



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

Μελέτη εγκατάστασης γερανογέφυρας
Μέθοδοι, προκλήσεις και βέλτιστες πρακτικές

Study of Crane Bridge Installation: Methods, Challenges, and Best Practices

Συγγραφέας: Πρίντζος Γεώργιος

Επιβλέπων: Δρ. Ράπτης Κωνσταντίνος

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Όνοματεπώνυμο	Υπογραφή
Ράπτης Κων/νος	
Τσολάκης Αντώνιος	
Θεοδωρακάκος Ανδρέας	

Δήλωση Συγγραφέα Διπλωματικής Εργασίας

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Πρίντζος Γεώργιος του Μάρκου, με αριθμό μητρώου 18392084 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



Περίληψη

Η παρούσα μελέτη διερευνά την ιστορία, τα χαρακτηριστικά, τους κινδύνους και τα ατυχήματα που σχετίζονται με τις εγκαταστάσεις γερανογεφυρών, παρέχοντας μια διεξοδική ανάλυση αυτών των κατασκευών. Η μελέτη προχωρά μεθοδικά, ξεκινώντας με μια εισαγωγή στα ανυψωτικά οχήματα και μια ιστορική μελέτη των γερανών. Στη συνέχεια, η έμφαση μεταφέρεται στα γερανοφόρα οχήματα, όπου χωρίζονται σε μικρές και μεγάλες κατηγορίες και εξετάζονται οι λειτουργίες τους που σχετίζονται με τους περιστρεφόμενους γερανούς. Εξετάζονται ο σχεδιασμός και οι χρήσεις των γερανών στύλων, με ιδιαίτερη έμφαση στις γερανογέφυρες.

Οι γερανογέφυρες έχουν ορισμένους εγγενείς κινδύνους και ατυχήματα που εξηγούνται με την εξέταση της κατασκευής και των συστημάτων ελέγχου των γερανογεφυρών. Η κατανόηση της κρίσιμης αξιολόγησης της ασφάλειας και των προληπτικών ενεργειών που απαιτούνται για τις εγκαταστάσεις γερανογεφυρών γίνεται ευκολότερη με τη βοήθεια αυτής της έρευνας. Η μελέτη αναδεικνύει τη σημασία της τήρησης των θεμελιωδών νόμων ασφαλείας και παρουσιάζει μια επιστημονική προσέγγιση για την αξιολόγηση της ασφάλειας και αποσκοπεί στην υποστήριξη της δημιουργίας ισχυρών κανονισμών ασφαλείας με τη διερεύνηση της τεχνικής αξιολόγησης της ασφάλειας γερανογεφυρών. Η έκθεση παρέχει επίσης προτάσεις βελτίωσης, συμπεριλαμβανομένων εφικτών ενεργειών για την αύξηση της αποτελεσματικότητας και της ασφάλειας των εγκαταστάσεων γερανογέφυρας.

Εν κατακλείδι, δίνοντας μια εμπεριστατωμένη αντίληψη της ιστορικής εξέλιξης, των ειδών, των κινδύνων και των προφυλάξεων ασφαλείας τους, η παρούσα μελέτη αποτελεί σημαντική προσθήκη στον τομέα των εγκαταστάσεων γερανογεφυρών. Οι επαγγελματίες και οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων που ασχολούνται με την εγκατάσταση και τη λειτουργία γερανογέφυρων μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις τεχνικές και τις προτάσεις που παρέχονται στην παρούσα μελέτη ως σημείο αναφοράς. Η μελέτη προσθέτει στις συνεχείς προσπάθειες για τη βελτίωση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας στον τομέα των ανυψωτικών οχημάτων, ιδίως των γερανογεφυρών, αντιμετωπίζοντας τα εμπόδια και δίνοντας έμφαση στις βέλτιστες πρακτικές.

Λέξεις κλειδιά

Γερανογέφυρες, Οχήματα ανύψωσης, Κίνδυνοι και ατυχήματα, Κανονισμοί ασφαλείας.

Abstract

This study explores the history, characteristics, hazards and accidents associated with crane bridge installations, providing a thorough analysis of these structures. The study proceeds methodically, beginning with an introduction to lift trucks and a historical study of cranes. The emphasis then shifts to crane vehicles, where they are divided into small and large categories and their functions related to slewing cranes are examined. The design and uses of pillar cranes are examined, with particular emphasis on gantry cranes.

Crane bridges have certain inherent hazards and accidents that are explained by examining the design and control systems of crane bridges. Understanding the critical safety assessment and preventive actions required for crane bridge installations is made easier with the help of this study. The study highlights the importance of adhering to fundamental safety laws and presents a scientific approach to safety assessment. The study aims to support the creation of strong safety regulations by investigating the technical evaluation of crane bridge safety. The report also provides recommendations for improvement, including feasible actions to increase the effectiveness and safety of gantry crane installations.

In conclusion, by providing a thorough understanding of their historical evolution, types, risks and safety precautions, this study is an important addition to the field of gantry crane installations. Professionals and decision makers involved in the installation and operation of gantry cranes can use the techniques and recommendations provided in this study as a reference. The survey adds to the ongoing efforts to improve safety and efficiency in the field of lifting vehicles, particularly gantry cranes, by addressing barriers and emphasizing best practices.

Keywords

Gantry Cranes, Lifting Vehicles, Risks and Accidents, Safety Regulations.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Δήλωση Συγγραφέα Διπλωματικής Εργασίας.....	2
Περίληψη.....	4
Λέξεις κλειδιά.....	5
Abstract.....	5
Keywords.....	5
Κατάλογος εικόνων	8
Κατάλογος Πινάκων.....	9
Εισαγωγή	10
1. Αनुψωτικά οχήματα.....	11
1.1. Ιστορική εξέλιξη γερανογέφυρας.....	11
1.2. Γερανοφόρα οχήματα	13
1.2.1. Μικρά και μεγάλα οχήματα.....	14
1.2.2. Περιστρεφόμενοι γερανοί.....	14
1.3. Γερανοί με πυλώνες.....	16
1.3.1. Γερανογέφυρα	17
2. Κίνδυνοι και ατυχήματα σε γερανογέφυρες.....	20
2.1. Δομή και έλεγχος γερανογεφυρών	20
2.2. Χρήση των γερανογέφυρων	21
2.3. Κίνδυνοι γερανογέφυρας.....	23
2.4. Ατυχήματα γερανογεφυρών	25
3. Μέτρα προστασίας και αξιολόγηση της ασφάλειας.....	27
3.1. Βασικοί κανονισμοί ασφαλείας.....	27
3.2. Αξιολόγηση της ασφάλειας	32
3.2.1. Η μέθοδος αξιολόγησης της ασφάλειας της γερανογέφυρας	35
3.3. Συστάσεις βελτίωσης.....	39

4. Τεχνική έκθεση.....	46
4.1. Γενική περιγραφή της κατασκευής.....	46
4.2. Χώρος εγκατάστασης.....	46
4.3. Σχεδιασμός και ανάλυση κατασκευής.....	49
4.3.1. Λογισμικό και παραδοχές.....	49
4.3.2. Τρόπος ανάλυσης.....	51
5. Κοστολόγηση.....	68
5.1 Υλικά κατασκευής.....	68
Συμπεράσματα.....	71
Βιβλιογραφία.....	72

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1 Ατμοκίνητος γερανός.....	11
Εικόνα 2 Ατμοκίνητη γερανογέφυρα 1890	13
Εικόνα 3 Περιστρεφόμενος γερανός πύργου	16
Εικόνα 4 Γερανογέφυρα Φορτοεκφόρτωσης Πλοίων	17
Εικόνα 5 Επικαθήμενη γερανογέφυρα	19
Εικόνα 6 Οδηγίες ασφάλειας.....	29
Εικόνα 7 Οδηγίες ασφαλείας.....	29
Εικόνα 8 Οδηγίες ασφαλείας.....	30
Εικόνα 9 Ταξινόμηση του συστήματος δείκτη γερανογέφυρας.....	36
Εικόνα 10 Χώρος Εγκατάστασης ΝΔ	47
Εικόνα 11 Χώρος Εγκατάστασης Δ	47
Εικόνα 12 Χώρος Εγκατάστασης Α	48
Εικόνα 13 Χώρος Εγκατάστασης Β	48
Εικόνα 14 Διατομή δοκού HEB 180 κατά DIN 1025-2:1995-11.....	50
Εικόνα 15 Διατομή δοκού HEB 200 κατά DIN 1025-2:1995-11.....	50
Εικόνα 16 Θέση μέγιστης φόρτισης.....	51
Εικόνα 17 Γερανογέφυρα με το βαρούλκο μεταφοράς	52
Εικόνα 18 Τάση κατά Von Mises.....	55
Εικόνα 19 Μετατόπιση.....	55
Εικόνα 20 1st Principal Stress	56
Εικόνα 21 3rd Principal Stress	56
Εικόνα 22 Safety Factor	57
Εικόνα 23 Stress XX	57
Εικόνα 24 Stress XY	58
Εικόνα 25 Stress XZ.....	58
Εικόνα 26 Stress YY	59
Εικόνα 27 Stress YZ.....	59
Εικόνα 28 Stress ZZ	60
Εικόνα 29 X Displacement.....	60
Εικόνα 30 Y Displacement.....	61
Εικόνα 31 Z Displacement	61
Εικόνα 32 Equivalent Strain.....	62

Εικόνα 33 1st Principal Strain	62
Εικόνα 34 3rd Principal Strain	63
Εικόνα 35 Strain XX	63
Εικόνα 36 Strain XY	64
Εικόνα 37 Strain XZ.....	64
Εικόνα 38 Strain YY	65
Εικόνα 39 Strain YZ.....	65
Εικόνα 40 Strain ZZ	66
Εικόνα 41 Contact Pressure.....	66
Εικόνα 42 Contact Pressure X.....	67
Εικόνα 43 Contact Pressure Y	67
Εικόνα 44 Contact Pressure Z	68
Εικόνα 45 Επεξήγηση αριθμών τεμαχίου.....	69

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Οι βαθμοί αξιολόγησης των δεικτών.	37
Πίνακας 2 Χαρακτηριστικά Υλικού	53
Πίνακας 3 Δύναμη αντίδρασης & Ροπή αντίδρασης.....	53
Πίνακας 4 Περίληψη αποτελεσμάτων	54
Πίνακας 5 Λίστα υλικών	68
Πίνακας 6 Υπολογισμός Βάρους Υλικών	70
Πίνακας 7 Υπολογισμός Βάρους Περισσευόμενου Υλικού.....	70

Εισαγωγή

Η εφαρμογή ανυψωτικών μηχανημάτων σηματοδοτεί ένα κομβικό στάδιο στην ενσωμάτωση ισχυρών ανυψωτικών μηχανισμών σε διάφορους βιομηχανικούς τομείς. Οι γερανοί και οι γερανογέφυρες, που φημίζονται για την πολυλειτουργικότητα και τη λειτουργική τους αποτελεσματικότητα, καταλαμβάνουν κομβική θέση στον τομέα της διακίνησης υλικών, διευκολύνοντας έτσι την αυξημένη παραγωγικότητα και τις βελτιστοποιημένες υλικοτεχνικές διαδικασίες. Η παρούσα μελέτη έχει ως στόχο να διερευνήσει διεξοδικά την πολύπλευρη διαδικασία εγκατάστασης γερανογέφυρας, εξετάζοντας σχολαστικά τις διάφορες μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται, τα εμπόδια που συναντώνται και τις βέλτιστες στρατηγικές που υιοθετούνται στον κλάδο. Υπό το πρίσμα της συνεχιζόμενης εξέλιξης των βιομηχανιών και της αυξανόμενης ζήτησης για προηγμένες λύσεις ανύψωσης, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη να διαθέτει κανείς βαθιά κατανόηση των αρχών της μηχανικής, των πρωτοκόλλων ασφαλείας και των λογιστικών εκτιμήσεων, προκειμένου να εκτελέσει αποτελεσματικά την εγκατάσταση γερανογεφυρών (Singh et al., 2015).

Οι προκλήσεις που συναντώνται κατά την εγκατάσταση γερανογεφυρών είναι πολλές και περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα παραγόντων, όπως οι περιορισμοί που σχετίζονται με την τοποθεσία και οι πολύπλοκες μηχανολογικές περιπλοκές. Ο εντοπισμός και η επακόλουθη επίλυση αυτών των προκλήσεων είναι υψίστης σημασίας προκειμένου να εξασφαλιστεί μια απρόσκοπτη και θριαμβευτική διαδικασία εγκατάστασης. Η πολυπλοκότητα της εγκατάστασης επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως η προετοιμασία του χώρου, οι δομικές εκτιμήσεις και η τήρηση των προτύπων ασφαλείας. Ως εκ τούτου, είναι ζωτικής σημασίας η ενδελεχής εξέταση και αξιολόγηση αποτελεσματικών λύσεων και βέλτιστων πρακτικών (Stahlbock, 2010).

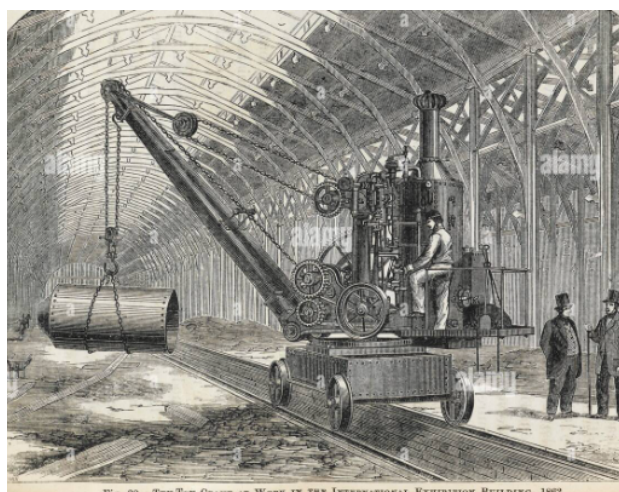
Στην προσπάθεια επίτευξης της μέγιστης δυνατής αποτελεσματικότητας και ανθεκτικότητας, η μελέτη εμβαθύνει επίσης στην ανάλυση υποδειγματικών μεθοδολογιών που χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση γερανογεφυρών στον κλάδο. Αυτό περιλαμβάνει πρωταρχική έμφαση στη μηχανική, την αυστηρή τήρηση των πρωτοκόλλων ασφαλείας και την ενσωμάτωση τεχνολογιών αιχμής. Μέσω της διαδικασίας σύνθεσης των διαφόρων εμπειριών και της εξαγωγής πολύτιμων διδαγμάτων που προέρχονται από επιτυχημένες εγκαταστάσεις, ο πρωταρχικός στόχος της παρούσας μελέτης είναι να παράσχει ένα σημαντικό και απαραίτητο βοήθημα για τους επαγγελματίες που ασχολούνται ενεργά με τα περίπλοκα καθήκοντα του σχεδιασμού και της εκτέλεσης έργων γερανογεφυρών.

1. Ανυψωτικά οχήματα

1.1. Ιστορική εξέλιξη γερανογέφυρας

Σε όλα τα πρώτα στάδια του ανθρώπινου πολιτισμού, τα άτομα επέδειξαν την εφευρετικότητά τους με τη σύλληψη και την κατασκευή ποικίλων μηχανισμών ανύψωσης. Τα συστήματα αυτά επινοήθηκαν ειδικά για να ανακουφίσουν το επίπονο έργο της ανύψωσης και μεταφοράς σημαντικών και ογκωδών φορτίων. Η πλειονότητα αυτών των συστημάτων βασίζεται στο εννοιολογικό πλαίσιο του γερανού, το οποίο προέκυψε τον 6ο αιώνα στο πλαίσιο της Αρχαίας Ελλάδας. Αυτή η μηχανική συσκευή χρησιμοποιήθηκε για την ανέγερση αρχαίων ναών και διαφόρων άλλων οικοδομημάτων. Κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης εποχής, η διαδικασία ανύψωσης φορτίων με τη χρήση γερανών βασιζόταν κυρίως στη βοήθεια είτε ζώων είτε ανθρώπινων εργατών.

Οι γερανογέφυρες αντιπροσωπεύουν μια σημαντική πρόοδο στον τομέα των γερανών και σήμερα αποτελούν έναν από τους πιο υποδειγματικούς μηχανισμούς ανύψωσης και μεταφοράς φορτίων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται παντού σε ένα ευρύ φάσμα χώρων, όπως βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εργοτάξια και αποθήκες, μεταξύ άλλων. Οι αρχικές γερανογέφυρες κινούνταν με ατμό και η χρήση τους έγινε πιο διαδεδομένη μετά την έλευση της βιομηχανικής επανάστασης, που συνέπεσε με την ενσωμάτωση του ηλεκτρισμού στον ιστό της ανθρώπινης ύπαρξης (Gabriel, 2007).



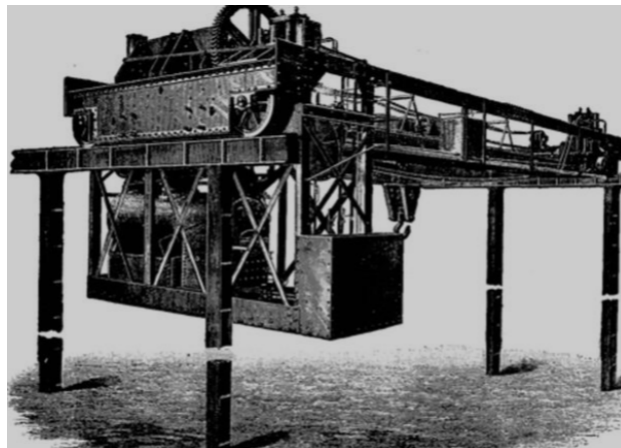
Εικόνα 1 Ατμοκίνητος γερανός

Οι γερανογέφυρες, συνοπτικά, αντιπροσωπεύουν περίπλοκες ανυψωτικές συσκευές που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά φορτίων εντός μιας χωρικής διαμόρφωσης που χαρακτηρίζεται από ορθογώνιο σχήμα. Σε αυτή τη διαμόρφωση, δύο αντίθετες πλευρές, όπως τοίχοι, συνδέονται με υπερυψωμένες ράγες που διευκολύνουν την κίνηση μιας ή δύο δοκών. Ο γερανός αναρτάται από τις δοκούς και διαθέτει τη δυνατότητα να διασχίζει κατά μήκος τους, επιτρέποντας έτσι στο σύστημα να επιτυγχάνει τόσο οριζόντια όσο και κατακόρυφη κινητικότητα εντός του συγκεκριμένου χώρου με σκοπό τη μεταφορά φορτίων. Η έναρξη της μαζικής παραγωγής γερανογεφυρών μπορεί να αναχθεί στο έτος 1840, όταν η Demag Cranes & Components Corp, μια γερμανική εταιρεία, ξεκίνησε αυτή την προσπάθεια. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Demag Cranes & Components Corp είχε ήδη ασχοληθεί με την κατασκευή ανάλογων ανυψωτικών συστημάτων ήδη από το 1830. Επιπλέον, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η αρχική λειτουργία αυτών των γερανογεφυρών εξαρτιόταν από την ατμοηλεκτρική ενέργεια, όπως τεκμηριώνεται από τους Mohammad Javad Maghsoudi και συν. το 2016.

Το έτος 1854, ο Sampson Moore, κάτοικος του Λίβερπουλ της Αγγλίας, προσπάθησε να ενισχύσει την ικανότητα ανύψωσης μεγαλύτερων και πιο σημαντικών φορτίων. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, ο Moore ενσωμάτωσε ευφυώς έναν ηλεκτροκινητήρα στον προϋπάρχοντα γερανό του, και συγκεκριμένα στον μηχανισμό μεταφοράς και ανύψωσης (Gabriel, 2007). Κατά συνέπεια, κατά τη διάρκεια του έτους 1876, κατασκευάστηκαν οι πρώτοι ηλεκτρικοί γερανοί στην Αγγλία, αντλώντας και πάλι έμπνευση από τον αξιόλογο Sampson Moore. Οι γερανοί αυτοί χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για τους σκοπούς της μεταφοράς όπλων. Η πλειονότητα των υφιστάμενων συστημάτων που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά και ανύψωση φορτίων, τα οποία συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται με ιδιαίτερα προηγμένο τρόπο στη σύγχρονη εποχή, σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν αρχικά σε περιόδους ένοπλων συγκρούσεων, κυρίως για την εκπλήρωση των υλικοτεχνικών απαιτήσεων των στρατιωτικών επιχειρήσεων. Οι γερανοί, λόγω της εγγενούς απλότητας του σχεδιασμού τους και της αξιοσημείωτης ευελιξίας τους στην προσαρμογή σε ποικίλα επιχειρησιακά περιβάλλοντα, βρήκαν γρήγορα εφαρμογή και πέραν του στρατιωτικού πλαισίου. Κατά συνέπεια, το έτος 1861, το Ηνωμένο Βασίλειο έγινε μάρτυρας της εμφάνισης των πρώτων ιδιόκτητων ατμοκίνητων γεραμών εντός μιας εγκατάστασης κατασκευής ατμομηχανών (Γκιόκας & Κουτσοθόδωρος, 2020).

Η έλευση των ηλεκτρικών γεραμών μπορεί να αναχθεί στο έτος 1876, όταν αναπτύχθηκαν τα αρχικά πρωτότυπα. Ωστόσο, μόλις το 1887 η Γερμανία γνώρισε την έναρξη της μαζικής παραγωγής ηλεκτρικών εξαρτημάτων. Αυτό το σημαντικό ορόσημο έπαιξε

καθοριστικό ρόλο στην ενίσχυση της λειτουργικότητας των συστημάτων γερανών, επιτρέποντάς τους να ανυψώνουν και να μεταφέρουν αποτελεσματικά βαρύτερα φορτία. Ο πρωταρχικός σκοπός αυτών των εξαρτημάτων ήταν να διευκολυνθεί η μετατροπή των υφιστάμενων συστημάτων γερανογεφυρών, που αρχικά λειτουργούσαν με ατμό ή χειροκίνητα μέσα, σε ηλεκτρική ενέργεια. Η προσέγγιση αυτή κρίθηκε πιο αποδοτική σε σύγκριση με την εναλλακτική λύση του σχεδιασμού και της κατασκευής ενός εντελώς νέου συστήματος γερανογέφυρας. Ωστόσο, λόγω της προοδευτικής εξέλιξης των διαφόρων συστατικών στοιχείων που συνθέτουν ένα σύστημα γερανού γερανογέφυρας, συμπεριλαμβανομένων των υλικών κατασκευής, των μηχανισμών πέδησης, των ανυψωτικών συσκευών και άλλων, ήταν το έτος 1910 που άρχισε η αρχική κατασκευή σε μεγάλη κλίμακα αποκλειστικά ηλεκτρικών γερανών, και πάλι στη Γερμανία. Αυτοί οι πρώτοι ηλεκτρικοί γερανοί είχαν εκπληκτική ομοιότητα με τις σύγχρονες παραλλαγές γερανογεφυρών που επικρατούν σήμερα (Wojciech Puła & Rybak, 2007).



Εικόνα 2 Ατμοκίνητη γερανογέφυρα 1890

1.2. Γερανοφόρα οχήματα

Ο γερανός αποτελεί μια εξέχουσα μηχανική καινοτομία στα χρονικά της ανθρώπινης ιστορίας. Καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορίας, οι γερανοί χρησιμοποιήθηκαν για την ανέγερση κτιρίων. Τα προαναφερθέντα αντικείμενα κατασκευάζονταν από το υλικό που είναι γνωστό ως ξύλο και η λειτουργικότητά τους βασιζόταν αποκλειστικά στην εφαρμογή φυσικής δύναμης, η οποία προερχόταν από τις συνδυασμένες προσπάθειες των ατόμων που τα χειρίζονταν και τη βοήθεια που παρείχαν τα εμπλεκόμενα ζώα. Κατά τη διάρκεια των αιώνων,

και ιδίως υπό το πρίσμα της εμφάνισης της βιομηχανικής επανάστασης, οι γερανοί υπέστησαν μια μετασχηματιστική αλλαγή στη σύνθεσή τους, μεταβαίνοντας από τα παραδοσιακά υλικά στη χρήση του χάλυβα και του χυτοσιδήρου. Αναμφίβολα, το φαινόμενο αυτό έπαιξε σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη των γερανών, καθώς η φυσική τους ικανότητα έγινε προφανώς απαράμιλλη (Γεωργαντάς & Δογάνη, 2012).

1.2.1. Μικρά και μεγάλα οχήματα

Τα φορτηγά ή περνοφόρα οχήματα Clark χρησιμεύουν ως βέλτιστο μέσο για την αποτελεσματική φόρτωση και μεταφορά διαφόρων φορτίων σε περιορισμένους και συμπαγείς χώρους. Το σύστημα διεύθυνσης έχει σχεδιαστεί σχολαστικά για να διευκολύνει την ταχεία ευελιξία του χειριστή. Ο μηχανισμός ανύψωσης έχει σχεδιαστεί σχολαστικά για να αξιοποιεί την προωθητική δύναμη που παράγεται από τον κινητήρα εσωτερικής καύσης του οχήματος, επιτρέποντάς του έτσι να ανυψώνει αβίαστα σημαντικά φορτία που είναι ανάλογα με τις συμπαγείς διαστάσεις του. Η οπίσθια περιοχή του αυτοκινήτου παρουσιάζει σημαντική κατανομή μάζας, λειτουργώντας έτσι ως αντισταθμιστική δύναμη.

Οι κινητοί γερανοί είναι ένας τύπος οχήματος που διαθέτει την ικανότητα να διασχίζει τόσο ομαλά όσο και ανώμαλα εδάφη. Τα οχήματα αυτά είναι εξοπλισμένα με περιστρεφόμενες και τηλεσκοπικές κεραιές, επιτρέποντάς τους να εκτελούν ένα ευρύ φάσμα εργασιών ανύψωσης. Η λειτουργία αυτών των συσκευών διευκολύνεται με τη χρήση χειριστηρίων που, μέσω του υδραυλικού συστήματος, πραγματοποιούν την κίνηση και την ανύψωση της κεραιάς. Τα οχήματα αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν υποτυπώδη μοντέλα φορτηγών, τα οποία στην καθομιλουμένη αναφέρονται ως φορτηγά παπαγαλάκια, ή εναλλακτικά, τετρακίνητα φορτηγά εξοπλισμένα με δυσανάλογα μεγάλα ελαστικά (Στεργίου & Στεργίου, 2006).

1.2.2. Περιστρεφόμενοι γερανοί

Οι περιστρεφόμενοι γερανοί κατέχουν μια θέση ύψιστης σημασίας στη σφαίρα των γερανομηχανημάτων. Τα εργαλεία αυτά βρίσκουν εφαρμογή στο πεδίο των εργοστασίων κατασκευών, των χώρων συναρμολόγησης, των γραμμών συναρμολόγησης και των εξωτερικών χώρων, όπου χρησιμοποιούνται με σκοπό την κατασκευή και την επισκευή κτιρίων. Η περιστροφική κίνηση του βραχίονα εκτελείται κοντά στον κεντρικό του άξονα, ενώ η πράξη ανύψωσης φορτίων επιτυγχάνεται μέσω του χειρισμού ηλεκτροκίνητων μηχανισμών βίντσισης.

Οι γερανοί με περιστρεφόμενη κολόνα αποτελούνται από έναν κυλινδρικό στύλο που είναι συνήθως τοποθετημένος εντός του χερσαίου υποστρώματος. Στην κορυφή της κατακόρυφης δομής στήριξης βρίσκεται ο δυναμικός περιστρεφόμενος βραχίονας, ο οποίος συνήθως κατασκευάζεται με τη χρήση στιβαρών υψηλών δοκών. Η επίτευξη πλήρους περιστροφής 360° διευκολύνεται με τη χρήση ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος μεταφέρει αποτελεσματικά την κίνηση μέσω της εφαρμογής οδοντωτών τροχών. Σύμφωνα με τη μελέτη των Jerman και Kramar το 2008, έχει παρατηρηθεί ότι οι εν λόγω οντότητες διαθέτουν την ικανότητα να ανυψώνουν αβίαστα φορτία βάρους έως και 8 μετρικών τόνων, ενώ η έκταση της εμβέλειάς τους σε ορισμένες περιπτώσεις εκτείνεται έως και τα αξιοσημείωτα 8 μέτρα.

Οι περιστρεφόμενοι γερανοί στερεώνονται συνήθως σε κατακόρυφες επιφάνειες, όπως τοίχοι ή δομικά στοιχεία κτιρίων. Η επικρατέστερη διαμόρφωση που συνήθως παρατηρείται είναι αυτή μιας δοκού τύπου IPN. Η περιορισμένη έκταση της κίνησής τους είναι συγκριτικά κατώτερη από εκείνη των περιστρεφόμενων γερανών, καθιστώντας τους συχνά συναντώμενους σε περιβάλλοντα γραμμών συναρμολόγησης. Η ανυψωτική ικανότητα του προαναφερθέντος αντικειμένου είναι συγκριτικά μειωμένη, όπως και η έκταση των ανοιγμάτων τους. Σύμφωνα με τους Jerman και συν. (2004), τα βαρούλκα έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν είτε με ηλεκτρική είτε με χειροκίνητη λειτουργία.

Οι περιστρεφόμενοι πυργογερανοί είναι κατακόρυφες κατασκευές που αποτελούνται από δικτυώματα και παρουσιάζουν σημαντικό ύψος. Ο βραχίονας, που συνήθως αναφέρεται ως κεραία, κατασκευάζεται επίσης με τη χρήση δικτυωμάτων. Ο πρωταρχικός στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού βάρους της κατασκευής, ενώ ταυτόχρονα μετριάζεται η επίδραση των δυνάμεων του ανέμου. Η σταθερότητα επιτυγχάνεται μέσω της στρατηγικής εφαρμογής αντίβαρων, τα οποία τοποθετούνται συμμετρικά στο φορείο και στη θεμελίωση του πύργου. Οι πυργογερανοί χρησιμοποιούνται συχνά στην εκτέλεση κατασκευαστικών προσπαθειών και στην αποκατάσταση υψηλών κτιρίων. Η έκταση των ανοιγμάτων τους μπορεί να φτάσει το πολύ τα 60 μέτρα, ενώ η ανυψωτική τους ικανότητα μπορεί να φτάσει σε μήκος έως και 100 μέτρα (Jerman & Kramar, 2008).



Εικόνα 3 Περιστρεφόμενος γερανός πύργου

1.3. Γερανοί με πυλώνες

Οι γερανοί που έχουν σχεδιαστεί για υπαίθριες εργασίες βασίζονται συνήθως στη στήριξη πυλώνων. Τα δομικά στηρίγματα που βρίσκονται στα θεμέλια, τα οποία συνήθως αναφέρονται ως πυλώνες, συνδέονται περίπλοκα με τους πλευρικούς φορείς που είναι τοποθετημένοι στην κορυφή των τροχιών. Οι προαναφερθείσες ερπύστριες συνδέονται άμεσα με τη χερσαία επιφάνεια. Αποτέλεσμα αυτών των εξελίξεων είναι ότι οι γερανογέφυρες αυτής της φύσης παρουσιάζουν αξιοσημείωτα αυξημένη ανυψωτική ικανότητα, η οποία σε ορισμένες περιπτώσεις φθάνει τους 800 τόνους (Sawodny et al., 2002).

Συνήθως, οι γερανοί ναυπηγείων αποτελούνται από ένα ζεύγος κύριων κατασκευών. Είναι εύλογο ότι υπάρχει η δυνατότητα κατοχής ποσότητας που υπερβαίνει το ένα φορείο, καθένα από τα οποία είναι στερεωμένο στην κορυφή των φορέων. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι τα πολλαπλά φορεία διαθέτουν την ικανότητα να κινούνται αυτόνομα και χωρίς καμία αλληλεξάρτηση μεταξύ τους.

Οι γερανοί φόρτωσης πλοίων και τρένων κατασκευάζονται πάντοτε με πυλώνες στήριξης. Το μέγεθος των ανοιγμάτων τους μπορεί να φθάσει το μέγιστο τα 40 μέτρα, ενώ η κατακόρυφη έκτασή τους μπορεί να φτάσει σε ύψος έως και 80 μέτρα. Οι φορείοι διαθέτουν τη δυνατότητα περιστροφής, διευκολύνοντας έτσι την απόκτηση φορτίων τόσο από θαλάσσια πλοία όσο και από σιδηροδρομικά βαγόνια, μεταφέροντας στη συνέχεια τα εν λόγω φορτία σε μηχανοκίνητα οχήματα. Οι μέγιστες ανυψωτικές ικανότητες των εν λόγω γερανών έχουν τη δυνατότητα να φτάσουν τους 100 μετρικούς τόνους (Singh et al., 2015).



Εικόνα 4 Γερανογέφυρα Φορτοεκφόρτωσης Πλοίων

1.3.1. Γερανογέφυρα

Η γερανογέφυρα, στον τομέα των βιομηχανικών μηχανημάτων, είναι ένας τύπος γερανού που χαρακτηρίζεται από την παρουσία μιας ή δύο δοκών που υποστηρίζονται από αυτοφερόμενα πόδια. Η συγκεκριμένη συσκευή έχει σχεδιαστεί για να διευκολύνει την κίνηση μέσω της χρήσης τροχών, μιας τροχιάς ή ενός σιδηροδρομικού συστήματος. Η κύρια λειτουργία του είναι να φέρει το βάρος μιας γέφυρας, ενός τρόλεϊ και ενός ανελκυστήρα, επιτρέποντας έτσι την αποτελεσματική μεταφορά βαρέων φορτίων. Οι γερανογέφυρες χρησιμοποιούνται σε διάφορα βιομηχανικά περιβάλλοντα, όπως εργαστήρια, αποθήκες, εμπορευματικούς χώρους, σιδηροδρομικές γραμμές και ναυπηγεία, χρησιμεύοντας ως λύση ανύψωσης που παρουσιάζει μια παραλλαγή των γερανών εναέριας κυκλοφορίας ή γεφυρών (Yang & Yang, 2007).

Οι γερανογέφυρες, που χρησιμεύουν ως βιώσιμη λύση για την ανύψωση, είναι σκόπιμα σχεδιασμένοι για να διευκολύνουν την ανύψωση τόσο ελαφρών όσο και στιβαρών φορτίων. Η ποικιλόμορφη σειρά γερανογεφυρών διευκολύνει την απρόσκοπτη ενσωμάτωση μιας γερανογέφυρας σε ένα ευρύ φάσμα σεναρίων ανύψωσης. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα που σχετίζονται με τις γερανογέφυρες έγκειται στην αξιολογούμενη ικανότητά τους να ανυψώνουν φορτία με απόλυτη αποτελεσματικότητα και ασφάλεια, αυξάνοντας έτσι τα επίπεδα παραγωγικότητας και αποδίδοντας σημαντική εξοικονόμηση τόσο σε χρόνο όσο και σε οικονομικούς πόρους. Οι γερανογέφυρες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κύριες κατηγορίες: μονόβαθμοι και δίβαθμοι. Η διαμόρφωση μονής δοκού χρησιμοποιείται συνήθως για μικρότερες εφαρμογές ανύψωσης, ενώ η σχεδίαση διπλής δοκού χρησιμοποιείται για εργασίες υψηλής χωρητικότητας και πιο απαιτητικές συνθήκες εργασίας. Σύμφωνα με τον

Malachias (2001), οι αυξημένες δυνατότητες και η αυξημένη επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα που παρουσιάζουν οι κατασκευές διπλής δοκού συνοδεύονται από υψηλότερο κόστος.

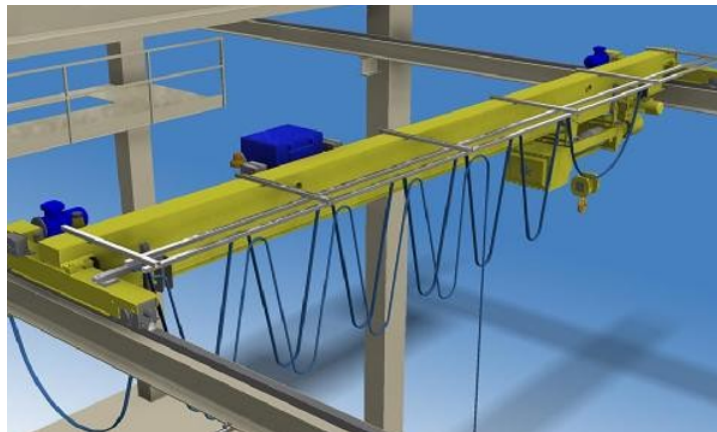
Η επικρατέστερη παραλλαγή γερανού γερανογέφυρας παρουσιάζει συνήθως διαμόρφωση "A", αν και είναι επίσης προμηθεύσιμες εναλλακτικές επιλογές με πόδια σχήματος L και σχήματος U. Οι γερανογέφυρες, ανεξάρτητα από τη διαμόρφωσή τους ως μονής ή διπλής δοκού, είναι ειδικά σχεδιασμένοι για να δέχονται σημαντικό φόρτο εργασίας και να αντέχουν παρατεταμένες λειτουργικές απαιτήσεις. Είναι ακριβώς αυτός ο μοναδικός παράγοντας που τους έχει καταστήσει το κατεξοχήν μέσο για το επίπονο έργο της ανύψωσης σημαντικών φορτίων. Η ανυψωτική ικανότητα των γερανογεφυρών παρουσιάζει ένα ευρύ φάσμα, που εκτείνεται από μερικές εκατοντάδες λίβρες μέχρι το εντυπωσιακό μέγεθος των πολλών εκατοντάδων τόνων. Σύμφωνα με τους Yang και Yang (2007), οι γερανοί προσφέρουν μια εξαιρετικά αποτελεσματική και οικονομικά αποδοτική λύση για τον σκοπό της ανύψωσης και μεταφοράς διαφόρων τύπων εξοπλισμού, υλικών και εργαλείων, ανεξάρτητα από τις διαστάσεις ή τη μάζα τους.

Οι γερανογέφυρες βρίσκουν εφαρμογή τόσο σε εσωτερικούς χώρους αποθηκών όσο και σε εξωτερικούς χώρους, όπως αποβάθρες πλοίων και σιδηροδρομικές αποβάθρες. Οι παραλλαγές για εξωτερικούς χώρους είναι εφοδιασμένες με χαρακτηριστικά ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες, όπως μηχανισμούς προστασίας από τον άνεμο, καλύμματα βροχής και μέτρα προστασίας από κεραυνούς. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι οι γερανοί γερανογέφυρες παρουσιάζουν το αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό ότι κατασκευάζονται είτε με σταθερό είτε με ρυθμιζόμενο ύψος και άνοιγμα, καλύπτοντας έτσι τις ποικίλες απαιτήσεις διαφόρων εγκαταστάσεων (Στεργίου & Στεργίου, 2006).

Οι γερανογέφυρες, ευρέως διαδεδομένες σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπως εργοστάσια και μηχανουργεία, αποτελούν το κυρίαρχο μέσο διευκόλυνσης της μετακίνησης διαφόρων εξαρτημάτων. Οι οντότητες αυτές διαθέτουν την ικανότητα να διασχίζουν την έκταση μιας σημαντικής επιχειρησιακής περιοχής, καθώς είναι προικισμένες με την ικανότητα να περιηγούνται τόσο στις διαμήκεις όσο και στις πλάγιες διαστάσεις της καθορισμένης περιοχής στην οποία βρίσκονται. Οι ανυψωτικές ικανότητες αυτών των μηχανημάτων μπορούν δυναμικά να φτάσουν έως και τους 80 τόνους, ανάλογα με την ειδική ταξινόμησή τους. Οι κρεμαστές γερανογέφυρες, που αναφέρονται επίσης ως γερανογέφυρες ανάρτησης, είναι στερεωμένες στο ανώτερο τμήμα μιας κατασκευής και κινητοποιούνται μέσω της χρήσης

τροχών τριβής. Συνήθως, οι τροχοί αυτοί βρίσκονται στην κορυφή υπερυψωμένων δοκών. Η εγκατάσταση αυτής της συγκεκριμένης παραλλαγής γερανού παρατηρείται συνήθως σε αρχιτεκτονικές κατασκευές όπου η απαίτηση για εκτεταμένους κινητούς χώρους είναι σημαντική, καθιστώντας έτσι ανέφικτη τη συμπερίληψη υποστυλωμάτων. Το φορτίο ανυψώνεται μέσω της χρήσης ενός ηλεκτρικού βαρούλκου. Ένα μειονέκτημα που σχετίζεται με τους γεραμούς ανάρτησης αφορά την περιορισμένη ικανότητά τους στην ανύψωση φορτίων που υπερβαίνουν τους 7 τόνους, όπως τονίζεται από τους Kim και συν. (2013).

Οι επικαθήμενες γερανογέφυρες εμφανίζουν ομοιότητες με τις κρεμαστές γερανογέφυρες. Η κύρια διάκριση έγκειται στη χρήση των ερπυστριών γερανογέφυρας που υποστηρίζονται από κολώνες. Αυτό σημαίνει ότι διαθέτουν την ικανότητα να ανυψώνουν σημαντικά μεγαλύτερα μεγέθη βάρους. Το πρωταρχικό δομικό στοιχείο που είναι υπεύθυνο για τη στήριξη του βαγονιού αναφέρεται συνήθως ως κύρια δοκός, η οποία μπορεί να εμφανίζει διαμόρφωση είτε μονής είτε διπλής δοκού. Οι μεταφορείς κατασκευάζονται είτε με τη χρήση δοκών με διπλή ουρά είτε με σχέδια κιβωτιοειδών δοκών με ενσωματωμένες νευρώσεις. Στην περίπτωση φορτίων που ζυγίζουν έως 10 τόνους και απαιτούν άνοιγμα έως 16,2 μέτρα, είναι σκόπιμο να χρησιμοποιείται ως φορέας μια δοκός με διπλή ουρά. Οι κιβωτιοειδείς κατασκευές θεωρούνται κατάλληλες για τη μεταφορά βαρύτερων φορτίων (Singh et al., 2015).



Εικόνα 5 Επικαθήμενη γερανογέφυρα

2. Κίνδυνοι και ατυχήματα σε γερανογέφυρες

2.1. Δομή και έλεγχος γερανογεφυρών

Η κατηγοριοποίηση των εξαρτημάτων των γερανογεφυρών, ανεξάρτητα από το μέγεθός τους, είτε πρόκειται για μικρούς και κινητούς είτε για μεγάλους και χρησιμοποιούμενους σε ναυπηγεία, μπορεί να οριοθετηθεί σε τρεις διακριτές κατηγορίες: μηχανικά, δομικά και ηλεκτρικά. Οι γερανογέφυρες διαθέτουν καθολικά δοκούς που υψώνονται πάνω από το δάπεδο ή το επίπεδο του εδάφους, διατηρώντας παράλληλο προσανατολισμό σε σχέση με την επιφάνεια του εδάφους ή του δαπέδου.

Αν και είναι αλήθεια ότι ορισμένες γερανογέφυρες διαθέτουν τη δυνατότητα να στερεώνονται σε μια κατασκευή, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι όλες οι γερανογέφυρες είναι εξοπλισμένες με δομές στήριξης με τη μορφή ποδιών. Τα πόδια αυτά μπορεί να έχουν τη μορφή ευθύγραμμης δοκού, δοκού δικτυώματος ή πλαισίου Α. (Πέτρου & Petrou, 2013).

Η διαμόρφωση μιας γερανογέφυρας αποτελείται από την κύρια δοκό ή τη δοκό της, μαζί με τα υποστηρικτικά της πόδια. Στο πλαίσιο ενός γερανού ημιγέφυρας, η διαμόρφωση αποτελείται από μια δοκό και ένα μεμονωμένο πόδι. Η δοκός χρησιμεύει ως το πρωταρχικό δομικό στοιχείο που είναι υπεύθυνο για την ανάληψη του επιβαλλόμενου φορτίου. Οι διαστάσεις, το μέγεθος και η ποσότητα των δοκών παρουσιάζουν μεταβλητότητα ανάλογα με την ταξινόμηση της γερανογέφυρας ως ελαφρού ή βαρέως τύπου, καθώς και τη μάζα του φορτίου που διακινείται. Όσον αφορά τα κάτω άκρα, είναι αξιοσημείωτο ότι η μία πλευρά παρουσιάζει σταθερή κατάσταση, ενώ η άλλη πλευρά παρουσιάζει εύκαμπτο χαρακτήρα. Αυτή η σκόπιμη σχεδιαστική επιλογή εξυπηρετεί τον σκοπό της ελαχιστοποίησης της περιττής μάζας και της προσαρμογής σε ενδεχόμενες μεταβολές του ανοίγματος, όπως διευκρινίζεται από τους Στεργίου και Στεργίου (2006).

Το τρόλεϊ διευκολύνει την οριζόντια μετακίνηση του ανυψωτήρα κατά μήκος της δοκού του γερανού και μπορεί να στερεωθεί είτε στην άνω είτε στην κάτω πλευρά. Η κατηγοριοποίηση των αμαξιδίων περιλαμβάνει τρεις διακριτούς τύπους, δηλαδή χαμηλό, κανονικό ύψος και διπλό φορέα. Τα καροτσάκια που είναι εξοπλισμένα με ροδέλες διαστήματος διαθέτουν τη δυνατότητα να υφίστανται ρυθμίσεις προκειμένου να επιτυγχάνεται η κατάλληλη προσαρμογή με τη δοκό, η οποία μπορεί να επιτευχθεί μέσω της προσθήκης ή της αφαίρεσης των εν λόγω ροδελών. Τα καροτσάκια ρύθμισης με βίδες χρησιμοποιούν μηχανισμό με βίδες για να διευκολύνουν τη διαδικασία των ρυθμίσεων. Σύμφωνα με τους Πέτρου και Petrou (2013), η πρωταρχική λειτουργία των προφυλακτικών τροχών είναι να

αποτρέπουν τυχόν συγκρούσεις μεταξύ των τροχών του καροτσιού και του παρακείμενου εξοπλισμού. Επιπλέον, οι πλευρικοί κύλινδροι καθοδήγησης εξυπηρετούν τον σκοπό της σταθεροποίησης του τρόλεϊ και της ελαχιστοποίησης τυχόν ανεπιθύμητων κινήσεων ταλάντωσης.

Ο ανελκυστήρας γερανογέφυρας είναι ένας τύπος βαρούλκου που είναι στερεωμένος στο τρόλεϊ, διευκολύνοντας την κατακόρυφη μετακίνηση του φορτίου. Λειτουργεί σε συνδυασμό με το τρόλεϊ, επιτρέποντας τόσο την οριζόντια όσο και την κατακόρυφη μετακίνηση. Σύμφωνα με τους Stergiou και Stergiou (2006), οι ανυψωτήρες που χρησιμοποιούν μηχανισμούς κίνησης με αλυσίδα έχουν τη δυνατότητα ανύψωσης φορτίων έως και πέντε τόνων. Αντίθετα, οι συρματόσχοινα διαθέτουν τη δυνατότητα ανύψωσης φορτίων πέντε τόνων ή και μεγαλύτερων μεγεθών. Η επαναφορά αφορά τη διάταξη του συρματόσχοινου ή της αλυσίδας, καθώς και των μπλοκ και του τυμπάνου του ανελκυστήρα. Οι ποικίλες ταξινομήσεις της επαναφοράς έχουν αντίκτυπο στον διαθέσιμο κατακόρυφο χώρο, στον ρυθμό με τον οποίο εκτελείται η ανύψωση και στη μέγιστη χωρητικότητα φορτίου. Ο χώρος ύψους αναφέρεται στην κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της δοκού και του γάντζου. Η ονοματολογία "μονό" ή "διπλό" αφορά την ποσοτικοποίηση των σχοινιών ή των αλυσίδων, όπως διευκρινίζεται από τους Πέτρου και Petrou (2013).

Ο χειριστής έχει άμεσο έλεγχο των κινήσεων του γερανού καθώς και του ανυψωτήρα μέσω της χρήσης των χειριστηρίων της γερανογέφυρας. Υπάρχουν πολλαπλές επαναλήψεις μεθοδολογιών ελέγχου γερανών, που περιλαμβάνουν ενσύρματους ή τηλεχειριζόμενους μηχανισμούς ελέγχου για μικροσκοπικές γερανογέφυρες, καθώς και καμπίνες και θαλάμους που διευκολύνουν την παρουσία του χειριστή είτε στην κορυφή του γερανού είτε σε έναν καθορισμένο χώρο για να επιβλέπει την κίνηση του γερανού. Η επικρατούσα τάση στη σφαίρα των λειτουργιών γερανογέφυρας συνεπάγεται τη μετακίνηση του χειριστή από τα όρια μιας καμπίνας σε μια θέση στο έδαφος, όπου μπορεί να επιβλέπει και να χειρίζεται αποτελεσματικά τις λειτουργίες του γερανού. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ο χειριστής χρησιμοποιεί μια συσκευή μενταγιόν ή τηλεχειριστήριο με ασύρματο χειρισμό, εξοπλισμένο με κουμπιά, μοχλούς ή άλλους μηχανισμούς εντολών για την εκτέλεση της κίνησης και της τοποθέτησης του γερανού γερανογέφυρας (Μαργαρίτης, 2011).

2.2. Χρήση των γερανογέφυρων

Η εγγενής προσαρμοστικότητα των γερανογεφυρών τους καθιστά ανεκτίμητο πλεονέκτημα τόσο για μικρές όσο και για μεγάλες βιομηχανικές εφαρμογές. Μια

γερανογέφυρα χρησιμοποιείται συνήθως ως υποκατάστατο ενός γερανού, καθώς ο τελευταίος μπορεί να μην ανταποκρίνεται επαρκώς στις ειδικές απαιτήσεις μιας συγκεκριμένης εφαρμογής. Οι γερανογέφυρες, στη σφαίρα της βιομηχανικής παραγωγής, βρίσκουν εκτεταμένη χρήση με σκοπό την ανύψωση και τη μεταφορά διαφόρων υλικών, προμηθειών και προϊόντων. Οι διάφοροι τύποι γερανογεφυρών διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στους τομείς της αυτοκινητοβιομηχανίας, του χάλυβα και της αεροδιαστημικής λόγω των εγγενών χαρακτηριστικών των κατασκευαστικών τους λειτουργιών. Οι γερανοί γερανογέφυρες διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην εγκατάσταση και τοποθέτηση κινητήρων στους τομείς της αυτοκινητοβιομηχανίας και της αεροδιαστημικής, όπως τονίζεται από τους Chamen και συν (1994).

Στο πλαίσιο των εγκαταστάσεων επισκευής μικρών κινητήρων, είναι επιτακτική ανάγκη να ανυψώνονται και να προσανατολίζονται οι κινητήρες κατά τρόπο που να διευκολύνεται η πλήρης οπτική πρόσβαση του τεχνικού σε όλα τα συστατικά στοιχεία των εν λόγω κινητήρων. Η χρήση εκτεταμένων γερανών και υποτυπωδών βαρούλκων μπορεί να αποδειχθεί είτε ανέφικτη είτε ανεπαρκής για την αποτελεσματική εκτέλεση του συγκεκριμένου έργου. Λόγω αυτού του σκεπτικού, οι επισκευαστικές εγκαταστάσεις βασίζονται σε φορητούς γεραμούς γερανογέφυρες που διαθέτουν την απαιτούμενη φέρουσα ικανότητα για την ανύψωση ενός κινητήρα, ενώ παράλληλα διαθέτουν την απαραίτητη κινητικότητα για τη διευκόλυνση της επανατοποθέτησής του.

Ο τομέας στον οποίο χρησιμοποιούνται συχνότερα σημαντικοί, στιβαροί γερανοί είναι αυτός των ναυπηγείων, όπου η κύρια λειτουργία τους περιλαμβάνει τη μεταφορά εξαιρετικά βαριών φορτίων και διαφόρων εξαρτημάτων των πλοίων. Οι διαστάσεις ενός μεταφορικού σκάφους περιλαμβάνουν σημαντικό μέγεθος και μάζα, που εκτείνεται από τα τρομερά συστήματα πρόωσης που εξασφαλίζουν την κίνηση μέχρι το σημαντικό φορτίο που μεταφέρουν. Η εγγενής κινητικότητα και η εξαιρετική ευελιξία που παρουσιάζουν οι γερανοί γερανογέφυρες τους καθιστούν βέλτιστη επιλογή. Η αξιοποίηση μιας ποικίλης γκάμας στιβαρών γερανογεφυρών είναι επιβεβλημένη στις εργασίες των ναυπηγείων για την κάλυψη των απαιτήσεων που σχετίζονται με την κατασκευή, την επισκευή, την εκφόρτωση και τη διακίνηση υλικών (Στεργίου & Στεργίου, 2006).

Η εγγενής προσαρμοστικότητα των συστημάτων γερανογέφυρας είναι ο κύριος παράγοντας που συμβάλλει στην εξαιρετική χρησιμότητά τους στο πλαίσιο των εργασιών αποθήκευσης. Μπορεί να υποστηριχθεί ότι οι αποθήκες διαθέτουν την απαιτούμενη

χωροταξική ικανότητα για την εγκατάσταση γερανογεφυρών. Ωστόσο, παρατηρείται συχνά ότι η αρχιτεκτονική σύνθεση των κτιρίων αποθηκών δεν επιτρέπει τη φιλοξενία τέτοιων μηχανικών συσκευών. Οι αποθήκες χρησιμοποιούν συνήθως μια ποικιλία γερανογεφυρών, που επιλέγονται με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των φορτίων που αποθηκεύονται. Συνήθως, είναι επιτακτική ανάγκη οι γερανοί αποθήκης να διαθέτουν δυνατότητες κινητικότητας, προκειμένου να διευκολύνεται η μεταφορά εξαιρετικά βαριών φορτίων από τον χώρο εκφόρτωσης στον χώρο φόρτωσης (Keil, 2012).

Ένα αναπόσπαστο στοιχείο της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει τη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων, τα οποία διαθέτουν διαστάσεις παρόμοιες με εκείνες ενός ημιρυμουλκούμενου και παρουσιάζουν αξιοσημείωτο βάρος, γεγονός που καθιστά αναγκαία τη μεταφορά τους μέσω διαφόρων τρόπων μεταφοράς, όπως αεροσκάφη, σιδηροδρόμους και θαλάσσια σκάφη. Σε αντίθεση με τους προκατόχους τους, τα σύγχρονα εμπορευματοκιβώτια μεταφοράς έχουν σημαντικό μέγεθος, παρόμοιο με κιβωτάμαξες, γεγονός που καθιστά αναγκαία τη χρήση κινητών γερανών για το χειρισμό, την τοποθέτηση και τη φόρτωσή τους σε φορτηγά ή τρένα, εξασφαλίζοντας έτσι τη βέλτιστη αποδοτικότητα. Οι γερανοί γερανογέφυρες έχουν αναδειχθεί ως μια εξαιρετικά κατάλληλη επιλογή για τη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων λόγω της εξαιρετικής χωρητικότητας φορτίου, της κινητικότητας και της ευελιξίας τους. Η βελτιωμένη λειτουργικότητα και οι εξορθολογισμένες διαδικασίες φόρτωσης που διευκολύνει ένας γερανός γερανογέφυρα μπορούν να αποδοθούν στην ευκολία και την ασφάλεια που παρέχει (Zheng et al., 2019).

2.3. Κίνδυνοι γερανογέφυρας

Ένας από τους κυριότερους κινδύνους που σχετίζονται με τα συστήματα γερανογέφυρας αφορά την εγγενή αστάθεια των φορτίων. Σε περίπτωση που τα φορτία είναι ανεπαρκώς στερεωμένα ή αν ο γερανός λειτουργεί πέραν της προβλεπόμενης χωρητικότητας φορτίου του, υπάρχει πιθανός κίνδυνος μετατόπισης ή καθόδου του φορτίου, με αποτέλεσμα ανεπιθύμητα συμβάντα και σωματικές βλάβες (Bin et al., 2014).

Η πράξη της υποβολής μιας γερανογέφυρας σε υπερβολικό φορτίο αποτελεί θέμα σοβαρής ανησυχίας, καθώς ενέχει σημαντικό κίνδυνο δομικού συμβιβασμού, με αποτέλεσμα να επισπεύδεται η πιθανή κατάρρευση του γερανού. Αυτό έχει τη δυνατότητα να οδηγήσει σε

τρομερές συνέπειες, που περιλαμβάνουν σωματικές βλάβες, απώλεια ζωής και σημαντική καταστροφή περιουσίας. Είναι εξαιρετικά σημαντικό να τηρείται αυστηρά η προβλεπόμενη ονομαστική χωρητικότητα του γερανού και να τηρούνται επιμελώς οι κατάλληλες διαδικασίες χειρισμού του φορτίου. Οι γερανογέφυρες, ως μέσο μεταφοράς, αντλούν την ισχύ τους από την ηλεκτρική ενέργεια. Είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωριστεί ότι η χρήση αυτής της ηλεκτρικής ενέργειας ενέχει εγγενείς κινδύνους ηλεκτρικών κινδύνων, οι οποίοι μπορεί να εκδηλωθούν εάν ο εξοπλισμός γερανογέφυρας δεν συντηρείται επιμελώς και κατάλληλα. Η εμφάνιση ηλεκτρικών εκκενώσεων, πυρκαγιών ή άλλων ατυχημάτων μπορεί να αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες, όπως ελαττωματικές καλωδιώσεις, κατεστραμμένα ηλεκτρικά εξαρτήματα ή ανεπαρκής γείωση (He et al., 2009).

Οι γερανογέφυρες λειτουργούν συχνά σε πολυσύχναστα βιομηχανικά περιβάλλοντα που χαρακτηρίζονται από την παρουσία πρόσθετων γερανών, οχημάτων και προσωπικού. Το μέγεθος του ενδεχόμενου σύγκρουσης είναι σημαντικό, γεγονός που καθιστά αναγκαία την εφαρμογή κατάλληλων πρωτοκόλλων ασφαλείας, συμπεριλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, αποτελεσματικών στρατηγικών επικοινωνίας, εμφανών προειδοποιητικών σημάτων και σαφώς οριοθετημένων οδών, προκειμένου να μετριαστεί η εμφάνιση ατυχημάτων. Όπως όλες οι μηχανικές συσκευές, έτσι και οι γερανογέφυρες υπόκεινται στις επιπτώσεις της φθοράς και της χρήσης. Περιπτώσεις μηχανικών βλαβών, που περιλαμβάνουν δυσλειτουργίες των φρένων, σπάσιμο καλωδίων ή δομικά προβλήματα, είναι δυνατόν να προκαλέσουν ατυχήματα. Οι Yamamoto και συν. (2006) υποστηρίζουν ότι η εφαρμογή επιθεωρήσεων ρουτίνας, πρωτοκόλλων συντήρησης και άμεσων επισκευών είναι επιτακτική ανάγκη για τον μετριασμό της εμφάνισης τέτοιων βλαβών.

Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι τα ατυχήματα με γεραμούς συχνά συμβαίνουν λόγω της παρουσίας ανθρώπινου λάθους. Τα ατυχήματα μπορεί να προκύψουν λόγω ανεπαρκούς εκπαίδευσης, έλλειψης εμπειρίας ή αμέλειας που επιδεικνύει ο χειριστής του γερανού. Ο μετριασμός αυτού του κινδύνου εξαρτάται από την εφαρμογή κατάλληλων προγραμμάτων εκπαίδευσης, την αυστηρή τήρηση των πρωτοκόλλων ασφαλείας και τη συνεχή παρακολούθηση της απόδοσης του χειριστή (Ramalan & Hasmorí, 2021). Επιπλέον, είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωριστεί ότι οι δυσμενείς μετεωρολογικές συνθήκες, που περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, αυξημένες ταχύτητες ανέμου, θυελλώδη καιρικά φαινόμενα ή εξαιρετικά ακραίες θερμοκρασίες, διαθέτουν τη δυνατότητα να ασκήσουν βαθιά επίδραση στη συνολική σταθερότητα και λειτουργικότητα των γερανογεφυρών. Η εξέταση των καιρικών συνθηκών πριν από τη χρήση ενός γερανού, καθώς και η εφαρμογή των ανάλογων μέτρων

ασφαλείας, συμπεριλαμβανομένης της αναστολής των εργασιών σε περιπτώσεις κακοκαιρίας, αποκτούν ύψιστη σημασία. Η εφαρμογή διαδικασιών τακτικής συντήρησης είναι επιτακτική ανάγκη προκειμένου να διασφαλιστεί η βέλτιστη λειτουργική απόδοση των γερανογεφυρών. Η μη τήρηση των πρωτοκόλλων τακτικής επιθεώρησης και η έγκαιρη επίλυση των προβλημάτων που εντοπίζονται μπορεί να οδηγήσει σε δυσλειτουργίες του εξοπλισμού, αυξάνοντας έτσι την πιθανότητα να συμβούν ατυχήματα (Kamarul et al., 2016).

Δυστυχώς, σε επαγγελματικά περιβάλλοντα, όπως εγκαταστάσεις παραγωγής, εργαστήρια μηχανουργίας, ναυπηγεία και αποθήκες βαρέων μηχανημάτων, συμβαίνουν συχνά περιστατικά κατά τη μεταφορά φορτίων. Η υπεροχή αυτών των περιστατικών μπορεί να αποδοθεί στους επόμενους καθοριστικούς παράγοντες.

- Λανθασμένη φόρτωση του γερανού.
- Στην αδιαφορία και την έλλειψη πληροφόρησης τόσο από την πλευρά του χειριστή όσο και από την πλευρά του υπεύθυνου.
- Στον λανθασμένο χειρισμό των ανυψωτικών μηχανημάτων από απρόσεκτους χειριστές.
- Στον ανεπαρκή έλεγχο και συντήρηση του ανυψωτήρα.
- Στο χειρισμό του μηχανήματος από εντελώς άπειρο άτομο (Ardi et al., 2017).

Οι παράγοντες που αναφέρθηκαν αποτελούν τις αιτίες των ακόλουθων ατυχημάτων.

- Ανατροπή του ανυψωτικού μηχανήματος λόγω κακής τοποθέτησης του φορτίου.
- Ανατροπή του ανυψωτήρα λόγω υψηλής ταχύτητας.
- Ηλεκτροπληξία λόγω επαφής του ανυψούμενου φορτίου με καλώδια ηλεκτρικού ρεύματος.
- Τραυματισμός ή ακόμη και θάνατος εργαζομένου σε χώρο ανύψωσης λόγω απροσεξίας. (Πέρασμα κάτω από ανυψωμένα φορτία).
- Τραυματισμός ή ακόμη και θάνατος εργαζομένου ως αποτέλεσμα της χρήσης της ανυψωτικής συσκευής για την ανύψωση προσωπικού (Frendo, 2016).

2.4. Ατυχήματα γερανογεφυρών

Μερικά παραδείγματα ατυχημάτων είναι τα παρακάτω:

- Ατύχημα στο διωλιστήριο της Chevron (2007)

Το 2007, συνέβη ένα εργατικό ατύχημα στο διυλιστήριο της Chevron στην Pascagoula του Mississippi. Μια γερανογέφυρα κατέρρευσε κατά τη διάρκεια μιας εργασίας συντήρησης, με αποτέλεσμα το θάνατο τεσσάρων συμβασιούχων εργατών και τον τραυματισμό πολλών άλλων. Η κατάρρευση αποδόθηκε σε μια διαβρωμένη δοκό στήριξης που αστόχησε υπό το φορτίο του γερανού. Το περιστατικό αυτό υπογράμμισε τη σημασία των τακτικών επιθεωρήσεων και της συντήρησης για την πρόληψη δομικών αστοχιών (Abílio Ramos et al., 2017).

➤ Ατύχημα στο λιμάνι του Λος Άντζελες (2011)

Ένα ατύχημα με γερανό γερανογέφυρα συνέβη στους τερματικούς σταθμούς APM στο λιμάνι του Λος Άντζελες το 2011. Ο γερανός κατέρρευσε κατά την ανύψωση ενός εμπορευματοκιβωτίου, προκαλώντας σημαντικές ζημιές στον γερανό και στις γύρω υποδομές. Ευτυχώς, δεν αναφέρθηκαν τραυματισμοί. Η έρευνα αποκάλυψε ότι μια μηχανική βλάβη σε ένα από τα εξαρτήματα του γερανού ήταν η κύρια αιτία του ατυχήματος, τονίζοντας τη σημασία των ενδεδειγμένων μηχανικών επιθεωρήσεων (Häkkinen & Posti, 2013).

➤ Ατύχημα σε ναυπηγείο της Νότιας Κορέας (2014)

Το 2014, μια γερανογέφυρα κατέρρευσε σε ένα ναυπηγείο στη Νότια Κορέα, με αποτέλεσμα να χάσουν τη ζωή τους δέκα εργαζόμενοι και να τραυματιστούν αρκετοί άλλοι. Η κατάρρευση έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης ενός μπλοκ πλοίου και η έρευνα αποκάλυψε ότι ένα σχεδιαστικό ελάττωμα στην κατασκευή του γερανού συνέβαλε στο συμβάν. Αυτό το τραγικό συμβάν ανέδειξε τη σημασία των αυστηρών προτύπων ασφαλείας και των αυστηρών αναθεωρήσεων του σχεδιασμού κατά την κατασκευή γερανογεφυρών (Kim et al., 2017).

➤ Κατάρρευση γερανού στη Σιγκαπούρη (2017)

Το 2017, μια γερανογέφυρα κατέρρευσε σε ένα ναυπηγείο στη Σιγκαπούρη κατά τη διάρκεια μιας εργασίας ανύψωσης. Το περιστατικό οδήγησε στο θάνατο ενός εργαζομένου και στον τραυματισμό άλλων. Η έρευνα διαπίστωσε ότι η δομική αστοχία του γερανού προκλήθηκε από έναν συνδυασμό παραγόντων, συμπεριλαμβανομένης της διάβρωσης και των ανεπαρκών πρακτικών συντήρησης. Αυτό τόνισε τον κρίσιμο ρόλο των τακτικών επιθεωρήσεων και των μέτρων πρόληψης της διάβρωσης (Kong & Ku, 2022).

➤ Εργοτάξιο σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (2019)

Το έτος 2019, συνέβη ένα θλιβερό περιστατικό σε εργοτάξιο σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που βρίσκεται στις Ηνωμένες Πολιτείες, όπου ένας γερανός γερανογέφυρα υπέστη καταστροφική κατάρρευση. Το περιστατικό συνέβη εν μέσω της διαδικασίας εγκατάστασης γεννήτριας, με αποτέλεσμα να προκληθούν τραυματισμοί σε πολλούς εργάτες. Τα ευρήματα της έρευνας δείχνουν ότι η κατάρρευση ήταν αποτέλεσμα ανεπαρκών πρωτοκόλλων εξάρτησης και ανύψωσης, που επιδεινώθηκαν από την ανεπαρκή επικοινωνία μεταξύ του χειριστή του γερανού και του προσωπικού στο έδαφος. Το προαναφερθέν περιστατικό χρησίμευσε για να τονίσει τη σημασία της επαρκούς εκπαίδευσης και των καθιερωμένων πρωτοκόλλων επικοινωνίας (Allen et al., 2016).

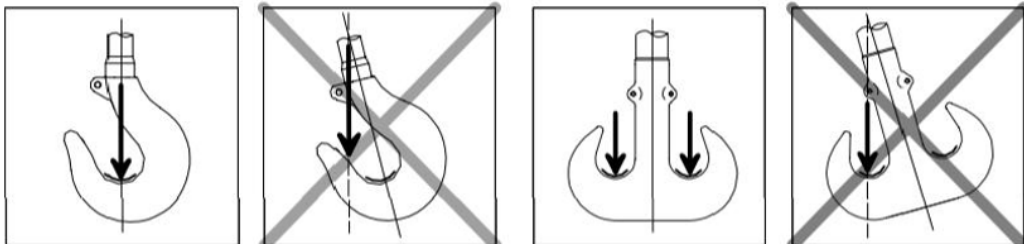
Τα προαναφερθέντα περιστατικά χρησιμεύουν για να υπογραμμίσουν τον ετερογενή χαρακτήρα των ατυχημάτων γερανογέφυρας, που περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα αιτιολογικών παραγόντων που εκτείνονται από δομικές ελλείψεις έως μηχανικές ανωμαλίες και ανθρώπινη αστοχία. Σε κάθε περίπτωση, αποκομίστηκαν πολύτιμες γνώσεις σχετικά με τη σημασία των αυστηρών πρωτοκόλλων ασφαλείας, των περιοδικών εξετάσεων και της επαρκούς εκπαίδευσης τόσο των χειριστών όσο και του παρακείμενου προσωπικού που εμπλέκεται κοντά σε συστήματα γερανογέφυρας (Hingorani & Tanner, 2020).

3. Μέτρα προστασίας και αξιολόγηση της ασφάλειας

3.1. Βασικοί κανονισμοί ασφαλείας

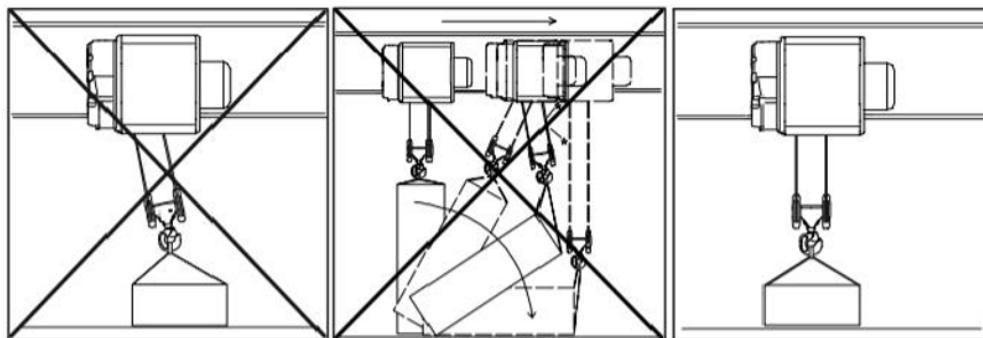
Είναι επιτακτική ανάγκη να μελετήσετε διεξοδικά όλες τις οδηγίες που παρέχονται από τον κατασκευαστή πριν από τη χρήση. Το άτομο που είναι υπεύθυνο για το χειρισμό του γερανού πρέπει να κατανοεί πλήρως τις παρεχόμενες οδηγίες και να τις τηρεί επιμελώς στην

αρχική τους μορφή. Το άτομο που είναι υπεύθυνο για την επίβλεψη μιας συγκεκριμένης εργασίας πρέπει να έχει πλήρη γνώση όλων των λειτουργικών χειριστηρίων που σχετίζονται με τον γερανό και να επιδεικνύει επάρκεια στην ορθή και ασφαλή χρήση τους. Επιπλέον, είναι επιτακτική ανάγκη το εν λόγω άτομο να διατηρεί αυξημένο επίπεδο επαγρύπνησης, ώστε να εντοπίζει και να μετριάξει άμεσα τυχόν πιθανούς κινδύνους ή κινδύνους που μπορεί να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητα συμβάντα. Είναι εξαιρετικά σημαντικό οι υποψήφιοι χειριστές περονοφόρων ανυψωτικών μηχανημάτων να αποκτήσουν τις απαραίτητες δεξιότητες για να χειρίζονται με επάρκεια το περονοφόρο ανυψωτικό μηχάνημα υπό συνθήκες που θέτουν ως προτεραιότητα την ασφάλεια, ειδικά όταν δεν υπάρχει φορτίο, πριν από την έναρξη των πραγματικών εργασιακών τους καθηκόντων. Αυτό περιλαμβάνει την απόκτηση ικανότητας χειρισμού του γάντζου καθώς και την αποτελεσματική διαχείριση μικρότερων φορτίων (Ardi et al., 2017). Η πλήρης κατανόηση των σημάτων και των προειδοποιήσεων, καθώς και των συμβόλων κατεύθυνσης που σχετίζονται με το φορείο και τον γερανό, είναι επίσης επιβεβλημένη. Είναι εξαιρετικά σημαντικό οι χειριστές που είναι ικανοί στη χρήση διαφόρων χειροκίνητων κινήσεων να διαθέτουν ολοκληρωμένη κατανόηση κάθε συγκεκριμένης κίνησης που σκοπεύουν να εκτελέσουν. Οι επιχειρησιακές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία των ανυψωτικών μηχανημάτων παίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της συνολικής μακροζωίας τους. Εάν ο γερανός χρησιμοποιείται για σκοπό διαφορετικό από την προβλεπόμενη λειτουργία του, καθίσταται προφανές ότι η διάρκεια ζωής του θα υποστεί αλλοίωση. Λόγω αυτής της λογικής, πριν από την ανύψωση ενός φορτίου, οι χειριστές εξασφαλίζουν μια ικανή και ασφαλή διαδρομή για τη μεταφορά του. Ο πρωταρχικός στόχος των ατόμων που ασκούν αυτόν τον ρόλο είναι να εξασφαλίσουν την αποτροπή τυχόν συγκρούσεων μεταξύ του φορτίου και των γύρω αντικειμένων, καθώς και να διατηρήσουν μια ασφαλή απόσταση από τα άτομα που βρίσκονται κοντά. Πριν από την έναρξη κάθε εργασίας ανύψωσης, είναι επιτακτική ανάγκη να ελέγχεται σχολαστικά η κατάσταση κλεισίματος του μηχανισμού ασφαλείας του γάντζου, εξασφαλίζοντας την ασφαλή στερέωσή του. Επιπλέον, είναι εξαιρετικά σημαντικό να βεβαιωθείτε ότι η δύναμη που ασκείται κατά τη διαδικασία ανύψωσης εφαρμόζεται στο ναδίρ της τροχιάς της (Μπέγια, 2018).



Εικόνα 6 Οδηγίες ασφάλειας

Πριν από την ανύψωση, βεβαιωθείτε ότι το φορτίο δεν μπορεί να γλιστρήσει ή να αποκολληθεί από τον γάντζο. Τα σχοινιά πρέπει να είναι ομοιόμορφα τοποθετημένα και το φορείο και ο γάντζος πρέπει να βρίσκονται σε ευθεία γραμμή μεταξύ τους στον κατακόρυφο άξονα. Επίσης, το φορτίο δεν πρέπει να σέρνεται στο έδαφος (Μπέγια, 2018).

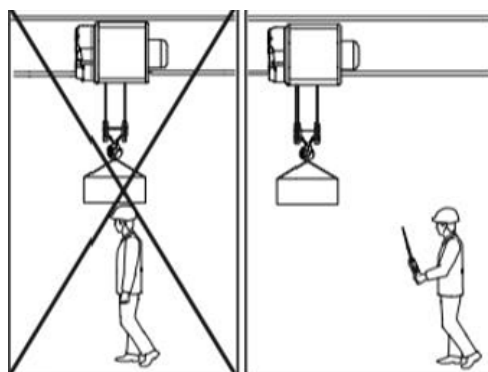


Εικόνα 7 Οδηγίες ασφάλειας

Είναι επιτακτική ανάγκη να τηρείτε με συνέπεια τις κατευθυντήριες γραμμές που ορίζει ο κατασκευαστής όταν χρησιμοποιείτε ένα εξάρτημα ανύψωσης, ειδικά σε αυτή την περίπτωση, μάντες. Όταν χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα δύο γερανογέφυρες, είναι επιτακτική ανάγκη να διασφαλίζεται η παρουσία ενός ικανού επόπτη για την επίβλεψη της διαδικασίας ανύψωσης, η οποία πρέπει να εκτελείται με σημαντικά μειωμένη ταχύτητα. Συνιστάται η έναρξη και ο τερματισμός της λειτουργίας του γερανού γερανογέφυρας με μειωμένη ταχύτητα. Ομοίως, η αρχή αυτή μπορεί να επεκταθεί και στη χρήση του γάντζου, ιδίως σε περιπτώσεις όπου μεταφέρεται σημαντικό βάρος. Συνιστάται η αποφυγή της υπερβολικής ταλάντωσης του φορτίου, κατά τη διάρκεια της κίνησης ενός γερανού γερανογέφυρας. Η πράξη της ανύψωσης

ατόμων θα πρέπει να απέχει, καθώς απαγορεύεται γενικά, εκτός βέβαια αν προορίζεται ειδικά για την απασχόληση σε συνδυασμό με ανυψωτική συσκευή (Κουφάκης, 2012).

Τα άτομα απαγορεύεται αυστηρά να τοποθετούνται κάτω από ένα φορτίο που είναι ανυψωμένο, καθώς και να κάνουν ελιγμούς με το εν λόγω φορτίο σε κοντινή απόσταση από άλλα άτομα. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει ένα άτομο να προβαίνει στην πράξη της ανύψωσης ενός φορτίου όταν υπάρχει διακριτή πιθανότητα πρόκλησης βλάβης ή τραυματισμού σε άλλο άτομο. Απέχουν από την πράξη της ανύψωσης φορτίου που υπερβαίνει το προβλεπόμενο όριο του μέγιστου επιτρεπόμενου φορτίου ανύψωσης. Η εμφάνιση ξαφνικών και γρήγορων κινήσεων, καθώς και απότομων σπασμωδικών κινήσεων, μπορεί να προκαλέσει υπερβολικά φορτία, θέτοντας έτσι σε κίνδυνο τη δομική ακεραιότητα και την ανθεκτικότητα του γερανού γερανογέφυρας. Προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφαλής μεταφορά του φορτίου, είναι επιτακτική η ανύψωσή του σε επαρκές ύψος, ώστε να αποφευχθούν τυχόν συγκρούσεις με τα γύρω αντικείμενα. Ωστόσο, είναι περιττό να ανυψωθεί στο μέγιστο ζενίθ της συσκευής ανάρτησης. Κατά την ανύψωση φορτίων, είναι απαραίτητο να διασφαλίζεται σταθερά ότι τα εν λόγω φορτία δεν κινδυνεύουν να έρθουν σε επαφή με άψυχα αντικείμενα ή άτομα (Μπέγια, 2018).



Εικόνα 8 Οδηγίες ασφαλείας

Σε περίπτωση που ο γερανός γερανογέφυρα είναι εξοπλισμένος με συσκευή ακουστικής σηματοδότησης, τα άτομα μπορούν να τη χρησιμοποιήσουν ως μέσο για να ειδοποιήσουν και να τραβήξουν την προσοχή των κοντινών ατόμων. Η πράξη της μετακίνησης του φορτίου αναβάλλεται έως ότου διενεργηθεί ενδεδειγμένη αξιολόγηση για να διαπιστωθεί η επάρκεια της ασφάλισής του στον γάντζο (Ζήκος, 2020). Δεν παρατηρείται η χρήση του δείκτη προστασίας από υπερφόρτωση για τη μέτρηση του φορτίου. Πριν από την επίτευξη των

σημείων τερματισμού, σταματούν όλες οι κινήσεις τόσο του φορείου όσο και του γερανού. Πρέπει οπωσδήποτε να αποφεύγεται η χρησιμοποίηση του ανυψωτικού μηχανήματος παρουσία διακριτών ελαττωμάτων ή ζημιών στο συρματόσχοινο. Σε περίπτωση αυξημένων επιπέδων θορύβου ή ανίχνευσης μη φυσιολογικής λειτουργίας, ξεκινά αμέσως η διακοπή της λειτουργίας. Είναι επιτακτική ανάγκη να επιδεικνύεται διακριτικότητα και να αποφεύγεται η χρήση του κουμπιού έκτακτης ανάγκης σε καταστάσεις που δεν δικαιολογούν τη χρήση του. Επιπλέον, οι επαγγελματίες αυτής της τέχνης απέχουν ευσυνείδητα από την εκτέλεση μικροσκοπικών και άκομψων κινήσεων, καθώς έχει παρατηρηθεί ότι τέτοιες ενέργειες προκαλούν υπερβολική παραγωγή θερμότητας, επιταχύνοντας έτσι τη φθορά των κινητήρων. Σύμφωνα με τα ευρήματα του Μπέγια (2018), είναι επιτακτική ανάγκη οι ανυψωτές να επιδεικνύουν προσοχή και σύνεση, αποφεύγοντας ενεργά τυχόν πιθανές βίαιες συγκρούσεις με άλλους ανυψωτές ή εμπόδια. Επιπλέον, είναι εξαιρετικά σημαντικό τα αναρτημένα φορτία να μην αφήνονται ποτέ αφύλακτα, καθώς αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε επικίνδυνες καταστάσεις.

Η πράξη της έλξης ενός φορτίου από το πλάι δεν παρατηρείται στη συμπεριφορά τους. Η συνήθης πρακτική περιλαμβάνει τη σκόπιμη διακοπή των εργασιών του γερανού γερανογέφυρας πριν από την έναρξη της διαδικασίας καθέλκυσης ενός φορτίου, όπου τα συρματόσχοινα τοποθετούνται με τρόπο που είναι κάθετος στο έδαφος. Σε περίπτωση ηλεκτρικής βλάβης, είναι επιτακτική ανάγκη οι επισκευές να πραγματοποιούνται αποκλειστικά από άτομα που διαθέτουν τα απαραίτητα προσόντα και την απαραίτητη τεχνογνωσία. Σύμφωνα με τις οδηγίες που παρέχονται από τον κατασκευαστή (Ζήκος, 2020), οι συνήθεις επιθεωρήσεις και οι διαδικασίες προληπτικής συντήρησης εφαρμόζονται με συνέπεια.

Με την έναρξη της λειτουργικής φάσης που διευκολύνεται από την εγκατάσταση ενός γερανού γερανογέφυρας, είναι επιτακτική ανάγκη να διεξάγεται σχολαστική εξέταση του εν λόγω γερανού, τηρώντας ένα ολοκληρωμένο πρωτόκολλο επιθεώρησης. Οι οδηγίες επιθεώρησης που αφορούν τον γερανό πρέπει να συμμορφώνονται με τους κανονισμούς που ορίζει ο κατασκευαστής. Είναι απαραίτητο να αναγνωρίσουμε ότι η προβλεπόμενη συχνότητα για τη διενέργεια επιθεωρήσεων σε έναν γερανό, ιδίως όταν αυτός βρίσκεται σε αδιάλειπτη λειτουργία, ορίζεται σε εβδομαδιαίο διάστημα. Η λήψη μετρήσεων στα καθορισμένα σημεία επιθεώρησης κρίνεται επιβεβλημένη σε περιπτώσεις όπου οι εναλλακτικές μεθοδολογίες δεν αποδίδουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Σε περίπτωση που διαπιστωθούν ελαττώματα ή ανωμαλίες, είναι επιτακτική η διεξαγωγή ενδελεχούς διερεύνησης και στη συνέχεια η

εφαρμογή των κατάλληλων διορθωτικών ενεργειών. Τα μέτρα αυτά, όπως προβλέπεται από τον κατασκευαστή, προσαρμόζονται στον συγκεκριμένο σχεδιασμό και το συγκεκριμένο έργο (Μπέγια, 2018).

3.2. Αξιολόγηση της ασφάλειας

Οι γερανοί, οι οποίοι θεωρούνται εξαιρετικά επισφαλείς και εξειδικευμένες συσκευές, βρίσκουν εκτεταμένη εφαρμογή σε διάφορους τομείς, όπως οι βιομηχανικές και μεταλλευτικές επιχειρήσεις, τα ακίνητα, τα λιμάνια, οι σιδηροδρομικές μεταφορές και οι κατασκευές (Wang, 2013). Το ζήτημα της ασφάλειας των γερανών έχει συγκεντρώσει σημαντική προσοχή λόγω των εγγενών κινδύνων που ενέχουν, όπως επισημαίνουν οι Ruud και Mikkelsen στη μελέτη τους το 2008. Η επιδείνωση της φθοράς των μηχανικών εξαρτημάτων παρατηρείται σε συνδυασμό με την κλιμάκωση της διάρκειας ζωής και της συχνότητας λειτουργίας. Επιπλέον, λόγω της απουσίας έγκαιρης συντήρησης, ο ρυθμός αστοχίας του γερανού γέφυρας θα παρουσιάσει σημαντική αύξηση, επιδεινώνοντας έτσι τους πιθανούς κινδύνους για την ασφάλεια που συνδέονται με τη λειτουργία του. Με βάση τα στοιχεία που παρείχε η Γενική Διοίκηση Εποπτείας, Ελέγχου και Καραντίνας Ποιότητας της Κίνας, αναφέρθηκε ότι ο συνολικός αριθμός των εγγεγραμμένων γερανών στην Κίνα το έτος 2015 ανήλθε σε 2,1044 εκατομμύρια (Lu et al., 2019). Ως εκ τούτου, είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωριστεί ότι οι προκλήσεις που προκύπτουν από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, της διάρκειας ζωής, των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, της βλάβης του εξοπλισμού, του λάθους του χειριστή και της ανεπαρκούς εκπαίδευσης, συνιστούν σημαντικό κίνδυνο τόσο για την ανθρώπινη ζωή όσο και για την περιουσία. Κατά το έτος 2015, στη χώρα της Κίνας καταγράφηκαν συνολικά 257 περιστατικά που αφορούσαν ειδικό εξοπλισμό. Αυτά τα ατυχή περιστατικά είχαν ως αποτέλεσμα την απώλεια 278 ζώων και προκάλεσαν τραυματισμούς σε 320 άτομα. Τα περιστατικά που σχετίζονταν με γερανούς αντιπροσώπευαν το 30,74% των συνολικών συμβάντων και ήταν υπεύθυνα για το 41,01% των συνολικών θανάτων, υποδηλώνοντας αξιοσημείωτη αύξηση κατά 27,42% και 16,32%, αντίστοιχα, σε σύγκριση με τα στατιστικά στοιχεία που καταγράφηκαν το 2014. Κατά συνέπεια, το θέμα της ασφάλειας των γερανών έχει συγκεντρώσει σημαντική προσοχή στο πλαίσιο της εποπτείας της επαγγελματικής ασφάλειας στην Κίνα. Ως αποτέλεσμα, οι αξιολογήσεις της ασφάλειας των γερανών έχουν αναδειχθεί ως μια κομβική προσέγγιση για τον μετριασμό των ατυχημάτων και την ελαχιστοποίηση των απωλειών σε ανθρώπινες ζωές (Aneziris et al., 2008).

Έχουν διεξαχθεί πολυάριθμες επιστημονικές έρευνες σχετικά με την αξιολόγηση των μέτρων ασφαλείας στον τομέα των εργασιών με γερανούς. Οι Xu και Jiang διεξήγαγαν μια ολοκληρωμένη έρευνα σχετικά με την εφαρμογή της ασαφούς αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας (FAHP) στην αξιολόγηση της κατάστασης ασφάλειας των γερανών. Ομοίως, οι Hu και συν. ανέλαβαν την αξιολόγηση της ταξινόμησης της ασφάλειας για γέφυρες και γερανογέφυρες χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία FAHP. Η εφαρμογή της ασαφούς αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας (FAHP) από τους Zhao και συν. στην αξιολόγηση της δομικής ασφάλειας των ναυπηγικών γερανών και η ανάπτυξη μιας αναλυτικής ιεραρχικής διαδικασίας τριών κλιμάκων από τους Xu και Li για την αξιολόγηση του βαθμού επικινδυνότητας του μηχανισμού ανύψωσης ενός ερπυστριοφόρου γερανού, αποτελούν παραδείγματα χρήσης προηγμένων μεθοδολογιών στον τομέα της ανάλυσης της ασφάλειας των γερανών. Οι Chen και Zhang επινόησαν ένα γκριζο μοντέλο με σκοπό την αξιολόγηση της ασφάλειας του συστήματος γερανογέφυρας εντός ενός γερανού πύλης. Οι ασαφείς μέθοδοι αξιολόγησης χρησιμοποιούνται εκτενώς στην πράξη λόγω της εγγενούς απλότητας στη μαθηματική κατανόηση και της υπολογιστικής τους δυνατότητας. Παρ' όλα αυτά, είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωριστεί ότι η χρήση της αρχής της μέγιστης συμμετοχής (MMP) στο πλαίσιο ολοκληρωμένων ασαφών αξιολογήσεων δεν μπορεί να θεωρηθεί κατάλληλη προσέγγιση όταν πρόκειται για την εξακρίβωση βαθμών ασφαλείας. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι εγγενείς περιορισμοί του παραδείγματος των μικτών μεθόδων, οι Yang και συν. χρησιμοποίησαν την αξιοποίηση της θεωρίας των μη προσδιορισμένων μετρήσεων (UMT) με σκοπό τη διενέργεια αξιολογήσεων ασφαλείας γερανών. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα της αξιολογήσής τους βρέθηκαν να επηρεάζονται από τα συγκεκριμένα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των επιπέδων εμπιστοσύνης. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι οι αυξημένες τιμές εμπιστοσύνης τείνουν να αποδίδουν αποτελέσματα που έχουν πιο προσεκτικό χαρακτήρα. Η επιλογή χαμηλότερων διαστημάτων εμπιστοσύνης μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την αξιοπιστία των λαμβανόμενων αποτελεσμάτων. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι οι προαναφερθείσες μεθοδολογίες χρησιμοποιούν συνήθως την αναλυτική ιεραρχική διαδικασία για τον υπολογισμό των βαρών των δεικτών. Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναγνωριστεί ότι η προσέγγιση αυτή μπορεί να μην αποσαφηνίζει πλήρως την εγγενή πληροφοριακή αξία που προσφέρει κάθε μεμονωμένη τιμή του δείκτη.

Οι ευφείς μεθοδολογίες αξιολόγησης έχουν τη δυνατότητα να παρακάμψουν τις προαναφερθείσες ελλείψεις. Έχουν χρησιμοποιηθεί ευφείς μεθοδολογίες αξιολόγησης που

χρησιμοποιούν μηχανική μάθηση, συμπεριλαμβανομένων των τεχνητών νευρωνικών δικτύων οπισθοδιάδοσης, των ασαφών νευρωνικών δικτύων και των μηχανών διανυσμάτων υποστήριξης, για τους σκοπούς της αξιολόγησης της ασφάλειας των γερανών. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι η αποτελεσματικότητα αυτών των τεχνικών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη διαθεσιμότητα αξιόπιστων και αντιπροσωπευτικών πρότυπων δειγμάτων, τα οποία δυστυχώς συχνά απουσιάζουν. Ως εκ τούτου, παρατηρείται ότι η πρακτική εφαρμογή έξυπνων μεθοδολογιών αξιολόγησης κινδύνου για τους σκοπούς των αξιολογήσεων ασφάλειας γερανών παρατηρείται σπάνια (Xu & Li, 2012).

Μέσω μιας ολοκληρωμένης εξέτασης της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν τρεις εξέχοντες περιορισμοί όσον αφορά την αξιολόγηση της ασφάλειας των γερανών με τη χρήση ασαφών μεθοδολογιών αξιολόγησης. Οι υπάρχουσες μελέτες σχετικά με την ασφάλεια των γερανών βασίζονται στο πλαίσιο της θεωρίας της αναμενόμενης χρησιμότητας, η οποία προϋποθέτει τον πλήρη ορθολογισμό των ατόμων. Παρ' όλα αυτά, είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωριστεί ότι η συγκεκριμένη θεωρία έχει αντιμετωπίσει έλεγχο από το πεδίο της συμπεριφορικής οικονομίας και της ψυχολογίας, όπως αποδεικνύεται από τη χρήση του παραδόξου Allais και του παραδόξου Ellsberg ως αναλυτικών εργαλείων (Kahneman & Tversky, 1984). Στο πλαίσιο της αξιολόγησης της ασφάλειας των γερανών, είναι σημαντικό να αναγνωριστεί ότι οι αξιολογητές μπορεί να μην διαθέτουν απόλυτο ορθολογισμό και, κατά συνέπεια, τα αποτελέσματα των αξιολογήσεών τους είναι εγγενώς συνυφασμένα με τις υποκειμενικές τους προοπτικές. Δεν πρέπει να αγνοείται η σημασία της εξέτασης της στάσης των αξιολογητών ως προς τον κίνδυνο. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι οι συντελεστές στάθμισης των δεικτών καθορίζονται συνήθως μέσω υποκειμενικών μεθόδων στάθμισης, οι οποίες ενδέχεται να μην αποτυπώνουν επαρκώς την εγγενή αξία των πληροφοριών αξιολόγησης των δεικτών. Επιπλέον, ο προσδιορισμός του βαθμού ασφαλείας του γερανού βασίζεται συχνά σε κριτήρια MMP ή εμπιστοσύνης, τα οποία μπορεί ενδεχομένως να οδηγήσουν σε ανορθολογικά αποτελέσματα.

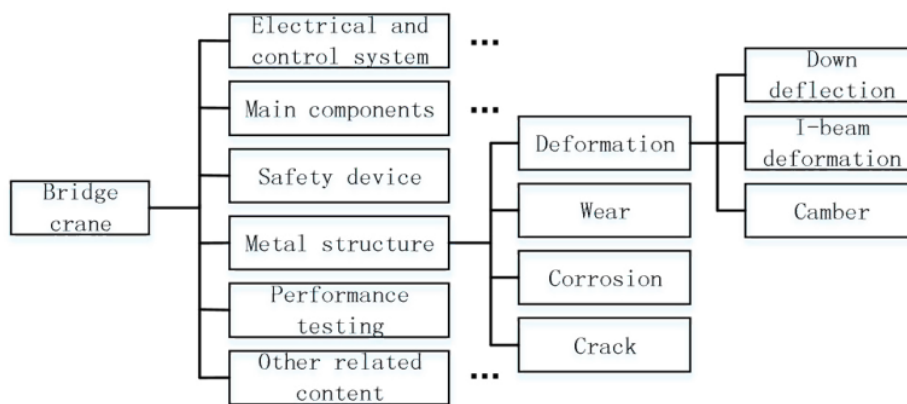
Σύμφωνα με την έρευνα που διεξήγαγε ο Wang (2013), τα ευρήματα δείχνουν ότι τα ατυχήματα γερανογεφυρών αποτελούν σημαντικό ποσοστό 35%, ξεπερνώντας άλλες κατηγορίες ατυχημάτων γερανών. Ως εκ τούτου, είναι εξαιρετικά σημαντικό να πραγματοποιηθεί μια ολοκληρωμένη και ακριβής αξιολόγηση της ασφάλειας, προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφαλής λειτουργία ενός γερανού γέφυρας. Η αξιολόγηση αυτή θα πρέπει να αποσκοπεί στον εντοπισμό πιθανών πηγών κινδύνου πριν από την εμφάνιση οποιασδήποτε αστοχίας. Υπάρχει σημαντικός όγκος επιστημονικής βιβλιογραφίας σχετικά με την έρευνα για

την αξιολόγηση της ασφάλειας που διεξάγεται σε γερανούς. Ωστόσο, είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωριστεί ότι επί του παρόντος λείπει ένα ολοκληρωμένο, καθολικά εφαρμόσιμο και λογικά ορθό κριτήριο αξιολόγησης της ασφάλειας. Υπάρχουν ορισμένες ευρέως χρησιμοποιούμενες μέθοδοι αξιολόγησης, όπως η παραδοσιακή εμπειρική μέθοδος, η μέθοδος αξιολόγησης από εμπειρογνώμονες, η εκτίμηση πιθανοτήτων, το ιεραρχικό μοντέλο αξιολόγησης και η μέθοδος ασαφούς κρίσης. Τα τελευταία χρόνια, μια ομάδα μελετητών έχει ξεκινήσει την προσπάθεια να χρησιμοποιήσει τεχνικές μηχανικής μάθησης για την αξιολόγηση της ασφάλειας που αφορά γερανούς γεφυρών. Ο G.N. Xu χρησιμοποίησε τα δίκτυα Bayes ως μέσο αξιολόγησης της ασφάλειας της μεταλλικής κατασκευής ενός γενικού γερανού γέφυρας. Ο K. Huang διεξήγαγε αξιολόγηση της ασφάλειας όσον αφορά τα δομικά ελαττώματα παραμόρφωσης ενός γερανού γερανογέφυρας ναυπηγικής βιομηχανίας μέσω της χρήσης ασαφούς ανάλυσης ιεραρχίας. Ο W.J. Shu ανέπτυξε ένα σύστημα αξιολόγησης της ασφάλειας για τις μεταλλικές δομές γερανογεφυρών με τη χρήση του αλγορίθμου διανυσματικής μηχανής υποστήριξης. Οι Qu και συν. (έτος) ανέπτυξαν ένα ολοκληρωμένο μοντέλο πιθανότητας αστοχίας και ένα ιεραρχικό μοντέλο για την αξιολόγηση των επιπτώσεων των αστοχιών σε εξαρτήματα γερανών, βασιζόμενοι σε αρχές από τον τομέα της θεωρίας αξιοπιστίας. Ο A.H. Li διεξήγαγε μια εφαρμογή της διακριτικής ανάλυσης Fisher προκειμένου να αξιολογήσει την ασφάλεια του γερανού. Οι μέθοδοι αξιολόγησης της ασφάλειας στερούνται πληρότητας και συστηματικότητας. Αν και είναι αλήθεια ότι υπάρχουν εναλλακτικές μελέτες που μπορούν να συμβάλουν σε μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση της ασφάλειας των γερανών, είναι σημαντικό να αναγνωριστεί η παρουσία ορισμένων περιορισμών ή μειονεκτημάτων στις μελέτες αυτές. Για παράδειγμα, η παρουσία υπερβολικής χειρωνακτικής παρέμβασης, η έλλειψη ορθολογισμού στο σύνολο των εμπειρογνομόνων αξιολόγησης και η ανεπάρκεια στην ακρίβεια της αξιολόγησης αποτελούν αξιοσημείωτες ανησυχίες.

3.2.1. Η μέθοδος αξιολόγησης της ασφάλειας της γερανογέφυρας

Ο γερανός γέφυρας μπορεί να θεωρηθεί ως ένα εξελιγμένο ηλεκτρομηχανικό σύστημα ολοκλήρωσης, το οποίο χαρακτηρίζεται από διαφορετικά κριτήρια αξιολόγησης ανάλογα με τις χρησιμοποιούμενες προοπτικές αξιολόγησης. Αρχικά, προσπαθούμε να ενσωματώσουμε τις γνώσεις αξιολογών επαγγελματιών με τα σχολαστικά οργανωμένα δεδομένα συντήρησης που αφορούν τους γερανούς. Αυτή η ολοκληρωμένη ανάλυση μας επιτρέπει να εμβαθύνουμε στις περίπλοκες αποχρώσεις της αρχιτεκτονικής των γερανών και των επικρατούντων δυσλειτουργιών. Στη συνέχεια, προχωρούμε στην εξακρίβωση των σχετικών δεικτών που

αντικατοπτρίζουν αποτελεσματικά τις παραμέτρους ασφαλείας ενός γερανού γέφυρας, διευκολύνοντας έτσι τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος δεικτών αξιολόγησης της ασφάλειας. Εν κατακλείδι, το σύστημα δείκτη αξιολόγησης της ασφάλειας χρησιμεύει ως βάση για τη μετέπειτα παρουσίαση της μεθόδου αξιολόγησης της ασφάλειας του γερανού γέφυρας. Η παρούσα προσπάθεια περιλαμβάνει τη συγχώνευση των δεδομένων σχετικών μελετών με τα δεδομένα δοκιμών που παρέχονται από το σεβαστό Ινστιτούτο Δοκιμών Ειδικού Εξοπλισμού Shaoxing, διευκολύνοντας έτσι την εκτέλεση μιας ολοκληρωμένης στατιστικής ανάλυσης που αφορά κρυφά ζητήματα που αφορούν γεραμούς (Li, et. al, 2006).



Εικόνα 9 Ταξινόμηση του συστήματος δείκτη γερανογέφυρας

Η εμφάνιση αστοχιών σε γεραμούς εντοπίζεται κυρίως στους τομείς των ηλεκτρικών συστημάτων και των συστημάτων ελέγχου, των κύριων εξαρτημάτων, των διατάξεων ασφαλείας, των μεταλλικών κατασκευών, των δοκιμών επιδόσεων και άλλων συναφών πτυχών. Με βάση τη στατιστική ανάλυση που διενεργήθηκε για τα λανθάνοντα ζητήματα που αφορούν τους γεραμούς, καθώς και με αναφορά στους κανόνες σχεδιασμού για γεραμούς GB3811-2008 και στους κανόνες ασφαλείας και τεχνικούς κανονισμούς για ανυψωτικές συσκευές, η δομή του συστήματος δείκτη αξιολόγησης της ασφάλειας για γεραμούς γέφυρας έχει κατηγοριοποιηθεί σε τέσσερα διακριτά επίπεδα. Επιπλέον, καθορίστηκαν τα κριτήρια για την αξιολόγηση των δεικτών ασφαλείας. Το δεύτερο επίπεδο διαχωρίζει αποτελεσματικά το ολοκληρωμένο σύστημα δείκτη μηχανής σε έξι διακριτά υποσυστήματα, που περιλαμβάνουν το ηλεκτρικό σύστημα και το σύστημα ελέγχου, τα κύρια εξαρτήματα, τη συσκευή ασφαλείας, τη μεταλλική δομή, τις δοκιμές επιδόσεων και άλλες σχετικές πτυχές. Το τρίτο στρώμα

περιλαμβάνει τα συστατικά στοιχεία κάθε υποσυστήματος, που περιλαμβάνουν συνολικά 45 δείκτες ασφαλείας δευτέρου επιπέδου. Ενδεικτικά, η μεταλλική δομή μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε διακριτά φαινόμενα, δηλαδή παραμόρφωση, φθορά, διάβρωση και σχηματισμό ρωγμών. Το τέταρτο στρώμα μπορεί να θεωρηθεί ως ένα πιο εξελιγμένο συστατικό των δεικτών ασφαλείας δευτέρου επιπέδου. Η παραμόρφωση μιας μεταλλικής δομής μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε τρεις διακριτές μορφές, δηλαδή την κάμψη προς τα κάτω, την παραμόρφωση δοκού I και την καμπύλωση, όπως περιγράφεται από την Εθνική Τεχνική Επιτροπή Τυποποίησης το 2008.

Η μεταλλική δομή χρησιμεύει ως κρίσιμο υποσύστημα στην αξιολόγηση της ασφάλειας για γερανούς γεφυρών. Η ασφάλεια των μεταλλικών κατασκευών επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, οι οποίοι μπορούν τελικά να οδηγήσουν στην αστοχία των γερανών και ενδεχομένως να οδηγήσουν σε σοβαρά περιστατικά ασφαλείας. Υπό το πρίσμα των χαρακτηριστικών και της βιωσιμότητας της αξιολόγησης της ασφάλειας, είναι επιτακτική η απόδοση αριθμητικών τιμών στους δείκτες. Όπως αποδεικνύεται, οι βαθμολογίες έχουν καταταχισθεί σε πέντε διακριτές βαθμίδες, δηλαδή G1, G2, G3, G4 και G5 (Chen et al., 2018).

Score (d)	Evaluation grades	Assessment conclusion
$80 \leq d \leq 100$	G1	Safe and pay attention to supervision.
$60 \leq d < 80$	G2	Safe but require the maintenance of sources of danger.
$40 \leq d < 60$	G3	There are hidden failures and need to take appropriate measures.
$20 \leq d < 40$	G4	Dangerous and stop using the equipment
$0 \leq d < 20$	G5	Dangerous and suggest scrap or downgraded using

Πίνακας 1 Οι βαθμοί αξιολόγησης των δεικτών.

Η διαδικασία αξιολόγησης έχει ως εξής (Chen et al., 2018):

- Βήμα πρώτο: Οι εμπειρογνώμονες αξιολογούν τους αντίστοιχους δείκτες κάθε υποσυστήματος.
- Βήμα δεύτερο: Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των εμπειρογνομένων τροποποιούνται με ανάλυση συστάδων.
- Βήμα τρίτο: Δημιουργούνται τα μοντέλα αξιολόγησης έξι υποσυστημάτων και ολόκληρης της μηχανής.

- Βήμα τέταρτο: ο χρήστης εισάγει τις παραμέτρους αξιολόγησης της ασφάλειας κάθε υποσυστήματος στο αντίστοιχο μοντέλο αξιολόγησης και επιτυγχάνονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης της ασφάλειας κάθε υποσυστήματος.
- Βήμα πέμπτο: λαμβάνοντας τα αποτελέσματα αξιολόγησης της ασφάλειας του υποσυστήματος ως είσοδο στο μοντέλο αξιολόγησης ολόκληρης της μηχανής, επιτυγχάνεται το αποτέλεσμα αξιολόγησης ολόκληρης της μηχανής.
- Βήμα έκτο: τα αποτελέσματα αξιολόγησης της ασφάλειας λαμβάνονται ως νέα δείγματα μάθησης και το αντίστοιχο νευρωνικό δίκτυο εκπαιδεύεται για να βελτιώσει την ακρίβεια αξιολόγησης του μοντέλου αξιολόγησης.

Το πεδίο εφαρμογής της αξιολόγησης της ασφάλειας των γερανογεφυρών είναι συνήθως περιορισμένο, γεγονός που καθιστά αναγκαία τη συμμετοχή πολλών εμπειρογνομόνων για τη διεξαγωγή μιας ολοκληρωμένης αξιολόγησης της ασφάλειας του γερανού. Ωστόσο, είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωριστεί ότι η τεχνογνωσία και η εμπειρία στον τομέα της αξιολόγησης ποικίλλουν μεταξύ των επαγγελματιών. Τα διάφορα σενάρια χρήσης και η διάρκεια ζωής ποικίλλουν για διαφορετικούς γεραμούς γέφυρας. Οι προαναφερθέντες παράγοντες ασκούν επιρροή στην αξιολόγηση της ασφάλειας. Ως εκ τούτου, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη να προβούμε σε αναθεώρηση του συνόλου αξιολόγησης των εμπειρογνομόνων, προκειμένου να ενισχυθεί η ακρίβεια των δειγμάτων αξιολόγησης, όπως προτείνεται από τους Chen και συν. (2018).

Η ανάλυση συστάδων είναι μια τεχνική στατιστικής ανάλυσης που χρησιμοποιείται για την αποτελεσματική ομαδοποίηση αντικειμένων σε συστάδες που παρουσιάζουν αξιοσημείωτο βαθμό ομοιογένειας. Η ανάλυση συστάδων είναι μια πολύτιμη τεχνική που επιτρέπει την ποσοτικοποίηση της ομοιότητας μεταξύ διαφορετικών πηγών δεδομένων, διευκολύνοντας στη συνέχεια την απόδοση κατάλληλων βαρών. Η ανάλυση συστάδων ευθυγραμμίζεται με το θεμελιώδες δόγμα της αξιολόγησης από εμπειρογνώμονες, σύμφωνα με το οποίο η πλειοψηφία έχει εξουσία έναντι της μειοψηφίας. Η χρήση της ανάλυσης συστάδων έχει τη δυνατότητα να αλλάξει τη διαδικασία αξιολόγησης από εμπειρογνώμονες, ενισχύοντας έτσι την αντικειμενικότητα των συνόλων αξιολόγησης της ασφάλειας που προέρχονται από μεμονωμένους εμπειρογνώμονες (Chen et al., 2018).

3.3. Συστάσεις βελτίωσης

Η εγκατάσταση των γερανών αποτελεί κομβική πτυχή των κατασκευαστικών προσπαθειών και απαιτεί σχολαστική μελέτη και εφαρμογή, προκειμένου να διασφαλιστεί η βέλτιστη αποτελεσματικότητα και ασφάλεια. Υπό το πρίσμα της συνεχούς εξέλιξης της τεχνολογίας και των αυξανόμενων απαιτήσεων που τίθενται στον κατασκευαστικό κλάδο, είναι ζωτικής σημασίας η ενδεδειγμένη επαναξιολόγηση και βελτίωση των πρακτικών εγκατάστασης. Αυτό είναι απαραίτητο για τον αποτελεσματικό μετριασμό των κινδύνων και την ανύψωση των συνολικών προτύπων στον κλάδο. Πριν από την εγκατάσταση γερανών, είναι επιτακτική ανάγκη να διενεργούνται ολοκληρωμένες αξιολογήσεις του εργοταξίου. Το έργο αυτό περιλαμβάνει την αξιολόγηση των εδαφικών συνθηκών, την εξέταση της εγγύτητας με τα ηλεκτροφόρα καλώδια και την εξέταση των πιθανών περιβαλλοντικών παραγόντων που ενδέχεται να επηρεάσουν τη σταθερότητα και τη λειτουργία του γερανού. Οι επαγγελματίες οφείλουν να διεξάγουν επιμελώς μια ολοκληρωμένη έρευνα του χώρου, προκειμένου να διακρίνουν τους πιθανούς κινδύνους και στη συνέχεια να εκτελούν προληπτικά μέτρα. Η εφαρμογή αυτής της προληπτικής προσέγγισης χρησιμεύει για την ουσιαστική μείωση της πιθανότητας ατυχημάτων και εγγυάται ένα σταθερό υπόβαθρο για την εκτέλεση των εργασιών του γερανού (Sadeghi et al., 2021).

Η υιοθέτηση σύγχρονων τεχνολογιών προσομοίωσης έχει τη δυνατότητα να μετασχηματίσει ριζικά τις μεθοδολογίες εγκατάστασης γερανών. Η χρήση προσομοιώσεων εικονικής πραγματικότητας (VR) και επαυξημένης πραγματικότητας (AR) παρέχει στους χειριστές γερανών και στις ομάδες εγκατάστασης την ευκαιρία να εξοικειωθούν με τον χώρο και τον εξοπλισμό πριν από την έναρξη της φυσικής εγκατάστασης. Η αξιοποίηση αυτής της προσέγγισης δεν χρησιμεύει μόνο για τη βελτιστοποίηση της ακρίβειας της τοποθέτησης του γερανού, αλλά προσφέρει επίσης ένα πολύτιμο μέσο για την καλλιέργεια και τη βελτίωση των πρωτοκόλλων εγκατάστασης μέσα σε ένα ασφαλές και προσομοιωμένο περιβάλλον (Li et al., 2012).

Τα τυποποιημένα πρωτόκολλα εγκατάστασης αποκτούν ύψιστη σημασία για τη βελτιστοποίηση των πρακτικών εγκατάστασης γερανών. Η καθιέρωση προτύπων σε ολόκληρο τον κλάδο εξυπηρετεί την ομοιομορφία των διαδικασιών, αυξάνοντας έτσι τη λειτουργική αποτελεσματικότητα και μετριάζοντας την εμφάνιση σφαλμάτων. Οι επαγγελματίες αναμένεται να τηρούν καθιερωμένες κατευθυντήριες γραμμές και πρωτόκολλα που έχουν εγκριθεί από ρυθμιστικούς φορείς. Η τήρηση αυτή εξασφαλίζει μια συνεπή και ασφαλή προσέγγιση στην εγκατάσταση γερανών, ανεξάρτητα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις

απαιτήσεις των διαφόρων κατασκευαστικών έργων. Ο κατασκευαστικός κλάδος παρουσιάζει δυναμικό χαρακτήρα, ο οποίος χαρακτηρίζεται από μια διαρκή εξέλιξη της τεχνολογίας των γερανών και την εφαρμογή ενισχυμένων πρωτοκόλλων ασφαλείας. Προκειμένου να προσαρμοστούν αποτελεσματικά σε αυτές τις δυναμικές μεταβολές, είναι επιτακτική ανάγκη οι οργανισμοί να διαθέσουν πόρους για την καθιέρωση και τη διατήρηση πρωτοβουλιών συνεχούς κατάρτισης ειδικά προσαρμοσμένων για τους χειριστές γερανών και τις ομάδες εγκατάστασης. Οι τακτικές εκπαιδευτικές συνεδρίες εξυπηρετούν τον διττό σκοπό της ενημέρωσης των επαγγελματιών σχετικά με τα πιο πρόσφατα πρότυπα του κλάδου και της ενίσχυσης των δεξιοτήτων τους, καλλιεργώντας έτσι ένα κλίμα ασφάλειας και επάρκειας μεταξύ του εργατικού δυναμικού (Sadeghi et al., 2021).

Η ύψιστη σημασία έγκειται στην καθιέρωση σαφών και αποτελεσματικών πρωτοκόλλων επικοινωνίας κατά τη διαδικασία εγκατάστασης γερανών. Η εφαρμογή πρωτοκόλλων επικοινωνίας που εγγυώνται τον ομαλό συντονισμό μεταξύ των χειριστών γερανών, του προσωπικού εδάφους και των διαχειριστών του έργου είναι υψίστης σημασίας. Η εφαρμογή αμφίδρομων ασυρμάτων, σημάτων χειρός και διαφόρων άλλων εργαλείων επικοινωνίας διευκολύνει την καλλιέργεια ενός ασφαλέστερου επιχειρησιακού περιβάλλοντος, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα παρερμηνειών και αυξάνοντας τη συνολική κατανόηση των συνθηκών που επικρατούν. Η τακτική επιθεώρηση και συντήρηση του εξοπλισμού γερανών είναι υψίστης σημασίας για τη διασφάλιση της εφαρμογής ασφαλών πρακτικών εγκατάστασης. Η εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου προγράμματος συντήρησης, σε συνδυασμό με την τακτική επιθεώρηση ζωτικών εξαρτημάτων, όπως τα καλώδια, τα υδραυλικά και οι διατάξεις ασφαλείας, χρησιμεύει ως προληπτικό μέτρο για τον μετριασμό των δυσλειτουργιών του εξοπλισμού που ενδέχεται να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητα συμβάντα. Ο ταχεία εντοπισμός και η επακόλουθη διόρθωση των προβλημάτων διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην ενίσχυση της συνολικής αξιοπιστίας και της ασφάλειας των λειτουργιών των γερανών, όπως τονίζεται από τους Spasojević Brkić και συν. (2015).

Προκειμένου να διασφαλιστεί η ομαλή εκτέλεση οποιασδήποτε επιχείρησης ανύψωσης, είναι επιτακτική ανάγκη να εμπλακούμε στην πρακτική της διεξαγωγής ενημερώσεων πριν από την ανύψωση. Αυτό προϋποθέτει τη σύγκληση όλου του σχετικού προσωπικού για να συζητήσουν το σχέδιο ανύψωσης, τους πιθανούς κινδύνους και τα προληπτικά μέτρα. Η ιεράρχηση της επίγνωσης της κατάστασης και η ανάπτυξη σχεδίων έκτακτης ανάγκης εγγυώνται ότι κάθε μέλος της ομάδας διαθέτει ολοκληρωμένες γνώσεις και είναι επαρκώς εξοπλισμένο για την αντιμετώπιση της τρέχουσας επιχείρησης. Οι ενημερώσεις

πριν από την ανύψωση λειτουργούν ως προληπτικό μέτρο με στόχο τον μετριασμό των ατυχημάτων και την προώθηση της συλλογικής αφοσίωσης στην ασφάλεια (Li et al., 2012).

Οι μετασκευές παρουσιάζουν μια βιώσιμη και προσιτή προσέγγιση για την ενσωμάτωση σύγχρονων χαρακτηριστικών και τεχνολογιών στον προϋπάρχοντα γερανό γερανογέφυρα, προσφέροντας μια απλή και οικονομικά αποδοτική λύση. Οι εργασίες αναβάθμισης έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν την ασφάλεια και τη χρηστικότητα του γερανού γερανογέφυρας μέσω της ενσωμάτωσης προηγμένων εναλλακτικών λύσεων διεπαφής ελέγχου και στοιχείων ασφαλείας. Η αναβάθμιση του φωτισμού LED αποτελεί μια εξαιρετικά αποτελεσματική και ταχεία μέθοδο για τη βελτίωση της ασφάλειας των γερανογεφυρών, μειώνοντας ταυτόχρονα τη χρήση ενέργειας κατά ένα σημαντικό περιθώριο έως και 60% ανά μεμονωμένο γερανό γερανογέφυρα. Λόγω της συγκεντρωμένης εκπομπής φωτός των λαμπτήρων LED, μειώνεται σημαντικά η πιθανότητα οπτικής εξασθένησης του χειριστή γερανογέφυρας κατά την επιθεώρηση του φορτίου. Επιπλέον, η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας ενισχύει σημαντικά την ικανότητα των χειριστών να παρακολουθούν αποτελεσματικά το φορτίο και να μετριάσουν τα πιθανά εμπόδια, όπως αποδεικνύεται από την έρευνα που διεξήγαγαν οι Zhang και Hammad το 2012. Η ασύρματη λειτουργία αναφέρεται στην ικανότητα των χειριστών να εκτελούν τα καθήκοντά τους σε απόσταση από τα φορτία που χειρίζονται. Η εφαρμογή αυτού του μέτρου έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός εργασιακού περιβάλλοντος που χαρακτηρίζεται από αυξημένη ασφάλεια, μετριάοντας έτσι αποτελεσματικά τους πιθανούς κινδύνους που συνδέονται με τη μεταφορά φορτίων. Η χρήση της ασύρματης τεχνολογίας στις εργασίες των γερανών παρέχει στους χειριστές γερανών ένα διευρυμένο οπτικό πεδίο που περιλαμβάνει την περιοχή εργασίας γύρω από τον γερανό. Αυτό τους επιτρέπει να περιηγούνται ελεύθερα και να παρατηρούν το φορτίο από διάφορες γωνίες και προοπτικές, διασφαλίζοντας έτσι ότι η τροχιά του φορτίου παραμένει ανεμπόδιστη και ότι τα άτομα προστατεύονται από πιθανές βλάβες. Οι χειριστές έχουν τη δυνατότητα να φέρνουν το φορτίο πιο κοντά και να χειρίζονται τη θέση του ανάλογα με τις ανάγκες. Η εφαρμογή ασύρματων συστημάτων ελέγχου γερανογέφυρας διευκολύνει την απρόσκοπτη ευελιξία των χειριστών εντός των χώρων της εγκατάστασης, επιτρέποντάς τους να περιηγούνται αβίαστα γύρω από διάφορα εμπόδια που συναντώνται στο δάπεδο. Σε πλήρη αντίθεση, αξίζει να σημειωθεί ότι το καλώδιο ενός ενσύρματου σταθμού χειριστή με μπουτόν έχει τη δυνατότητα να εμπλακεί με μηχανήματα και διάφορα αντικείμενα εντός της εγκατάστασης, εμποδίζοντας έτσι την κίνηση του χειριστή κατά την πλοήγηση του φορτίου. Η ενσωμάτωση εξελιγμένων τεχνολογιών ασφαλείας στα συστήματα γερανών εισάγει ένα πρόσθετο στρώμα μέτρων

προστασίας. Η ενσωμάτωση διαφόρων μέτρων ασφαλείας, όπως συστήματα κατά της σύγκρουσης, συσκευές παρακολούθησης του φορτίου και μηχανισμοί αυτόματης διακοπής λειτουργίας, αυξάνουν σημαντικά το συνολικό επίπεδο ασφάλειας τόσο κατά τη φάση της εγκατάστασης όσο και κατά τη φάση της λειτουργίας. Η διάθεση πόρων για την υιοθέτηση αυτών των τεχνολογιών αποτελεί απτή απόδειξη της σταθερής αφοσίωσης μιας επιχείρησης στη διασφάλιση της ευημερίας και της ασφάλειας του εργατικού δυναμικού της. Επιπλέον, αναδεικνύει την αποφασιστική δέσμευση του κλάδου να αγκαλιάσει τις νέες εξελίξεις που ελαχιστοποιούν αποτελεσματικά τους πιθανούς κινδύνους και τα τρωτά σημεία (Milazzo et al., 2015).

Η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και η αξιολόγηση της χρήσης και της κατάστασης του εξοπλισμού συμβάλλουν σημαντικά στην ενίσχυση της επιχειρησιακής ασφάλειας. Η διαδικασία της απομακρυσμένης παρακολούθησης συνεπάγεται τη συλλογή δεδομένων κατάστασης και χρήσης που αφορούν συγκεκριμένα εξαρτήματα γερανού. Αυτή η ολοκληρωμένη συλλογή δεδομένων περιλαμβάνει μια σειρά από περιστατικά που σχετίζονται με την ασφάλεια, που εκτείνονται από τη χαλύβδινη δομή του μηχανισμού του φορέα και το φρένο του βαρούλκου έως τις περιπτώσεις υπερφόρτωσης και διακοπής λειτουργίας του κινητήρα λόγω υπερθέρμανσης. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι η παρουσία ενός τέτοιου δείκτη μπορεί να χρησιμεύσει ως ένδειξη πιθανών λειτουργικών παρατυπιών ή αποκλίσεων από τα καθιερωμένα πρότυπα εντός του συστήματος γερανογέφυρας. Ενδεικτικά, η παρουσία δεδομένων αυξημένης θερμοκρασίας του κινητήρα μπορεί ενδεχομένως να υποδηλώνει παρατεταμένη λειτουργία σε χαμηλές ταχύτητες, υπερβολική συχνότητα εκκινήσεων του κινητήρα σε συμπυκνωμένο χρονικό διάστημα ή χρήση του κινητήρα του βαρούλκου πέραν της προβλεπόμενης χωρητικότητάς του (Zhang & Hammad, 2012).

Η προληπτική αντικατάσταση εξαρτημάτων πριν από την πιθανή αστοχία τους είναι καθοριστική για την παράταση της λειτουργικής διάρκειας ζωής του εξοπλισμού, μετριάζοντας έτσι την εμφάνιση δυσλειτουργιών και μειώνοντας την πιθανότητα πρόκλησης βλάβης σε άτομα ή περιουσιακά στοιχεία. Ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης περιλαμβάνει την προληπτική αντικατάσταση των εξαρτημάτων που φθείρονται. Η πρακτική αυτή ενισχύει τη λειτουργική αποδοτικότητα με την προληπτική αντικατάσταση εξαρτημάτων πριν από το αποκορύφωμα της προβλεπόμενης διάρκειας ζωής τους ή σε περίπτωση βλάβης τους. Τα εξαρτήματα μπορούν να αντικατασταθούν σύμφωνα με ένα προκαθορισμένο χρονοδιάγραμμα ή ανάλογα με την κατάστασή τους. Η πράξη της αντικατάστασης των εξαρτημάτων που έχουν υποστεί φθορά χρησιμεύει για την ενίσχυση της

ασφάλειας με την προληπτική αντικατάσταση των εν λόγω εξαρτημάτων πριν από την πλήρη υποβάθμισή τους, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο δυσλειτουργίας του εξοπλισμού και επακόλουθης ζημίας. Στο πλαίσιο των κρίσιμων εφαρμογών διεργασιών, αξίζει να σημειωθεί ότι η χρήση εξαρτημάτων υψηλής απόδοσης για γερανούς γερανογέφυρες μπορεί ενδεχομένως να προσφέρει αυξημένη αντοχή σε σύγκριση με τα αντίστοιχα τυπικά εξαρτήματα. Η παραγωγή εξαρτημάτων υψηλών επιδόσεων είναι ειδικά προσαρμοσμένη ώστε να ανταποκρίνεται σε ένα περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από αυξημένες απαιτήσεις. Τα εξαρτήματα αυτά περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα αναπόσπαστων εξαρτημάτων, όπως γρανάζια, κινητήρες, τροχούς, άγκιστρα, τύμπανα και διάφορα άλλα στοιχεία (Milazzo et al., 2015).

Παρά τη σχολαστικότητα της διαδικασίας σχεδιασμού, είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωριστεί η πιθανή εμφάνιση απρόβλεπτων περιστάσεων κατά την εγκατάσταση των γερανών. Η καθιέρωση ολοκληρωμένων πρωτοκόλλων αντιμετώπισης έκτακτων περιστατικών είναι υψίστης σημασίας για την αποτελεσματική και έγκαιρη αντιμετώπιση πιθανών ατυχημάτων ή βλαβών του εξοπλισμού. Αυτό περιλαμβάνει την ολοκληρωμένη εκπαίδευση του προσωπικού στους τομείς των πρώτων βοηθειών, των πρωτοκόλλων εκκένωσης και των διαδικασιών επικοινωνίας, εξασφαλίζοντας έτσι την άμεση και αποτελεσματική αντίδραση σε απρόβλεπτα περιστατικά. Η εγκαθίδρυση μιας κουλτούρας με επίκεντρο την υπευθυνότητα μεταξύ των εργαζομένων είναι υψίστης σημασίας προκειμένου να διατηρηθεί η μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα των διαδικασιών ασφαλούς εγκατάστασης γερανών. Είναι επιτακτική ανάγκη όλα τα μέλη της ομάδας, από τους χειριστές έως τους διαχειριστές του έργου, να αναλαμβάνουν την ευθύνη των πράξεων τους και να επιδεικνύουν ακλόνητη δέσμευση για την τήρηση των πρωτοκόλλων ασφαλείας. Η καλλιέργεια ενός βαθύτατου αισθήματος ευθύνης μεταξύ των ατόμων χρησιμεύει για την αποτελεσματική δημιουργία ενός περιβάλλοντος όπου όλοι οι ενδιαφερόμενοι συμμετέχουν ενεργά στη διατήρηση ενός ασφαλούς εργασιακού περιβάλλοντος, προωθώντας έτσι μια κοινή αφοσίωση προς την επίτευξη της αριστείας στην ασφάλεια (Im & Park, 2020).

Η παροχή ολοκληρωμένων οδηγιών στους χειριστές σχετικά με τη συνετή και αποτελεσματική χρήση ενός γερανού αποτελεί μια συνετή κατανομή πόρων προς την κατεύθυνση της διατήρησης τόσο του προσωπικού όσο και του εργασιακού περιβάλλοντος. Έχει παρατηρηθεί ότι τα ατυχήματα με γερανούς γερανογέφυρας οδηγούν σε διάφορες μορφές τραυματισμών τόσο στους χειριστές όσο και στους εργαζόμενους που βρίσκονται στο εργοτάξιο, καθώς και σε άτομα που βρίσκονται κοντά. Η υπεροχή των ατυχημάτων

γερανογεφυρών μπορεί να αποδοθεί στην ανθρώπινη αστοχία, η οποία μπορεί να δημιουργήσει κινδύνους για την ασφάλεια και ανεξέλεγκτες περιόδους λειτουργικής αδράνειας. Ο μετριασμός και η πρόληψη των ατυχημάτων μπορεί να επιτευχθεί μέσω της εφαρμογής ολοκληρωμένων πρωτοκόλλων κατάρτισης και της επιμελούς χρήσης του γερανού γερανογέφυρας. Ένα από τα κρίσιμα μέτρα ασφαλείας για τους χειριστές γερανογεφυρών περιλαμβάνει την παροχή ολοκληρωμένης εκπαίδευσης για το συγκεκριμένο μοντέλο ή μοντέλα γερανογεφυρών που θα χειριστούν. Ο χειριστής πρέπει να έχει πλήρη κατανόηση και γνώση του εγχειριδίου λειτουργίας, επιτρέποντάς του έτσι να τηρεί με επιμέλεια τις οδηγίες που περιγράφονται στο εν λόγω εγχειρίδιο. Ο χειριστής του γερανού γερανογέφυρας πρέπει να έχει πλήρη κατανόηση και επάρκεια στην ασφαλή εκτέλεση των εργασιών του γερανογέφυρας. Επιπλέον, πρέπει να διαθέτει την ικανότητα να διατηρεί σταθερά τον έλεγχο του φορτίου και να έχει την ικανότητα να διακρίνει και να μετριάξει πιθανούς κινδύνους (Li et al., 2012).

Ο ταχύς ρυθμός των τεχνολογικών εξελίξεων διευκολύνει την επιταχυνόμενη ανάπτυξη τεχνολογιών που βελτιώνουν την ασφάλεια. Από την αρχική κατασκευή του γερανού σας, είναι εύλογο ότι οι κανονισμοί ασφαλείας μπορεί να έχουν υποστεί τροποποιήσεις. Η διαδικασία εκσυγχρονισμού έχει τη δυνατότητα να διευκολύνει την τήρηση των επικρατούντων κανονισμών ασφαλείας, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα διακοπής της λειτουργίας, τραυματισμών ή ζημιών στις υποδομές, τους πόρους ή τα εμπορεύματα. Η πιθανή υπονόμευση της ασφάλειας λόγω της γήρανσης των εξαρτημάτων της γερανογέφυρας παραμένει μια ανησυχία, ακόμη και κατά τη διάρκεια της συνεχιζόμενης λειτουργίας της γερανογέφυρας. Στο παρόν παρουσιάζονται τρεις διαφορετικές ταξινομήσεις στρατηγικών εκσυγχρονισμού που έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν σημαντικά τις πτυχές της ασφάλειας των γερανογεφυρών (Zhang & Chen, 2023):

- Επικαιροποίηση των ηλεκτρικών συστημάτων ελέγχου: και η πρόοδος της τεχνολογίας είναι πιο αισθητή εκεί. Εκτός του ότι σας βοηθά να συμμορφώνεστε με τις σημερινές κανονιστικές απαιτήσεις και τα βιομηχανικά πρότυπα, ο εκσυγχρονισμός των συστημάτων ελέγχου αυξάνει τη διαθεσιμότητα ανταλλακτικών και τεχνικής υποστήριξης.
- Αντικατάσταση μηχανικών εξαρτημάτων: η ίδια πλατφόρμα εξαρτημάτων που χρησιμοποιείται σε νέους γερανούς μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε έναν εκσυγχρονισμένο εξοπλισμό. Ως εκ τούτου, η ασφάλεια, η ανυψωτική ικανότητα και η κατανάλωση ενέργειας των ολοκαίνουργιων μηχανικών γερανογεφυρών μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ανακαινισμένο εξοπλισμό.

- Αξιολόγηση και τροποποίηση της χαλύβδινης κατασκευής: Απαιτείται λεπτομερής ανάλυση της δομής μιας παλαιότερης γερανογέφυρας για τη διατήρηση της ασφάλειας της γερανογέφυρας και τη μείωση των πιθανών κινδύνων που αντιμετωπίζουν οι χειριστές και το προσωπικό συντήρησης. Αυτό γίνεται για τον εντοπισμό περιοχών φθοράς και καταπόνησης και οδηγεί σε συστάσεις για επισκευές και ενισχύσεις ώστε να διατηρηθεί η ασφαλής χρήση της γερανογέφυρας στο μέλλον (Zhang & Chen, 2023).

Ενσωματώνοντας τις προαναφερθείσες συστάσεις, οι επαγγελματίες μπορούν να αυξήσουν τα πρότυπα, να μειώσουν τους κινδύνους και να διασφαλίσουν την ευημερία των εργαζομένων που εμπλέκονται σε εργασίες με γερανούς. Η προληπτική προσέγγιση, σε συνδυασμό με τις προηγμένες τεχνολογίες και τη δέσμευση για συνεχή κατάρτιση, είναι υψίστης σημασίας για την επίτευξη ενός ασφαλέστερου και αποτελεσματικότερου μέλλοντος για τις εγκαταστάσεις γερανών στον κατασκευαστικό κλάδο.

4. Τεχνική έκθεση

4.1. Γενική περιγραφή της κατασκευής

Αυτή η μελέτη έχει ως αντικείμενο τον σχεδιασμό της εγκατάστασης γερανογέφυρας σε βιομηχανικό πεδίο, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Autodesk Inventor ως κύριο εργαλείο. Το κύριο μέρος της μελέτης αφορά την κεντρική λειτουργία του γερανού για την ανύψωση και τη φόρτωση φιαλών αερίου και συστοιχειών σε φορτηγά οχήματα. Η μελέτη ξεκινάει με τον σχεδιασμό της γερανογέφυρας, ενσωματώνοντας ακριβείς διαστάσεις που λαμβάνονται μέσω μετρήσεων εντός του καθορισμένου χώρου εγκατάστασης. Στη συνέχεια της μελέτης γίνεται αξιολόγηση της δομικής ακεραιότητας και της φέρουσας ικανότητας της γερανογέφυρας με τη χρήση της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων, με σκοπό τον προσδιορισμό της ανθεκτικότητας της εγκατάστασης σε διαφορετικά φορτία, διασφαλίζοντας τη συμμόρφωσή της με τα πρότυπα ασφαλείας.

4.2. Χώρος εγκατάστασης

Ο επιλεγμένος χώρος εγκατάστασης, ο οποίος χαρακτηρίζεται από μικρό πλάτος και μεγάλο μήκος, παρουσιάζει μια ιδιαίτερη χωρική διαμόρφωση που επηρεάζει σημαντικά το σχεδιασμό και τις εκτιμήσεις εγκατάστασης για τη γερανογέφυρα. Η φύση του χώρου απαιτεί σχολαστική μελέτη για το σχεδιασμό της διάταξης. Αυτή η διαμόρφωση, παρά τα μειονεκτήματά της, προσφέρει επίσης σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς η ανοιχτή οροφή παρέχει εύκολη πρόσβαση, διευκολύνοντας την ανύψωση και την τοποθέτηση των εξαρτημάτων του γερανού χωρίς χωρικά εμπόδια κάνοντας πιο εύκολη τη διαδικασία εγκατάστασης. Το μικρό πλάτος του χώρου εγκατάστασης παρουσιάζει εγγενείς περιορισμούς, οι οποίοι λαμβάνονται υπόψιν στη φάση του σχεδιασμού, ώστε να διασφαλίζεται η βέλτιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου χώρου. Το μεγάλο μήκος, από την άλλη πλευρά, προσφέρει μια εκτεταμένη επιχειρησιακή περιοχή για το χειρισμό φιαλών αερίου, ενισχύοντας τη συνολική λειτουργικότητα της γερανογέφυρας εντός αυτού του περιορισμένου πεδίου. Επιπλέον, η ποιότητα της θεμελίωσης από σκυρόδεμα στο κάτω μέρος του χώρου εξασφαλίζει ένα ισχυρό σύστημα στήριξης για τις κολώνες της εγκατάστασης, συμβάλλοντας στη συνολική σταθερότητα και ασφάλεια της γερανογέφυρας. Τέλος, η διαθεσιμότητα του χώρου για την είσοδο πρόσθετων γερανοφόρων οχημάτων ενισχύει την υλικοτεχνική ευελιξία, επιτρέποντας συνεργατικές προσπάθειες που μπορούν να επιταχύνουν τη διαδικασία εγκατάστασης.



Εικόνα 10 Χώρος Εγκατάστασης ΝΔ



Εικόνα 11 Χώρος Εγκατάστασης Δ



Εικόνα 12 Χώρος Εγκατάστασης Α



Εικόνα 13 Χώρος Εγκατάστασης Β

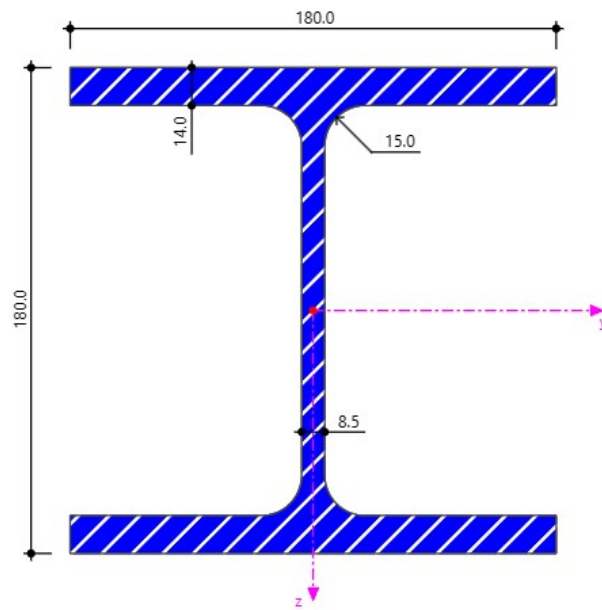
4.3. Σχεδιασμός και ανάλυση κατασκευής

4.3.1. Λογισμικό και παραδοχές

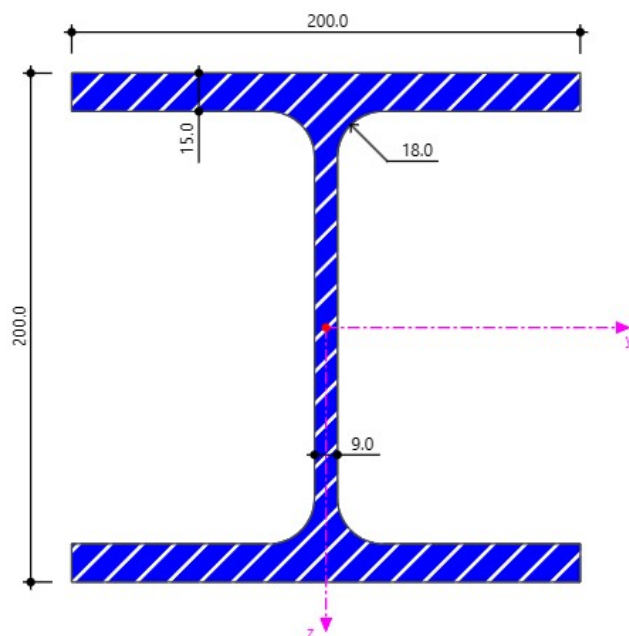
Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, για το σχεδιασμό της εγκατάστασης γερανογέφυρας χρησιμοποιείται το λογισμικό Autodesk Inventor. Οι λειτουργίες παραμετρικής μοντελοποίησης επιτρέπουν τη δημιουργία περίπλοκων τρισδιάστατων μοντέλων, ενσωματώνοντας ακριβείς χωρικές διαστάσεις που λαμβάνονται από τον τόπο εγκατάστασης. Μια καίρια πτυχή του Autodesk Inventor που σχετίζεται με την παρούσα μελέτη έγκειται στις δυνατότητες προσομοίωσης και ανάλυσης μέσω πεπερασμένων στοιχείων, με αποτέλεσμα να υπάρχει η δυνατότητα αξιολόγησης της δομικής ακεραιότητας της γερανογέφυρας υπό διαφορετικές φορτίσεις παρέχοντας σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την απόδοση της διάταξης και τις πιθανές περιοχές βελτιστοποίησης. Το λογισμικό παρέχει μια ολοκληρωμένη ανάλυση της συγκολλητής κατασκευής, διασφαλίζοντας ότι πληροί τα πρότυπα ασφαλείας και μπορεί να ανταπεξέλθει στις λειτουργικές απαιτήσεις της ανύψωσης και φόρτωσης φιαλών αερίου.

Η επιλογή των δοκών HEB 200 και HEB 180 κατά DIN 1025-2:1995-11 στο σχεδιασμό της γερανογέφυρας βασίζεται στα ισχυρά δομικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία συμμορφώνονται με τα ευρωπαϊκά πρότυπα (EN). Οι δοκοί παρουσιάζουν τυποποιημένες διαστάσεις και μηχανικές ιδιότητες και χαρακτηρίζονται από διατομή σχήματος Η, προσφέροντας βέλτιστη ισορροπία αντοχής και βάρους, συμβάλλοντας στη συνολική σταθερότητα και φέρουσα ικανότητα της γερανογέφυρας.

Το σύνολο της κατασκευής της γερανογέφυρας βασίζεται σε μια συνολική διαδικασία συγκόλλησης, κατά την οποία όλα τα μεταλλικά μέρη, συμπεριλαμβανομένων των δοκών ενώνονται μεταξύ τους. Η χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία συγκόλλησης θεωρείται ότι ακολουθεί τις βέλτιστες πρακτικές του κλάδου, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η συμβατότητα των υλικών, η αντοχή των συνδέσεων και η αποφυγή συγκεντρώσεων τάσεων. Η συμμόρφωση με αυτά τα πρότυπα διασφαλίζει ότι οι συγκολλήσεις πληρούν ή υπερβαίνουν τα αναγνωρισμένα από τη βιομηχανία κριτήρια ποιότητας και ασφαλείας.



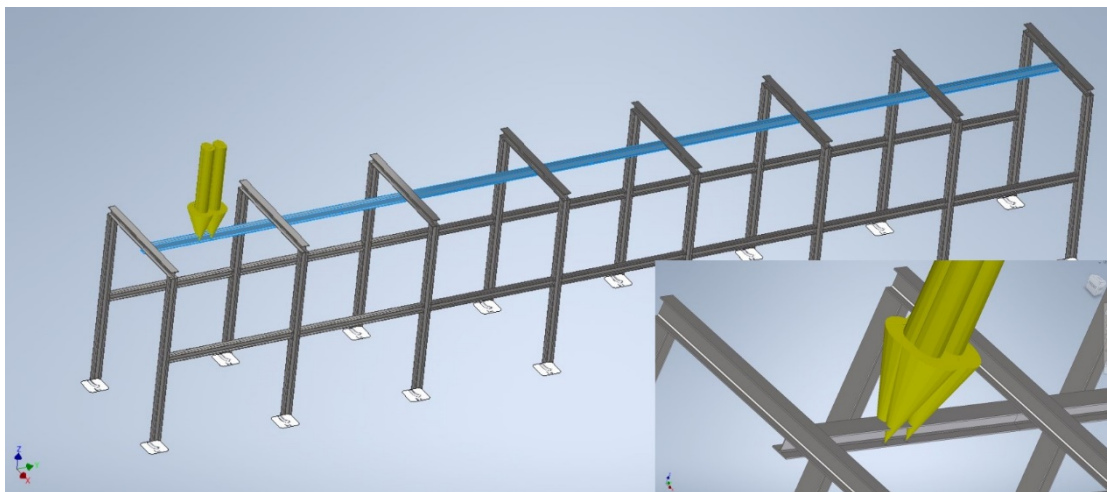
Εικόνα 14 Διατομή δοκού HEB 180 κατά DIN 1025-2:1995-11



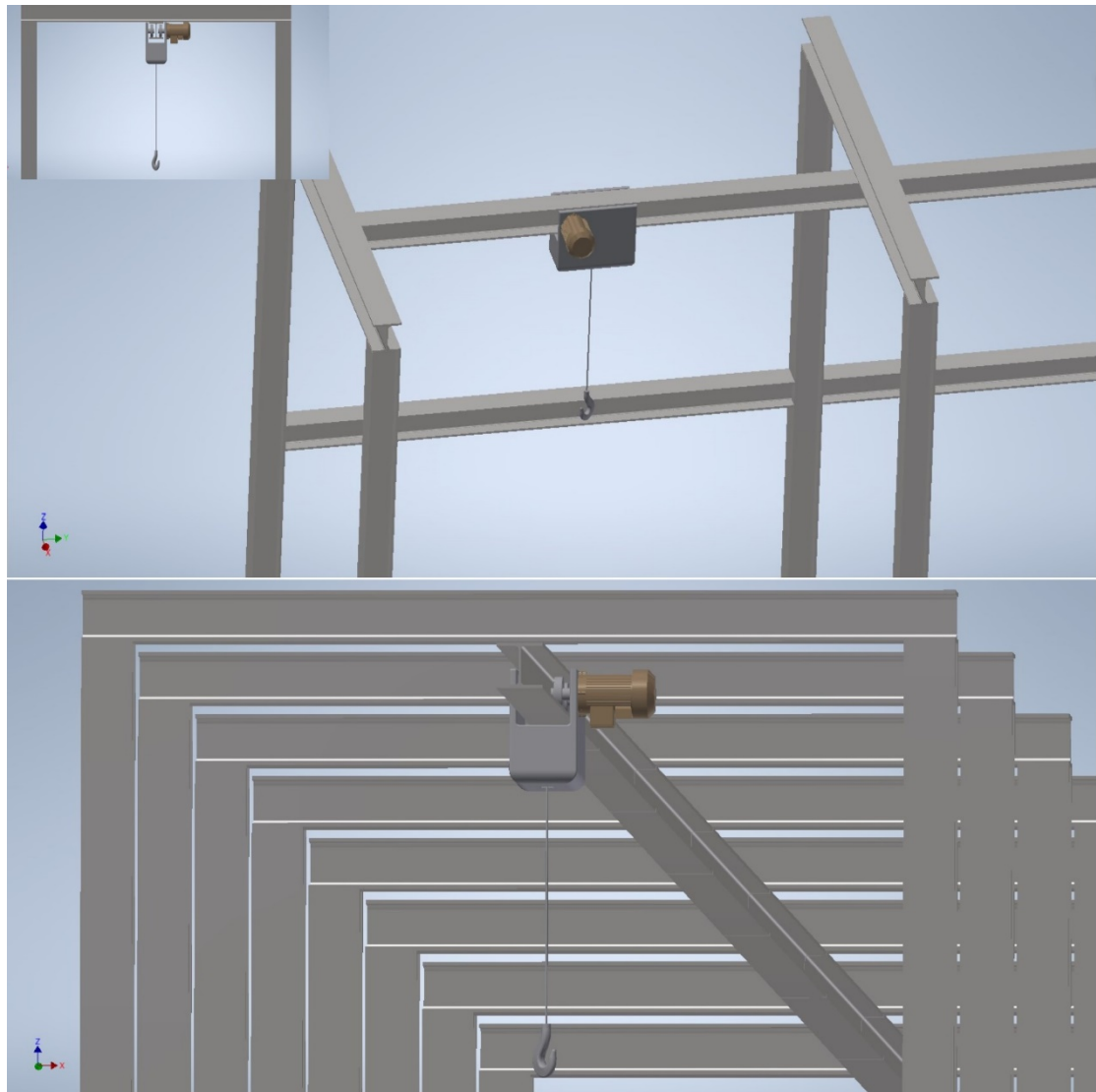
Εικόνα 15 Διατομή δοκού HEB 200 κατά DIN 1025-2:1995-11

4.3.2. Τρόπος ανάλυσης

Αρχικά, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ο υπολογισμός και η ανάλυση έχουν γίνει αποκλειστικά με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Έχουν θεωρηθεί ότι οι πακτώσεις των δοκών γίνονται με χημικά αγκύρια, τα οποία ασφαλίζουν μεταλλικές φλάντζες στο έδαφος πάνω στις οποίες συγκολλούνται οι δοκοί, με τη προσθήκη μεταλλικών νεύρων για λόγους ενίσχυσης. Ακόμα, πρέπει να επισημανθεί, ότι η κατασκευή εξετάζεται ώστε να αντέχει μέγιστο φορτίο 3,5 τόνους. Από την εικόνα της κατασκευής είναι φανερό ότι πρόκειται για μια αμφίπλευρη δομή, της οποίας η μέγιστη δύναμη εκτιμάται ότι ασκείται όταν το φορείο είναι στο κέντρο της άνω οριζόντιας δοκού HEB 180. Η απόσταση μεταξύ των τροχών του φορείου έχει εκτιμηθεί στα 350 mm. Στην εικόνα 16 φαίνονται η τοποθέτηση του φορτίου στη θέση μέγιστης φόρτισης, καθώς και οι θέσεις πάκτωσης των κάθετων δοκών HEB 200.



Εικόνα 16 Θέση μέγιστης φόρτισης



Εικόνα 17 Γερανογέφυρα με το βαρούλκο μεταφοράς

Πραγματοποιώντας την ανάλυση με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων το λογισμικό εξήγαγε τα αποτελέσματα που φαίνονται στους πίνακες 3 και 4. Η ροπή αντίδρασης στον κάθετο άξονα (Z) από τη δύναμη των 35000 N (θεωρήθηκε $1\text{kg} = 10\text{N}$) ανήλθε στα 402358 Nm και η μέγιστη τάση που αναπτύχθηκε ανήλθε σε 69.1291 MPa. Η μέγιστη μετατόπιση της δοκού σύμφωνα με το λογισμικό είναι 4.22744 mm. Ο συντελεστής ασφαλείας με βάση το όριο διαρροής του υλικού (207 MPa) ανέρχεται σε 2.9944.

Υλικό	Χάλυβας	
Χαρακτηριστικά	Πυκνότητα Μάζας	7.85 g/cm ³
	Όριο Διαρροής	207 MPa
	Μέγιστη Αντοχή Σε Εφελκυσμό	345 MPa
	Μέτρο Ελαστικότητας Young	220 GPa
	Λόγος Poisson	0.275 ul
	Μέτρο Διάτμησης	86.2745 GPa

Πίνακας 2 Χαρακτηριστικά Υλικού

<u>Δύναμη Αντίδρασης</u>		<u>Ροπή Αντίδρασης</u>	
Μέγεθος	Άξονας (X,Y,Z)	Μέγεθος	Άξονας (X,Y,Z)
35000 N	0 N	402358 Nm	-402358 Nm
	0 N		0 Nm
	35000 N		0 Nm

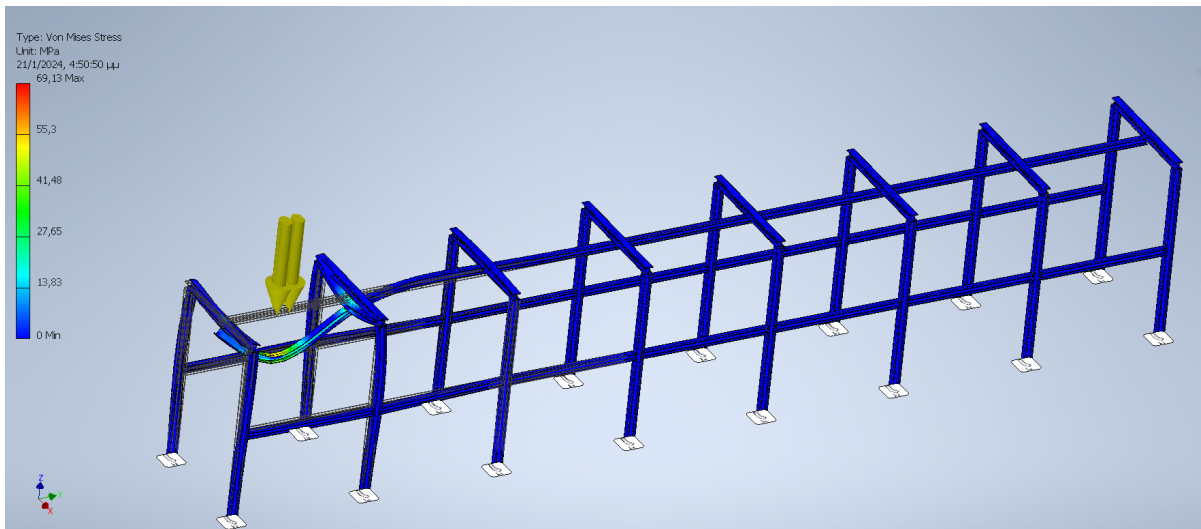
Πίνακας 3 Δύναμη αντίδρασης & Ροπή αντίδρασης

<u>Ονομασία</u>	<u>Ελάχιστο</u>	<u>Μέγιστο</u>
-----------------	-----------------	----------------

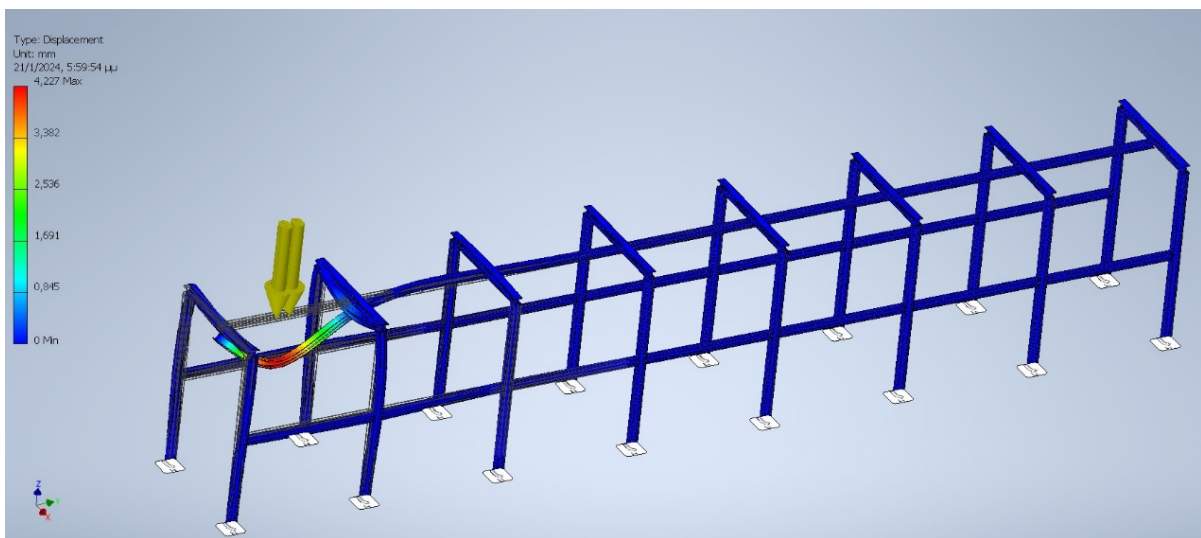
Όγκος	1697120000 mm ³	
Μάζα	10585.44 kg	
Von Mises Stress	0 MPa	69.1291 MPa
1st Principal Stress	-6.312 MPa	66.0951 MPa
3rd Principal Stress	-56.0443 MPa	7.59943 MPa
Μετατόπιση	0 mm	4.22744 mm
Συντελεστής Ασφαλείας	2.9944 ul	15 ul
Stress XX	-30.7739 MPa	34.3591 MPa
Stress XY	-15.2266MPa	15.0711MPa
Stress XZ	-16.8153 MPa	16.932 MPa
Stress YY	-56.041 MPa	62.9059 MPa
Stress YZ	-12.6494 MPa	17.3267 MPa
Stress ZZ	-19.9733 MPa	30.7286 MPa
X Displacement	-0.551614 mm	0.552858 mm
Y Displacement	-0.356505 mm	0.673413 mm
Z Displacement	-4.22744 mm	0.299911 mm
Equivalent Strain	0 ul	0.000267598 ul
1st Principal Strain	-0.00000370108 ul	0.000285689 ul
3rd Principal Strain	-0.000254616 ul	0.00000231231 ul
Strain XX	-0.000169521 ul	0.000134853 ul
Strain XY	-0.0000882452 ul	0.0000873437 ul
Strain XZ	-0.0000974521 ul	0.0000981287 ul
Strain YY	-0.000254609 ul	0.000283771 ul
Strain YZ	-0.000073309 ul	0.000100416 ul
Strain ZZ	-0.000117609 ul	0.000138206 ul
Contact Pressure	0 MPa	89.3032 MPa
Contact Pressure X	-31.7401 MPa	30.5477 MPa
Contact Pressure Y	-76.5181 MPa	78.3262 MPa
Contact Pressure Z	-70.5014 MPa	81.4699 MPa

Πίνακας 4 Περίληψη αποτελεσμάτων

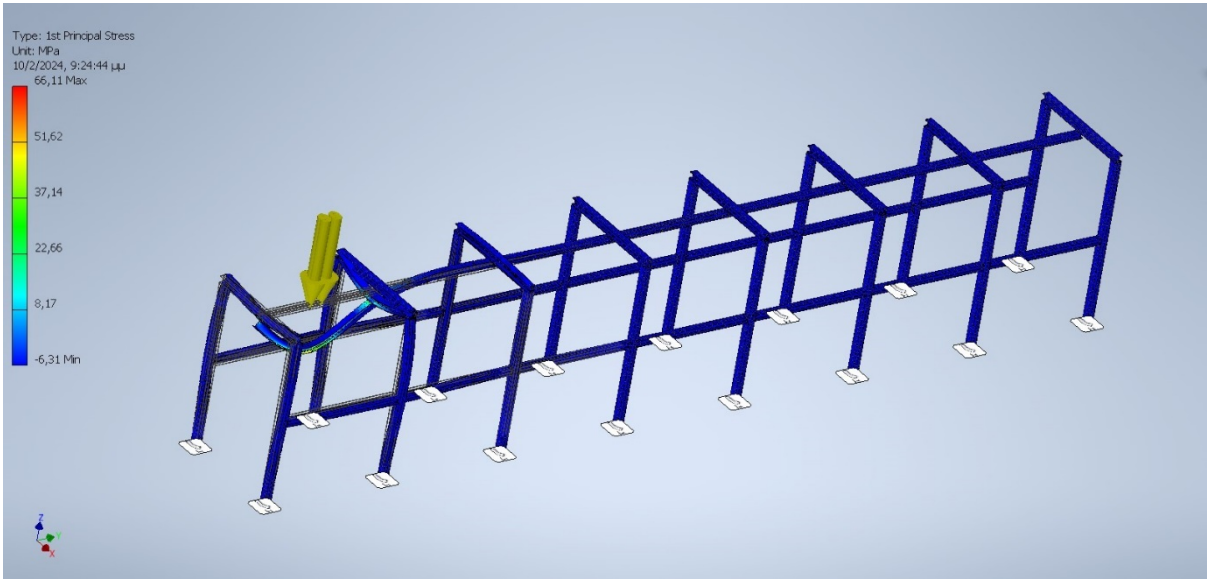
Στις εικόνες 18 έως 44 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων.



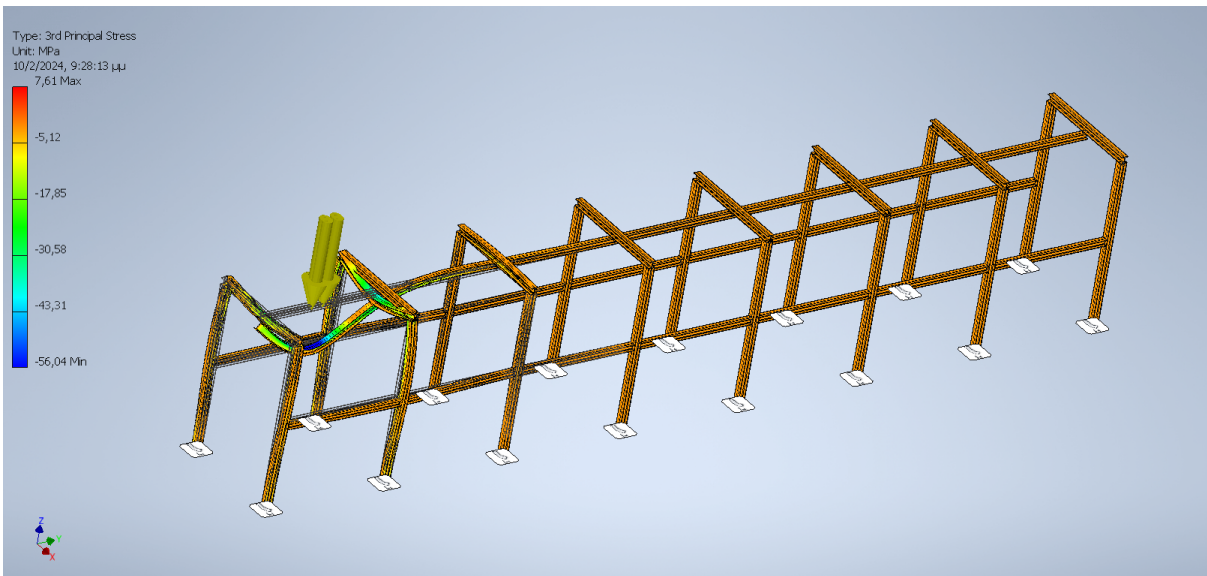
Εικόνα 18 Τάση κατά Von Mises



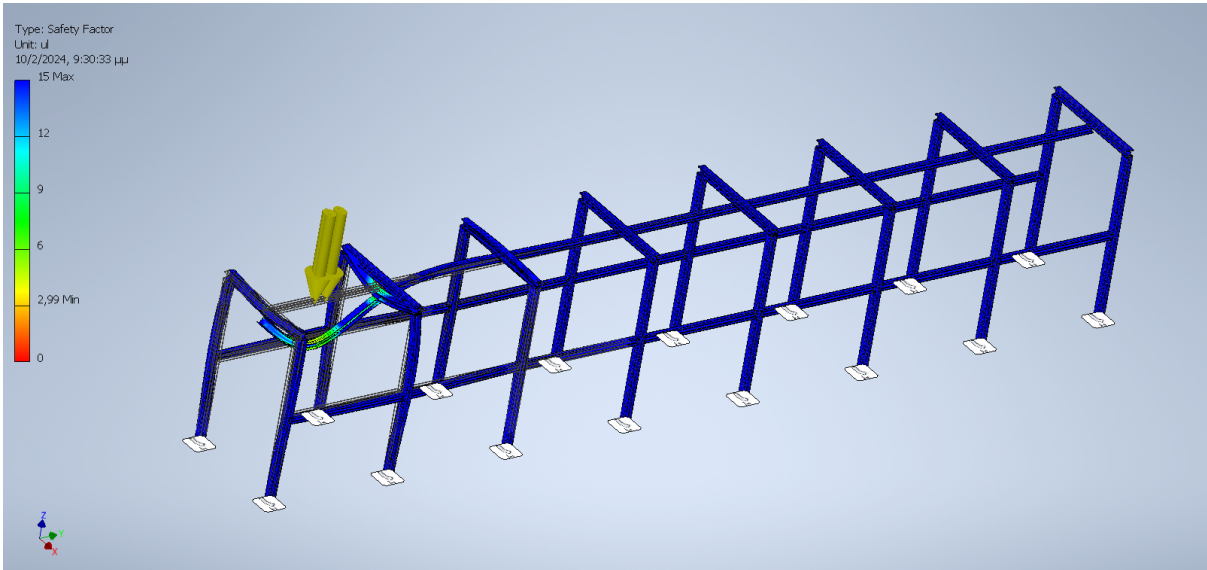
Εικόνα 19 Μετατόπιση



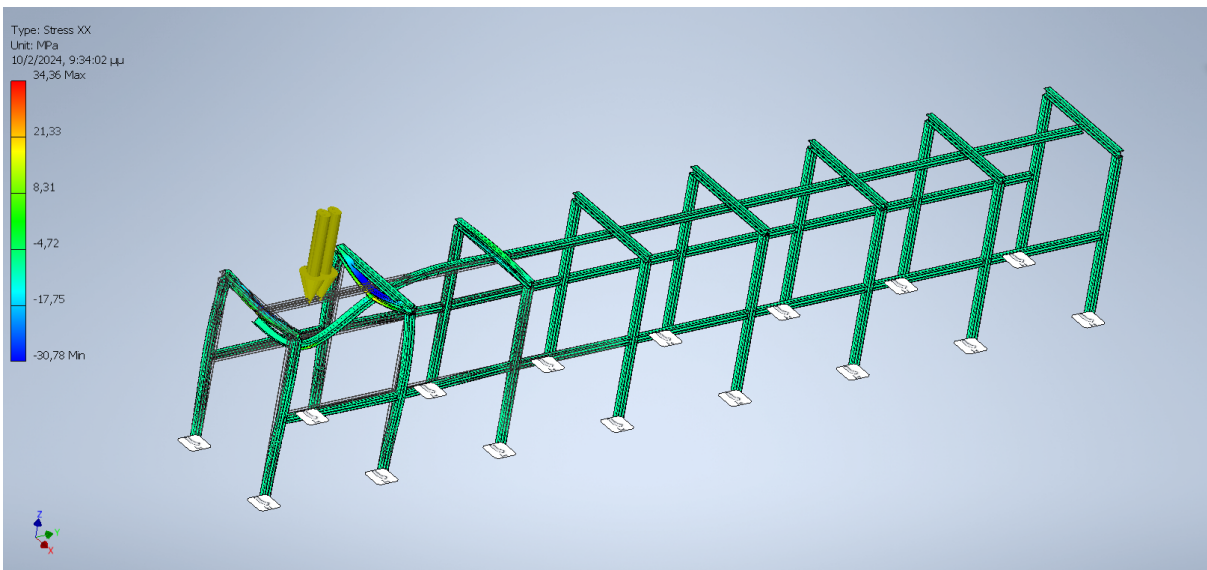
Εικόνα 20 1st Principal Stress



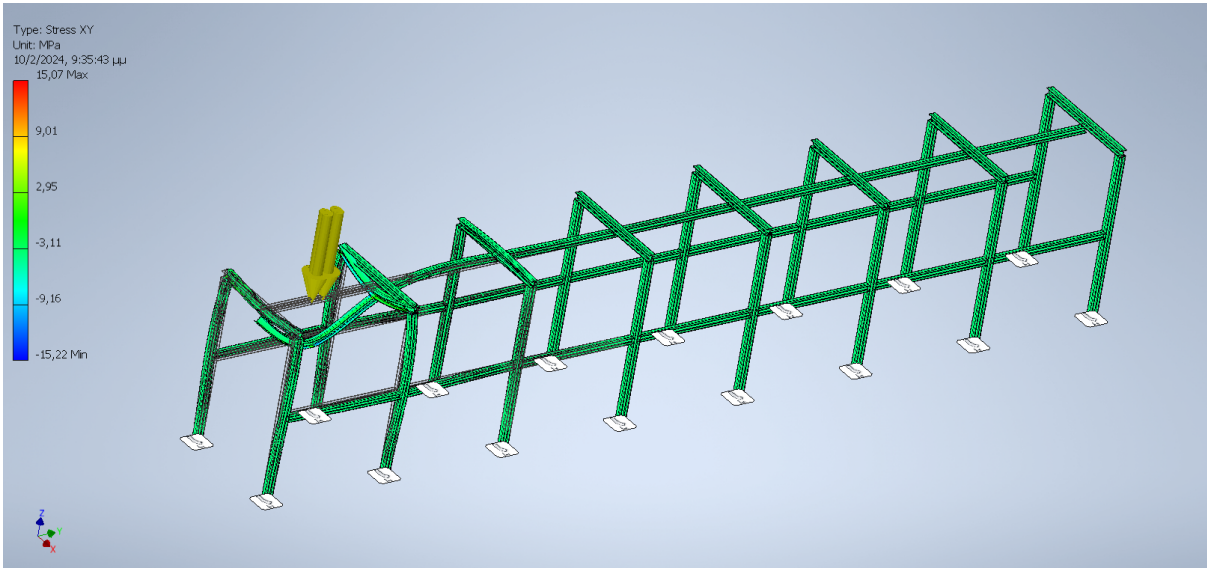
Εικόνα 21 3rd Principal Stress



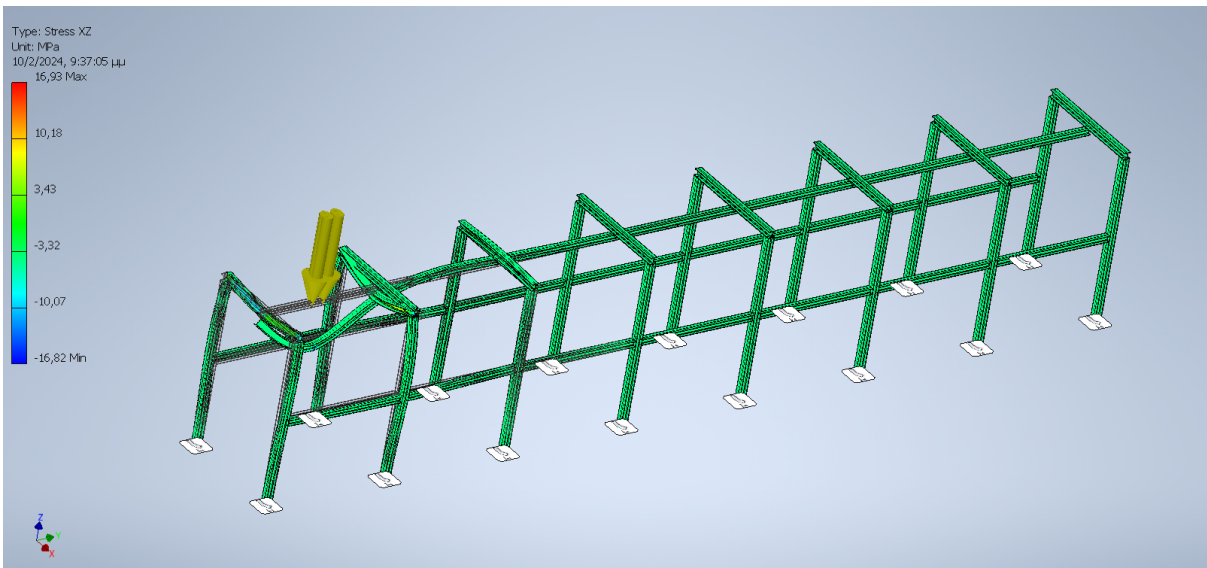
Εικόνα 22 Safety Factor



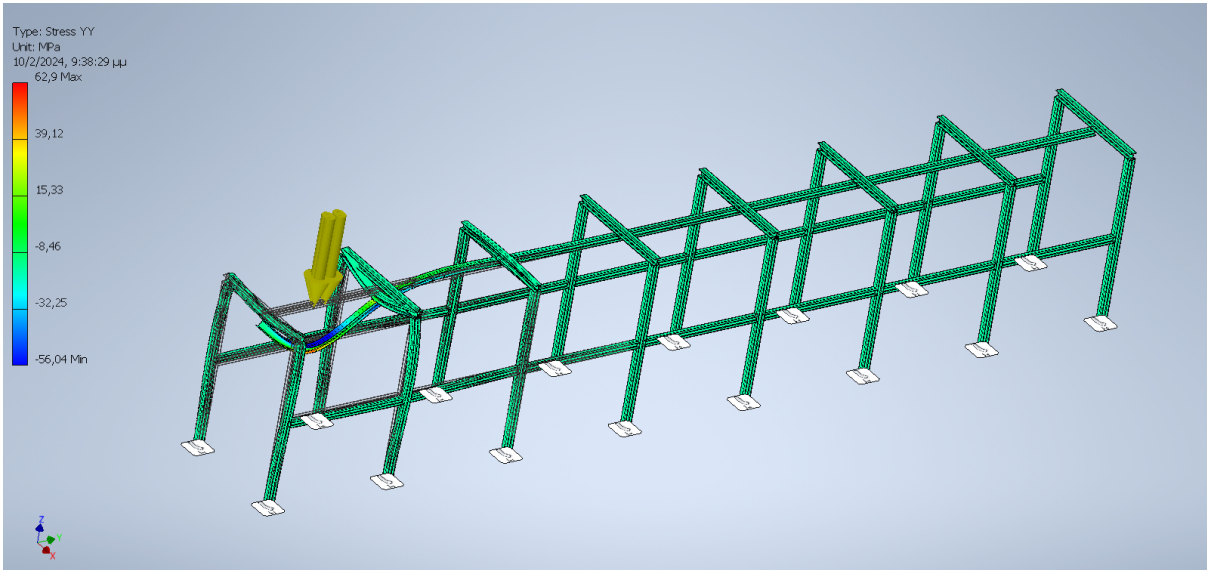
Εικόνα 23 Stress XX



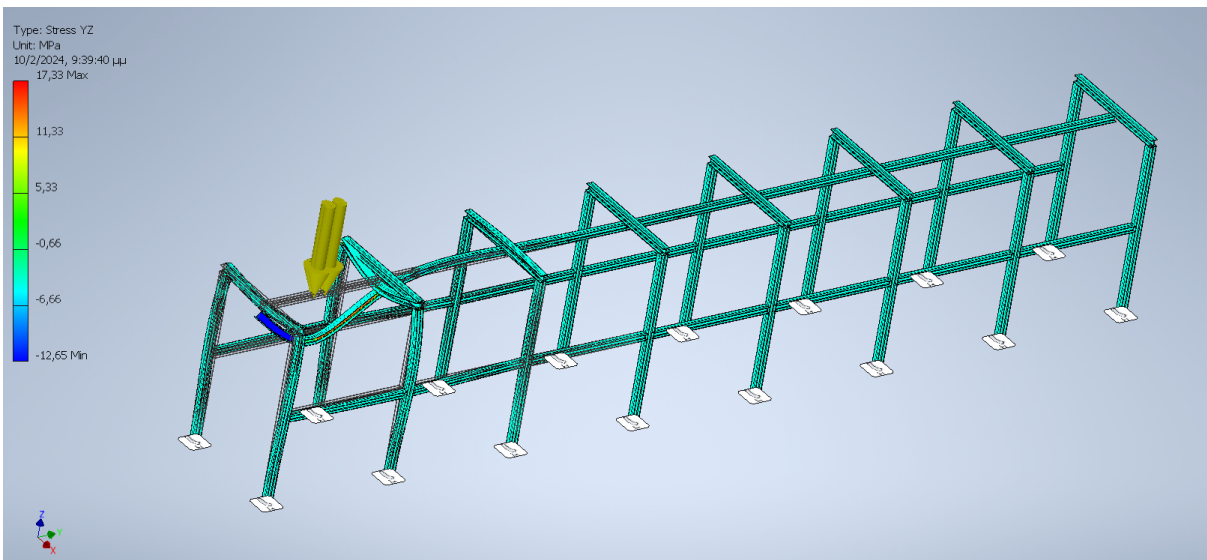
Εικόνα 24 Stress XY



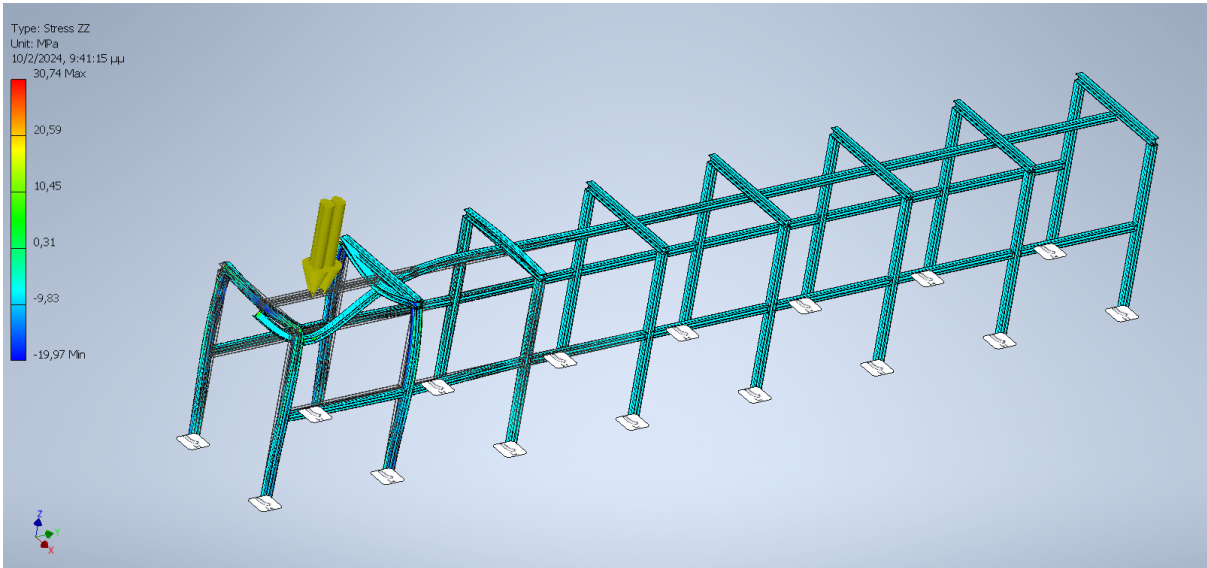
Εικόνα 25 Stress XZ



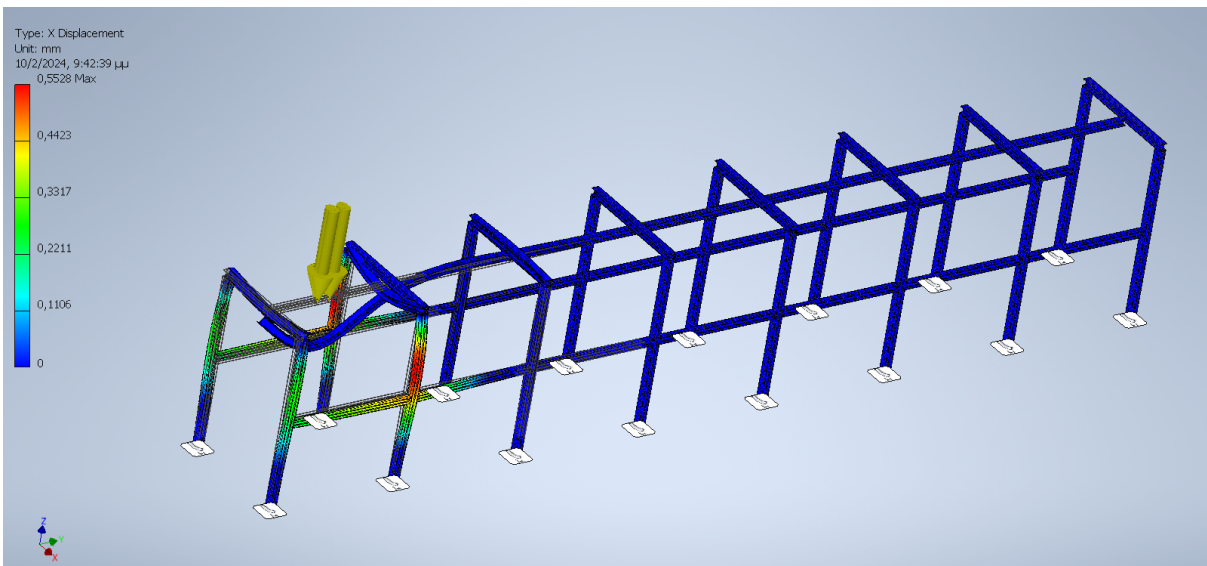
Εικόνα 26 Stress YY



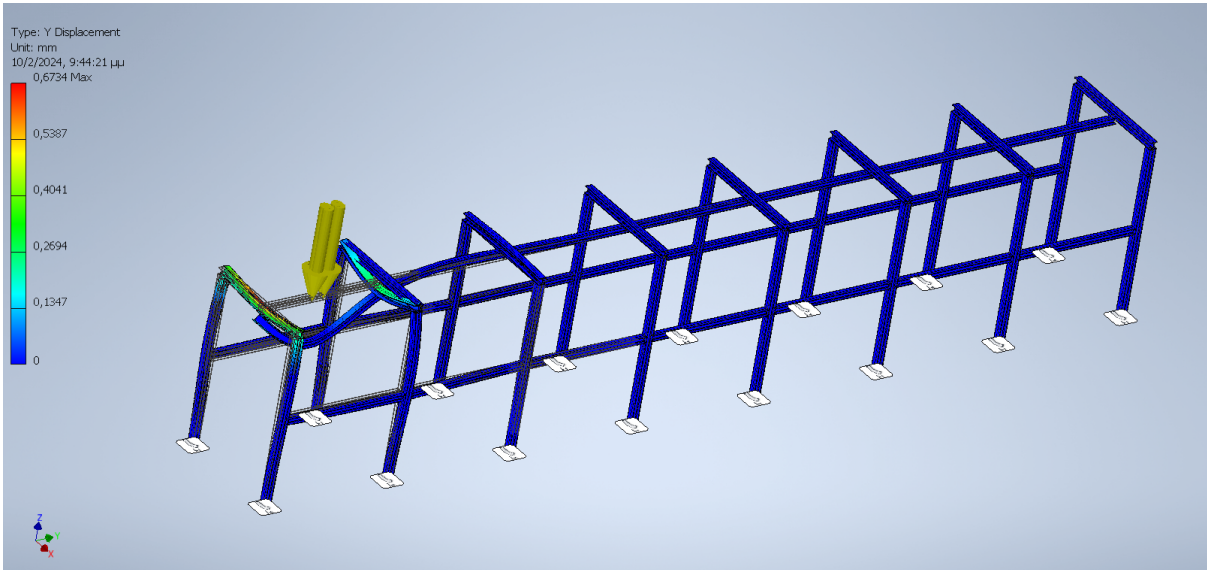
Εικόνα 27 Stress YZ



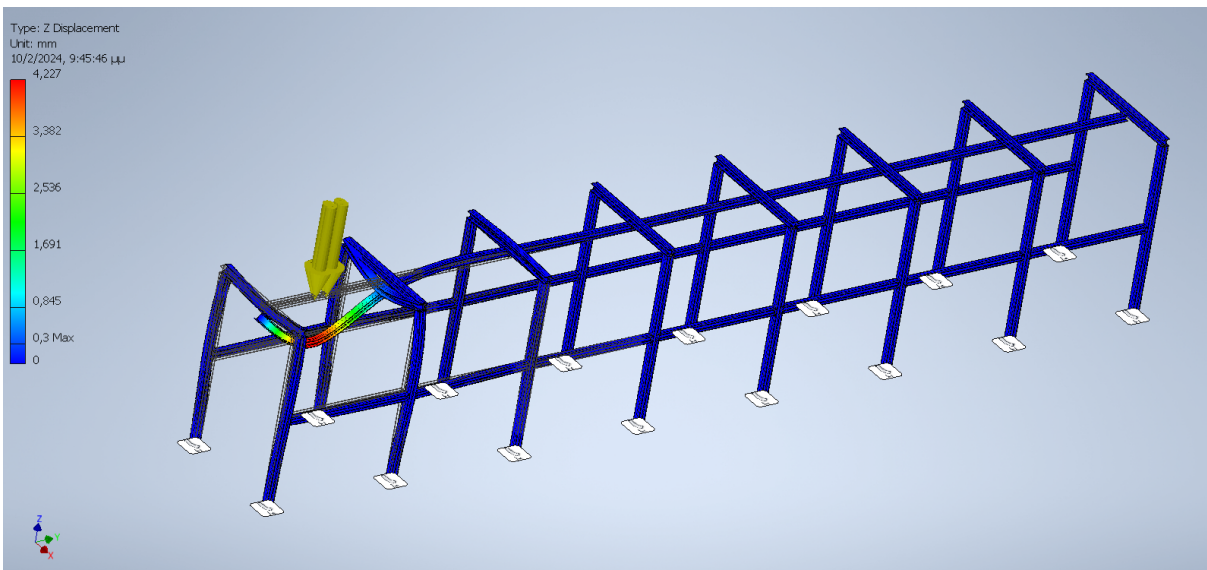
Εικόνα 28 Stress ZZ



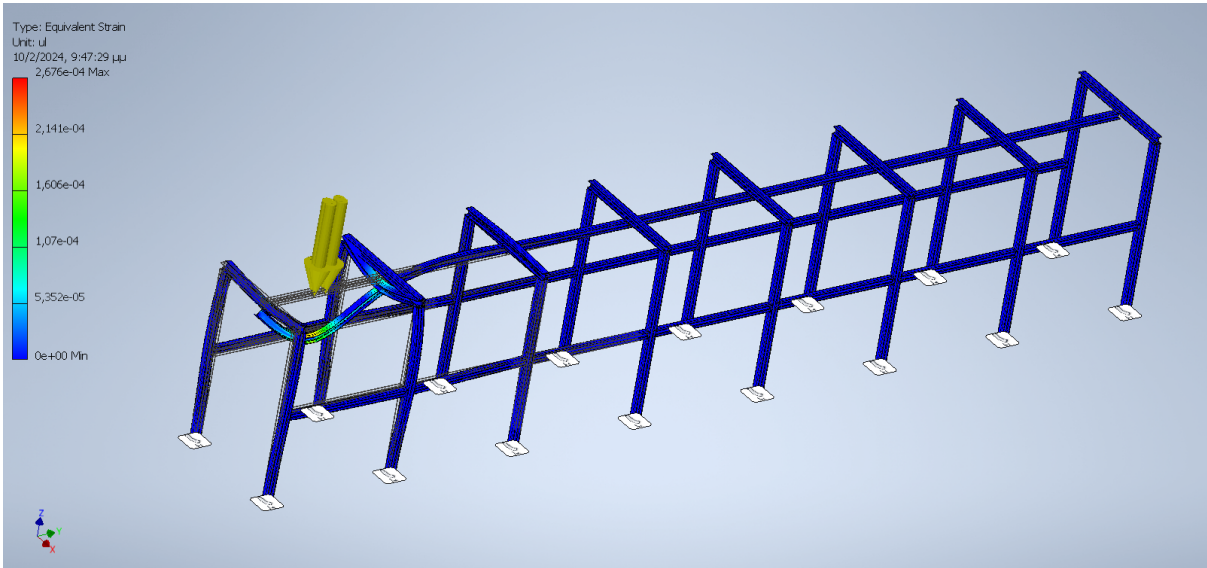
Εικόνα 29 X Displacement



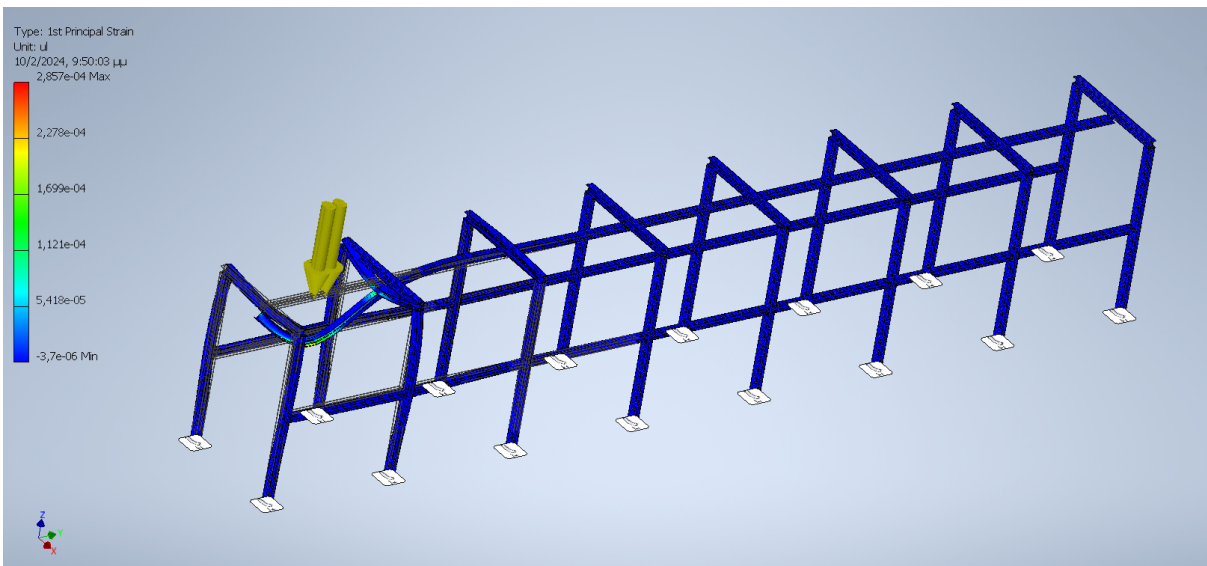
Εικόνα 30 Y Displacement



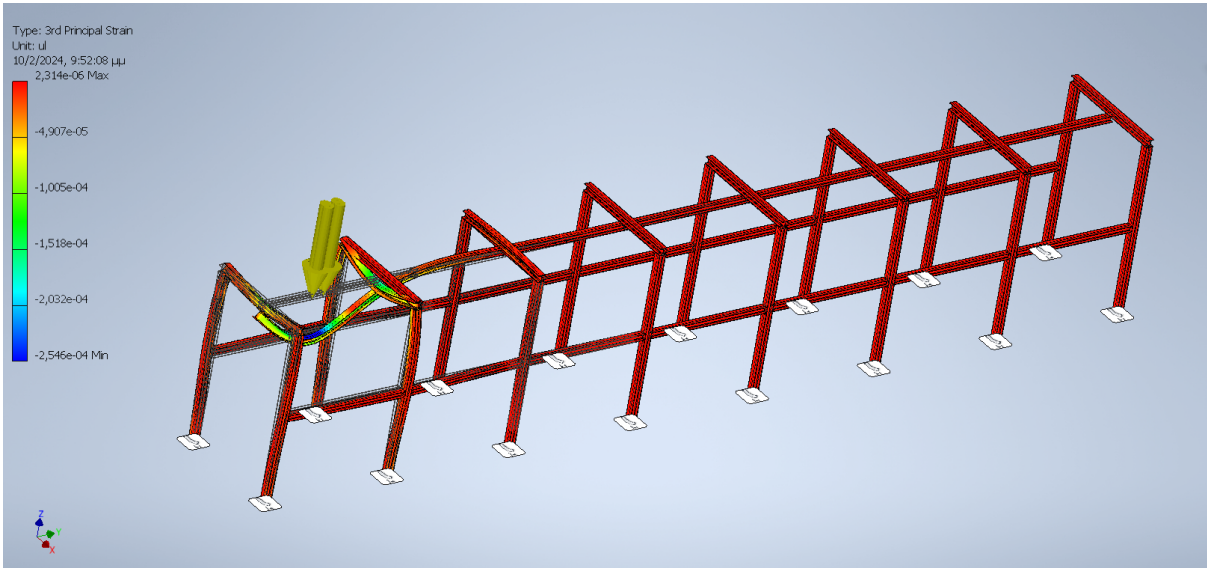
Εικόνα 31 Z Displacement



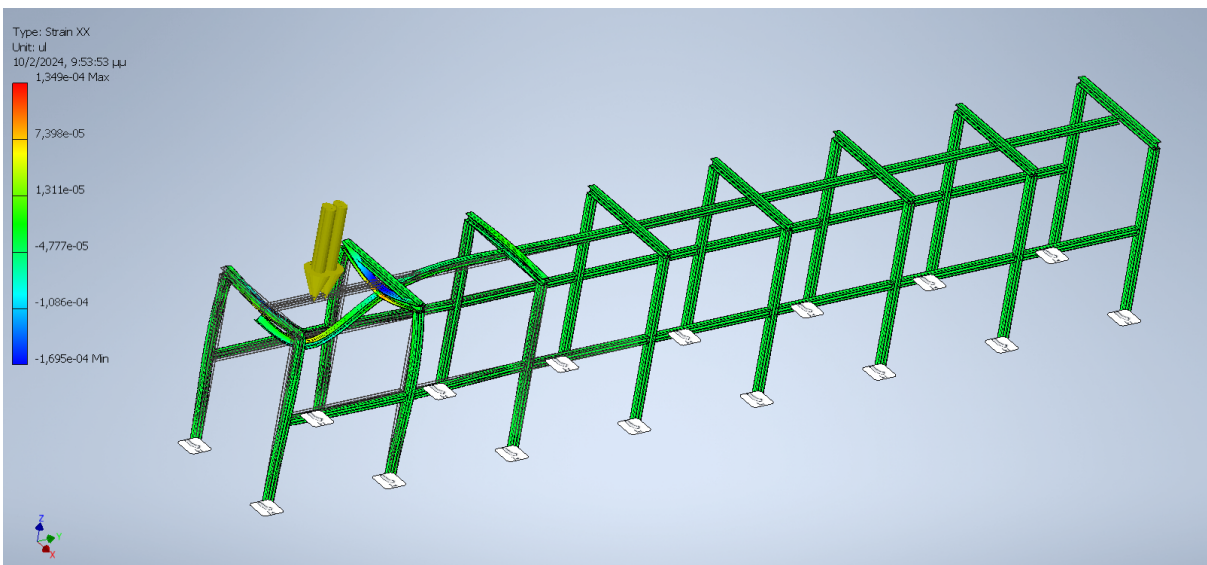
Εικόνα 32 Equivalent Strain



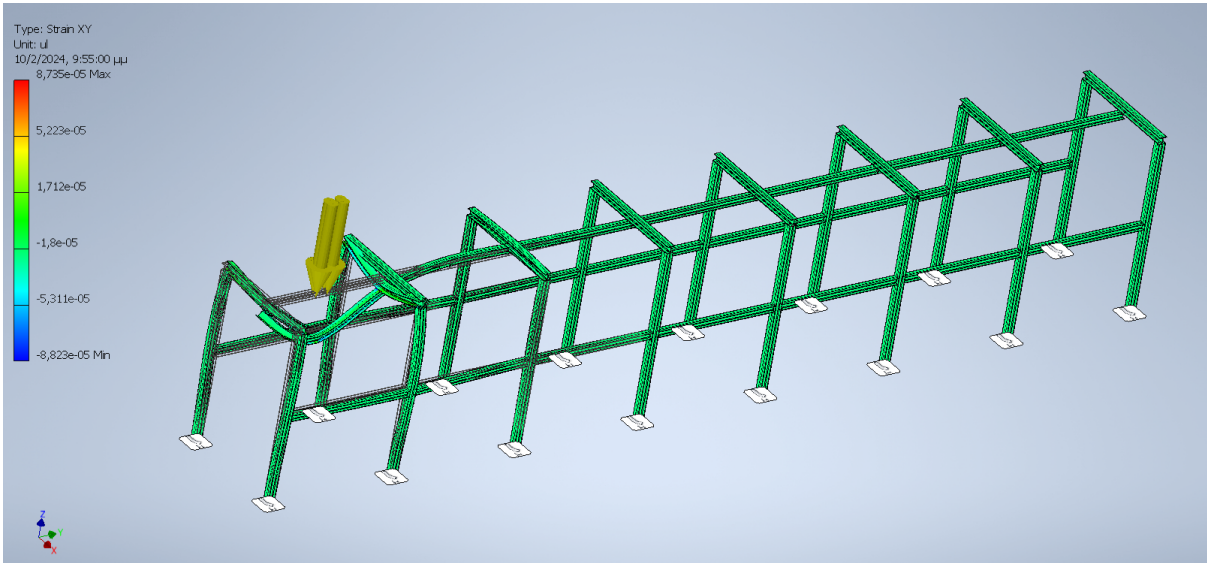
Εικόνα 33 1st Principal Strain



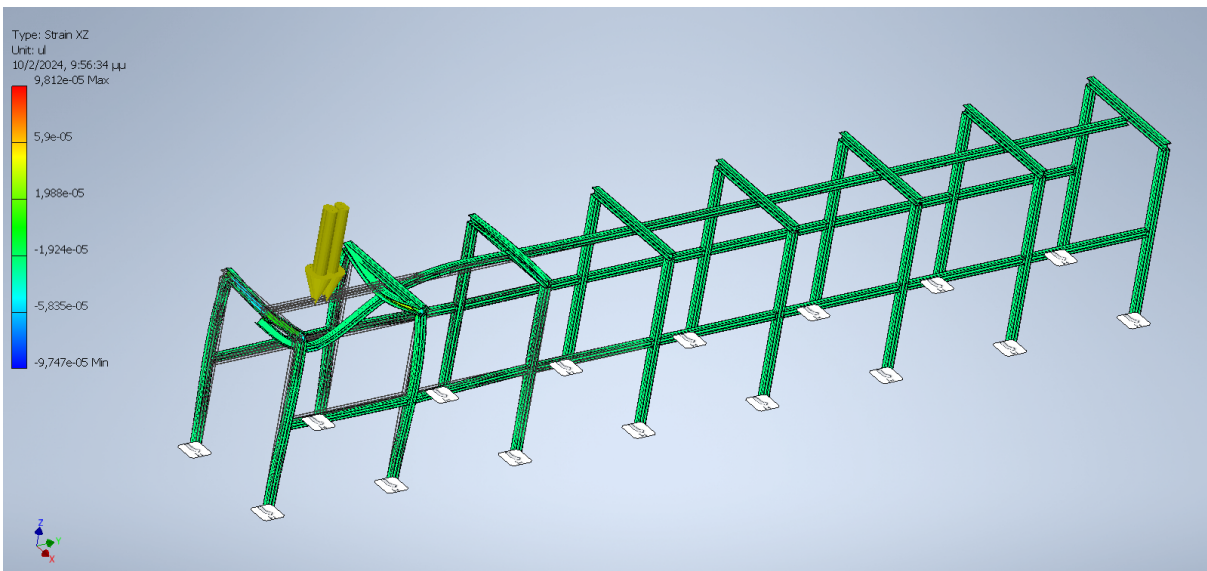
Εικόνα 34 3rd Principal Strain



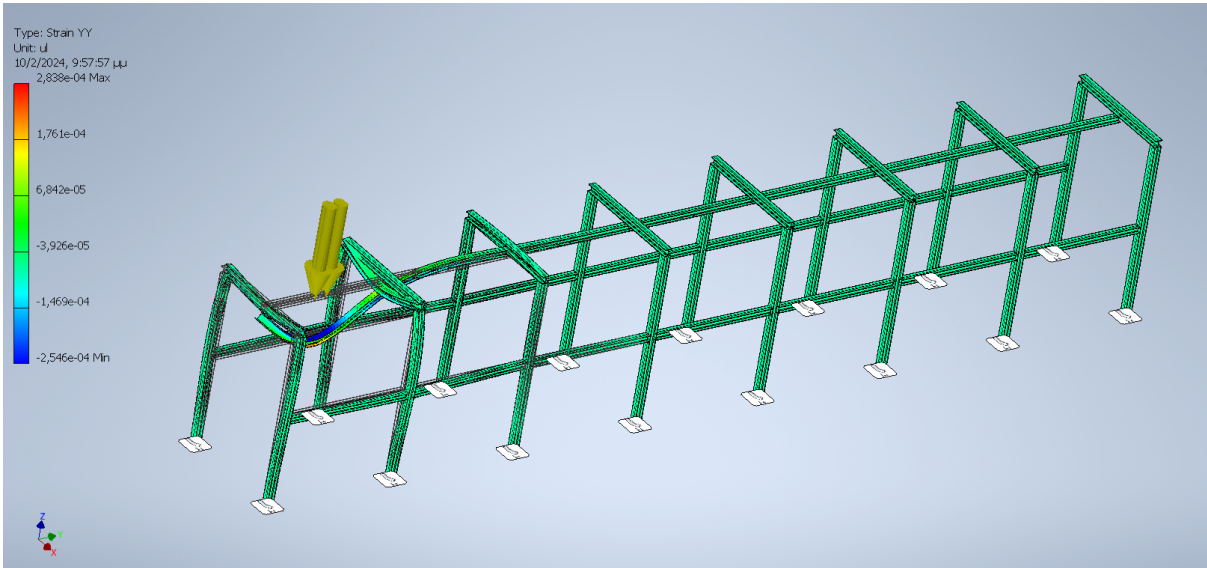
Εικόνα 35 Strain XX



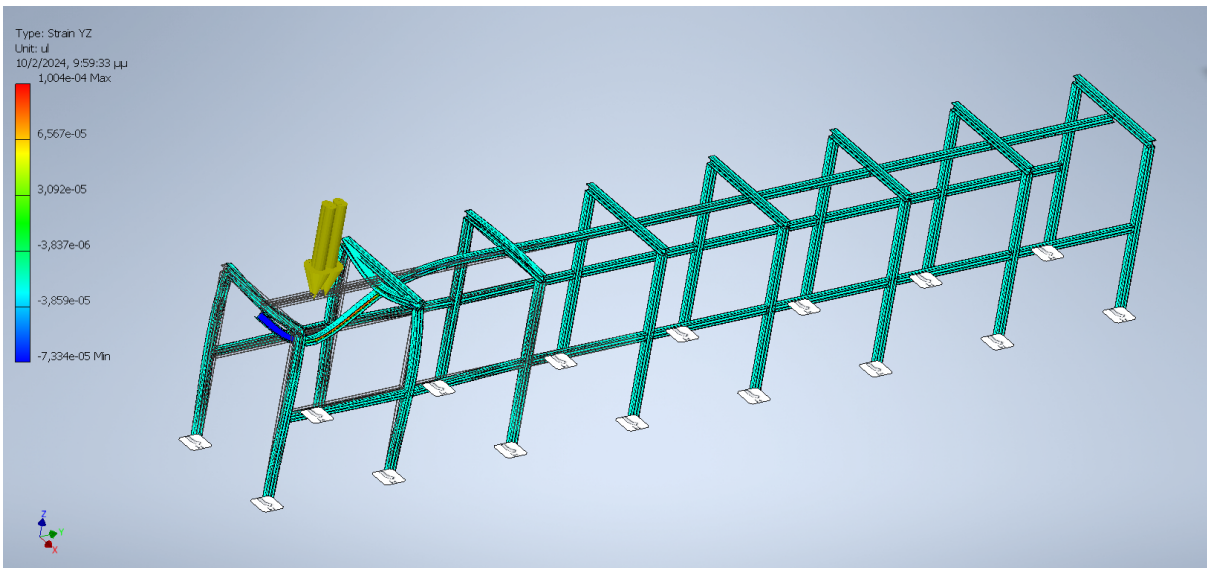
Εικόνα 36 Strain XY



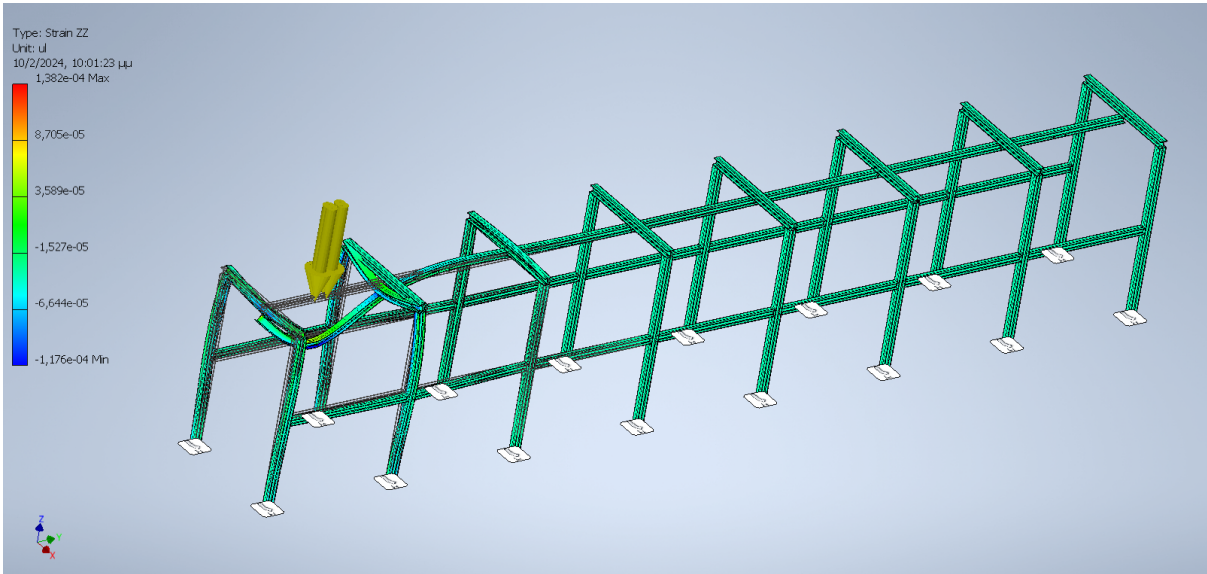
Εικόνα 37 Strain XZ



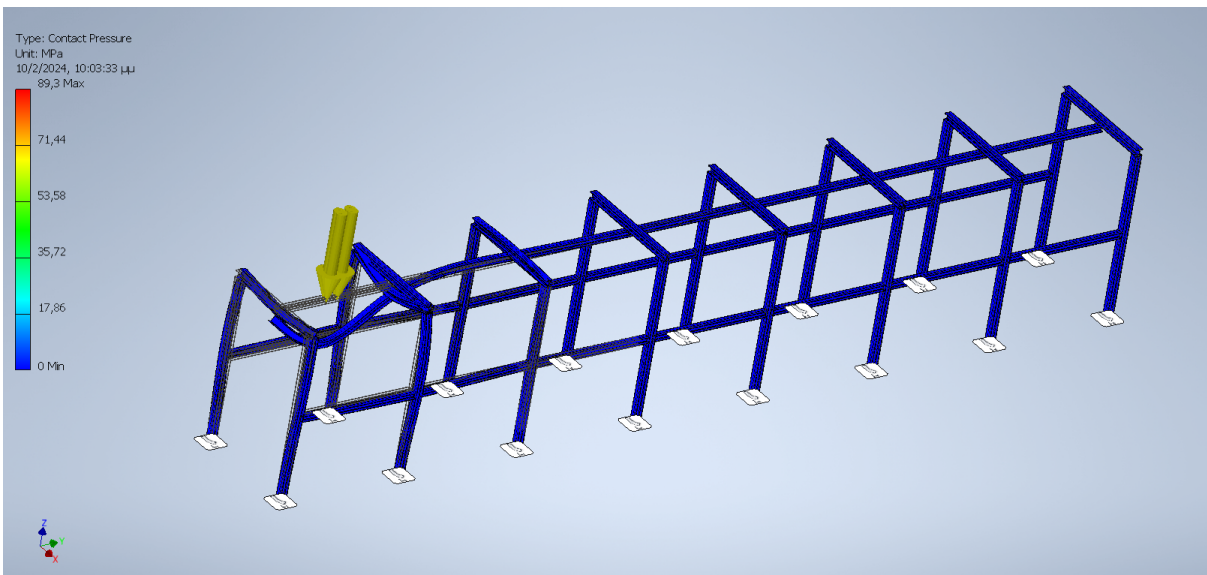
Εικόνα 38 Strain YY



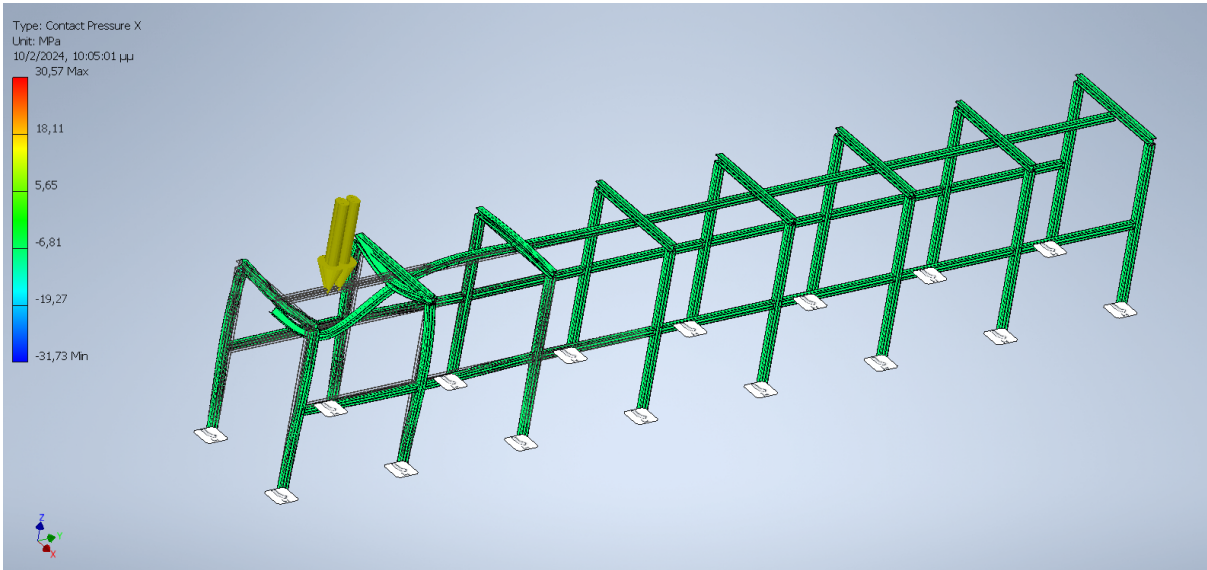
Εικόνα 39 Strain YZ



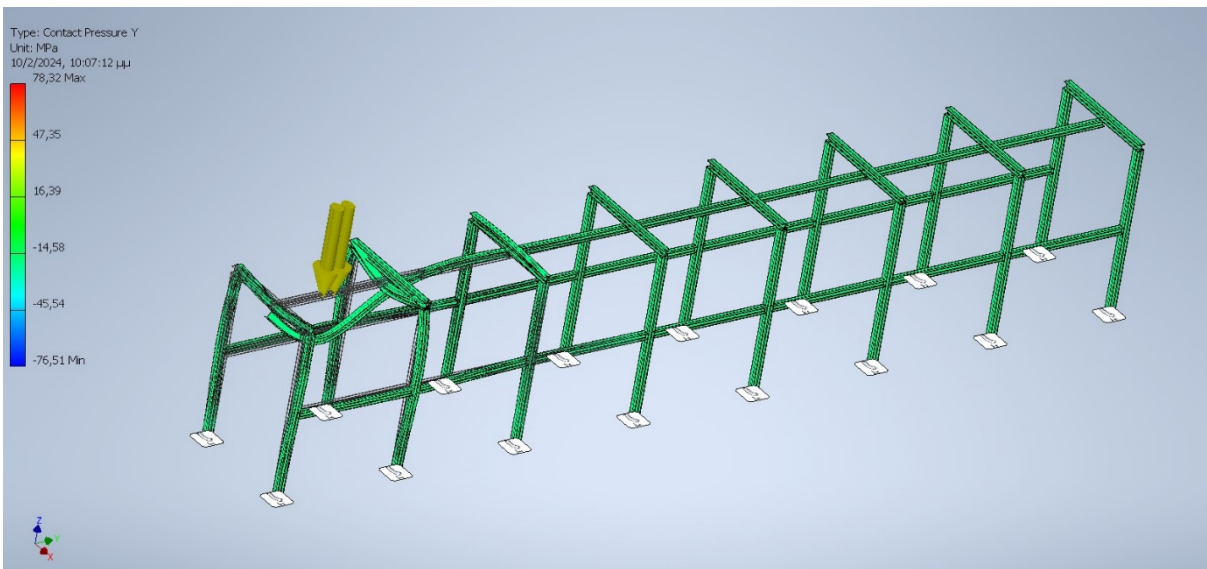
Εικόνα 40 Strain ZZ



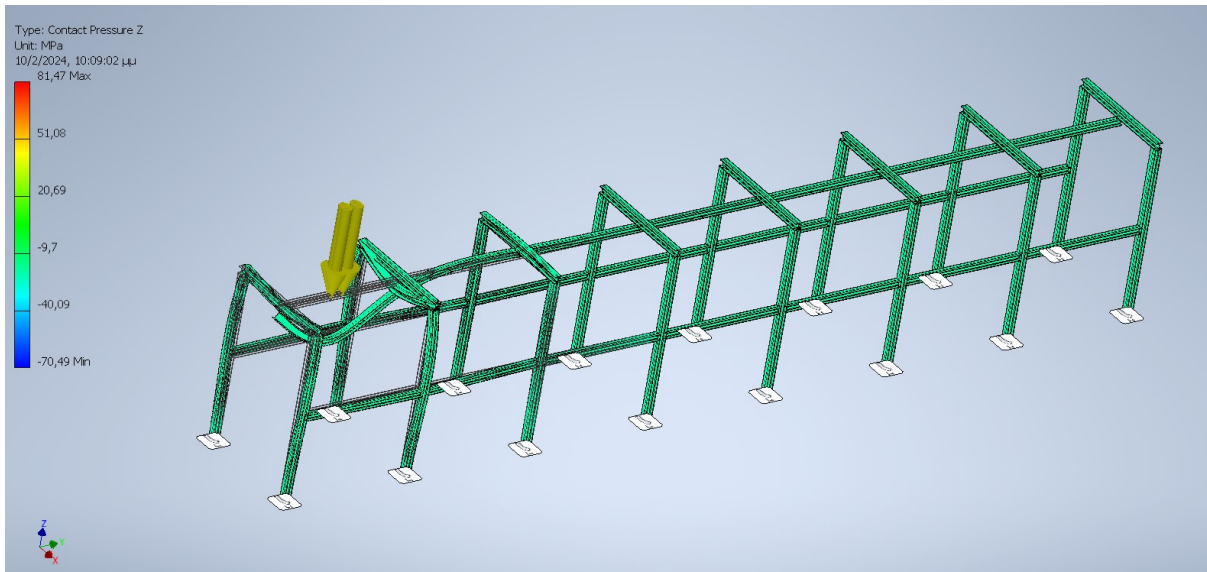
Εικόνα 41 Contact Pressure



Εικόνα 42 Contact Pressure X



Εικόνα 43 Contact Pressure Y



Εικόνα 44 Contact Pressure Z

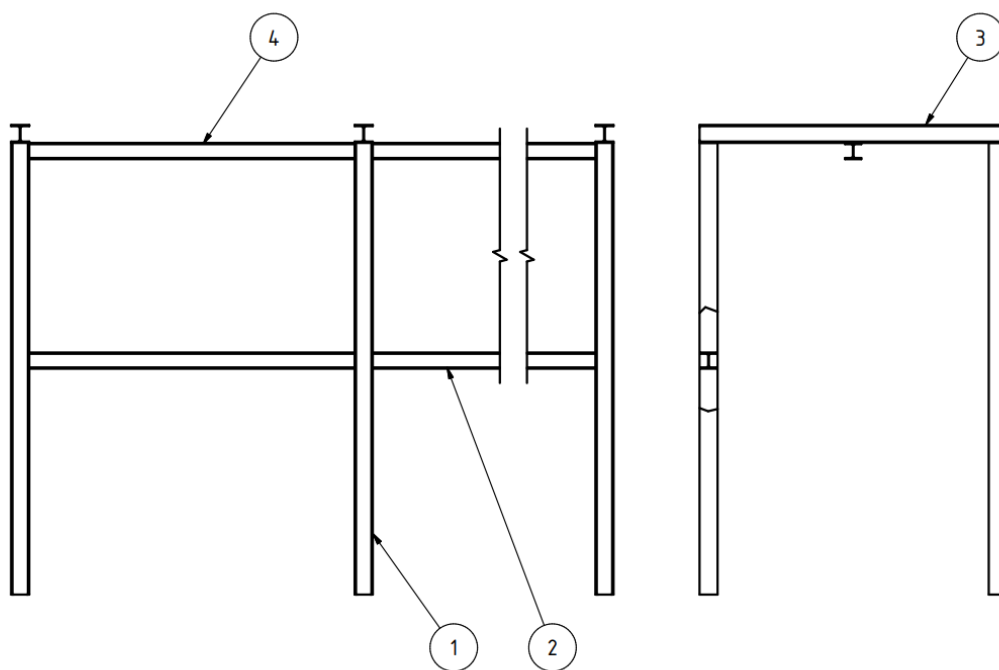
5. Κοστολόγηση

5.1 Υλικά κατασκευής

Στο πίνακα 4 αναγράφονται τα υλικά που χρειάζονται για τη κατασκευή της διάταξης, ώστε να εκτιμηθεί η κοστολόγηση των υλικών.

<u>Αριθμός Τεμαχίου</u>	<u>Ποσότητα</u>	<u>Μήκος Τεμαχίου</u>	<u>Τυποποιημένη Ονομασία</u>
1	16	5000 mm	HEB 200
2	14	3600 mm	HEB 180
3	8	3400 mm	HEB 200
4	7	4000 mm	HEB 180

Πίνακας 5 Λίστα υλικών



Εικόνα 45 Επεξήγηση αριθμών τεμαχίου

Για να γίνει η οικονομική εκτίμηση των υλικών πρέπει πρώτα να υπολογιστεί το συνολικό βάρος τους. Οι δοκοί διατίθενται στο εμπόριο σε βέργες των 6 μέτρων και των 12 μέτρων αντίστοιχα. Για να επιτευχθεί η λιγότερη δυνατή απόρριψη αχρησιμοποίητου υλικού θα πρέπει να συνδυαστούν τα μέτρα που χρειάζονται μεταξύ τους. Έτσι χρειάζεται, α) 4 βέργες HEB 200 των 12 μέτρων, β) 12 βέργες HEB 200 των 6 μέτρων και γ) 7 βέργες HEB 180 των 12 μέτρων. Με όλα τα παραπάνω καλύπτεται ο απαιτούμενος όγκος υλικών για να κατασκευαστεί η διάταξη, όμως υπάρχει και περισσεύον που πρέπει να συνυπολογιστεί στο τελικό κόστος. Το υλικό που περισσεύει έχει ως εξής:

- α) 800mm HEB 200
- β) 12000mm HEB 200
- γ) 5600mm HEB 180.

<u>Αριθμός Τεμαγίου</u>	<u>Τυποποιημένη Ονομασία</u>	<u>Μήκος Τεμαγίου (mm)</u>	<u>Kg/m</u>	<u>Ποσότητα</u>	<u>Βάρος (Kg)</u>
α	HEB 200	12000	61.3	4	2942.4
β	HEB 200	6000	61.3	12	4413.6
γ	HEB 180	12000	51.2	7	4300.8
Συνολικό Βάρος					11656.8

Πίνακας 6 Υπολογισμός Βάρους Υλικών

<u>Αριθμός Τεμαγίου</u>	<u>Τυποποιημένη Ονομασία</u>	<u>Μήκος Τεμαγίου (mm)</u>	<u>Kg/m</u>	<u>Ποσότητα</u>	<u>Βάρος (Kg)</u>
α	HEB 200	800	61.3	1	49.04
β	HEB 200	12000	61.3	1	735.6
γ	HEB 180	5600	51.2	1	286.72
Συνολικό Βάρος					1071.36

Πίνακας 7 Υπολογισμός Βάρους Περισσευόμενου Υλικού

Συνεπώς, το συνολικό βάρος της κατασκευής είναι 10585.44 kg. Όμως, για να υπολογιστεί το κόστος των υλικών θα πρέπει να υπολογιστεί μαζί με το περισσευόμενο υλικό. Η τιμή της αγοράς του σιδήρου κυμαίνεται από 0,8 €/kg έως 1,30 €/kg. Χρησιμοποιώντας, τον μέσο όρο της τιμής αγοράς, το κόστος αγοράς των υλικών εκτιμάται στα 12239.64 € (11656.8 kg × 1.05 €/kg).

Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, η μελέτη σχετικά με τις εγκαταστάσεις γερανογέφυρας απέδωσε μια ολοκληρωμένη εξέταση της εξελικτικής τους πορείας, των ποικίλων ταξινομήσεων, των εγγενών κινδύνων και του κομβικού τομέα της αξιολόγησης της ασφάλειας. Οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη υπογραμμίζουν τη σημασία μιας μεθοδικής και ολοκληρωμένης προσέγγισης για την αξιολόγηση της ασφάλειας των γερανογεφυρών, που εγγυάται τον εντοπισμό και την αντιμετώπιση των πιθανών κινδύνων. Οι εγγενείς προκλήσεις που συνδέονται με τις εγκαταστάσεις γερανών, συμπεριλαμβανομένων των δομικών πολυπλοκότητας και των μηχανισμών ελέγχου, έχουν αναγνωριστεί δεόντως, υπογραμμίζοντας έτσι την επιτακτική ανάγκη για προληπτικά μέτρα.

Η παρούσα μελέτη όχι μόνο διασαφηνίζει τους κινδύνους και τα ατυχήματα που συνδέονται με τους γερανούς γερανογέφυρες, αλλά και διατυπώνει ρεαλιστικές προτάσεις και βέλτιστες μεθοδολογίες για την αύξηση της ασφάλειας και της επιχειρησιακής αποτελεσματικότητας. Οι προαναφερθείσες συστάσεις λειτουργούν ως μια εξαιρετικά πολύτιμη πηγή για τους επαγγελματίες του κλάδου, παρέχοντας πρακτικές γνώσεις που μπορούν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά τις προκλήσεις και να βελτιώσουν τα πρότυπα ασφαλείας σε ευρύτερη κλίμακα.

Καθώς οι βιομηχανίες εξακολουθούν να βασίζονται στους γερανούς και τις γερανογέφυρες για την ανύψωση και τη μεταφορά σημαντικών φορτίων, οι ανακαλύψεις που παρουσιάζονται χρησιμεύουν για να ενισχύσουν τον συνεχή διάλογο γύρω από τα πρωτόκολλα ασφαλείας. Η ενσωμάτωση βέλτιστων μεθοδολογιών στην εφαρμογή συστημάτων γερανογεφυρών είναι εξαιρετικά σημαντική για τον μετριασμό των περιστατικών, την εξασφάλιση της ευημερίας του προσωπικού και την ενίσχυση της επιχειρησιακής απόδοσης. Μέσω μιας ολοκληρωμένης εξέτασης των περιπλοκών και των εμποδίων που προκύπτουν, δημιουργείται μια πορεία προς ένα μέλλον που θα χαρακτηρίζεται από ενισχυμένη ασφάλεια και αυξημένη αποτελεσματικότητα στον τομέα της ανύψωσης, με ιδιαίτερη έμφαση στους γερανούς και τις γερανογέφυρες.

Βιβλιογραφία

- Abílio Ramos, M., Droguett, E. L., Mosleh, A., das Chagas Moura, M., & Ramos Martins, M. (2017). Revisiting past refinery accidents from a human reliability analysis perspective: The BP Texas City and the Chevron Richmond accidents. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 95(12), 2293–2305.
<https://doi.org/10.1002/cjce.22996>
- Allen, V., Chairperson, S., Ehrlich, M., Member, R., Engler, B., Member, K., Kulinowski, B., & Member. (2016). *U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board*.
http://www.csb.gov/assets/1/6/us_csb_comments_ohsb_ca_psm_9.2.20161.pdf
- Ardi, P. G., Sunaryo, & Ayu, A. G. (2017). Safety management on loading process with rubber tyred gantry crane: case study at port of Tanjung Priok. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 66(6), 150–164.
<https://cyberleninka.ru/article/n/safety-management-on-loading-process-with-rubber-tyred-gantry-crane-case-study-at-port-of-tanjung-priok>
- Bin, X., Yu, Z., Yang, Y., Tang, X., & Zhang, T. (2014). *Risk-Based Stability Assessment of a Gantry Crane*. <https://doi.org/10.1115/esda2014-20255>
- Chamen, W. C. T., Dowler, D., Leede, P. R., & Longstaff, D. J. (1994). Design, Operation and Performance of a Gantry System: Experience in Arable Cropping. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 59(1), 45–60.
<https://doi.org/10.1006/jaer.1994.1063>
- Frendo, F. (2016). Gantry crane derailment and collapse induced by wind load. *Engineering Failure Analysis*, 66, 479–488. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2016.05.008>
- Gabriel, D. (2007). Introduction Hart Crane, Bridging, and History. *Palgrave Macmillan US EBooks*, 1–27. https://doi.org/10.1007/978-1-137-12207-0_1
- Γεωργαντάς, Ε., & Δογάνη, Θ. (2012). Έλεγχος - συντήρηση - χειρισμός - ασφάλεια μηχανημάτων μηχανουργείου. *Okeanis.lib.teipir.gr*.
<http://okeanis.lib.teipir.gr/xmlui/handle/123456789/1855>
- Γκιόκας, Σ., & Κουτσοθόδωρος, Α. (2020). Διάταξη μεταφοράς οχημάτων σε εσωτερικούς χώρους. *Okeanis.lib2.Uniwa.gr*.
<http://okeanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/handle/123456789/5452>
- Häkkinen, J., & Posti, A. (2013). *Review of maritime and port-related HNS accidents*.
https://www.merikotka.fi/wp-content/uploads/2018/08/IAME_2013_Hakkinen_Posti.pdf

- He, S., Li, W., Gao, M., & Pan, J. (2009). FBG technology applied on container gantry overload warning. *Proceedings of SPIE*. <https://doi.org/10.1117/12.835507>
- Hingorani, R., & Tanner, P. (2020). Forensic Inquiry into Derailment of a Launching Gantry. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 34(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cf.1943-5509.0001327](https://doi.org/10.1061/(asce)cf.1943-5509.0001327)
- Jerman, B., & Kramar, J. (2008). A study of the horizontal inertial forces acting on the suspended load of slewing cranes. *International Journal of Mechanical Sciences*, 50(3), 490–500. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2007.09.013>
- Jerman, B., Primož Podržaj, & Kramar, J. (2004). An investigation of slewing-crane dynamics during slewing motion—development and verification of a mathematical model. *International Journal of Mechanical Sciences*, 46(5), 729–750. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2004.05.006>
- Kamarul, M., Ali, A., & Mohamad, M. (2016). *Crane Failure and Accident in Construction*. <http://civil.utm.my/wp-content/uploads/2016/12/Crane-Failure-and-Accident-in-Construction.pdf>
- Keil, E. (2012). *Thoughts about Gantries*. CERN Document Server. <https://cds.cern.ch/record/1441183>
- Kim, H. J., Jeong, C. K., Jung, Y. G., & Huh, S. C. (2013). A Study on the Optimization Design of BOP Gantry Crane by ANSYS. *Applied Mechanics and Materials*, 479-480, 314–318. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.479-480.314>
- Kim, K. W., Park, S. J., Lim, H. S., & Cho, H. H. (2017). Safety Climate and Occupational Stress According to Occupational Accidents Experience and Employment Type in Shipbuilding Industry of Korea. *Safety and Health at Work*, 8(3), 290–295. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2017.08.002>
- Kong, S. K., & Ku, Z. F. (2022). Causes and Solutions of Construction Crane Accidents in Malaysian Construction Industry. *INTI JOURNAL*, 2022(29). <http://eprints.intimal.edu.my/1669/>
- Μαργαρίτης, Π. (2011). Ασφάλεια χρήσης ανυψωτικών και μεταφορικών διατάξεων. *Okeanis.lib.teipir.gr*. <http://okeanis.lib.teipir.gr/xmlui/handle/123456789/1858>
- Μαλαχίας, Γ. (2001). Ανυψωτικά Μηχανήματα. Εκδόσεις "ΙΩΝ", Αθήνα.

- Mohammad Javad Maghsoudi, Mohamed, Z., Tokhi, M. O., Abdul Rashid Husain, & Msz Abidin. (2016). *Control of a gantry crane using input-shaping schemes with distributed delay*. 39(3), 361–370. <https://doi.org/10.1177/0142331215607615>
- Πέτρου, Κ. Α., & Πετρού, Κ. Α. (2013, July 19). *Ανυψωτικά Μηχανήματα*. Dspace.lib.ntua.gr. <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/handle/123456789/8731>
- Ramalan, A. H., & Hasmori, M. F. (2021). A Study on Human Factor That Lead To Tower Crane Accident At Construction Site In Malaysia. *Recent Trends in Civil Engineering and Built Environment*, 2(1), 852–861. <https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/rtcebe/article/view/1997>
- Sawodny, O., Aschemann, H., & Lahres, S. (2002). An automated gantry crane as a large workspace robot. *Control Engineering Practice*, 10(12), 1323–1338. [https://doi.org/10.1016/s0967-0661\(02\)00097-7](https://doi.org/10.1016/s0967-0661(02)00097-7)
- Singh, K., Raj, N., Sahu, S. K., Behera, R. K., Sarkar, S., & Maiti, J. (2015). Modelling safety of gantry crane operations using Petri nets. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 24(1), 32–43. <https://doi.org/10.1080/17457300.2015.1056809>
- Stahlbock, R., & Voß, S. (2010). Efficiency considerations for sequencing and scheduling of double-rail-mounted gantry cranes at maritime container terminals. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 2(1), 95. <https://doi.org/10.1504/ijstl.2010.029899>
- Στεργίου, Κ. Ι., & Στεργίου, Ι. (2006). Ανυψωτικά και μεταφορικά μηχανήματα. In *cris.lib.teipir.gr*. Σύγχρονη Εκδοτική. <http://cris.lib.teipir.gr/jspui/handle/123456789/871>
- Wojciech Puła, & Rybak, J. (2007). *Case history: Pile Foundations of a Large Gantry Crane*. https://doi.org/10.1007/978-3-211-73366-0_8
- Yamamoto, M., Honda, E., & Akira Mohri. (2006). *Safe Automatic Emergency Stop Control of Gantry Crane Including Moving Obstacles in Its Workspace*. <https://doi.org/10.1109/robot.2005.1570128>
- Yang, J. H., & Yang, K. S. (2007). Adaptive coupling control for overhead crane systems. *Mechatronics*, 17(2-3), 143–152. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2006.08.004>
- Zheng, S., Sha, J., & Wang, A. (2019). An Improved Storage-Space Selection Model and Algorithm for Outbound Shipping Containers: Considering the Synchronous Operation of Multiple Gantry Cranes in Port Terminals Worldwide. *Journal of Coastal Research*, 35(5), 1120. <https://doi.org/10.2112/jcoastres-d-19-00008.1>