με υψηλό ατομικό δείκτη στατιστικού ελέγχου και κάθε πλευρά του δικτύου να ορίζεται από ένα επαρκές πλήθος μετρήσεων.

Στην προκειμένη περίπτωση η βέλτιστη επίλυση του δικτύου θεωρήθηκε ότι επετεύχθη μετά από 5 προσπάθειες. Συνολικά απορρίφθηκαν 35 μετρήσεις αποστάσεων, 1 μέτρηση διεύθυνσης και 41 υψομετρικές παρατηρήσεις. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα η a posteriori ακρίβεια της οριζο-

ντιογραφικής επίλυσης να βελτιωθεί από το 1.1434 στο 0.7963 και της υψομετρικής επίλυσης από τα 0.2184mm στα 0.1960mm.

Το αποτέλεσμα της τελικής συνόρθωσης που προέκυψε συγκρίθηκε με αυτό που είχε προκύψει από την αυτόματη επίλυση του γεωδαιτικού σταθμού. Παρά του ότι οι αποκλίσεις που παρατηρήθηκαν μεταξύ των δύο επιλύσεων ήταν μικρές οι συντεταγμένες της αυτόματης επίλυσης του γεωδαιτικού σταθμού αντικαταστάθηκαν χειροκίνητα από αυτές που προέκυψαν από την συνόρθωση του δικτύου προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη δυνατή ακρίβεια κατά το στάδιο της αποτύπωσης των σιδηροτροχιών.

4.3 Αποτύπωση γραμμής

Προκειμένου να διαπιστωθεί είτε η ορθή εκτέλεση του έργου είτε η ανάγκη συντήρησης της υποδομής μιας γερανογέφυρας απαιτείται αρχικά η αποτύπωση των σιδηροτροχιών που υποστηρίζουν την κίνησή της. Αυτό αποσκοπεί στην διαπίστωση ότι το ζεύγος των σιδηροτροχιών πληροί τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί από τον κατασκευαστή της γερανογέφυρας.

Η αποτύπωση πραγματοποιείται με την ίδρυση μίας ή και περισσότερων ελεύθερων στάσεων. Οι στάσεις αυτές χωροθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται βέλτιστη ορατότητα προς τα γνωστά σημεία του δικτύου αλλά και προς τις σιδηροτροχιές. Επιπλέον θα πρέπει να αποφεύγονται στάσεις που θα οδηγήσουν σε μικρές κατακόρυφες γωνίες κατά την διάρκεια της αποτύπωσης, καθώς αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σφάλματα.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτυπώθηκε το σύστημα τριών σιδηροτροχιών που υπάρχουν στη δυτική πλευρά του Pier II του Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων (Σ.ΕΜΠΟ.). Στη συγκεκριμένη προβλήτα απαντάται ένα σύστημα σιδηροτροχιών μεικτού εύρους. Η δυτική σιδηροτροχιά είναι κοινή και στα δύο ζεύγη. Η απόσταση δυτικής και ανατολικής σιδηροτροχιάς είναι 30.5m ενώ δυτικής και μεσαίας ράγας είναι 20m. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η κίνηση δύο διαφορετικών ειδών γερανών στο ίδιο τμήμα του προβλήτα με μείωση του κόστους κατασκευής. Η μεσαία σιδηροτροχιά κατασκευάστηκε σε μεταγενέστερο χρόνο από τις άλλες δύο και έπρεπε να ακολουθήσει πιστά οποιοδήποτε κατασκευαστικό σφάλμα και απόκλιση είχε η δυτική σιδηροτροχιά.

Οι εργασίες αποτύπωσης που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν την μεσαία και ανατολική σιδηροτροχιά. Τα δεδομένα αποτύπωσης της δυτικής τροχιάς είχαν ληφθεί σε προγενέστερο χρόνο (Εικόνα 4.4).



Εικόνα 4.4 Σκαρίφημα του άξονα των τριών σιδηροτροχιών που βρίσκονται στο Pier II

Αρχικά, ο γεωδαιτικός σταθμός τοποθετήθηκε στην (ελεύθερη) στάση με κωδικό F230515A από όπου εξασφαλιζόταν απρόσκοπτη θέαση προς τις δύο σιδηροτροχιές και προς τα απαιτούμενα γνωστά σημεία (Εικόνα 4.11). Για την έδραση του total station χρησιμοποιήθηκε και σε αυτή τη περίπτωση ξύλινος τρίποδας λόγω της σταθερότητας που προσφέρει.

Το σύστημα του auto-lock ήταν ενεργοποιημένο εξαλείφοντας τα σφάλματα στόχευσης και μειώνοντας τον χρόνο που απαιτούταν για την πραγματοποίηση των μετρήσεων. Επιπλέον, σφάλματα κέντρωσης δεν υπεισέρχονται στις μετρήσεις λόγω της φύσης της μεθόδου της ελεύθερης στάσης (υλοποίηση σημείου από την τομή των αξόνων).

Προ της πραγματοποίησης των μετρήσεων καθορίστηκαν μέσω του μενού του γεωδαιτικού διάφορες μεταβλητές οι οποίες συμμετέχουν στην

αναγωγή των μετρήσεων και στη διόρθωση των αποτελεσμάτων. Οι μεταβλητές αυτές ήταν οι εξής:

- Ο συντελεστής γεωδαιτικής διάθλασης k που είναι ίσος με 0.16
- Η θερμοκρασία που την δεδομένη χρονική στιγμή ήταν ίση με 20°C
- Η ατμοσφαιρική πίεση που ορίστηκε ίση με 1012.61mbar
- Ο συντελεστής κλίμακας του ΕΓΣΑ87 καθώς όλες οι συντεταγμένες των σημείων (μεταξύ αυτών και αυτά που ορίζουν τον άξονα των σιδηροτροχιών) αναφέρονται στο ΕΓΣΑ87. Ο συντελεστής που χρησιμοποιήθηκε ήταν ίσος με 0.99999969.

Για τον προσδιορισμό της θέσης της ελεύθερης στάσης χρησιμοποιήθηκαν 4 γνωστά σημεία τα οποία ήταν ομοιόμορφα κατανεμημένα περιμετρικά του οργάνου. Τα σημεία αυτά ήταν υλοποιημένα ως βάθρα ή με καρφιά ή βρίσκονταν πακτωμένα σε κάποιο σταθερό στοιχείο του χώρου (πχ στοιχείο τοιχοποιίας ή στύλος φωτισμού).

Τα σημεία σκοπεύθηκαν με χρήση πρίσματος Leica mini prism πλην αυτού που βρισκόταν επί του βάθρου όπου χρησιμοποιήθηκε τρικόχλιο και πρίσμα τύπου Leica round prism.

Πίνακας 4.4 Παρουσίαση των βημάτων για την αρχικοποίηση και την πραγματοποίηση των μετρήσεων

<p>Εικόνα 4.5 Δημιουργία Job</p>	<p>Εικόνα 4.6 Αρχικό menu του οργάνου</p>	<p>Εικόνα 4.7 Επιλογή επιθυμητής εργασίας</p>
<p>Εικόνα 4.8 Επιλογή της μεθόδου προσδιορισμού της θέσης του οργάνου</p>	<p>Εικόνα 4.9 Καταχώρηση στοιχείων ελεύθερης στάσης</p>	<p>Εικόνα 4.10 Επιλογή σημείου προς μέτρηση</p>

Πίνακας 4.5 Συνοπτική παρουσίαση των χαρακτηριστικών των σημείων και του τρόπου σκόπευσής τους

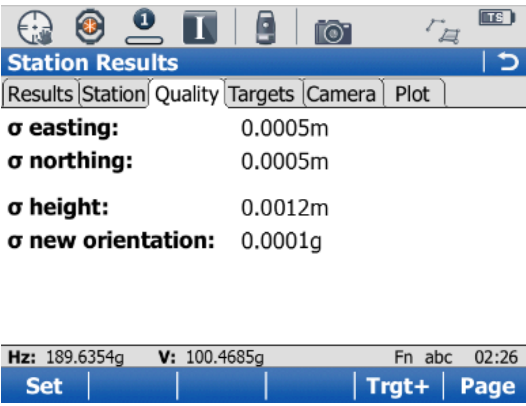
Όνομα Σημείου	Τρόπος υλοποίησης	Είδος καταφώτου	Ύψος στόχου
SP101	Καρφί	Leica mini prism	0.100m
F301	Βάθρο	Leica mini prism	0.000m
TA3	Καρφί	Leica round prism	1.789m
S11	Καρφί	Leica mini prism	0.100m



Εικόνα 4.11 Σκαρίφημα της ελεύθερης στάσης και των γνωστών σημείων που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της θέσης της

Με την ολοκλήρωση της σκόπευσης και των τεσσάρων σημείων πραγματοποιείται αυτόματα από το όργανο προσδιορισμός των συντεταγμένων της ελεύθερης στάσης και του προσανατολισμού του οργάνου. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων.

Πίνακας 4.6 Αποτελέσματα του προσδιορισμού των συντεταγμένων της ελεύθερης στάσης



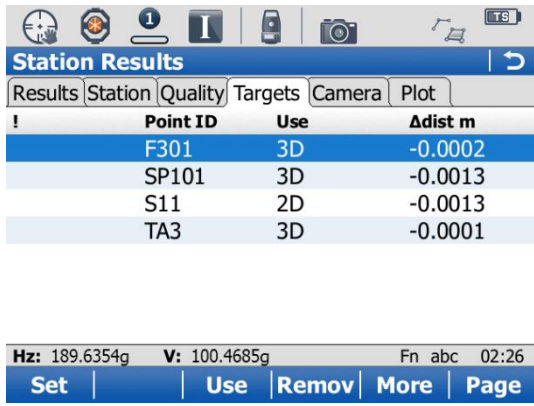
Station Results

Results	Station	Quality	Targets	Camera	Plot
σ easting:			0.0005m		
σ northing:			0.0005m		
σ height:			0.0012m		
σ new orientation:			0.0001g		

H_z: 189.6354g V: 100.4685g Fn abc 02:26

Set Trgt+ Page

Εικόνα 4.12 Στιγμιότυπο οθόνης όπου παρουσιάζονται οι τυπικές αποκλίσεις των συντεταγμένων της ελεύθερης στάσης



Station Results

Results	Station	Quality	Targets	Camera	Plot
!	Point ID	Use	Δdist m		
	F301	3D	-0.0002		
	SP101	3D	-0.0013		
	S11	2D	-0.0013		
	TA3	3D	-0.0001		

H_z: 189.6354g V: 100.4685g Fn abc 02:26

Set Use Remov More Page

Εικόνα 4.13 Στιγμιότυπο οθόνης όπου παρουσιάζονται τα σφάλματα στις μετρημένες αποστάσεις των γνωστών σημείων

Όνομα Σημείου	Σφάλμα x	Σφάλμα y	Σφάλμα H
SP101	+0.0006m	-0.0012m	-0.0006m
F301	-0.0001m	+0.0002m	-0.0017m
TA3	+0.0006m	-0.0000m	+0.0024m
S11	-0.0010m	+0.0010m	+1.000m

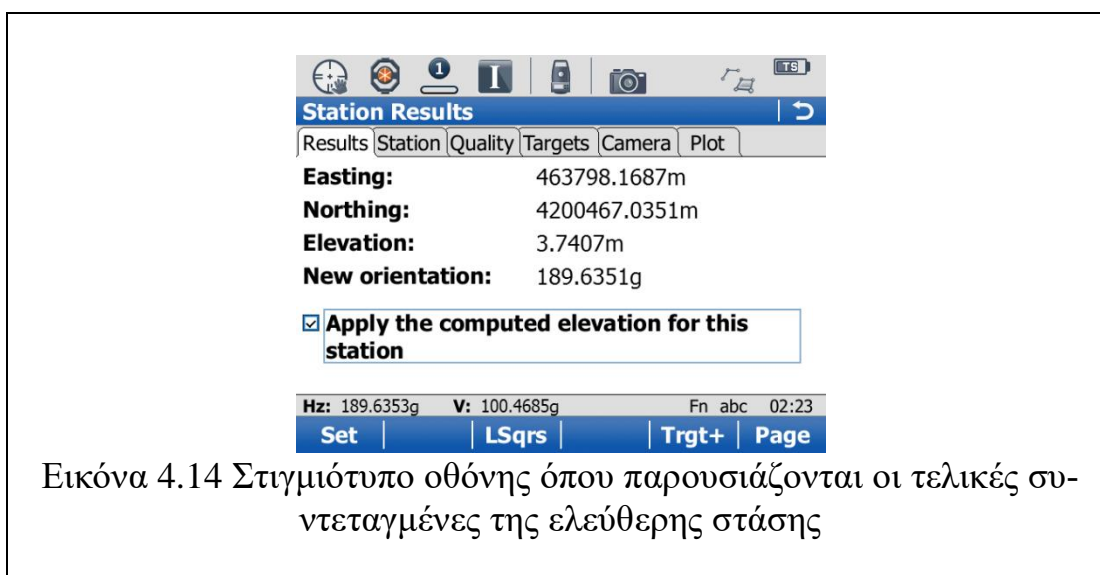
Η προτεινόμενη από το όργανο πρώτη επίλυση περιλάμβανε όλα τα σημεία τόσο οριζοντιογραφικά όσο και υψομετρικά. Παρ' όλα αυτά εμφανίστηκε προειδοποίηση η οποία αφορούσε την ακρίβεια προσδιορισμού του υψομέτρου της ελεύθερης στάσης. Με πλοήγηση στο μενού που παρουσιάζεται στην εικόνα 3.8 έγινε αντιληπτό ότι το σημείο S11 είχε σφάλμα υψομετρικά ίσο με 1m.

Ο γεωδαιτικός σταθμός παρέχει τη δυνατότητα μερικής χρήσης ενός σημείου κατά το στάδιο της επίλυσης. Με αυτό το τρόπο το σημείο S11 εξαιρέθηκε από την υψομετρική επίλυση χωρίς να επηρεαστεί η αντίστοιχη οριζοντιογραφική, η οποία εμφάνιζε ανεκτά σφάλματα και ακρίβειες. Η χρήση του σημείου μόνο στην οριζοντιογραφική επίλυση γίνεται αντιληπτή μέσω της ένδειξης 2D στην στήλη USE της καρτέλας Targets (εικόνα 3.8).

Η παραπάνω διαδικασία πραγματοποιείται όσες φορές χρειαστεί μέχρι η ακρίβεια προσδιορισμού των συντεταγμένων του οργάνου να είναι εντός των επιθυμητών ορίων. Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η αφαίρεση παρατηρήσεων δεν θα πρέπει να γίνεται άκριτα καθώς αυτό μπορεί να δημιουργήσει πλασματικές ακρίβειες. Επιπλέον με την αφαίρεση μετρήσεων ή και ολόκληρων σημείων η γεωμετρία των σημείων που συμμετέχουν στον προσδιορισμό της θέσης της ελεύθερης στάσης αλλάζει με αποτέλεσμα να αλλάζει και η ακρίβεια υπολογισμού των συντεταγμένων της στάσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μεταβάλλονται οι βαθμοί ελευθερίας του συστήματος και το μαθηματικό μοντέλο της επίλυσης.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση απαιτήθηκε μόνο η αφαίρεση του υψομέτρου ενός σημείου (S11) ούτως ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή ακρίβεια. Η τυπική απόκλιση του x και του y της ελεύθερης στάσης ήταν ίση με 0.5mm ενώ το υψόμετρο της είχε τυπική απόκλιση ίση με 1,2mm. Οι ακρίβειες αυτές είναι ανεκτές και εντός των επιθυμητών ορίων (ακρίβεια προσδιορισμού των x και y μεγαλύτερη από 1mm). Η ακρίβεια προσδιορισμού του υψομέτρου είναι εξ ορισμού μικρότερη λόγω της φύσης των μετρήσεων που υπεισέρχονται στον υπολογισμό αυτό (πχ μέτρηση ύψους οργάνου με χρήση μετροταινίας με κεκλιμένο τρόπο).

Πίνακας 4.7 Τελικές συντεταγμένες ελεύθερης στάσης



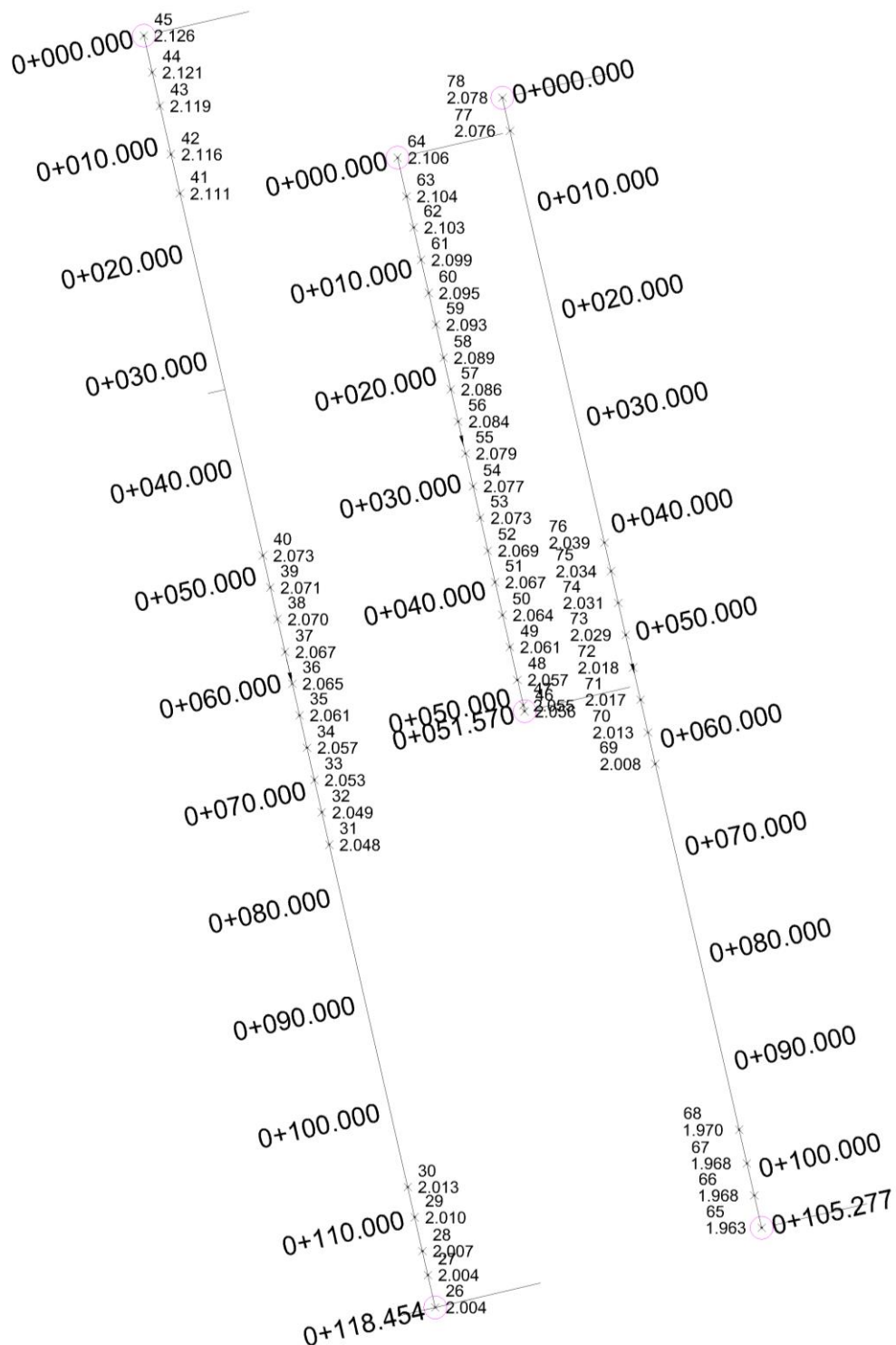
	F230515A	Τυπική Απόκλιση
X	463798.1687m	±0.0005m
Y	4200467.0351m	±0.0005m
H	3.7407m	±0.0012m
Προσανατολισμός	189.6351g	±0.0001g

Αφού επιτεύχθηκε ο προσδιορισμός των συντεταγμένων της ελεύθερης στάσης ο γεωδαιτικός σταθμός ήταν σε θέση να αποτυπώσει και να αποδώσει συντεταγμένες σε οποιοδήποτε σημείο του ζητούταν. Έτσι, με ένα mini prism τοποθετημένο σε κατάλληλη γωνιά αποτυπώθηκαν οι δύο σιδηροτροχιές. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν ως επί το πλείστον ανά 3 μέτρα εκτός από τα τμήματα που αυτό δεν ήταν εφικτό λόγω περιορισμένης ορατότητας. Επιπλέον λόγω της φύσης της γωνιάς μετρήσεις λήφθηκαν εις διπλούν σε κάθε σημείο, πρώτα από την μία πλευρά της σιδηροτροχιάς και έπειτα από την άλλη.

4.4 Επεξεργασία μετρήσεων

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από την στάση F230515A με σκοπό την αποτύπωση της σιδηροτροχιάς εισήχθησαν στο λογισμικό σχεδίασης Civil3D ούτως ώστε να δημιουργηθεί ο άξονας της σιδηροτροχιάς. Αρχικά, τα ζεύγη σημείων που είχαν μετρηθεί εκατέρωθεν της σιδηροτροχιάς ενώθηκαν με ευθεία γραμμή και δημιουργήθηκε νέο σημείο στο μέσο της ευθείας αυτής. Το σημείο αυτό ορίζει το κέντρο της σιδηροτροχιάς. Για την σχεδίαση του άξονα χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο Rail alignment. Στο εργαλείο αυτό εισήχθησαν τα νέα σημεία που

δημιουργήθηκαν και ως μέθοδος υπολογισμού του άξονα επιλέχθηκε η μέθοδος της βέλτιστης ευθείας (best fit).



Σχήμα 4.2 Αποτύπωση των τριών σιδηροτροχιών

Στη συνέχεια αφού δημιουργήθηκαν και οι τρεις άξονες, τα χαρακτηριστικά τους συγκρίθηκαν με τα όρια ανοχής που ορίζονται στο ISO 12488-1 για τις γερανογέφυρες κλάσης 2 (ταξινόμηση βάση της μελέτης του έργου). Έλεγχος θα πραγματοποιηθεί μόνο για τις παραμέτρους A, B, C και E.

Πίνακας 4.8 Χαρακτηριστικά των τριών σιδηροτροχιών

East Rail	
Entity Type	Line
Constraint	Fixed
Length	105.278m
Direction	S14.355330E (g)
Start Point	(463795.7608m,4200526.9176m) (0.0000m,2.0808m)
End Point	(463819.2995m,4200424.3053m) (105.2775m,1.9626m)
Mid Rail	
Entity Type	Line
Constraint	Fixed
Length	51.570m
Direction	S14.354915E (g)
Start Point	(463786.2404m,4200521.4706m) (0.0000m,2.1082m)
End Point	(463797.7706m,4200471.2057m) (51.5704m,2.0548m)
West Rail	
Entity Type	Line
Constraint	Fixed
Length	118.454m
Direction	S14.352293E (g)
Start Point	(463763.1859m,4200532.5454m) (0.0000m,2.1261m)
End Point	(463789.6652m,4200417.0888m) (118.4542m,2.0020m)

4.4.1 Έλεγχος εύρους σιδηροτροχιών

Ο πρώτος κατά σειρά έλεγχος που ορίζεται από το σχετικό ISO είναι αυτός του εύρους των σιδηροτροχιών. Αυτό επιτυγχάνεται με τον υπολογισμό της παραμέτρου A. Με βάση όσα έχουν ήδη αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο της παρούσας πρέπει να βρεθούν τα μεγέθη S_{min} και

S_{max} . Στο σχέδιο που έχει δημιουργηθεί στο λογισμικό σχεδίασης λαμβάνονται με την εντολή DIMALI (Aligned linear dimension) τέσσερις μετρήσεις. Από μία στο κάθε άκρο των δύο ζευγών. Η μικρότερη απόσταση για κάθε ζεύγος είναι το S_{min} και η μεγαλύτερη το S_{max} . Συνεπώς προκύπτουν τα εξής:

Πίνακας 4.9 Υπολογισμός και έλεγχος παραμέτρου ελέγχου A

Ζεύγος δυτικής και μεσαίας σιδηροτροχιάς					
S_{min}	S_{max}	S	A	Οριακό A	Εντός ορίων ανοχής
19.99548m	19.99760m	20.00000m	-4.52mm	±9mm	ΝΑΙ
Ζεύγος δυτικής και ανατολικής σιδηροτροχιάς					
S_{min}	S_{max}	S	A	Οριακό A	Εντός ορίων
30.49253m	30.49755	30.50000m	-7.47mm	±11.6mm	ΝΑΙ

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα διαπιστώνεται ότι τα δύο ζεύγη σιδηροτροχιών βρίσκονται εντός των ορίων που ορίζονται από τις τεχνικές προδιαγραφές της κατασκευής.

4.4.2 Έλεγχος ευθυγραμμίας

Με τον υπολογισμό της παραμέτρου B ελέγχεται η ύπαρξη στρεβλώσεων κατά μήκος των σιδηροτροχιών. Πιο συγκεκριμένα, η βέλτιστη ευθεία που έχει δημιουργηθεί με την χρήση του λογισμικού Civil3D θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει την μελέτη του έργου και αντιπροσωπεύει την ιδεατή γεωμετρία της εκάστοτε σιδηροτροχιάς. Τα σημεία που έχουν δημιουργηθεί στη μέση των ζευγών των μετρημένων σημείων θεωρούνται ως τα μετρημένα σημεία στο κέντρο της σιδηροτροχιάς. Συνεπώς οι αποκλίσεις τους από την βέλτιστη ευθεία αποτελούν τις τιμές της παραμέτρου B.

Κατά την δημιουργία της βέλτιστης ευθείας, το πρόγραμμα παράγει report εντός των οποίων αναφέρεται η οριζοντιογραφική απόκλιση του κάθε σημείου από την ευθεία που δημιουργήθηκε. Αν ληφθεί υπόψιν το γεγονός ότι για τον προσδιορισμό της βέλτιστης ευθείας έχει χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων τότε η παράμετρος B συμβολίζει το υπόλοιπο του κάθε σημείου. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η απόκλιση κάθε μετρημένου σημείου, η χιλιομετρική του

θέση και το όριο που πρέπει να τηρείται με δεδομένο ότι το έργο είναι ενταγμένο στη κλάση 2.

Πίνακας 4.10 Υπολογισμός και έλεγχος παραμέτρου ελέγχου B

Δυτική σιδηροτροχιά				
Σημείο	Χιλιομετρική θέση	Απόκλιση B	Οριακή απόκλιση B	Εντός ορίων
1	0+000.00m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
2	0+003.42m	0mm	±10mm	ΝΑΙ
3	0+006.54m	-1mm	±10mm	ΝΑΙ
4	0+011.05m	0mm	±10mm	ΝΑΙ
5	0+014.69m	-2mm	±10mm	ΝΑΙ
6	0+048.42m	-3mm	±10mm	ΝΑΙ
7	0+051.40m	-2mm	±10mm	ΝΑΙ
8	0+054.35m	-1mm	±10mm	ΝΑΙ
9	0+057.40m	2mm	±10mm	ΝΑΙ
10	0+060.36m	0mm	±10mm	ΝΑΙ
11	0+063.31m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
12	0+066.34m	3mm	±10mm	ΝΑΙ
13	0+069.32m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
14	0+072.34m	0mm	±10mm	ΝΑΙ
15	0+075.36m	2mm	±10mm	ΝΑΙ
16	0+107.25m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
17	0+110.06m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
18	0+113.22m	-1mm	±10mm	ΝΑΙ
19	0+115.45m	-2mm	±10mm	ΝΑΙ
20	0+118.45m	-3mm	±10mm	ΝΑΙ
Μεσαία σιδηροτροχιά				
Σημείο	Χιλιομετρική θέση	Απόκλιση B	Οριακή απόκλιση B	Εντός ορίων
1	0+000.00m	-2mm	±10mm	ΝΑΙ
2	0+003.61m	-2mm	±10mm	ΝΑΙ
3	0+006.51m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
4	0+009.51m	0mm	±10mm	ΝΑΙ
5	0+012.60m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
6	0+015.55m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
7	0+018.64m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
8	0+021.59m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
9	0+024.58m	0mm	±10mm	ΝΑΙ
10	0+027.56m	1mm	±10mm	ΝΑΙ

11	0+030.62m	0mm	±10mm	NAI
12	0+033.55m	1mm	±10mm	NAI
13	0+036.61m	1mm	±10mm	NAI
14	0+039.54m	0mm	±10mm	NAI
15	0+042.59m	0mm	±10mm	NAI
16	0+045.60m	-1mm	±10mm	NAI
17	0+048.64m	0mm	±10mm	NAI
18	0+051.01m	-1mm	±10mm	NAI
19	0+051.57m	-1mm	±10mm	NAI
Ανατολική σιδηροτροχιά				
Σημείο	Χιλιομετρική θέση	Απόκλιση B	Οριακή απόκλιση B	Εντός ορίων
1	0+000.00m	-1mm	±10mm	NAI
2	0+003.10m	-1mm	±10mm	NAI
3	0+041.45m	-1mm	±10mm	NAI
4	0+044.11m	0mm	±10mm	NAI
5	0+047.06m	0mm	±10mm	NAI
6	0+050.04m	2mm	±10mm	NAI
7	0+053.08m	2mm	±10mm	NAI
8	0+056.08m	2mm	±10mm	NAI
9	0+059.13m	1mm	±10mm	NAI
10	0+062.06m	-1mm	±10mm	NAI
11	0+096.14m	-2mm	±10mm	NAI
12	0+099.28m	-2mm	±10mm	NAI
13	0+102.26m	0mm	±10mm	NAI
14	0+105.28m	1mm	±10mm	NAI

4.4.3 Έλεγχος υψομετρικών αποκλίσεων

Η παράμετρος C αφορά την ανομοιομορφία που μπορεί να υπάρχει σε μια σιδηροτροχιά λόγω αστοχιών στον κατακόρυφο άξονα κατά την κατασκευή. Πιο συγκεκριμένα, όπως και κατά τον υπολογισμό της παραμέτρου B, τα υψόμετρα της βέλτιστης ευθείας θεωρείται ότι ταυτίζονται με τα υψόμετρα της μελέτης. Συνεπώς η υψομετρική απόκλιση των σημείων από την ευθεία που παρουσιάζεται στο report του προγράμματος αποτελεί την παράμετρο C. Τα αποτελέσματα του εν λόγω ελέγχου παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 4.11 Υπολογισμός και έλεγχος παραμέτρου ελέγχου C

Δυτική σιδηροτροχιά				
Σημείο	Χιλιομετρική θέση	Απόκλιση C	Οριακή απόκλιση C	Εντός ορίων
1	0+000.00m	0mm	±10mm	ΝΑΙ
2	0+003.42m	-2mm	±10mm	ΝΑΙ
3	0+006.54m	0mm	±10mm	ΝΑΙ
4	0+011.05m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
5	0+014.69m	0mm	±10mm	ΝΑΙ
6	0+048.42m	-2mm	±10mm	ΝΑΙ
7	0+051.40m	-1mm	±10mm	ΝΑΙ
8	0+054.35m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
9	0+057.40m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
10	0+060.36m	2mm	±10mm	ΝΑΙ
11	0+063.31m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
12	0+066.34m	0mm	±10mm	ΝΑΙ
13	0+069.32m	0mm	±10mm	ΝΑΙ
14	0+072.34m	-1mm	±10mm	ΝΑΙ
15	0+075.36m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
16	0+107.25m	-1mm	±10mm	ΝΑΙ
17	0+110.06m	-1mm	±10mm	ΝΑΙ
18	0+113.22m	0mm	±10mm	ΝΑΙ
19	0+115.45m	-1mm	±10mm	ΝΑΙ
20	0+118.45m	2mm	±10mm	ΝΑΙ
Μεσαία σιδηροτροχιά				
Σημείο	Χιλιομετρική θέση	Απόκλιση C	Οριακή απόκλιση C	Εντός ορίων
1	0+000.00m	-2mm	±10mm	ΝΑΙ
2	0+003.61m	0mm	±10mm	ΝΑΙ
3	0+006.51m	2mm	±10mm	ΝΑΙ
4	0+009.51m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
5	0+012.60m	0mm	±10mm	ΝΑΙ
6	0+015.55m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
7	0+018.64m	0mm	±10mm	ΝΑΙ
8	0+021.59m	0mm	±10mm	ΝΑΙ
9	0+024.58m	1mm	±10mm	ΝΑΙ
10	0+027.56m	-1mm	±10mm	ΝΑΙ
11	0+030.62m	1mm	±10mm	ΝΑΙ

12	0+033.55m	0mm	±10mm	NAI
13	0+036.61m	-1mm	±10mm	NAI
14	0+039.54m	0mm	±10mm	NAI
15	0+042.59m	0mm	±10mm	NAI
16	0+045.60m	0mm	±10mm	NAI
17	0+048.64m	-1mm	±10mm	NAI
18	0+051.01m	0mm	±10mm	NAI
19	0+051.57m	1mm	±10mm	NAI
Ανατολική σιδηροτροχιά				
Σημείο	Χιλιομετρική θέση	Απόκλιση C	Οριακή απόκλιση C	Εντός ορίων
1	0+000.00m	-3mm	±10mm	NAI
2	0+003.10m	-1mm	±10mm	NAI
3	0+041.45m	5mm	±10mm	NAI
4	0+044.11m	3mm	±10mm	NAI
5	0+047.06m	3mm	±10mm	NAI
6	0+050.04m	4mm	±10mm	NAI
7	0+053.08m	-3mm	±10mm	NAI
8	0+056.08m	-1mm	±10mm	NAI
9	0+059.13m	-1mm	±10mm	NAI
10	0+062.06m	-3mm	±10mm	NAI
11	0+096.14m	-3mm	±10mm	NAI
12	0+099.28m	-1mm	±10mm	NAI
13	0+102.26m	2mm	±10mm	NAI
14	0+105.28m	0mm	±10mm	NAI

4.4.4 Υψομετρική ομοιογένεια ζεύγους σιδηροτροχιών

Ο τελευταίος κατά σειρά έλεγχος που θα εκτελεστεί είναι αυτός που περιλαμβάνει την παράμετρο E. Με τον υπολογισμό της παραμέτρου αυτής διαπιστώνεται αν υπάρχει υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο αντικριστών σημείων στις δύο σιδηροτροχιές. Η παράμετρος αυτή υπολογίζεται για κάθε ένα από τα ζεύγη σιδηροτροχιών (δυτική και μεσαία και δυτική με ανατολική). Λόγω περιορισμών του σχεδιαστικό προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε δεν είναι εφικτή η μέτρηση υψομετρικών διαφορών μεταξύ δύο σιδηροτροχιών. Συνεπώς η λύση που προκρίθηκε ήταν η αντιπαραβολή των υψομετρικών διαγραμμάτων των σιδηροτροχιών κάθε ζεύγους.

Πιο συγκεκριμένα, τοποθετήθηκαν τα δύο διαγράμματα με τέτοιο τρόπο ώστε να ταυτίζονται οι αρχές των αξόνων τους και οι κλίμακες

τους. Με αυτό το τρόπο μπορεί να μετρηθεί η απόσταση μεταξύ των δύο γραμμών που συμβολίζουν τα υψόμετρα των δύο σιδηροτροχιών. Συνεπώς με αναγωγή στη κλίμακα του σχεδίου και χρήση του εργαλείου Quick Measure μπορεί να υπολογιστεί η υψομετρική απόκλιση των δύο σιδηροτροχιών. Μοναδικό μειονέκτημα της παραπάνω μεθόδου είναι η απουσία δυνατότητας καταγραφής του αποτελέσματος της μέτρησης. Αυτό μπορεί να λυθεί μόνο με την δημιουργία επί των υψομετρικών γραμμών ζευγών σημείων ανά ένα μέτρο και δημιουργία μέτρησης της μεταξύ τους.

Με χρήση της παραπάνω μεθόδου διαπιστώθηκε ότι ισχύουν τα παρακάτω:

Πίνακας 4.12 Υπολογισμός και έλεγχος παραμέτρου ελέγχου E

Δυτική και κεντρική σιδηροτροχιά				
E_{min}	E_{max}	E	Οριακή τιμή E	Εντός ορίων
-17.29mm	-17.90mm	-17.90mm	±10mm	OXI
Δυτική και ανατολική σιδηροτροχιά				
E_{min}	E_{max}	E	Οριακή τιμή E	Εντός ορίων
-45.25mm	-53.18mm	-53.18mm	±10mm	OXI

Από τον πίνακα 4.12 προκύπτει ότι η παράμετρος E για τα δύο ζεύγη των σιδηροτροχιών δεν κινείται εντός των αποδεκτών ορίων για την κατηγορία τους. Για το πρώτο ζεύγος (δυτική και κεντρική σιδηροτροχιά) το E εντάσσεται στην κατηγορία 3 ενώ για το δεύτερο ζεύγος (δυτική και ανατολική σιδηροτροχιά) δεν εντάσσεται σε καμία κατηγορία καθώς το μέγιστο όριο είναι στα ±40mm για την κατηγορία λειτουργίας 4. Παρ' όλα αυτά η ιδιαιτερότητα του έργου αυτού με τον συνδυασμό μιας ήδη υπάρχουσας σιδηροτροχιάς με μια νέα σιδηροτροχιά καθιστά δύσκολη την απαρέγκλιτη τήρηση των ορίων που ορίζονται εντός του ISO για τους ελέγχους κατά την ολοκλήρωση της κατασκευής. Αν ο έλεγχος πραγματοποιηθεί με βάση όσα ορίζονται για γραμμές εν λειτουργία τότε το πρώτο ζεύγος ανήκει στη 2^η κλάση λειτουργίας ενώ το δεύτερο ζεύγος ανήκει στην 4^η κλάση. Κατ' εξαίρεση λόγω της ιδιάζουσας κατάστασης του έργου αυτού το αποτέλεσμα θεωρείται αποδεκτό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 Συμπεράσματα

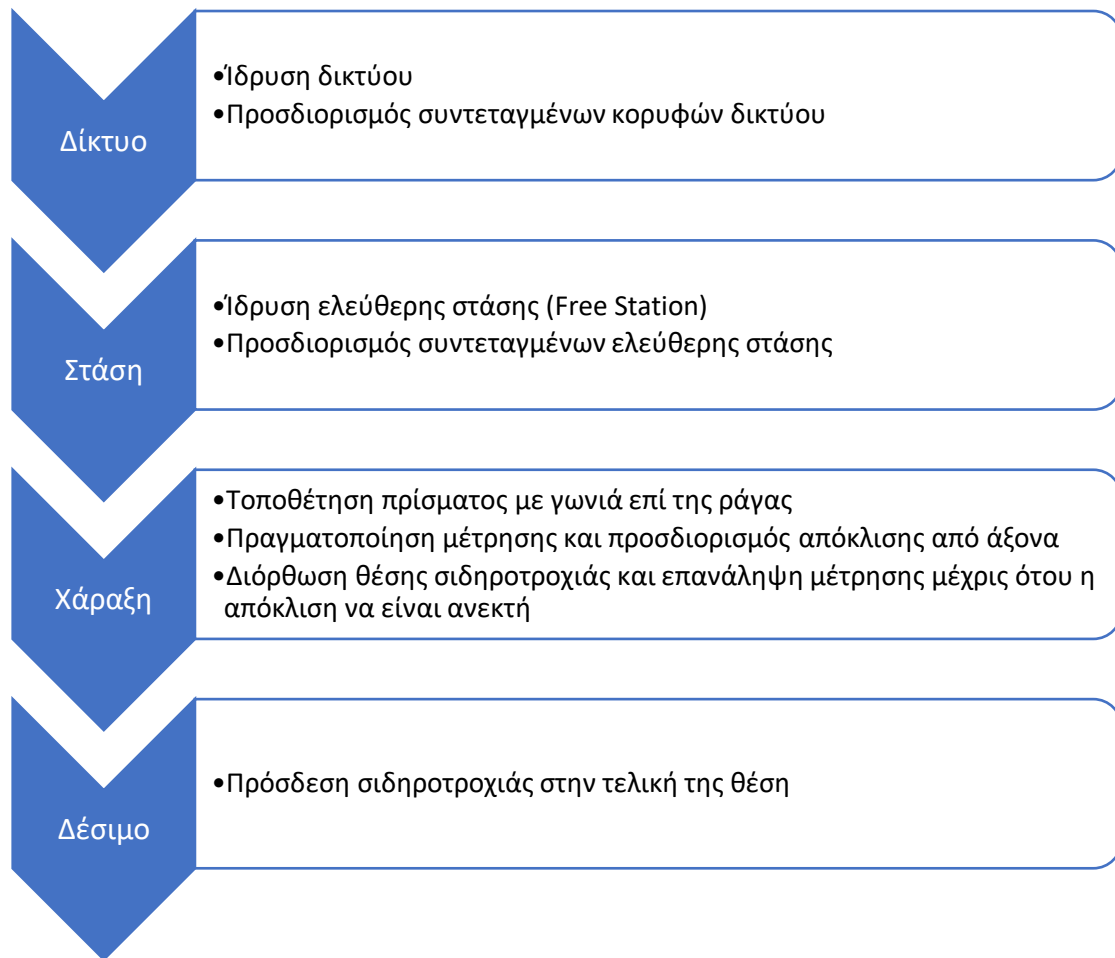
Με το τέλος της διαδικασίας των μετρήσεων, της επεξεργασίας τους και την πραγματοποίηση των ελέγχων κατέστη δυνατή η τυποποίηση της διαδικασίας εγκατάστασης και ελέγχου μιας λιμενικής γερανογέφυρας φορτοεκφόρτωσης εμπορευμάτων.

Η κατασκευή ενός τέτοιου έργου απαιτεί από τον τοπογράφο μηχανικό την ύψιστη προσοχή ούτως ώστε κατά την αποπεράτωσή του να πληρούνται όλες οι προϋποθέσεις για την ορθή λειτουργία του έργου. Για αυτό λοιπόν κρίνεται απαραίτητη η τήρηση ορισμένων διαδικασιών και προτύπων ποιότητας.

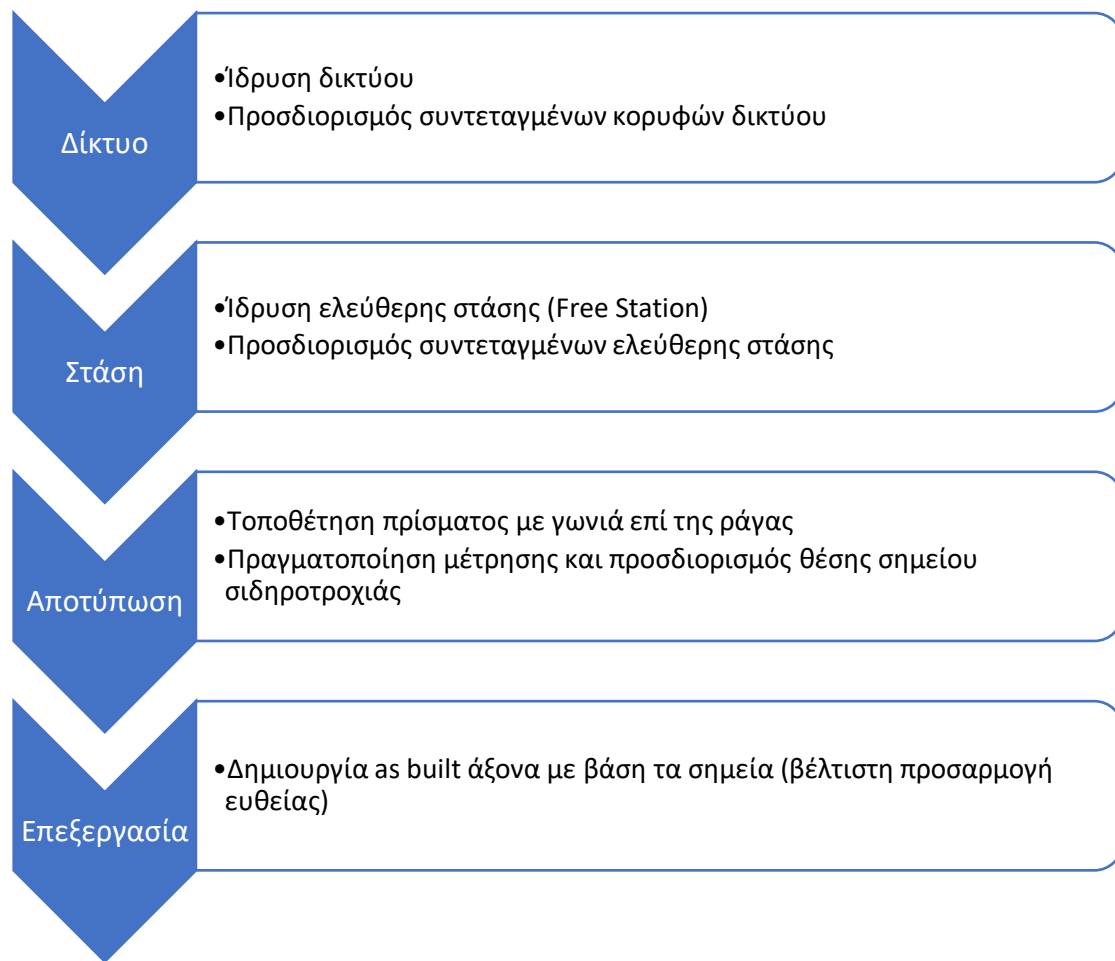
Πρώτο και κύριο μέλημα αποτελεί η επιλογή του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί για την πραγματοποίηση των εκάστοτε μετρήσεων. Ο εξοπλισμός αυτός θα πρέπει να καλύπτει τόσο τις πρακτικές απαιτήσεις του έργου όπως για παράδειγμα το εύρος των προς μέτρηση αποστάσεων όσο και τις θεωρητικές απαιτήσεις του έργου δηλαδή την ακρίβεια που θα πρέπει να υπάρχει ούτως ώστε και το κατασκευασθέν αποτέλεσμα να είναι εντός των ανοχών που ορίζονται αλλά και να είναι εφικτή η ανίχνευση αποκλίσεων από τις ανοχές αυτές.

Ο τοπογράφος μηχανικός θα πρέπει επιπλέον να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός και σχολαστικός κατά την διάρκεια ίδρυσης και υλοποίησης του γεωδαιτικού δικτύου του. Οφείλει να "διαβάσει" σχολαστικά την μελέτη του έργου καθώς και τον χώρο του εργοταξίου ώστε να λάβει υπόψιν του κάθε παράμετρο που μπορεί να επηρεάσει την μετέπειτα πορεία των εργασιών και των μετρήσεων. Για παράδειγμα, τόσο η θέση όσο και η μέθοδος υλοποίησης των κορυφών που θα επιλεγεί μπορούν να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την ταχύτητα εκτέλεσης των εργασιών και τον χρόνο ολοκλήρωσης του έργου καθώς η ανάγκη υλοποίησης πολλαπλών επεκτάσεων του δικτύου κατά τη φάση κατασκευής του έργου θα προκαλέσει σημαντικές καθυστερήσεις στην εκτέλεση αυτού. Κατά την εκτέλεση των μετρήσεων που περιγράφονται στη παρούσα υπήρξε η ανάγκη για πύκνωση του γεωδαιτικού δικτύου με δύο νέες στάσεις. Η *a posteriori* αβεβαιότητα της οριζοντιογραφικής επίλυσης ήταν 0.7963 και της υψομετρικής επίλυσης 0.1960mm.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται με συνοπτικό και σχηματοποιημένο τρόπο τα βήματα που απαιτούνται να γίνουν τόσο κατά το στάδιο κατασκευής του έργου (χάραξη) (Διάγραμμα 5.1) όσο και κατά το στάδιο ελέγχου αυτού (αποτύπωση) (Διάγραμμα 5.2).



Διάγραμμα 5.1 Απεικόνιση της ροής των εργασιών χάραξης που απαιτούνται κατά την κατασκευή



Διάγραμμα 5.2 Απεικόνιση της ροής των εργασιών αποτύπωσης που απαιτούνται κατά την κατασκευή

Από τα δύο παραπάνω διαγράμματα προκύπτει ότι τα δύο πρώτα βήματα της χάραξης και της αποτύπωσης είναι κοινά και η διαδικασία διαφοροποιείται στη συνέχεια. Παρ' όλα αυτά η διαδικασία με την οποία πραγματοποιείται η μέτρηση καθώς και τα μετρούμενα μεγέθη δεν διαφέρουν.

Τέλος, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και το στάδιο ελέγχου της σιδηροτροχιάς είτε αυτό λαμβάνει χώρα κατά την ολοκλήρωση της διαδικασίας κατασκευής της είτε σε μεταγενέστερο χρόνο για εξακρίβωση της κατάστασής της. Τα όρια εντός των οποίων μπορούν να βρίσκονται τα σφάλματα της γραμμής καθορίζονται από διεθνή πρότυπα ISO και κατηγοριοποιούνται με βάση το χρόνο εκτέλεσης των ελέγχων αυτών, τις απαιτήσεις λειτουργίας της γερανογέφυρας καθώς και το μέρος της κατασκευής που ελέγχεται. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τον έλεγχο αυτό κρίνουν την ορθή εκτέλεση της σύμβασης αν πραγματοποιούνται με την ολοκλήρωση αυτής ή την καταλληλότητα για συνέχιση της λειτουργίας της γερανογέφυρας αν πραγματοποιούνται σε οποιαδήποτε άλλη

χρονική στιγμή. Λόγω της επικινδυνότητας που συνοδεύει την λειτουργία ενός τέτοιου μηχανήματος και τις συνέπειες που μπορεί να έχει η μη πλήρωση των απαιτήσεων ασφαλούς λειτουργίας του, καθώς ενδεχόμενη αστοχία των σιδηροτροχιών μπορεί να προκαλέσει κατάρρευση της εν λόγω κατασκευής με συνέπεια την πρόκληση σοβαρών ζημιών στις περιβάλλουσες εγκαταστάσεις και τον τραυματισμό ή θάνατο ατόμων, ο τοπογράφος μηχανικός φέρει την ευθύνη για τον υλοποίηση και τον υπολογισμό όλων των παραπάνω με την μέγιστη δυνατή προσοχή.

Από τα δύο έργα τα οποία μελετήθηκαν στην παρούσα διπλωματική το ένα εξ αυτών ήταν στο στάδιο κατασκευής κατά τον χρόνο εκπόνησης της παρούσας. Κατά συνέπεια δεν ήταν εφικτό να ελεγχθεί αν η κατασκευή ολοκληρώθηκε με τις σιδηροτροχιές να βρίσκονται εντός των ορίων που ορίζει το ISO 12488-1. Το δεύτερο όμως έργο, το οποίο αφορούσε την επέκταση των σιδηροτροχιών γερανογεφυρών στην προβλήτα II του ΟΛΠ και τη δημιουργία μιας τρίτης σιδηροτροχιάς με σκοπό την κίνηση γερανογεφυρών μεγαλύτερου μεγέθους, είχε ολοκληρωθεί και βρισκόταν στο στάδιο πραγματοποίησης των ελέγχων. Από τα αποτελέσματα των ελέγχων προέκυψε ότι οι γερανογέφυρες λειτουργούν μερικώς εντός των αποδεκτών ορίων που ορίζονται για την κατηγορία 2 με την υψομετρική ομοιογένεια να βρίσκεται εντός των ορίων για γερανογέφυρες κατηγορίας 3. Λόγω όμως των ιδιαιτεροτήτων του έργου αυτό κρίνεται κατ' εξαίρεση αποδεκτό.

Πιο συγκεκριμένα, η παράμετρος A ελέγχου του εύρους των σιδηροτροχιών ισούται με -4.52mm για το ζεύγος δυτικής και μεσαίας σιδηροτροχιάς και με -7.47mm για το ζεύγος δυτικής και ανατολικής σιδηροτροχιάς με όριο ανοχής το $\pm 9\text{mm}$ και $\pm 11.6\text{mm}$ αντίστοιχα. Η παράμετρος B ελέγχου της ευθυγραμμίας κυμαίνεται μεταξύ -3mm και 3mm και για τις τρεις σιδηροτροχιές με όριο ανοχής το $\pm 10\text{mm}$. Εν συνεχεία, η παράμετρος C, μέσω της οποίας ελέγχονται οι υψομετρικές αποκλίσεις των σιδηροτροχιών από τους ιδεατούς άξονές τους κυμαίνεται μεταξύ -2mm και 5mm με όριο ανοχής το $\pm 10\text{mm}$. Τέλος, η παράμετρος E που υποδηλώνει την υψομετρική ομοιογένεια των ζευγαριών των σιδηροτροχιών ισούται με -17.90mm για το ζεύγος δυτικής και κεντρικής σιδηροτροχιάς και με -53.18mm για το ζεύγος της δυτικής και ανατολικής σιδηροτροχιάς με όριο ανοχής το $\pm 10\text{mm}$. Όλα τα παραπάνω όρια ανοχής που αναγράφονται αφορούν για έλεγχο που λαμβάνει χώρα αμέσως μετά το πέρας των εργασιών κατασκευής των σιδηροτροχιών.

5.2 Προτάσεις

Παρ' όλο που το πεδίο των χαράξεων δεν έχει να επιδείξει μεγάλες καινοτομίες τα τελευταία χρόνια πλην της χρήσης δεσμών laser και GPS στο τομέα των αποτυπώσεων ένα συγκεκριμένο μηχάνημα τα τελευταία χρόνια κερδίζει συνεχώς έδαφος: το laser scanner.

Τα laser scanners αποτελούν ουσιαστικά βελτιωμένες εκδόσεις των σύγχρονων total station. Με την χρήση μιας δέσμης laser και ενός servo έχουν την ικανότητα να αποτυπώνουν εκατοντάδες χιλιάδες σημεία το δευτερόλεπτο με ακρίβεια που μπορεί να φτάσει μέχρι και τα μερικά δέκατα του χιλιοστού. Το παραγόμενο αποτέλεσμα αποτελείται από εκατομμύρια σημεία τα οποία μοιάζουν σαν να σχηματίζουν ένα νέφος σημείων (point cloud).

Τα laser scanners παρέχουν στον τοπογράφο μηχανικό την δυνατότητα να αποτυπώνει με μεγάλη ταχύτητα και ακρίβεια από μικρά αντικείμενα μέχρι ολόκληρα κτήρια με τον περιβάλλοντα χώρο τους.

Θα παρουσίαζε συνεπώς ενδιαφέρον σε μεταγενέστερο χρόνο να διερευνηθεί η δυνατότητα χρήσης ενός τέτοιου μηχανήματος για την διαδικασία αποτύπωσης σιδηροτροχιών κίνησης μιας γερανογέφυρας. Με ένα laser scanner θα ήταν εφικτό εκτός από το προφίλ της σιδηροτροχιάς να αποτυπωθεί και το σύστημα στήριξης αυτής με σκοπό να υπάρχει μια λεπτομερής καταγραφή της υποδομής και κατά συνέπεια έλεγχος αυτής. Θα πρέπει όμως να συγκριθούν οι ακρίβειες αποτύπωσης μεταξύ των παραδοσιακών μεθόδων αποτύπωσης και του laser scanner σε πραγματικές συνθήκες ενός εργοταξίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ζητούνης, Ε. Β. (2012). *Ανάλυση της μεθοδολογίας της ελεύθερης στάσης και η χρήση της στον έλεγχο μετακινήσεων τεχνικών έργων. Εφαρμογή σε πολώροφο κτήριο* [Bachelor Thesis, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο]. <https://doi.org/10.26240/HEAL.NTUA.11405>
- Κοκόσιας, Χ. (2013). *Συνδυασμένες μεταφορές στα χύδην φορτία* [Πανεπιστήμιο Πειραιώς]. <https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/handle/unipi/8307>
- Λάμπρου, Ε., & Πανταζής, Γ. (2010). *Εφαρμοσμένη Γεωδαισία*. Εκδόσεις Ζήτη.
- Μπάσμπας, Σ. *Σημειώσεις του μαθήματος Οικονομική των Μεταφορών*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών. Ανακτήθηκε 30 Ιούνιος 2024, από <https://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS161/Παρουσιάσεις/11.%20Συνδυασμένες%20Μεταφορές.pdf>
- Coulton, J. J. (1974). Lifting in early Greek Architecture. *The Journal of Hellenic Studies*, 94, 1–19. <https://doi.org/10.2307/630416>
- Cranes — Tolerances for wheels and travel and traversing tracks — Part 1: General*. ISO 12488-1:2005. Geneva, Switzerland: ISO.
- From Construction with Iron to Modern Structural Steelwork. (2008). Στο *The History of the Theory of Structures* (σσ. 396–473). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783433600160.ch7>
- Lancaster, L. (1999). Building Trajan's Column. *American Journal of Archaeology*, 103(3), 419–439. <https://doi.org/10.2307/506969>
- Matthies, A. L. (1992). Medieval Treadwheels: Artists' Views of Building Construction. *Technology and Culture*, 33(3), 510. <https://doi.org/10.2307/3106635>
- Review of Maritime Transport 2023*. (2023). <https://shop.un.org/>
- The American Society of Mechanical Engineers Dedicates an International Historic Mechanical Engineering Landmark: The PACECO Container Crane. (1983). *The American Society of Mechanical Engineers*. <https://www.asme.org/wwwasmeorg/media/resourcefiles/aboutasme/who%20we%20are/engineering%20history/landmarks/85-paceco-container-crane.pdf>
- Yannopoulos, S., Lyberatos, G., Theodossiou, N., Li, W., Valipour, M., Tamburrino, A., & Angelakis, A. (2015). Evolution of Water Lifting Devices (Pumps) over the Centuries Worldwide. *Water*, 7(9), 5031–5060. <https://doi.org/10.3390/w7095031>

ΙΣΤΟΓΡΑΦΙΑ

- Advantages of Intermodal Transportation*. Ανακτήθηκε 31 Ιανουάριος 2024, από <https://www.ekol.com/en/logistics/freight/intermodal/advantages/>
- An Introductory Guide to Port Cranes and the Application of Variable Speed Drives*. Ανακτήθηκε 23 Μάιος 2024, από www.controltechniques.com
- Armstrong Hydraulic Crane | Machine-History.Com*. Ανακτήθηκε 22 Μάιος 2024, από <https://web.archive.org/web/20140110235111/http://www.machine-history.com/Armstrong%20Hydraulic%20Crane>
- BBC - Newcastle crane 'priceless' part of Venetian heritage*. Ανακτήθηκε 17 Μάιος 2024, από http://news.bbc.co.uk/local/tyne/hi/people_and_places/history/newsid_8694000/8694543.stm
- Container crane - Wikipedia*. Ανακτήθηκε 25 Μάιος 2024, από https://en.wikipedia.org/wiki/Container_crane
- Container Port Throughput*. Ανακτήθηκε 21 Ιανουάριος 2024, από <https://unctadstat.unctad.org/datacentre/dataviewer/US.ContPortThroughput>
- Crane track on ballast bed| Bemo Rail expert in Rail Technology*. Ανακτήθηκε 25 Μάιος 2024, από <https://bemorail.com/railtechnology/crane-track-on-ballast-bed/>
- First Liebherr portal slewing crane in the U.S. | AJOT.COM*. Ανακτήθηκε 18 Μάιος 2024, από <https://www.ajot.com/news/first-liebherr-portal-slewing-crane-in-the-u.s>
- First Liebherr portal slewing crane in the US | Liebherr*. Ανακτήθηκε 11 Μάιος 2024, από <https://www.liebherr.com/en/aus/latest-news/news-press-releases/detail/first-liebherr-portal-slewing-crane-in-the-us.html>
- Five Impossibly Cool Projects Performed by the S-64 | Erickson Inc*. Ανακτήθηκε 10 Απρίλιος 2024, από <https://ericksoninc.com/erickson-edge/50th-anniversary/five-impossibly-cool-projects-performed-by-the-s-64/>
- Gantrex RailLok™ Pads | Port Crane Rail Pads - Gantrex Crane Rail Solutions*. Ανακτήθηκε 10 Μάιος 2024, από <https://www.gantrex.com/products/rail-pads-2/>
- Gantry crane - Wikipedia*. Ανακτήθηκε 25 Μάιος 2024, από https://en.wikipedia.org/wiki/Gantry_crane
- Investment vs operational cost for crane rail systems in tomorrow's automated container yards. | LinkedIn*. Ανακτήθηκε 25 Απρίλιος 2024,

από <https://www.linkedin.com/pulse/investment-vs-operational-cost-crane-rail-systems-tomorrows-impens/>

Maritime trade routes - containerized cargo flows 2022 | Statista. Ανακτήθηκε 22 Ιανουάριος 2024, από <https://www.statista.com/statistics/253988/estimated-containerized-cargo-flows-on-major-container-trade-routes/>

Overhead crane - Wikipedia. Ανακτήθηκε 25 Μάιος 2024, από https://en.wikipedia.org/wiki/Overhead_crane

Rail Mounted Gantry Cranes | Liebherr. Ανακτήθηκε 20 Μάιος 2024, από <https://www.liebherr.com/en/usa/products/maritime-cranes/port-equipment/rail-mounted-stacking-cranes/rail-mounted-gantry-cranes.html>

Ship to Shore Container Cranes | Liebherr. Ανακτήθηκε 25 Μάιος 2024, από <https://www.liebherr.com/en/usa/products/maritime-cranes/port-equipment/container-bridges/ship-to-shore-container-cranes.html>

System comparison of crane rail fastening systems | LinkedIn. Ανακτήθηκε 22 Μάιος 2024, από <https://www.linkedin.com/pulse/system-comparison-crane-rail-fastening-systems-levent-%C3%B6zen/>

The latest Intermodal transportation advantages in 2024. Ανακτήθηκε 29 Ιανουάριος 2024, από <https://railgateway.ca/blog/intermodal-transportation-advantages>

Top 50 Ports — World Shipping Council. Ανακτήθηκε 21 Ιανουάριος 2024, από <https://www.worldshipping.org/top-50-ports>

Top-running vs under-running overhead cranes. Ανακτήθηκε 18 Μάιος 2024, από <https://www.hoistsandcrane.com/blog/top-running-vs-under-running-overhead-cranes/>

上港集团官网 (Shanghai Port Group). Ανακτήθηκε 23 Ιανουάριος 2024, από <https://www.portshanghai.com.cn/zyyw/index.jhtml?index=0>