



ΔΙΕΘΝΕΣ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής, Υπολογιστών και  
Τηλεπικοινωνιών  
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στη Ρομποτική

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# Αυτοματοποιημένο σύστημα διαχείρισης αποθήκης Automatic Warehouse Project

Παρασκευή Ζαχίλα

Σέρρες, Σεπτέμβριος 2020  
Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος

Εργασία που υποβλήθηκε στο  
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στη Ρομποτική,  
του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος,  
για τη μερική εκπλήρωση υποχρεώσεων για το Δίπλωμα Ειδίκευσης στη Ρομποτική

Επιβλέποντες καθηγητές:

Ιωάννης Καλόμοιρος  
Σταύρος Βολογιαννίδης

## Περιεχόμενα

1. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	3
2. ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	4
2.1. Περίληψη.....	4
2.2. Summary.....	5
3. ΜΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΑΠΟΘΗΚΗ .....	6
3.1. Γενική λειτουργία.....	6
3.2. Σκοπός της εργασίας .....	9
4. Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΣ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	10
4.1. Ιστορική εξέλιξη.....	10
4.2. Είδη AS/RS .....	11
4.2.1. Γενική λειτουργία AS/RS.....	12
4.2.2. Carousels.....	13
4.2.3. Μονάδα κατακόρυφης ανύψωσης (VLMs- Vertical Lift Modules).....	16
4.2.4. Συστήματα Mini-load με Stacker Cranes .....	19
4.3. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα .....	20
4.3.1. Αύξηση Ταχύτητας.....	21
4.3.2. Μείωση κόστους .....	21
4.3.3. Αύξηση χώρου .....	22
5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΣΤΗΚΕ.....	23
5.1. Παραγωγική περίοδος.....	25
5.1.1. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε .....	25
5.1.2. Ανάπτυξη λογισμικού.....	31
5.2. Θέση σε λειτουργία - Commissioning .....	34
6. Η ΑΠΟΘΗΚΗ.....	37
6.1. Δομή της αποθήκης .....	37
6.1.1. Στήλες ως προς τον άξονα Χ.....	38
6.1.2. Θέσεις ως προς τον άξονα Υ.....	40

6.1.3.	Προσδιορισμός συγκεκριμένης θέσης .....	42
6.2.	Περιοχή φόρτωσης εκφόρτωσης.....	42
7.	Ο ΓΕΡΑΝΟΣ – STACKER CRANE.....	44
7.1.	Δομή της μηχανής.....	45
7.1.1.	Σταθερό και κινητό τμήμα .....	45
7.1.2.	Κινητήρες .....	48
7.1.3.	Αισθητήρια και εξαρτήματα του κινούμενου μέρους του SC.....	50
7.2.	Η αποστολή - The Mission .....	54
7.2.1.	Μήνυμα 2012 .....	54
7.2.2.	Φόρτωση από θέση .....	57
7.2.3.	Εκφόρτωση σε θέση .....	60
7.2.4.	Μήνυμα 2013 .....	62
7.3.	Λειτουργίες Μηχανής .....	66
7.3.1.	Λειτουργία αυτό εκμάθησης (Self-Learning mode).....	66
7.3.2.	Αυτόματη και χειροκίνητη λειτουργία. Auto / Manual Mode.....	72
7.3.3.	Back up mode .....	74
8.	ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .....	76
8.1.	Κεντρικό μενού.....	76
8.1.1.	Μενού αυτόματης εκμάθησης .....	77
8.1.2.	Πληροφορίες για τους άξονες .....	80
8.1.3.	Πληροφορίες Συστήματος.....	85
8.1.4.	Χειροκίνητες εντολές.....	85
8.2.	Η οθόνη.....	87
9.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	88
10.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	90
10.1.	Ελληνική.....	90
10.2.	Ξενόγλωσση .....	90

## 1. Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής εργασίας θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε μια σειρά από ανθρώπους που συνέβαλαν στην πραγματοποίησή της. Αρχικά στους καθηγητές μου κύριο Ιωάννη Καλόμοιρο και κύριο Σταύρο Βολογιαννίδη για την υπομονή τους και την καλή συνεργασία. Έπειτα την εταιρία MILANI SPA που εργάζομαι μέχρι και σήμερα στην Ιταλία, που μου έδωσε τα ερεθίσματα ώστε να εμβαθύνω στον συγκεκριμένο κλάδο. Επίσης, τον συνάδελφο μου GianLuca Bernardo που με καθοδηγούσε και με εκπαίδευε καθ' όλη την εκπλήρωση του έργου διάρκειας έξι μηνών στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Τέλος θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον φίλο μου Ali Civlez, για την συνεχή βοήθεια και στήριξη του όλο αυτό το διάστημα.

Ζαχίλα Παρασκευή  
Σέρρες, Σεπτέμβριος 2020

*“The noblest pleasure is the joy of understanding.”*  
*Leonardo da Vinci*

## 2. Περίληψη

### 2.1. Περίληψη

Τα αυτόματα ρομποτικά συστήματα χειρισμού εφαρμόζονται όλο και περισσότερο στα κέντρα διανομής. Τέτοιου είδους συστήματα απαιτούν λίγο χώρο, είναι ικανά να δουλεύουν 24/7. Αυτό τα καθιστά ιδιαίτερα κατάλληλα για επιχειρήσεις ηλεκτρονικού εμπορίου αλλά και επιχειρήσεις με ογκώδη ή βαριά αγαθά . Αυτή η εργασία αναλύει τον προγραμματισμό και των έλεγχου λειτουργιών από ένα αυτόματο σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων αποθήκης μέσω ενός γερανού που κινείται σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον εργασίας, κινείται ως προς έξι συνολικά άξονες κατεύθυνσης και έχει την δυνατότητα μεταφέρει αγαθά από και προς την αποθήκη.

Στόχος μας είναι να προσδιορίσουμε τη μεθοδολογία που υιοθετήθηκε για την μοντελοποίηση και την ανάλυση του προβλήματος ξεκινώντας από την περιγραφή διαφόρων τύπου τέτοιων συστημάτων, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους, τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε, τα εργαλεία ανάπτυξης λογισμικού και έπειτα τον προγραμματισμό ολόκληρου του συστήματος.

Είναι πολύ σημαντικό όλη η λογική σχεδιασμού και ελέγχου αποθήκης, όπως μέθοδοι σχεδιασμού διάταξης, αποθήκευσης και επιλογής συστημάτων παραλαβής παραγγελιών, υποδοχή αποθήκευσης, παρτίδα παραγγελιών, δρομολόγηση επιλογών και ανάθεση επιλογής σε παραγγελία θα πρέπει να γίνονται απόλυτα κατανοητά και να λαμβάνονται υπ' όψει κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης λογισμικού για την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος.

Είναι πολύ σημαντικό να γίνει αντιληπτή αξία και κατά πόσο μπορεί η αποθήκευση να οριστεί ως μια προγραμματισμένη διαδικασία για τη γεφύρωση της απόστασης και του χρόνου μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης, με στόχο την επίτευξη της βελτιστοποίησης των logistics μέσω της αυτόματης λειτουργίας καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

## 2.2. Summary

Automated robotic control systems are increasingly being implemented in distribution centers. Such systems require little space, they can work 24/7. This makes them particularly suitable for e-commerce businesses as well as businesses with bulky or heavy goods. This work analyzes the scheduling and control of operations from an automated warehouse inventory management system by a stacker crane that moves in a specific work environment, moves to directions of in total six axes and has the ability to transfer goods in and out from the warehouse.

Our goal is to identify the methodology adopted for modeling and analyzing the problem starting from the description of different types of such systems, their advantages and disadvantages, the equipment used, the software development tools used and then the programming of the whole system.

It is very important that all the logic of warehouse design and control, such as methods of layout design, storage and selection of order delivery systems, storage slot, batch of orders, routing of options and assignment of option to order should be fully understood and taken into account during the software development for the efficient operation of the system.

It is very important to understand the value and whether storage can be defined as a planned process to bridge the distance and time between production and consumption, in order to achieve the optimization of logistics through automatic operation throughout time.

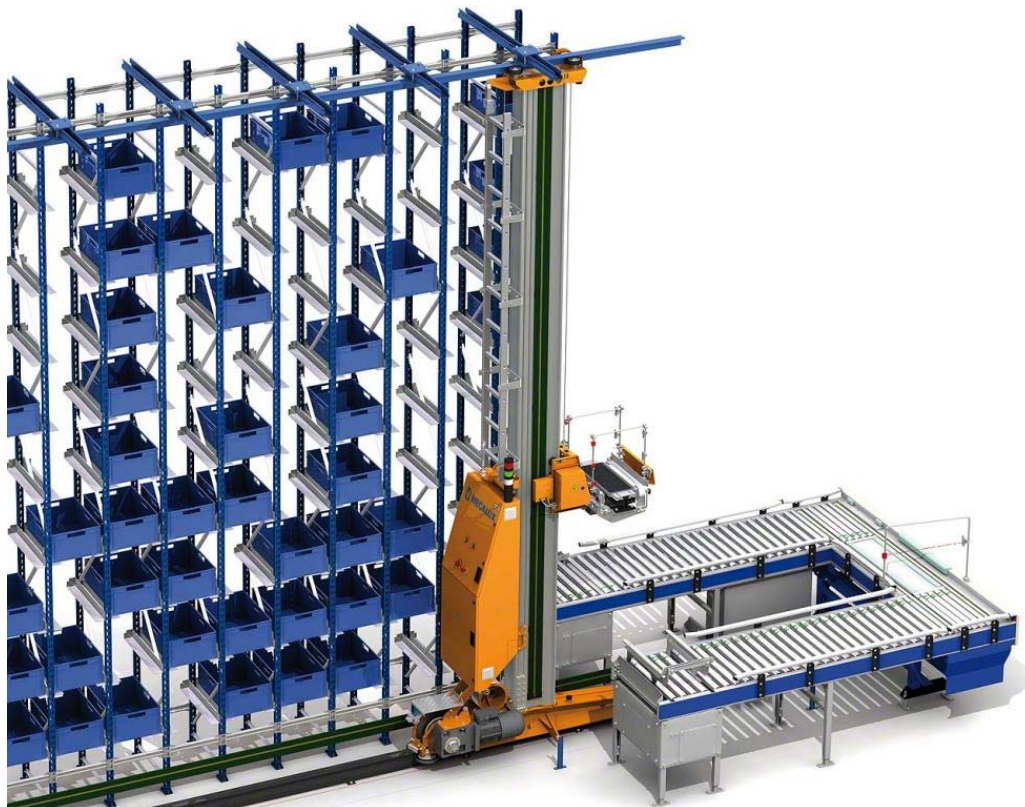
### 3. Μια Αυτόματη Αποθήκη

#### 3.1. Γενική λειτουργία

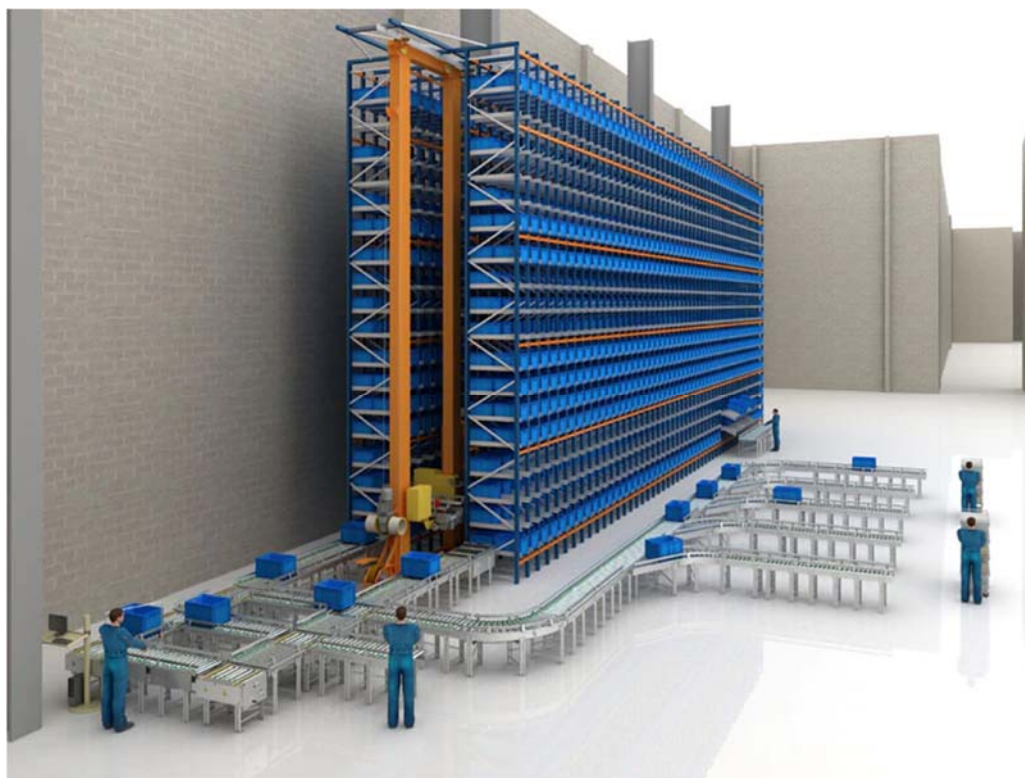
Στην παρούσα εργασία περιγράφεται ένα αυτοματοποιημένο σύστημα διαχείρισης αποθήκης. Ένα τέτοιου είδους σύστημα βοηθά τις εργασίες αποθήκευσης να ενσωματώσουν την τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence, AI) και τη ρομποτική στις καθημερινές τους διαδικασίες.

Μια αυτοματοποιημένη αποθήκη χρησιμοποιεί μερικά βασικά κομμάτια τεχνολογίας για να κινηθεί, για παράδειγμα, ένα αυτόματο σύστημα αποθήκευσης και ανάκτησης (ASRS) σε συνδυασμό με ένα σύστημα διαχείρισης αποθήκης (WMS).

Πιο συγκεκριμένα, πρωταγωνιστικό ρόλο έχει το ρομπότ που χρησιμοποιήθηκε και προγραμματίστηκε με τέτοιο τρόπο που εκτελεί όλες τις απαραίτητες κινήσεις ώστε να μεταφέρονται τα αγαθά από την παραγωγή προς την αποθήκευση τους και το αντίθετο. Ωστόσο το ρομπότ για πετύχει την βέλτιστη λειτουργία πρέπει το περιβάλλον εργασίας του να είναι σχεδιασμένο με μεγάλη ακρίβεια. Το περιβάλλον εργασίας λοιπόν είναι ο χώρος αποθήκευσης των αγαθών και τα μονοπάτια που έχει να διανύσει το ρομπότ ώστε να είναι ικανό να φτάνει με απόλυτη ακρίβεια όλες τις θέσεις αποθήκευσης. Μέσω του παρακάτω σχήματος γίνεται πιο εύκολα κατανοητό το είδος του ρομπότ που περιγράφουμε το οποίο είναι γνωστό με το όνομα *stacker crane* (Εικόνα 2.1) καθώς και την αρχιτεκτονική δομή της αποθήκης και των διαδρόμων κίνησης (Εικόνα 2.2).



Εικόνα 2.1 - Stacker Crane ή γερανός ανύψωσης



Εικόνα 2.2 - Δομή αποθήκης και διάδρομοι μεταφοράς



Σημαντικότερα, ένα σύστημα αυτόματης διαχείρισης επιχειρεί να μειώσει τις χειρωνακτικές εργασίες που επιβραδύνουν την κίνηση των αγαθών. Όταν ένα προϊόν πρέπει να κάνει περισσότερες στάσεις καθώς ταξιδεύει μέσω μιας αποθήκης, αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης προβλήματος ή σφάλματος στην πορεία. Πολύτιμοι πόροι μπορούν να εξοικονομηθούν μειώνοντας τις καταστροφές των προϊόντων και μειώνοντας το κόστος που σχετίζεται με τη μεταφορά προϊόντων μέσα στην αποθήκη.

Ένα τέτοιο σύστημα είναι πολύ σημαντικό γιατί σήμερα περισσότερο από ποτέ με σύμμαχο τη διαρκή εξέλιξη της τεχνολογίας, οι εταιρίες με σύγχρονο σκεπτικό και με βλέψεις να παραμείνουν ανταγωνιστικές στο διεθνές στερέωμα, θα πρέπει μεταξύ άλλων να βελτιστοποιήσουν τη λειτουργία της αποθήκης τους και πιθανώς να επεκτείνουν και τη χωρητικότητά της. Η εισαγωγή των έξυπνων intralogistics και της αυτοματοποίησης της λειτουργίας ανάκτησης του υλικού βελτιστοποιεί τις διαχειριστικές εργασίες στις αποθήκες και στα κέντρα διανομής. Η αύξηση της ροής εκτέλεσης των εργασιών, η περίσσια ευελιξία στη διαχείρισή του υλικού, η δυναμική ενημέρωση των αποθεμάτων και η ιχνηλασιμότητα σε όλα τα στάδια της εκτέλεσης των εμπλεκόμενων διεργασιών, χαρακτηρίζονται ως βασικά συστατικά ενός σύγχρονου και αποδοτικού συστήματος διαχείρισης αποθήκης.

Η μελέτη τέτοιου είδους συστημάτων κρίνεται απαραίτητη σε ανθρώπους που συνεισφέρουν και βρίσκονται αντιμέτωποι με την ανάπτυξη της τεχνολογίας. Η ιδέα του μπορεί να εφαρμοστεί ακόμη και στην καθημερινή μας ζωή σκεπτόμενοι πως μπορούμε να εξοικονομήσουμε χώρο, χρόνο και κόστος για να πραγματοποιήσουμε ένα σύνολο αποφάσεων, κινήσεων και λειτουργιών. Μέσα από αυτή τη λογική διαδικασία ανακαλύπτουμε πολλές ατέλειες του συστήματος και εύκολα μπορούμε πλέον να πετύχουμε την βελτιστοποίηση.

### 3.2. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας είναι να παρέχει μια κατευθυντήρια γραμμή για την λειτουργία ενός αυτοματοποιημένου συστήματος διαχείρισης αγαθών μέσα στην αποθήκη και όχι τη συνολική διαχείριση των αγαθών από την παραγωγή στην φορτοεκφόρτωση. Το θέμα πλαισιώνεται από μια συγκεκριμένη περίπτωση μιας διαδικασίας παραλαβής των παραγγελιών σε μια αποθήκη στην Βόρεια Καρολίνα των Ηνωμένων πολιτειών της Αμερικής, αποθήκευσης μεγάλων ρολών υφάσματος διαφόρων μήκους και διαμέτρου όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 2.3).



Εικόνα 2.3 - Stacker Crane μεταφοράς ρολών

Είναι πολύ σημαντικό να γίνει αντιληπτή αξία και κατά πόσο μπορεί η αποθήκευση να οριστεί ως μια προγραμματισμένη διαδικασία για τη γεφύρωση της απόστασης και του χρόνου μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης, με στόχο την επίτευξη της βελτιστοποίησης των logistics. Τα πλεονεκτήματα για μια αυτοματοποίηση αποθήκης επιτυγχάνονται από το μειωμένο λειτουργικό κόστος, τα αυξημένα επίπεδα υπηρεσιών και τα λιγότερα σφάλματα που συμβάλλουν στην ικανότητα αντιμετώπισης της μελλοντικής ανάπτυξης των επιχειρήσεων.

## 4. Η κατάσταση της τέχνης – Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα περιγράψουμε τι έχει γίνει μέχρι σήμερα στον χώρο της έρευνας όσον αφορά τη διαχείριση ενός αυτοματοποιημένου συστήματος αποθήκευσης, από που ξεκίνησε και πως εξελίσσεται μέχρι σήμερα

### 4.1. Ιστορική εξέλιξη

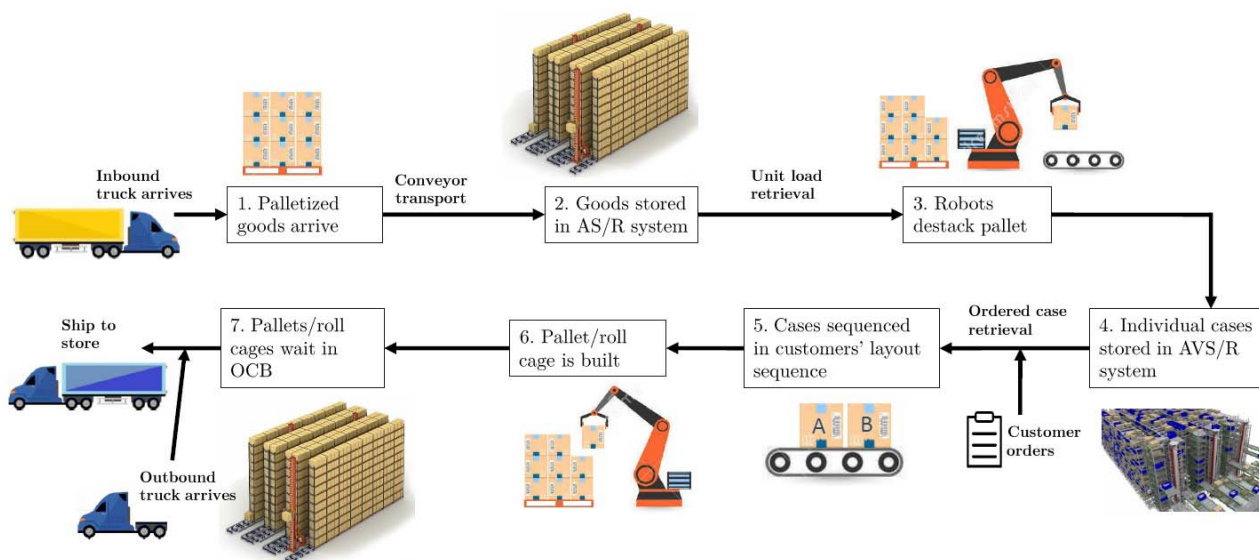
Η αυτοματοποίηση αποθήκης χρονολογείται από τη δεκαετία του 1960, όταν η πρώτη ψηλή μονάδα αποθήκης (ύψους 20-40 μ. ήταν αρκετά συνηθισμένο) εγκαταστάθηκε στη Γερμανία με «γερανούς» σε διαδρόμους που οδηγούν σε σιδηροτροχιές, κατασκευασμένο ως κτίριο σιλό (Industrieforum 2004). Αυτά είναι τα λεγόμενα συστήματα αυτοματοποιημένης αποθήκευσης και ανάκτησης AS / R (automated storage and retrieval) που ήταν σε θέση να αποθηκεύουν το φορτίο σε παλέτες (σύστημα miniload).

Θα μπορούσαν επίσης να εργαστούν σε συνδυασμό με σταθμούς χειροκίνητης επιλογής ως σύστημα επιλογής εξαρτημάτων, όπου το φορτίο της μονάδας ανάκτησης αποκαταστάθηκε μετά τη συλλογή μονάδων από αυτό. Από τότε, τα συστήματα AS / R έχουν γίνει πολύ δημοφιλή στην πράξη, και η έρευνα έχει αποκτήσει δυναμική με τα χαρτιά των Hausman (1976), και Bozer and White (1984). Εκατοντάδες έγγραφα έχουν δημοσιευθεί σε αυτά τα συστήματα. Μία επισκόπηση δίνεται από τους Roodbergen και Vis (2009).

Την τελευταία δεκαετία, ο αυτοματισμός αποθήκης αναπτύχθηκε γρήγορα. Μια μεγάλη ώθηση δόθηκε από το σύστημα AVS / R (autonomous vehicle-based or shuttle-based storage and retrieval). Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν τα ράφια με διαδρόμους και χρησιμοποιούν αυτόνομα οχήματα που μοιάζουν με «γερανάκια» (Stacker Cranes) που λειτουργούν σε κάθε επίπεδο κάθε διάδρομου. Η κάθετη μεταφορά γίνεται από τα SCs και λειτουργούν ως ανελκυστήρες.

Μια άλλη σημαντική εξέλιξη έχει αυτοματοποιήσει τεχνολογίες στοίβαξης και απομάκρυνσης των παλετών, ιδίως με παλετοποίηση ανάμεικτων περιπτώσεων, μια τεχνολογία που αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 2000. Μια νέα γενιά αυτοματοποιημένων οχημάτων με καθοδήγηση (AGV - automated guided vehicles), υποστηρίχθηκε πρόσφατα η διαδικασία επιλογής παραγγελιών. Αυτά τα συστήματα θα οδηγήσουν σταδιακά σε αυτοματοποιημένες διαδικασίες συλλογής. Πρωτοπόρα πολλαπλή τεχνολογία ήταν αυτή του Witron, που έχει οδηγήσει την εμφάνιση πλήρως αυτοματοποιημένων αποθηκών, ιδιαίτερα στη λιανική βιομηχανία βασισμένη σε εταιρίες τροφίμων. Μόνο στη Δυτική Ευρώπη λειτουργούν περίπου 40 πλήρως αυτοματοποιημένες αποθήκες και πολλές ακόμη

βρίσκονται σε εξέλιξη. Αν και αυτές οι αποθήκες είναι μεγάλες, είναι πολύ μικρότερες και δήθεν οικονομικότερες από τις δικές τους συμβατικές και χειροκίνητα αντίστοιχα. Η εικόνα 3.1 δείχνει ένα διάγραμμα ροής μιας τέτοιας αποθήκης με συνηθισμένα συστήματα αποθήκευσης και χειρισμού.



Εικόνα 4.1 – Διάγραμμα ροής μιας αυτόματης αποθήκης

Σε μια τέτοια αυτοματοποιημένη αποθήκη λιανικής πώλησης, οι εκάστοτε προμηθευτές εκφορτώνουν με τα δικά τους φορτηγά και αγαθά σε παλέτες ενιαίας μονάδας αποθήκευσης σε ένα μεταφορικό μέσο ελέγχου (βήμα 1). Οι παλέτες αποθηκεύονται στη συνέχεια σε ένα σύστημα AS / R (2). Όταν ζητείται ένα συγκεκριμένο προϊόν, η παλέτα είναι εκτός λειτουργίας και αποσυνδέεται αυτόματα (3). Στη συνέχεια, οι μεμονωμένες περιπτώσεις τοποθετούνται σε δίσκους (trays) που διευκολύνουν τον χειρισμό και αποθηκεύονται σε σύστημα miniload AS / R ή σε σύστημα AVS / R (4). Όταν η παραγγελία αναλαμβάνεται, οι περιπτώσεις ανακαλούνται και αναλύονται (5), έπειτα κατασκευάζονται παλετοποιητές μικτών θηκών και μεγεθών όπου με μια ακολουθία συγκεκριμένων κινήσεων επιτρέπει τη γρήγορη αποθήκευση στο ράφι (6). Αυτά τα αγαθά παραμένουν στα ράφια και σε μια προσωρινή μνήμη OCB (order consolidation buffer), συνήθως σε κάποιο σύστημα AS / R (7), μέχρι να φτάσει το φορτηγό φορτοεκφόρτωσης και τα αγαθά να παραδοθούν στον εκάστοτε πελάτη.

## 4.2. Είδη AS/RS

Σε αυτό το τμήμα αρχίζουμε με μια γενική περιγραφή της αρχής λειτουργίας των AS / RS και τους αντίστοιχους περιορισμούς. Στις ακόλουθες υποκατηγορίες περιγράφονται με λεπτομέρεια τρία διαφορετικά AS / RS, δηλαδή τα carousel, τα VLM (Vertical Lift Modules) και τα συστήματα mini-load. Όλα τα τμήματα αρχίζουν με μια πιο συγκεκριμένη περιγραφή

της αρχής λειτουργίας για κάθε σύστημα και στη συνέχεια περιγράφονται αντίστοιχα τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Το τμήμα στοχεύει να παρέχει στον αναγνώστη μια βασική κατανόηση των διαθέσιμων AS / RS, όπου συγκεκριμένα συστήματα από διαφορετικούς προμηθευτές είναι διαθέσιμα στην έρευνα αγοράς.

#### 4.2.1. Γενική λειτουργία AS/RS

Τα AS / RS είναι μερικώς αυτοματοποιημένα συστήματα παραλαβής των παραγγελιών, όπου η κίνηση των εμπορευμάτων είναι αυτοματοποιημένη, αλλά η εξαγωγή γίνεται ακόμα χειροκίνητα. Στα περισσότερα συστήματα, μια αυτοματοποιημένη συσκευή S / R ανακτά τα φορτία μονάδας που είναι γεμάτα με αντικείμενα από την περιοχή αποθήκευσης έως τους σταθμούς συλλογής, όπου οι συλλέκτες εξαγάγουν την απαιτούμενη ποσότητα κάθε στοιχείου. Στη συνέχεια, τα φορτία της μονάδας μεταφέρονται πίσω στην περιοχή αποθήκευσης πριν από την ανάκτηση του επόμενου φορτίου, γεγονός που συχνά οδηγεί σε χρόνους διακοπής λειτουργίας μεταξύ δύο επιλογών. Ωστόσο, σε σύγκριση με τα μη αυτοματοποιημένα συστήματα παραλαβής παραγγελιών, τα λειτουργικά κόστη μπορούν να μειωθούν λόγω της μεγαλύτερης χρήσης του χώρου και των μειωμένων ωρών εργασίας. Δεδομένου ότι ο συλλέκτης δεν χρειάζεται να ανακτήσει τα αντικείμενα, ο χρόνος επεξεργασίας μπορεί να μειωθεί και η εργονομία του συλλέκτη να βελτιωθεί (Arnold, 2008).

Το Ινστιτούτο Διαχείρισης Υλικών της Αμερικής (MHIA) διακρίνει δύο μεγάλες ομάδες AS / RS. Η ομάδα 1 περιλαμβάνει οριζόντια carousel, κάθετα carousel και VLMs. Τα συστήματα της ομάδας 1 μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα ή να ομαδοποιηθούν σε εφαρμογές μικρού έως μεσαίου μεγέθους. Κάθε υποσύστημα έχει συνήθως ένα ενιαίο άνοιγμα συλλογής και τα στοιχεία δεν μπορούν να μεταφερθούν μεταξύ των υποσυστημάτων. Προκειμένου να μειωθούν οι χρόνοι μετάβασης μεταξύ δύο επιλογών, είναι συνηθισμένο ότι ένας συλλέκτης λειτουργεί μερικά υποσυστήματα (Arnold et al., 2008, Bartholdi και Hackman, 2014). Με τη σειρά τους, τα συστήματα της ομάδας 2 είναι δομημένα ως μία μεγάλη οντότητα με διάφορους σταθμούς συλλογής. Η ομάδα 2 περιλαμβάνει τα συστήματα Mini-load, Stacker Cranes, shuttles και AGV (Automated Guided vehicles), τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως σε μεγαλύτερες εφαρμογές. Δεδομένου ότι τα συστήματα αποτελούνται από μια μεγάλη οντότητα, είναι κοινό να χρησιμοποιούνται ρυθμιστικά σε κάθε σταθμό συλλογής προκειμένου να μειωθεί ο χρόνος μετάβασης μεταξύ δύο επιλογών (Bartholdi και Hackman, 2014).

Για τα συστήματα της ομάδας 1, η αποδοτικότητα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αποθήκευση και είναι πολύ σημαντικό να εργάζονται μεταξύ διαφορετικών υποσυστημάτων, προκειμένου να αποφεύγεται συμφόρηση και να προστατεύονται οι λειτουργίες σε

περίπτωση βλάβης υποσυστήματος. Μερικές φορές και όχι σπάνια τα AS / RS απαιτούν αναπλήρωση. Αυτό μπορεί να γίνει πρόβλημα για τα AS / RS με ένα μόνο σημείο εισόδου και εξόδου (I / O), για τα carousel και για μερικά Mini-Loads. Σε αντίθεση με τους σταθμούς συλλογής, ένα σημείο I / O δεν χρησιμοποιείται μόνο για την παραλαβή των παραγγελιών αλλά και για την αναπλήρωση του συστήματος. Παρόλο που οι μικρές διακυμάνσεις της ζήτησης μπορούν να αντισταθμιστούν σε περιορισμένο βαθμό, αλλάζοντας μεταξύ της δραστηριότητας παραλαβής και αναπλήρωσης παραγγελιών (Arnold, 2008), δεν είναι δυνατό να επιταχυνθεί η παραλαβή των παραγγελιών με την ανάθεση πρόσθετων χειριστών. Ως εκ τούτου, τα συστήματα αυτά είναι επιρρεπείς σε εμπόδια (Bartholdi and Hackman, 2014).

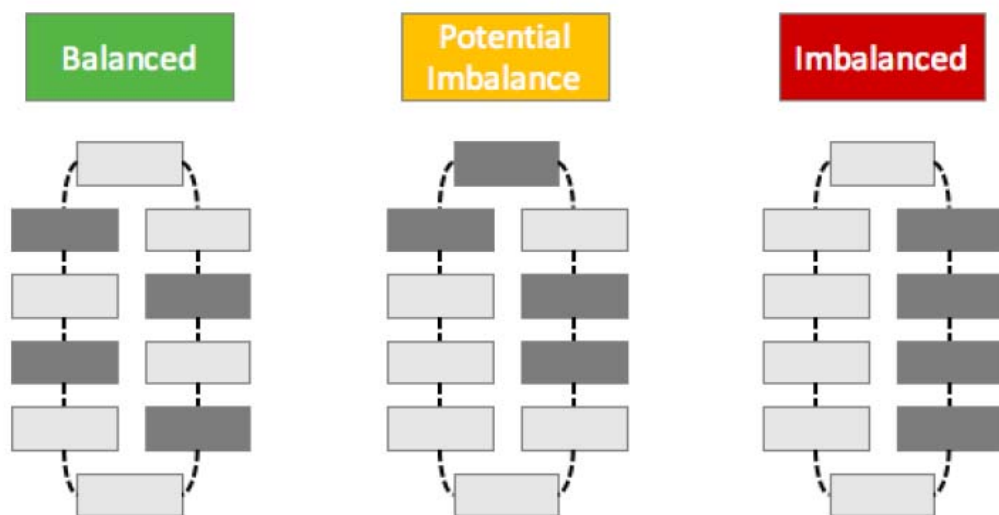
#### 4.2.2. Carousels

Ένα Carousel μπορεί να περιγραφεί ως ένα κλειστό σύστημα με ένα περιστρεφόμενο κύκλωμα ραφιών και ένα μόνο σημείο I / O. Για την επιλογή των εξαρτημάτων, το Carousel περιστρέφεται μέχρι να φτάσει το απαιτούμενο ράφι στο σημείο εισόδου / εξόδου (Bartholdi and Hackman, 2014). Για να μειωθεί η απόσταση διαδρομής, οι περιστρεφόμενοι τροχοί μπορούν να περιστρέφονται και προς τις δύο κατευθύνσεις (Vickson, 1996). Τα Carousel παρέχουν τα εμπορεύματα διαδοχικά, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να πάρει το ίδιο χρονικό διάστημα ώστε το σύστημα να φέρει το κομμάτι στον χειριστή, όπως θα χρειαζόταν για να το ανακτήσει με το χέρι (Buley and Knott, 1986). Για να ξεπεραστεί αυτός ο περιορισμός, είναι συνηθισμένο να οργανώνονται δύο έως τρία Carousel σε ομάδες, που ονομάζονται λοβοί (rods). Αυτό επιτρέπει σε έναν χειριστή να αποκτά πρόσβαση σε πολλά Carousel από την ίδια τοποθεσία και μειώνει τους χρόνους αναμονής (Bartholdi and Hackman, 2014).

Τα Carousel μπορούν να εξοικονομήσουν πολύ μεγάλες εκτάσεις χώρου, καθώς ολόκληρος ο χώρος μέσα στο σύστημα χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και όχι για τη μεταφορά των εξαρτημάτων. Περαιτέρω, ένα σύστημα Carousel μπορεί να επιτύχει πολύ υψηλές παραγωγικές ικανότητες συλλογής για ορισμένα πρότυπα ζήτησης, όπου πολλά στοιχεία έχουν κοινή ζήτηση. Δεδομένου ότι τα Carousel μετακινούν ολόκληρα ράφια, είναι πιθανό να μπορούν να παραληφθούν πολλές γραμμές παραγγελίας χωρίς καμία διαφορά, καθώς περισσότερα από ένα αντικείμενα μπορούν να αποθηκευτούν στο ίδιο ράφι (Arnold, 2008). Τα ράφια είναι αρκετά ευέλικτα όσον αφορά τις διαστάσεις του προϊόντος, καθώς μπορούν εύκολα να χωριστούν σε μικρότερα αναλογικά διαμερίσματα (Vickson, 1996).

Τα Carousel είναι σε επιρρεπή σε ανισορροπίες βάρους. Εάν αποθηκεύονται βαριά εμπορεύματα και δεν λαμβάνεται υπόψη η κατανομή του βάρους, το σύστημα μπορεί να

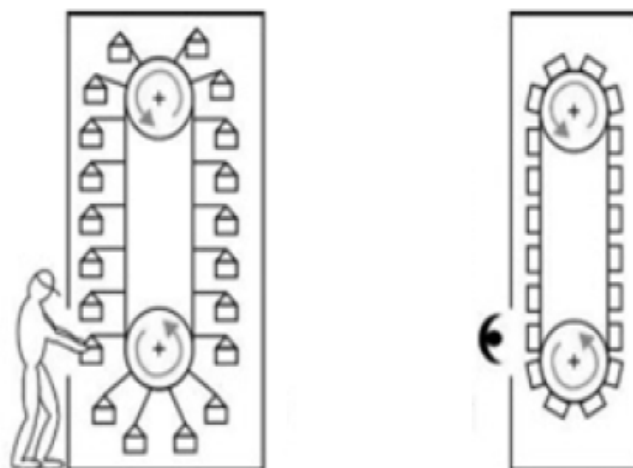
γίνει ασύμμετρο, όπως φαίνεται στην *Εικόνα 3.2*. Για να αποφευχθούν οι ανισορροπίες και να μειωθεί ο κίνδυνος ανατροπής, τα περισσότερα συστήματα παρέχουν συστάσεις φόρτου, περιορίζουν τους φορείς εκμετάλλευσης ή απαιτούν ανακατανομές.



*Εικόνα 4.2 - Ανισορροπίες βάρους σε ένα καρουσέλ, που κυμαίνονται από ισορροπημένες σε εξαιρετικά ανισορροπίες (βάσει του Industore, 2016).*

Ωστόσο, υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί που δεν μπορούν να ξεπεραστούν. Εφόσον οι δίσκοι Carousel χρησιμοποιούν ένα μόνο σημείο εισόδου / εξόδου, οι επιδόσεις τους είναι χαμηλές με την αύξηση της ζήτησης. Ένας άλλος περιορισμός είναι η δυνατότητα κλιμάκωσης. Δεν είναι δυνατόν να αυξηθεί ο αριθμός των ράβδων ή να προστεθεί ένα άλλο σημείο εισόδου / εξόδου σε ένα σύστημα Carousel, ώστε να αυξηθεί το μέγεθος ενός ολόκληρου νέου Carousel. Συγκεκριμένα, το σύστημα Carousel πρέπει να εφαρμοστεί σε περιβάλλοντα με συνεχή ζήτηση και χαμηλές παραλλαγές, χαμηλό έως μεσαίο βάρος αγαθών και υψηλό αριθμό SKUs.

Ανάλογα με την κατεύθυνση της περιστροφής, μπορούν να διακριθούν δύο τύποι Carousel. Κάθετα Carousel, γνωστά και ως paternosters, όπου τα ράφια περιστρέφονται κάθετα και οριζόντια καρουσέλ που περιστρέφονται σε ένα επίπεδο κύκλωμα. Οι δύο διαφορετικές αρχές απεικονίζονται στην *εικόνα 3.3*.

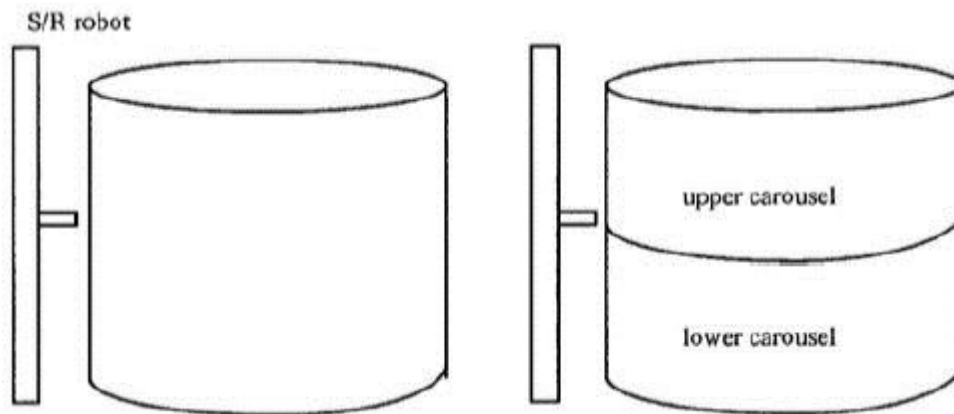


Εικόνα 4.3 Σύγκριση ενός κατακόρυφου και ενός οριζόντιου Carousel (Baudin, 2004).

Τα κάθετα Carousel μπορούν να κάνουν καλή χρήση του ύψους σε μια αποθήκη. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα έναντι του οριζόντιου Carousel είναι ότι όλα τα αντικείμενα παρουσιάζονται σε εργονομικό ύψος συλλογής και επομένως ο εργονομικός χώρος εργασίας είναι ανώτερος σε σύγκριση με ένα οριζόντιο Carousel (Buley and Knott, 1986). Οι κατακόρυφες Carousel χρησιμοποιούνται συνήθως για την αποθήκευση μικρών τμημάτων, επειδή τα ράφια μπορούν να προσαρμοστούν με μικρά διαμερίσματα.

Τα οριζόντια Carousel είναι συνήθως περιορισμένα σε ύψος, καθώς ο χειριστής πρέπει να μπορεί να φτάσει σε όλες τις θέσεις αποθήκευσης μέσα σε ένα ράφι. Σε αντίθεση με τα κάθετα Carousel, τα αντικείμενα δεν παρουσιάζονται πάντα σε εργονομικό ύψος συλλογής, καθιστώντας το οριζόντιο Carousel λιγότερο εργονομικό. Τα οριζόντια Carousel μπορούν να αποτελούνται είτε από ένα ενιαίο σώμα Carousel είτε από πολλαπλά υπο-Carousel, με το απλούστερο να είναι ένα διπλό σύστημα Carousel. Η διαφορά απεικονίζεται στην *εικόνα 3.4*. Σε γενικές γραμμές, ένα οριζόντιο Carousel με πολλαπλά υπο-Carousel μπορεί να επιτύχει υψηλότερη απόδοση από το κανονικό Carousel, λόγω του επιπλέον μηχανισμού κίνησης, ο οποίος επιτρέπει ταχύτερη πρόσβαση στις θέσεις αποθήκευσης (Hwang, 1999).





Εικόνα 4.4 – Σύγκριση μονού και διπλού Carousel (Hwang, 1999).

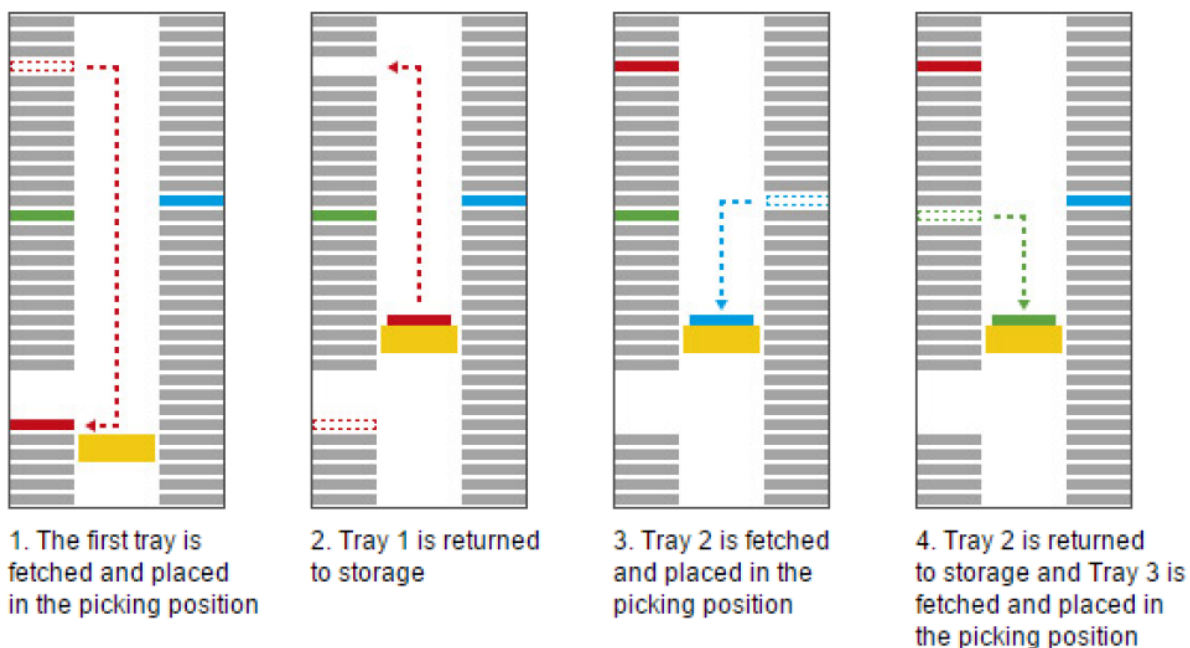
#### 4.2.3. Μονάδα κατακόρυφης ανύψωσης (VLMs- Vertical Lift Modules)

Ένα VLM μπορεί να θεωρηθεί ως εξέλιξη του κατακόρυφου Carousel όπου τα προϊόντα στοιβάζονται κάθετα σε δίσκους (Dukic, 2013). Όπως φαίνεται στην *εικόνα 3.5*, ένα VLM αποτελείται από τρεις στήλες από τις οποίες το μπροστινό και το πίσω μέρος χρησιμοποιούνται για αποθήκευση και το ένα στη μέση λειτουργεί ως ένας άξονας ανελκυστήρα μέσω του οποίου κινούνται οι δίσκοι.



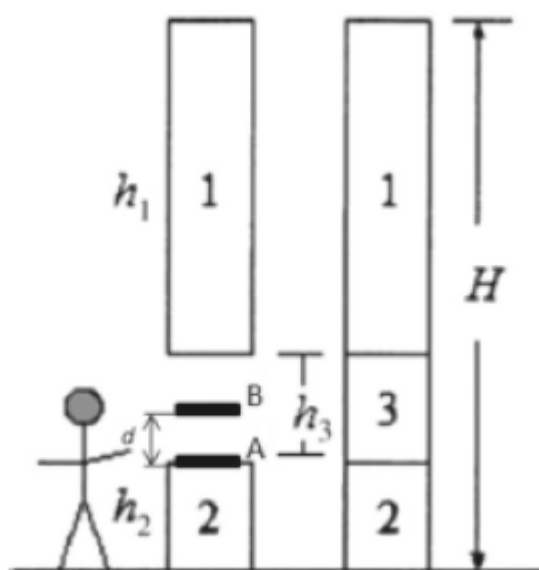
Εικόνα 4.5 - Μονάδα κατακόρυφης ανύψωσης με δύο σειρές δίσκων αποθήκευσης, έναν άξονα στη μέση και μια περιοχή συλλογής μπροστά (Εικόνα της κάθετης μονάδας ανύψωσης, 2016).

Τα αντικείμενα μετακινούνται μέσω μιας συσκευής S / R που φέρνει τους δίσκους προς και από τη θέση τους στη στήλη, όπως απεικονίζεται στην *εικόνα 3.6* . Η συσκευή S / R συλλέγει το δίσκο και το φέρνει κάτω από τη μεσαία στήλη και μετά το αφήνει να ταξιδέψει οριζόντια κάτω από την μπροστινή στήλη για να φτάσει στο picker. Όταν ο χειριστής έχει ολοκληρώσει τη ρουτίνα αυτή, έχει δηλαδή εξαχθεί ή συμπληρωθεί, ο δίσκος επιστρέφει στη θέση αποθήκευσης του.



Εικόνα 4.6 - Η αρχή λειτουργίας της μονάδας κατακόρυφης ανύψωσης (Αυτό είναι το πώς λειτουργεί ο ανελκυστήρας Compact, 2016).

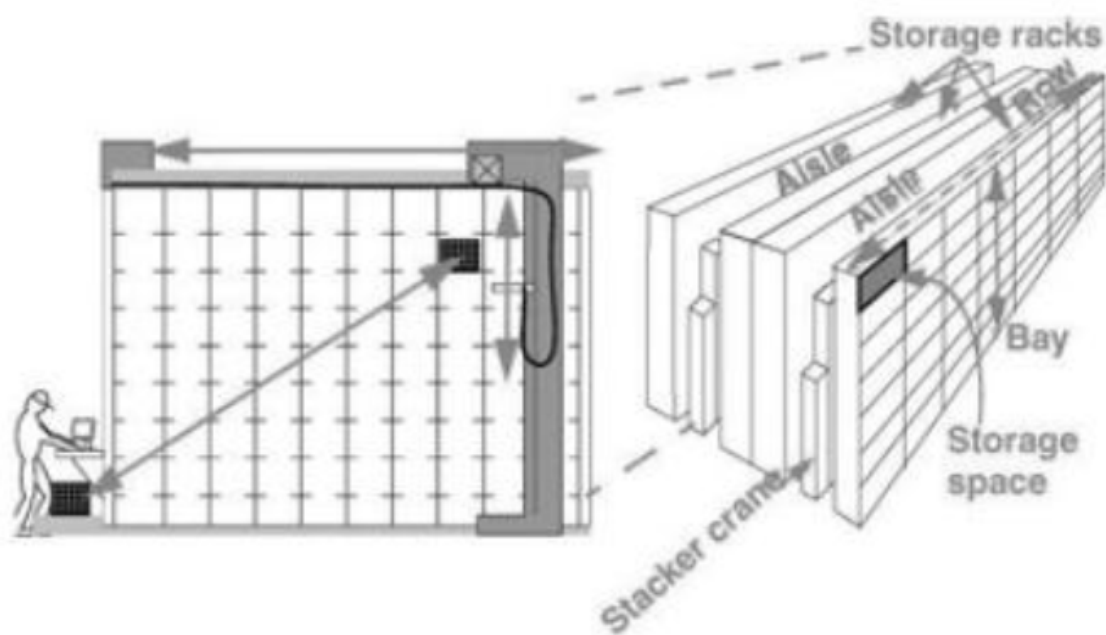
Τα VLM παρουσιάζουν όλα τα προϊόντα σε εργονομικό ύψος συλλογής. Για να αυξηθεί η παραγωγικότητα ενός μόνο εργαλείου επιλογής, είναι συνηθισμένο ότι ένα τέτοιο εργαλείο λειτουργεί με μερικά υποσυστήματα ταυτόχρονα. Ο χρόνος αναμονής μπορεί να μειωθεί περαιτέρω χρησιμοποιώντας ένα μηχανισμό διπλού δίσκου που επιτρέπει δύο θέσεις πρόσληψης σε διαφορετικά επίπεδα. Έτσι ο συλλέκτης μπορεί να επιλέξει από έναν από τους δίσκους ενώ η συσκευή S / R αλλάζει την άλλη. Αυτό απεικονίζεται στην *εικόνα 3.7*.



Εικόνα 4.7 - Μονάδα κάθετης ανύψωσης με διπλούς δίσκους. Ο χειριστής μπορεί να επιλέξει από το δίσκο A, ενώ ο δίσκος B αντικαθίσταται και αντίστροφα (Dukic et al., 2013).

#### 4.2.4. Συστήματα Mini-load με Stacker Cranes

Ο όρος "Σύστημα Mini-load" περιγράφει ένα AS / RS που αποτελείται από πολλά παράλληλα τοποθετημένα ράφια αποθήκευσης με στενούς διαδρόμους μεταξύ των οποίων λειτουργούν μία έως περισσότερες συσκευές S / R , Stacker Cranes (Bartholdi and Hackman, 2014, Lerher, 2011). Τα αντικείμενα αποθηκεύονται σε δίσκους (trays) ή από μικρά πλαστικά κουτιά. Στα συστήματα αυτά τα ράφια μπορούν τυπικά να είναι πολύ ψηλά και οι διάδρομοι να είναι εξαιρετικά στενοί. Η συσκευή S / R μετακινείται σε ράγες που είναι τοποθετημένες τόσο στην οροφή όσο και στο έδαφος. Μπορεί να κινηθεί οριζόντια και κάθετα για να μεταφέρει αντικείμενα μεταξύ των θέσεων αποθήκευσης και του σταθμού συλλογής (Arnold et al., 2008). Η συσσώρευση και η κίνηση ενός τέτοιου συστήματος απεικονίζεται στην εικόνα 3.8.



Εικόνα 4.8 – Λειτουργία και μετακίνηση συστήματος Mini-load (Baudin, 2004).

Ένα σύστημα Mini-load μπορεί να λειτουργήσει είτε σε απλούς, διπλούς ή πολλαπλούς κύκλους εντολών. Σε έναν κύκλο ενιαίας εντολής η συσκευή S / R εκτελεί είτε απομάκρυνση είτε ανάκτηση φορτίου μονάδας, πράγμα που σημαίνει ότι η συσκευή S / R ταξιδεύει πάντα στο σημείο εισόδου / εξόδου μετά από απομάκρυνση ή ανάκτηση. Διαφορετικά, σε έναν κύκλο διπλής εντολής η συσκευή S / R βγάζει ένα φορτίο μονάδας και στη συνέχεια ανακτά ένα άλλο πριν επιστρέψει στο σημείο εισόδου / εξόδου. Φυσικά, είναι πιο παραγωγικό να λειτουργούν κύκλοι διπλής διαχείρισης, αλλά εάν η ανάκτηση είναι επείγουσα, ίσως είναι σκόπιμο να εκτελεστούν μόνο οι κύκλοι ανάκτησης και να αναβάλλεται η απομάκρυνση.

Τέλος, με πολλαπλούς κύκλους εντολών χρησιμοποιούνται περισσότερα από ένα Stacker Crane και εντός ενός κύκλου μπορούν να ανακτηθούν ή να αποσυρθούν αρκετά φορτία. Επομένως, παρόλο που ένα σύστημα Mini-load έχει τεχνικά μόνο ένα σημείο εισόδου / εξόδου, υπάρχουν τρόποι αντιμετώπισης των σχετικών μειονεκτημάτων. Ένας τρόπος είναι να συμπεριληφθεί ένα buffer πριν από το σταθμό συλλογής, ώστε να εξασφαλιστεί υψηλή παραγωγικότητα συλλογής (Lerher, 2011).

Ο Lerher (2011) περιγράφει το σύστημα ως μη ευέλικτο και δύσκολο να προσαρμοστεί στις μελλοντικές αλλαγές της ζήτησης. Η ευελιξία περιορίζεται περαιτέρω λόγω των σταθερών μετρήσεων των δοχείων αποθήκευσης, οι οποίες δεν μπορούν να τροποποιηθούν εκ των υστέρω (Karlsson, 2016).

### 4.3. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

Οι αποθήκες έρχονται αντιμέτωπες με μια σειρά από δαπανηρά ζητήματα που μπορούν να τους κρατήσουν πίσω από την επίτευξη των πραγματικών τους στόχων. Ένα από τα μεγαλύτερα σημεία αντιμετώπισης των δαπανών είναι η ανάγκη βελτίωσης της παραγωγικότητας και της αποτελεσματικότητας με παράλληλη μείωση του κόστους. Αυτό μπορεί να φαίνεται απλό, αλλά η αύξηση της ταχύτητας και η μείωση του χρόνου που αφιερώνεται σε εργασίες μπορεί να είναι δύσκολη ή ακόμη και επικίνδυνη σε μια αποθήκη με μεγάλη ποικιλία αγαθών.

Οι εργαζόμενοι χρειάζονται ένα ασφαλές περιβάλλον για να εργαστούν, και αν τους επιβληθεί να γίνονται συνεχώς ταχύτεροι, τα πράγματα μπορούν να πάρουν μια επικίνδυνη στροφή. Η υγεία και η ασφάλεια των εργαζομένων είναι υψίστης σημασίας για αυτό και στόχος αυτών των συστημάτων είναι να επιβάλλεται η πλήρη ασφάλεια των εργαζομένων καθώς η αποθήκη είναι υπό λειτουργία και η προσδοκία τους να κινηθούν γρηγορότερα φορολογείται.

Η υιοθέτηση τεχνολογίας μιας αυτοματοποίησης αποθήκης μπορεί να λύσει αυτό το πρόβλημα με πολλούς τρόπους. Πρώτον, με την αυτοματοποίηση διαδικασιών συλλογής και μεταφοράς προϊόντων, οι ανθρώπινοι υπάλληλοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση προβλημάτων που τα ρομπότ δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν όπως ο σχεδιασμός και η διαχείριση. Η ρομποτική μπορεί να κλιμακωθεί προς τα πάνω και προς τα κάτω καθώς ο χρόνος εξελίσσεται. Εάν η λειτουργία της χρειάζεται να αυξήσει την ταχύτητα και την ακρίβεια για να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις των πελατών, η εξελιγμένη ρομποτική και ο αυτοματισμός μπορούν να χειριστούν τον πρόσθετο φόρτο εργασίας χωρίς να δημιουργήσουν έναν μη ασφαλή χώρο εργασίας.

Εάν χρειάζονται περισσότερα προϊόντα για να μετακινηθούν μακρύτερα και ταχύτερα, οι μεταφορικές μέθοδοι, όπως οι μεταφορείς, μπορούν να μεταφέρουν το προϊόν σε όλη την αποθήκη χωρίς τη συμμετοχή των εργαζομένων. Η αποδοτικότητα, η ακρίβεια και η βελτιστοποίηση μπορούν να επιταχυνθούν, ενώ οι εργαζόμενοι καταδιώκουν τους οδηγούς, διαχειρίζονται τον εξοπλισμό και σχεδιάζουν για το μέλλον.

Έτσι, τώρα που ξέρουμε τι είναι μια αυτοματοποιημένη αποθήκη και σε ποια προβλήματα μπορεί να βοηθήσει στην επίλυση, μπορούμε να εμβαθύνουμε σε μερικά σημαντικά πλεονεκτήματα.

#### 4.3.1. Αύξηση Ταχύτητας

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των αυτόματων αποθηκών: ταχύτητα. Ο ταχύτερος άνθρωπος με την καλύτερη μνήμη θα βρίσκεται πάντα πίσω από ένα αυτοματοποιημένο σύστημα που μπορεί να εντοπίσει τις θέσεις των αντικειμένων σε μια σειρά σε πραγματικό χρόνο. Όχι μόνο αυτό, τα αυτοματοποιημένα συστήματα αξιοποιούν τις βέλτιστες διαδρομές που ενισχύουν περαιτέρω την αποτελεσματικότητα της επιλογής των προϊόντων.

Ωστόσο, η αυτοματοποίηση της αποθήκης δεν επιταχύνει την μόνο την ανάκτηση προϊόντων. Επιταχύνει επίσης την εκπλήρωση της παραγγελίας. Εκτός από αυτό, μπορεί επίσης να επιταχύνει τις διαδικασίες διαχείρισης αποθεμάτων με τεχνολογία αυτοματοποίησης αποθήκης. Αντί να στέλνονται οι υπάλληλοι να εγγράφουν χειροκίνητα τα αντικείμενα, μπορεί να εφαρμοστεί μια τεχνολογία που μετράει αυτόματα τα αγαθά. Η διατήρηση του τακτικού ελέγχου απογραφής είναι ένα από τα πιο χρονοβόρα και χειροκίνητα καθήκοντα, αλλά ο αυτοματισμός το καθιστά εύκολο.

#### 4.3.2. Μείωση κόστους

Ένα άλλο πολύτιμο πλεονέκτημα της τεχνολογίας του αυτοματισμού αποθήκης είναι η μείωση του κόστους σε όλους τους τομείς. Είναι αλήθεια ότι η ενσωμάτωση των συστημάτων αυτοματισμού δεν είναι οικονομική, αλλά γρήγορα αρχίζουν να αποπληρώνουν το χρέος τους. Αν και το κόστος εκ των προτέρων για την υιοθέτηση και εφαρμογή συστημάτων αυτοματισμού δεν είναι οικονομικό, γίνεται η απόσβεση για αυτό μακροπρόθεσμα. Η πληρωμή του χειρωνακτικού εργατικού δυναμικού αποκρύπτει γρήγορα το κόστος χρήσης της τεχνολογίας αυτοματισμού. Στην πραγματικότητα, ένα πρόσφατο πείραμα που συγκρίνει τη χειρωνακτική εργασία με τον αυτοματισμό έχει δείξει ότι πάνω από δύο χρόνια η χειρωνακτική εργασία είχε κόστος 900.000 δολαρίων ενώ η αυτοματοποίηση ήταν σημαντικά χαμηλότερη στα \$ 540.000. Αυτό είναι το ROI για μια πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία!

Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τις μικρότερες επιχειρήσεις που πρέπει να κάνουν υπερωρίες κατά τις πολυάσχολες περιόδους διακοπών. Όταν πλησιάζουν οι μεγαλύτερες ημέρες παραγγελίας του έτους, η χρήση υπερωριών μπορεί να αυξήσει, καθώς οι εργαζόμενοι καταγράφουν επιπλέον ώρες για να βοηθήσουν να συμβαδίσει με την πολυάσχολη περίοδο. Ωστόσο, με την αυτοματοποίηση της αποθήκης, μπορούν να διατηρηθούν τα μηχανήματά σε λειτουργία για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς την επιβάρυνση επιπλέον κόστους. Μετά από όλα, τα μηχανήματα δεν χρειάζεται να ανησυχούν για άδειες διακοπών και σαββατοκύριακα.

### 4.3.3. Αύξηση χώρου

Τελευταίο αλλά όχι λιγότερο σημαντικό, φτάνουμε στη μεγιστοποίηση του χώρου. Αυτό είναι ένα όφελος που οι άνθρωποι δεν ταυτίζονται πάντα με τον αυτοματισμό της αποθήκης. Στην πραγματικότητα, ωστόσο, είναι ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα που παρέχει η αυτοματοποίηση. Ο χώρος είναι ένας πεπερασμένος πόρος, ειδικά στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης και διανομής που είναι γεμάτες με όλα τα είδη αγαθών. Τα προϊόντα δημιουργούν ένα συνεχές παιχνίδι Tetris που γίνεται πιο δύσκολο όσο μεγαλώνει.

Ευτυχώς, τα συστήματα αυτοματισμού αποθήκης βοηθούν στη μεγιστοποίηση του διαθέσιμου χώρου. Το πραγματικό ερώτημα είναι, πώς; Πρώτον, τα περισσότερα συστήματα αυτοματισμού αποθήκης διαθέτουν ρομπότ ή άλλα μηχανήματα που χειρίζονται την ανάκτηση και αποθήκευση προϊόντων. Αυτό σημαίνει πως οι εργαζόμενοι βρίσκονται σε συγκεκριμένους χώρους εργασίας, συνήθως στις υποδοχές των παλετών και μακριά από τον χώρο εργασίας των μηχανών που είναι αρκετά μικρότερος σε σχέση με των ανθρώπων και τα χειροκίνητα συστήματά τους. Τα ρομπότ μπορούν να ταξιδεύουν αποτελεσματικά σε λιγότερο ευρύχωρα περιβάλλοντα. Οι αυτοματοποιημένες αποθήκες επιτρέπουν στα ρομπότ να κάνουν όλες τις ανυψωτικές κινήσεις στα ράφια και μπορούν να αναπροσανατολιστούν ανάλογα με τις ανάγκες. Η εφαρμογή της ρομποτικής ελευθερώνει πολύτιμο εναέριο χώρο καθώς και στο δάπεδο, γεγονός που ελευθερώνει χώρο για ακόμη.

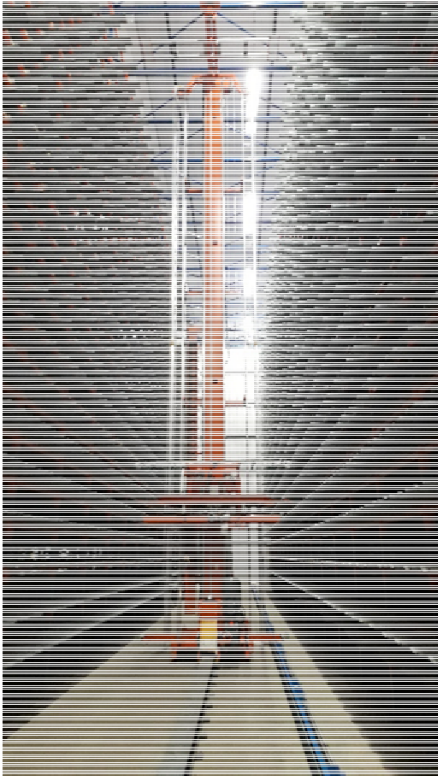
## 5. Μεθοδολογία που εφαρμόστηκε

Έχοντας μελετήσει τα συστήματα που χρησιμοποιούνται κατά κόρον σήμερα στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για να υλοποιηθεί το έργο.

Το έργο αυτό βασίζεται στην φιλοσοφία των συστημάτων Mini-load με Stacker Cranes με τη διαφορά πως ο γερανός είναι σχεδιασμένος στο τα φορτώνει, να εκφορτώνει να στοιβάζει αγαθά σε σχήμα κυλίνδρου ποικίλου μήκους όπως για παράδειγμα χαλιά, υφάσματα τυλιγμένα γύρω από έναν πυρήνα διαμέσου του οποίου γίνεται και η «βάφτιση» τους. Τα κυλινδρικά ρολά αυτά στοιβάζονται ανάλογα με το μέγεθος τους πάνω σε σχάρες αλουμινίου. Θα δούμε παρακάτω με ποιο τρόπο γίνεται η διαλογή αυτών.

Η ουσία αυτής της συσκευής της εφεύρεσης είναι η δυνατότητα ενός φορείου φορτίου προσαρμοσμένου να μετακινείται από τη συσκευή γερανού σε διαφορετικά σημεία και σε διαφορετικά επίπεδα εντός των χώρων παραλαβής, διανομής και αποθήκευσης της αποθήκης. Η συσκευή του γερανού είναι προσαρμοσμένη να μετακινείται προς 3 επίπεδα, οριζόντια, κάθετα και σε βάθος. Οριζόντια υπάρχει ο σταθερός ιστός όπου επιτρέπει το γερανό να μετακινείται σταθερά. Με την ίδια λογική υπάρχει και στο μέγιστο ύψος του γερανού ο οδηγός με αποτέλεσμα τη βέλτιστη σταθερότητα του κατά την κίνηση και κατά το σταμάτημα. Για την κάθετη κίνηση είναι ειδικά σχεδιασμένη μία ζώνη με δόντια που περιστρέφεται και ασφαλίζει κατά το σταμάτημα. Για το βάθος έχουμε δύο άξονες, δύο διότι ο σχεδιασμός είναι τέτοιος που επιτρέπει την φόρτωση δύο κυλινδρικών ρολών την ίδια στιγμή. Στην *εικόνα 4.1* φαίνεται κατά προσέγγιση ο χώρος και η δομή του χώρου λειτουργίας του γερανού και ο γερανός.





Εικόνα 5.1 – Δομή χώρου λειτουργίας και από την δεξιά και την αριστερή πλευρά.

Ο εν λόγω γερανός είναι προσαρμοσμένος να μετακινείται σε όλη την περιοχή των τμημάτων παραλαβής και παράδοσης των αγαθών της συγκεκριμένης αποθήκης. Τα αγαθά που αποθηκεύονται φαίνονται καλύτερα στην παρακάτω *εικόνα 4.2*.



Εικόνα 5.2 – Αποθήκη αγαθών πριν την κατασκευή της αυτόματης αποθήκης

Η παρούσα εργασία είναι μια πραγματική εφαρμογή. Μια τέτοιου είδους εφαρμογή για να ολοκληρωθεί χρειάζονται πολλές ομάδες εργασίας οι οποίες θα σχεδιάσουν και θα υλοποιήσουν το εκάστοτε κομμάτι. Αυτές οι ομάδες ενδεικτικά αφορούν το κομμάτι του ηλεκτρολογικού σχεδιασμού, του μηχανολογικού σχεδιασμού, της μελέτης των υλικών, αισθητηρίων και εξοπλισμού, τον υπολογισμό του κόστους και του χρόνου παράδοσης του έργου και γενικότερα τον φυσικό σχεδιασμό της μηχανής και της αποθήκης.

---

Αφού λοιπόν όλα τα παραπάνω ολοκληρωθούν το επόμενο βήμα είναι να κάνουμε την μηχανή να λειτουργήσει. Η φυσική λειτουργία της μηχανής εξαρτάται σε αυτό το σημείο μόνο από το λογισμικό που θα χτιστεί. Ο προγραμματιστής είναι σε θέση πλέον να αποφασίσει τον τρόπο και τον χρόνο που χρειάζεται ώστε τελικά η μηχανή να λειτουργήσει.

Ο χρόνος που χρειάστηκε να ολοκληρωθεί το συγκεκριμένο έργο είναι περίπου 4-6 μήνες όπου χωρίζεται σε δύο μέρη. Τους πρώτους μήνες κύριο μέλημα είναι η πλήρης κατανόηση της μηχανής και του διαθέσιμου εξοπλισμού μέχρι που ο προγραμματιστής να έχει την λογική ικανότητα να γνωρίζει τα προβλήματα που ίσως αντιμετωπίσει στο μέλλον. Είναι σημαντικό λοιπόν όλο το λογισμικό να μπορεί να αναπτυχθεί «τυφλά». Θα μπορούσε να ονομαστεί και ως περίοδος παραγωγής αφού μέσα σε αυτό το διάστημα σχεδόν ολοκληρώνεται.

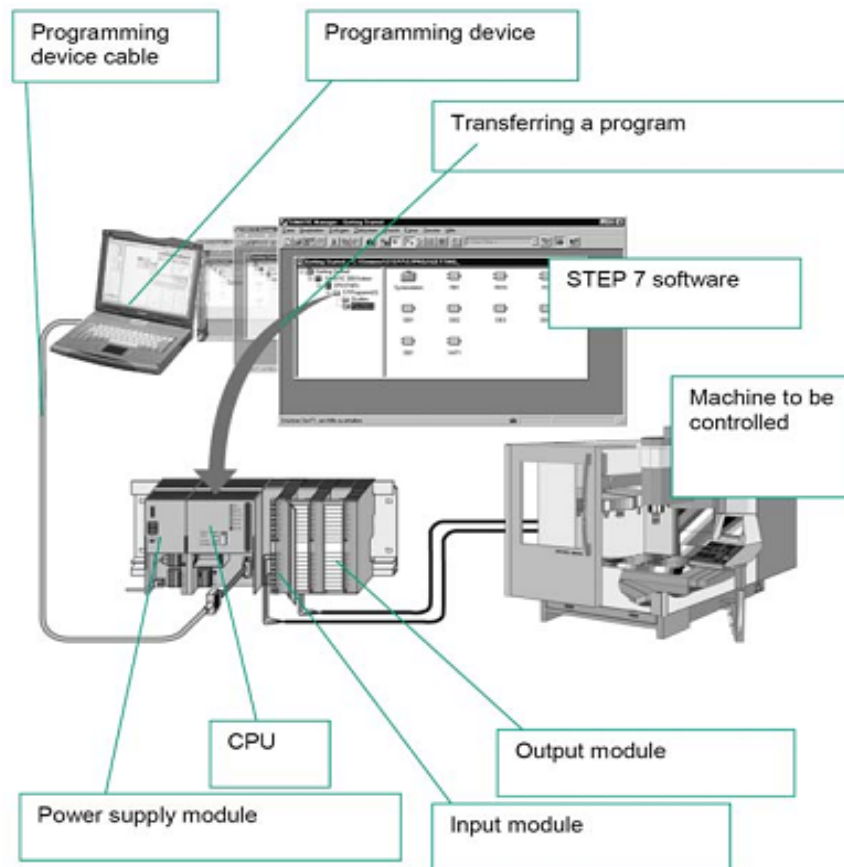
Στο δεύτερο μέρος γίνεται το λεγόμενο commissioning, το να τεθεί λοιπόν σε λειτουργία η μηχανή βάσει του λογισμικού που ολοκληρώθηκε το προηγούμενο διάστημα. Κατά τη διάρκεια του commissioning ο κάθε προγραμματιστής λύνει προβλήματα είτε που ίσως δεν σκέφτηκε κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης είτε κάποια κομμάτια πρέπει να προσαρμοστούν λόγω κάποιων μηχανικών, ηλεκτρολογικών «λαθών» που συνήθως είναι πιο δύσκολο να αλλάξουν. Τέτοιου είδους λάθη είναι πολύ σύνηθες να υπάρχουν καθώς όλα γίνονται από ανθρώπινη παρέμβαση.

## 5.1. Παραγωγική περίοδος

### 5.1.1. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε

Ο όγκος του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε για την συνολική υλοποίηση του έργου είναι πολύ μεγάλος οπότε στην παρακάτω ενότητα περιγράφεται εκείνος όπου όπου η επέμβαση του προγραμματιστή είναι απαραίτητη.

Στην παρακάτω *εικόνα 4.3* φαίνεται η δομή που εφαρμόστηκε ώστε να υλοποιηθεί η εργασία.

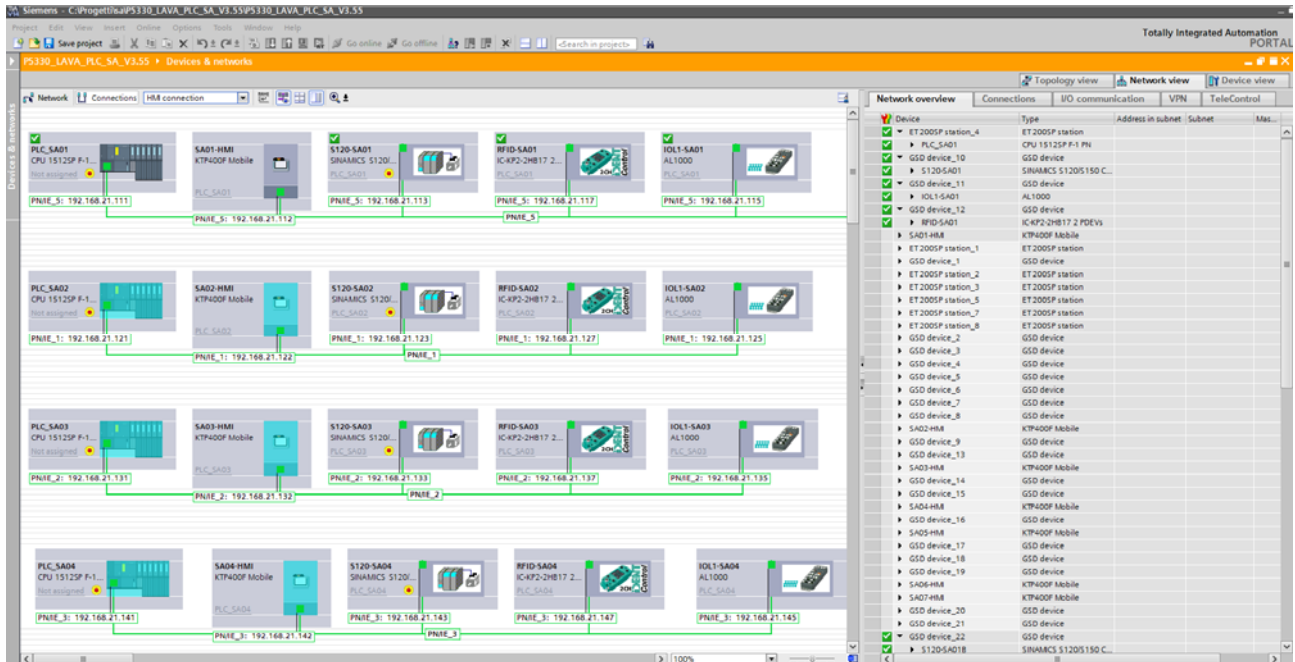


*Εικόνα 5.3 – Αρχιτεκτονική hardware και software που χρησιμοποιήθηκε*

Ο λογικός ελεγκτής (PLC), οι inverters και η οθόνη που χρησιμοποιήθηκαν είναι της οικογένειας Siemens και το λογισμικό το TIA Portal Version 14.1. Το TIA Portal είναι το υπολογιστικό εργαλείο, μέσω επικοινωνίας του ελεγκτή και κατά συνέπεια της μηχανής με τον προγραμματιστή. Είναι πολύ ισχυρό καθώς η βιβλιοθήκη του είναι ευρεία και αυτό το κάνει ευέλικτο στη χρήση. Αντίστοιχα για τον σχεδιασμό της οθόνης χρησιμοποιήθηκε το WinCC Simatic που εμπεριέχεται στο TIA Portal.

Οι inverters παραμετροποιήθηκαν μέσω του εργαλείου STARTER, ενός εξωτερικού εργαλείου πάλι της οικογένειας Siemens. Μέσω του STARTER θέτουμε όλες τις παραμέτρους για την ορθή λειτουργία των κινητήρων. Η ορθή λειτουργία των κινητήρων εξαρτάται πάντα από τον καθήκον που έχει να κάνει ο κάθε κινητήρας, το πόσο ακριβής είναι και θέλουμε να είναι, το πόσο γρήγορα θέλουμε να ξεκινάει, να σταματάει και να λειτουργεί. Κατά την δοκιμασία λειτουργίας των κινητήρων όλοι οι παράμετροι συνήθως διαφοροποιούνται.

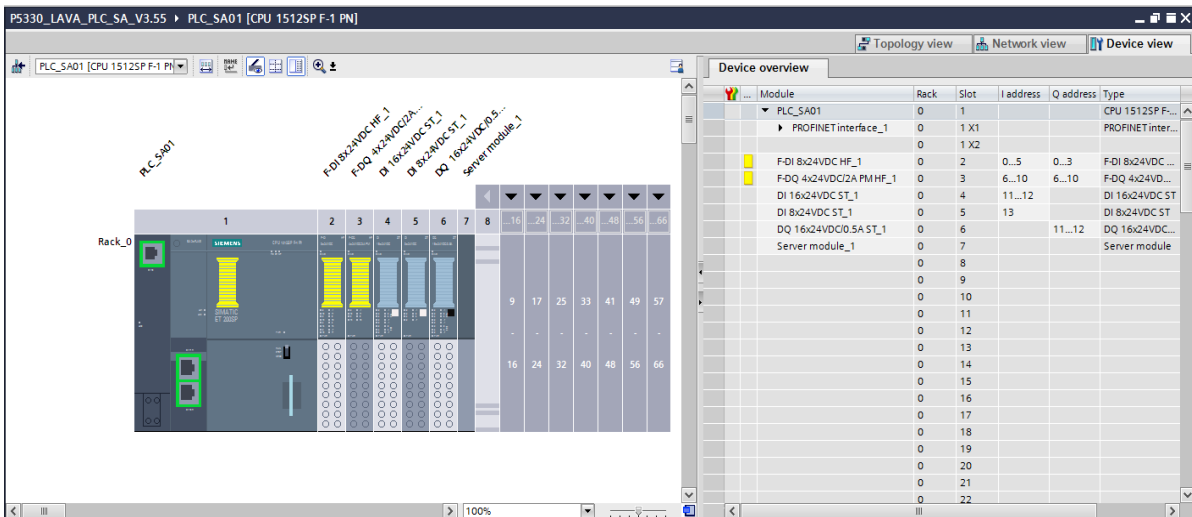
Στην παρακάτω εικόνα 4.4 φαίνονται όλες οι συσκευές που χρειάστηκαν και πρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους.



Εικόνα 4.4 - Δίκτυο επικοινωνίας μεταξύ των συστημάτων, συνολικά 5 συστήματα για κάθε μηχανή. Συνολικά έχουμε 7 μηχανές πανομοιότυπες

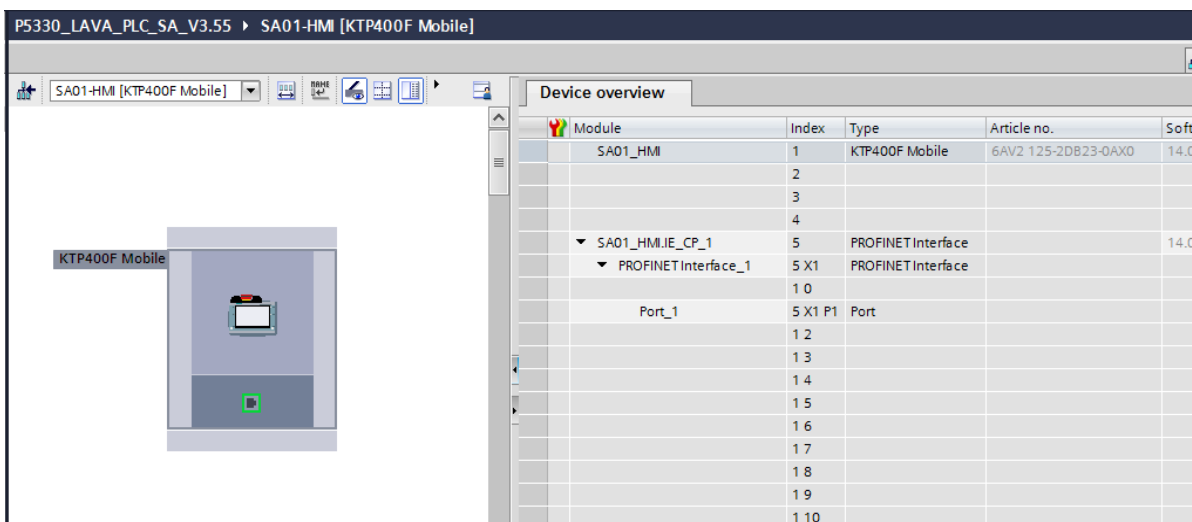
Αυτές οι συσκευές πιο συγκεκριμένα είναι:

- Ο λογικός Ελεγκτής – PLC (Programable Logic controller ) σειράς 1512SP F-1
- 3 κάρτες ψηφιακών εισόδων εκ των οποίων η πρώτη είναι ασφαλείας με 8 ψηφιακά σήματα, η δεύτερη με 16 και η Τρίτη με 8.
- 2 κάρτες ψηφιακών εξόδων εν των οποίων η πρώτη είναι ασφαλείας με 4 ψηφιακά σήματα και η δεύτερη με 8.



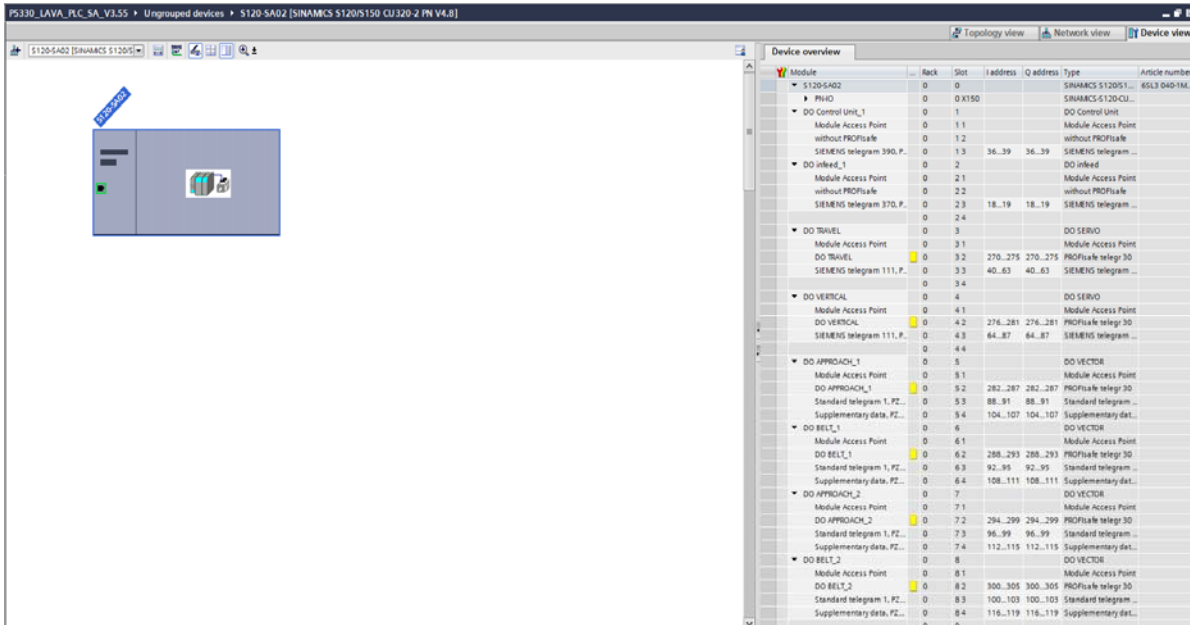
Εικόνα 5.5 – Ο λογικός ελεγκτής και τα σήματα εισόδων/εξόδων

- Η οθόνη παραμετροποίησης HMI σειράς KTP400F



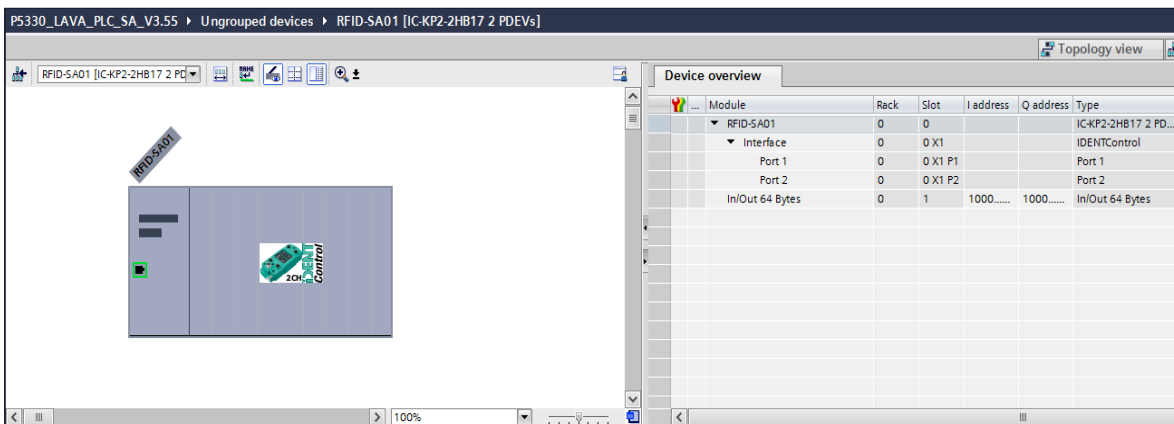
Εικόνα 5.6 – Η οθόνη παραμετροποίησης και εποπτείας του συστήματος

- Ο inverter σειράς SINAMICS S120/S150 CU320-2



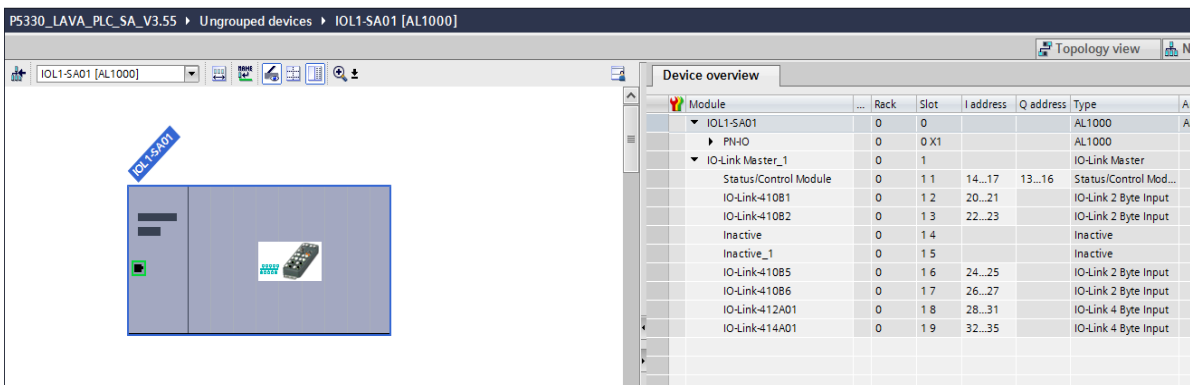
Εικόνα 5.7 – Οι inverters για τους 6 άξονες που μετακινείται η μηχανή

- Η συσκευή RFID διπλού καναλιού



Εικόνα 5.8 – Η антэна ανάγνωσης ραδιοσυχνότητας

- IO – Link 8 αναλογικών εισόδων για επικοινωνία αισθητηρίων μέσω δικτύου

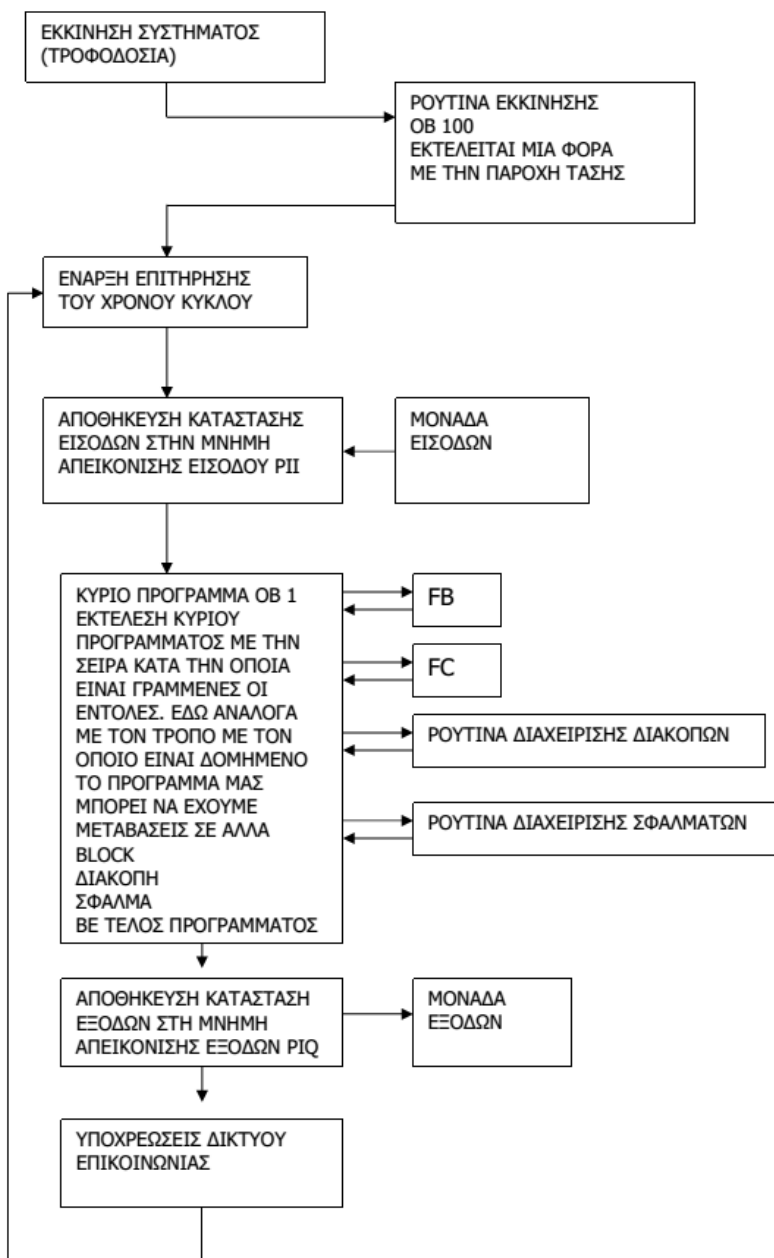


Εικόνα 5.9 – Συσκευή IO – Link ανάγνωσης αναλογικών εισόδων μέσω δικτύου

Μέσα από αυτό το δίκτυο επικοινωνίας υπάρχει πλέον ένα ολοκληρωμένο σύστημα από πλευράς Hardware και υπολογιστικών εργαλείων που χρειάζονται ώστε να ξεκινήσει η παραγωγή του λογισμικού.

Σε εφαρμογές με τη χρήση PLC είναι πολύ σημαντικό να κατανοήσουμε τον κύκλο λειτουργίας της CPU. Ο κύκλος αυτός, λεγόμενος scan cycle παρουσιάζεται στην επόμενη

εικόνα 4.10.



Εικόνα 5.10 – Ένας κύκλος του λογικού ελεγκτή

Η πραγματοποίηση και η σύνταξη του αλγόριθμου λειτουργίας είναι βασισμένος στην λογική. Ένας κύκλος λειτουργίας αποτελείται από μια σειρά βημάτων όπου κάθε βήμα θα μπορούσαμε να πούμε πως είναι μια ολοκληρωμένη κίνηση από ένα σημείο μέχρι το επόμενο. Μόλις όλα τα επιθυμητά βήματα εκτελεστούν ένα προς ένα τότε ένας κύκλος λειτουργίας ολοκληρώνεται.

Η παραπάνω μεθοδολογία χρησιμοποιείται σε κάθε εφαρμογή που χρησιμοποιούνται οι λογικοί ελεγκτές της οικογένειας Siemens αλλά και των περισσότερων κατασκευαστών .

### 5.1.2. Ανάπτυξη λογισμικού

Σε αυτήν την ενότητα περιγράφονται τα βήματα στα οποία βασίστηκε η όλη ανάπτυξη του λογισμικού μας. Αφού λοιπόν έχουμε όλα τα εργαλεία είναι έτοιμα προς χρήση, η ανάπτυξη λογισμικού μπορεί να προχωρήσει.

Τα πρώτα βήματα που πρέπει να πραγματοποιηθούν είναι η μεταφορά όλου του Hardware στο λογισμικό, η λεγόμενη διαμόρφωση λογισμικού. Αυτό γίνεται με τη δημιουργία διαφόρων database blocks και function blocks που στην ουσία μεταφέρουμε τις φυσικές εισόδους της CPU σε βοηθητικά bits. Με αυτόν το τρόπο επιτυγχάνουμε με πιο υγιή τρόπο και πιο γρήγορα έναν κύκλο της CPU.

Έχοντας υπ' όψει τον φυσικό εξοπλισμό μας αναπτύσσουμε διάφορες μικρές συναρτήσεις που λειτουργούν ανεξάρτητα μεταξύ τους. Έτσι ξεκινώντας από την CPU είναι καλύτερο να αρχίσουμε το πρόγραμμα μας αξιολογώντας όλους τους διακόπτες ασφαλείας και ρυθμίζοντας ένα κύριο bit. Αυτό το bit δεν έχει καμία ενσύρματη εξωτερική σύνδεση αλλά είναι εσωτερικό και το ονομάζουμε System Running bit. Με απλά λόγια αξιολογεί το πρόγραμμα μας και πάντα έχουμε ένα feedback λειτουργίας ή όχι του προγράμματος.

Σαν διακόπτες ασφαλείας εννοούμε τα emergency stop buttons όπου ο χειριστής μπορεί να πατήσει ανά πάσα στιγμή και το σύστημα μας αυτομάτως βγαίνει εκτός λειτουργίας και η έξοδος που μας δίνει το system running bit είναι το λογικό 0.

Με την ίδια λογική αναπτύσσουμε παρόμοια κομμάτια για όλα μας τα ψηφιακά σήματα που έρχονται από την CPU και τις ψηφιακές κάρτες.

Έπειτα περνάμε στο κομμάτι των αξόνων. Οι άξονες ελέγχονται από τους λεγόμενους inverter. Στο συγκεκριμένο πρότζεκτ όπως έχουμε αναφέρει έχουμε συνολικά 6 άξονες συνεπώς 6 κινητήρες. Για να θέσουμε σε λειτουργία έναν κινητήρα πρέπει να θέσουμε



κάποιες παραμέτρους που αφορούν ομαλή λειτουργία τους. Η παράμετροι αυτοί ενδεικτικά είναι:

- Το σημείο 0 για κάθε άξονα. Το να οριστεί το σημείο αναφοράς από το οποίο υπολογίζουμε τη θέση της μηχανής.
- Τα όρια λειτουργίας, ποια θέλουμε να είναι η μέγιστη και η μέγιστη συχνότητα σε σχέση πάντα με τα ονομαστικά όρια που παρέχονται από τον κατασκευαστή
- Το σημείο το οποίο θέλουμε ο κινητήρας να ξεκινά και να σταματά ομαλά. Δηλαδή πριν από κάθε έναρξη και στάση λειτουργίας να υπάρχει ένα σημείο, (travel offset) όπου ξεκινά αργά και έπειτα επιταχύνει και αντίστοιχα λίγο πριν το σημείο τερματισμού η λειτουργία γίνεται πιο αργή.
- Την μέγιστη και ελάχιστη επιτάχυνση
- Την μέση συχνότητα λειτουργίας σε χειροκίνητη και αυτόματη λειτουργία
- Τη μέση συχνότητα λειτουργίας και ποσοστιαία την καμπύλη ανάπτυξης και μείωσης της ταχύτητας
- Την ανοχή (tolerance) ή αλλιώς το πόσο ακριβής θέλουμε να είναι ο κινητήρας μας σε σχέση με το στόχο που θέτουμε κατά την λειτουργία και φυσικά βάσει την ονομαστική ανοχή
- Την μέγιστη αντίσταση που δέχεται κατά τη λειτουργία, στη δική μας περίπτωση είναι το βάρος που σηκώνει ο κάθε κινητήρας με ή χωρίς φορτίο

Το κεφάλαιο «άξονες» έχει μεγάλο εύρος καθώς στόχος είναι ο κινητήρας να λειτουργεί με το βέλτιστο δυνατό τρόπο ώστε να παρατείνεται η διάρκεια ζωής του. Ωστόσο περισσότερο αντιληπτοί γίνονται οι παραπάνω παράμετροι σε δεύτερη φάση όταν τους δοκιμάζουμε στο πεδίο εργασίας. Κύριος παράγοντας για την ομαλότερη λειτουργία είναι η εμπειρία του κάθε προγραμματιστή.

Ακολουθεί ο σχεδιασμός την οθόνης λειτουργίας. Μέσω της οθόνης πραγματοποιείται η κάθε εντολή που θέλει ο χειριστής να δώσει στην μηχανή. Όσο πιο σωστός είναι ο σχεδιασμός της οθόνης τόσο πιο εύκολη γίνεται και η χρήση της μηχανής. Κύριο μέλημα του προγραμματιστή είναι να γίνεται πλήρως σαφής ο λόγος για τον οποίο η μηχανή σταματά

τη λειτουργία της. Έπειτα να γίνονται εύκολα αντιληπτά τα βήματα τα οποία πρέπει ο χειριστής να ακολουθήσει ώστε να επαναλειτουργήσει.

Ορισμένα από τα βήματα που ακολουθούμε για τη σχεδίαση της οθόνης:

- Δημιουργούμε ένα κοινό περιβάλλον εργασίας μεταξύ της CPU και της οθόνης. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δημιουργία βάσεων δεδομένων όπου προσθέτουμε τα HMI tags. Οι βάσεις δεδομένων μπορούν εύκολα να δημιουργηθούν μέσα από το εργαλείο ανάπτυξης λογισμικού του κάθε κατασκευαστή.
- Σχεδίαση σελίδων πλοήγησης. Μέσα στο εργαλείο ανάπτυξης λογισμικού συμπεριλαμβάνεται και ένα γραφικό περιβάλλον εργασίας όπου υπάρχει η δυνατότητα προθήκης χρωμάτων, σχημάτων, κειμένου κλπ. καθώς και συγκεκριμένων συναρτήσεων για την καλύτερη επικοινωνία με την CPU.
- Δημιουργία λιστών με έναν κύκλο μηνυμάτων που θέλουμε να δώσουμε στον χειριστή ώστε προβεί στο επόμενο βήμα κάθε φορά που χρειάζεται η επέμβαση του.
- Δημιουργία χρηστών, κωδικών πρόσβασης και εξουσιοδότηση δικαιωμάτων. Ανάλογα με τις λειτουργίες της μηχανής και τις ανάγκες του κάθε πελάτη. Συνήθως όχι όλοι οι χρήστες έχουν όλα τα δικαιώματα όλων των λειτουργιών. Αυτό για την αποφυγή σφαλμάτων και αντίστοιχα καταγραφή κάθε γεγονότος.

Καθώς ολοκληρώσουμε και το κομμάτι της οθόνης μπορούμε να πούμε πως έχουμε οργανώσει το δίκτυο του αυτοματισμού και έπειτα προχωράμε με τα υποσυστήματα που είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο.

Στη συγκεκριμένη εργασία έχουμε τη συσκευή ανάγνωσης barcode μέσω της RFID (Radio Frequency Identification) συσκευής καθώς και την IOlink συσκευή για τον υπολογισμό της απόστασης μέσω ακτίνας λέιζερ.

Η RFID συσκευή διαβάζει μέσω ραδιοσυχνοτήτων μια μεταλλικής επικέτας μία συμβολοσειρά είκοσι αριθμητικών ψηφίων που είναι μοναδική και έτσι όλα τα αγαθά μας αποκτούν την ταυτότητα τους. Κύριο μέλημα μας είναι να δημιουργήσουμε μια γέφυρα επικοινωνίας της συσκευής αυτής και της CPU. Αυτό γίνεται πάλι με την χρήση συγκεκριμένων βάσεων δεδομένων όπου με το που η συσκευή μας διαβάζει την μεταλλική ετικέτα αποθηκεύει σε έναν μονοδιάστατο πίνακα είκοσι θέσεων την συμβολοσειρά και έτσι η CPU είναι έτοιμη να αποφασίσει το τι θέλει να κάνει με το κάθε προϊόν.

Τέλος η IO-Link (Input – Output link) συσκευή είναι μια ευφυής συσκευή με τις δικές της αναλογικές εισόδους και εξόδους. Την αποκαλούμε ευφυής επειδή η μετατροπή τάσης του κάθε αναλογικού σήματος γίνεται αυτόματα χωρίς την εσωτερική δημιουργία μπλοκ συναρτήσεων. Επίσης μέσω της συσκευής αυτής μπορούμε εύκολα να έχουμε κάθε σφάλμα σε κάθε μία από τις εισόδους/εξόδους της χωρίς την ανάπτυξη λογισμικού. Το μοναδικό βήμα που απαιτείται εδώ είναι η σύνδεση της στο δίκτυο αυτοματισμού και η μεταφορά των φυσικών εισόδων/εξόδων σε μια βάση δεδομένων εικονικών εισόδων/εξόδων, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που διαχειριζόμαστε τις ψηφιακές εισόδους/εξόδους της CPU. Στην IO-Link συσκευή μας έχουμε συνδεδεμένα ενσύρματα τέσσερα αναλογικά αισθητήρια υπολογισμού απόστασης μέσω ακτίνας λέιζερ. Βάσει της απόστασης η μηχανή είναι σε θέση να αντιληφθεί αν ένα ράφι της αποθήκης είναι γεμάτο ή άδειο.

Έτσι μόλις ολοκληρωθεί η παραμετροποίηση καθώς και όλη η απαραίτητη ανάπτυξη κώδικα είμαστε σε θέση να δημιουργήσουμε μια ολοκληρωμένη λογική του προγράμματος συνδέοντάς όλα τα παραπάνω κομμάτια. Θα μπορούσαμε να πούμε πως πρόκειται για το πιο δύσκολο μέρος καθώς ο όγκος της πληροφορίας είναι μεγάλη και πρέπει να είμαστε σε θέση να την διαχειριστούμε όλη χωρίς τίποτα να λείπει. Σε αυτό το σημείο επίσης δημιουργούμε όλες τις ασφαλιστικές δικλίδες λειτουργίας της μηχανής μας, θέτουμε όλους τους περιορισμούς και γενικότερα αναπτύσσουμε όλη την λογική.

Τελειώνοντας όλη την ανάπτυξη στα «τυφλά» ακολουθώντας έγγραφα τεκμήρια από τις υπόλοιπες ομάδες εργασίας που βοήθησαν στην κατασκευή αυτής της μηχανής μπορούμε να προβούμε στο επόμενο βήμα, στον φυσικό πλέον χώρο της μηχανής ώστε τελικά να δοκιμάσουμε αυτό που κάναμε.

## 5.2. Θέση σε λειτουργία - Commissioning

Σε αυτή την ενότητα θα περιγράψουμε τη διαδικασία που ακολουθούμε ώστε να θέσουμε σε λειτουργία την μηχανή μας και γενικότερα να εφαρμόσουμε αυτά που προετοιμάσαμε.

Όπως και είναι λογικό οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουμε είναι πολλές και ποικίλες διότι ερχόμαστε αντιμέτωποι με όλους τους εξωτερικούς παράγοντες που συνεργαζόμαστε ώστε να πετύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Για να μπορέσει λοιπόν το σύστημα μας να λειτουργεί ιδανικά θα πρέπει μηχανολογικά και ηλεκτρολογικά όλα να έχουν τοποθετηθεί και συνδεθεί άψογα. Αυτό όμως με μια πρώτη ματιά δεν είναι εύκολο να αξιολογηθεί, έως και

αδύνατο. Έτσι ξεκινώντας με πολύ απλές εντολές μέσω του λογισμικού που έχουμε ετοιμάσει δοκιμάζουμε το σύστημα μας.

Στο συγκεκριμένο σύστημα ξεκινήσαμε να δοκιμάζουμε τους κινητήρες μας καθώς είναι το πιο σημαντικό η μηχανή μας να αρχίσει να κινείται. Το πως θα κινείται, με ποια ταχύτητα και προς ποια κατεύθυνση είναι πράγματα που αφήνουμε για αργότερα. Συνεπώς ξεκινάμε με τα «όργανα» ζωτικής σημασίας για την μηχανή. Έπειτα, αφού εξασφαλίσουμε πως η μηχανή κινείται προς όλες τις κατευθύνσεις, συνολικά έξι, προχωράμε με το τεστ IO, το τεστ λογικών εισόδων-εξόδων όπου ελέγχουμε μέσω του hardware αν λαμβάνουμε τα λογικά σήματα στο λογισμικό που έχουμε ετοιμάσει. Αυτή η διαδικασία προφανώς απαιτεί αρκετό χρόνο και επιδιόρθωση τυχόντων σφαλμάτων. Τα λογικά σήματα έρχονται σχεδόν όλα από τα αισθητήρια που είναι εγκατεστημένα στη μηχανή οπότε αν λαμβάνουμε τα σήματα μπορούμε σε αυτό το σημείο να πούμε πως η μηχανή μας «αισθάνεται».

Έτσι αυτή τη στιγμή η μηχανή μας μπορεί και περπατάει, μπορεί και αισθάνεται οπότε είμαστε έτοιμοι να περάσουμε στη βελτιστοποίηση όλων των παραπάνω. Πιο συγκεκριμένα και ξεκινώντας πάντα από τους κινητήρες ξεκινάμε να δοκιμάζουμε τις κατάλληλες τιμές και παραμέτρους ώστε να λειτουργεί με τον επιθυμητό μας τρόπο. Τέτοιες τιμές είναι όπως αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα, η ανοχή σε βάρος, η ταχύτητα, η επιτάχυνση, ο χρόνος σταματήματος, ο χρόνος εκκίνησης, δεν έχουν ποτέ μια σπάνταρ τιμή ακόμη και αν μιλάμε για δυο κινητήρες με ίδια ονομαστικά χαρακτηριστικά. Αυτές οι τιμές πάνω κάτω είναι οι ίδιες αλλά όχι πανομοιότυπες. Για αυτό το λόγο δοκιμάζουμε τον κάθε κινητήρα ξεχωριστά και τον διαμορφώνουμε όπως επιθυμούμε.

Αμέσως μετά κάνουμε σχεδόν το ίδιο για όλα τα αισθητήρια μας. Κάνουμε το λεγόμενο “calibration”, την βαθμονόμηση λοιπόν των αισθητηρίων όπου επιλέγουμε εμείς πότε θέλουμε να λαμβάνουμε το σήμα από το εκάστοτε αισθητήριο. Το κάθε αισθητήριο έχει ένα ονομαστικό εύρος εμείς λοιπόν θέτουμε το επιθυμητό εύρος και έτσι για παράδειγμα όταν μιλάμε για ένα αισθητήριο λέιζερ το οποίο έχει ονομαστικό εύρος 0,0 -12,0 μέτρα και εμείς θέλουμε να λαμβάνουμε το σήμα όταν διαβάσει 1,2 μέτρα αυτό σημαίνει πως όταν το αισθητήριο μας διαβάσει απόσταση μικρότερη ή ίση με 1,2 μέτρα μας δίνει το λογικό 1 και αντίστοιχα όταν διαβάσει απόσταση μεγαλύτερη από 1,2 μέτρα βρίσκεται στο λογικό 0. Μέσω του λογισμικού έπειτα αποφασίζουμε αν θα χρησιμοποιήσουμε το λογικό 0 ή το λογικό 1.

Αφού ολοκληρώσουμε την παραπάνω διαδικασία για όλα τα «όργανα» που αποτελούν την μηχανή μας προχωράμε κανονικά με την δοκιμή του λογισμικού μας, τους κύκλους

λειτουργίες, την αυτόματη εκμάθηση, την λειτουργία φόρτωσης και εκφόρτωσης που περιγράφονται αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια.

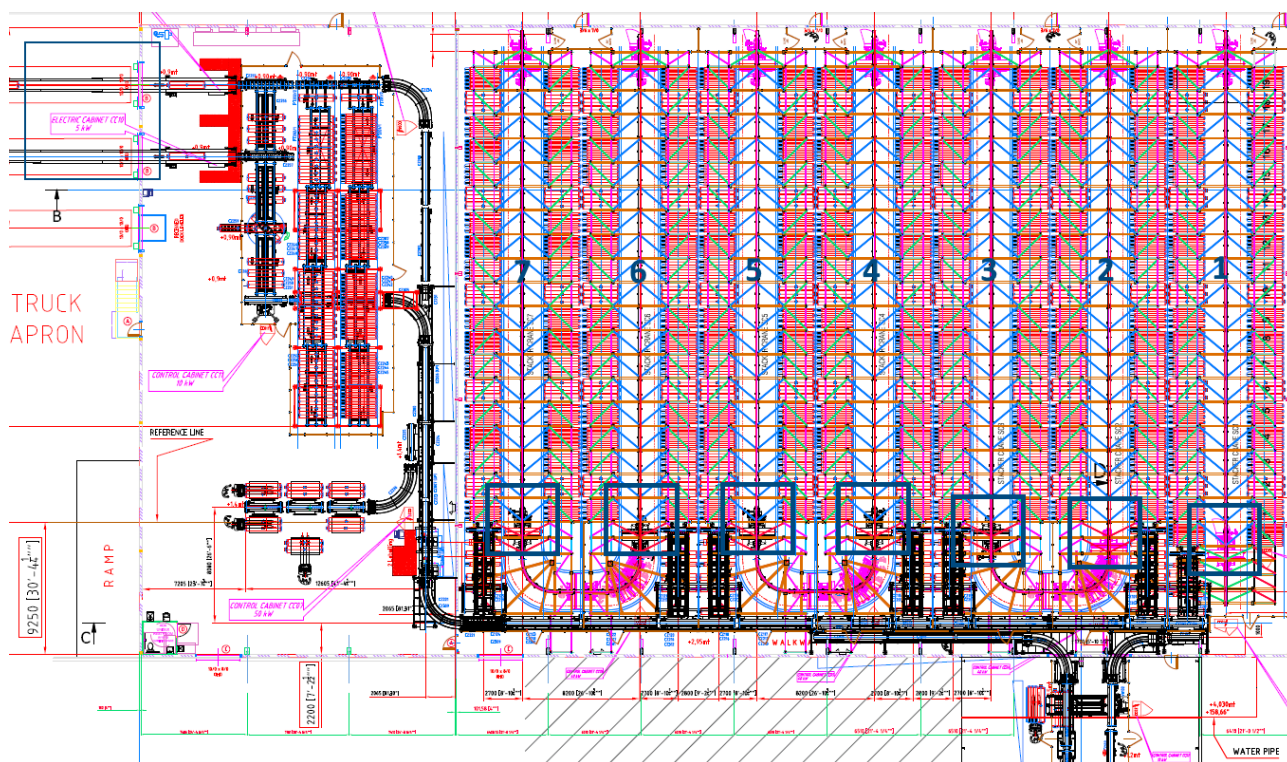
## 6. Η Αποθήκη

Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγράψουμε την δομή της αποθήκης. Είναι πολύ σημαντική η πλήρης κατανόηση της διαμόρφωσης του χώρου πολύ απλά επειδή ο γερανός μας λειτουργεί μέσα σε αυτήν. Συνεπώς πρέπει να γνωρίσουμε όλες τις πιθανές θέσεις που μπορεί να φτάσει καθώς και τα ακριβή όρια θέσης.

### 6.1. Δομή της αποθήκης

Συνολικά η αποθήκη αποτελείται δεκατέσσερα γκρουπ ραφιών παράλληλα μεταξύ τους και ενδιάμεσα τους 7 διάδρομοι όπου κινούνται οι γερανοί.

Βλέποντας την παρακάτω *εικόνα 5.1* μπορεί πιο εύκολα να γίνει αντιληπτό.



Εικόνα 5.1 – Κάτοψη συνολικής αποθήκης με έμφαση στις 7 μηχανές που την αποτελούν

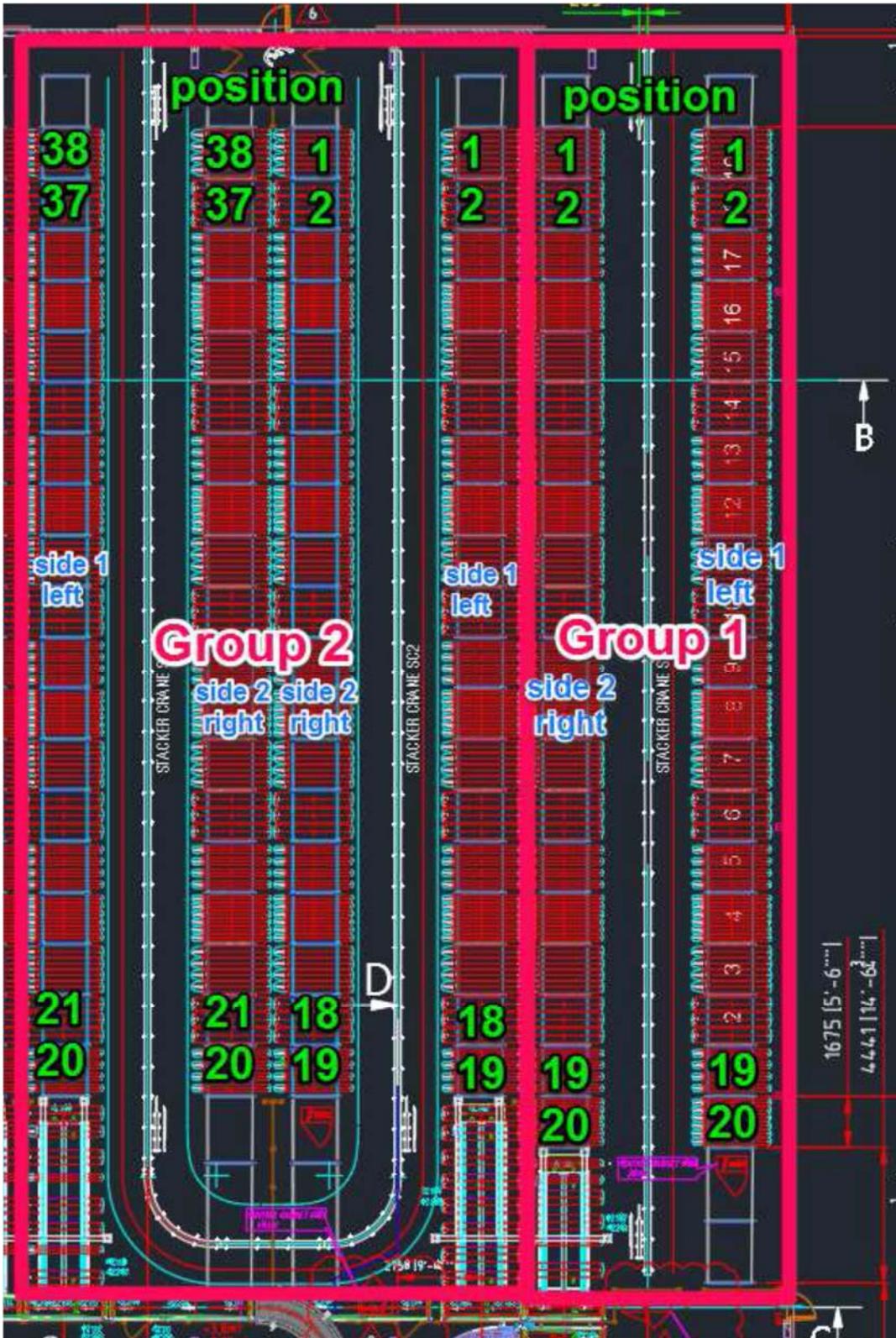
Μέσα στα επτά μπλε τετράγωνα υποδεικνύονται οι επτά γερανοί οι οποίοι κινούνται κατά μήκος των γκρουπ ραφιών αποθήκευσης. Έτσι ο χώρος λειτουργίας κάθε γερανού βρίσκεται πάντα ανάμεσα σε δύο γκρουπ ραφιών αποθήκευσης. Αν παρατηρήσουμε λίγο πιο προσεκτικά αντιλαμβανόμαστε πως οι γερανοί δύο έως επτά μπορούν να κινηθούν σε δύο διαδρόμους. Για παράδειγμα ο γερανός νούμερο δύο μπορεί να κινηθεί κατά μήκος του διαδρόμου δυο και κατά μήκος του διαδρόμου 3 ακολουθώντας την κυκλική τροχιά στο κάτω

μέρος της εικόνας. Αντίστοιχα ο γερανός νούμερο τρία μπορεί να κινηθεί κατά μήκος του διαδρόμου τρία αλλά και κατά μήκος του διαδρόμου δύο.

Οι τρεις κούρβες που ενώνουν τους διαδρόμους μεταξύ τους έχουν σχεδιαστεί ώστε σε περίπτωση τεχνικών προβλημάτων ή συντήρησης των μηχανών - γερανών όλες οι θέσεις αποθήκευσης να είναι προσβάσιμες ανά πάσα στιγμή. Είναι λοιπόν ένα εφεδρικό σύστημα λειτουργίας της αποθήκης. Ως κανονική λειτουργία ορίζουμε την κατάσταση όπου ο κάθε διάδρομος λειτουργεί με τον δικό του γερανό και αντίστοιχα εφεδρική λειτουργία όταν ένας γερανός λειτουργεί σε δύο διαδρόμους. Αναλυτικότερα για τις λειτουργίες της μηχανής θα αναφερθούμε στο επόμενο κεφάλαιο.

### 6.1.1. Στήλες ως προς τον άξονα X

Εστιάζοντας λίγο περισσότερο, μπορούμε να περιγράψουμε αναλυτικά κάθε διάδρομο παρατηρώντας την *εικόνα 5.2*.



Εικόνα 5.2 – Κάτοψη γκρουπ ραφιών 1 & 2

Παρατηρώντας την εικόνα 5.2 βλέπουμε πως χωρίζεται σε δύο γκρουπ. Το πρώτο γκρουπ, όπου λειτουργεί μόνο ο γερανός νούμερο ένα, θα μπορούσαμε να πούμε πως είναι μοναδικό καθώς δεν υπάρχει η κούρβα, οπότε σε περίπτωση τεχνικού προβλήματος τίθεται εκτός



λειτουργίας. Μία ακόμη διαφορά είναι πως διαθέτει μία παρά πάνω θέση, τη θέση είκοσι, σε σχέση με το γκρουπ 2 σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας.

Στο δεύτερο γκρουπ βλέπουμε τους διαδρόμους δύο και τρία όπου ο γερανός δύο λειτουργεί από τη θέση ένα μέχρι τη θέση δεκαεννιά και ο γερανός τρία από τη θέση είκοσι μέχρι τη θέση τριανταοκτώ, σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας. Αντίστοιχα σε κατάσταση εφεδρικής λειτουργίας και ο γερανός δύο και ο γερανός τρία λειτουργούν από τη θέση ένα μέχρι τη θέση τριανταοκτώ.

Επιπλέον, όλοι οι γερανοί εκτός από τις θέσεις πρέπει να προσδιορίσουν και την πλευρά ώστε να έχουν πρόσβαση σε όλα τα ράφια αποθήκευσης. Έτσι κατά την πλοήγηση του γερανού ένα από τη θέση ένα προς τη θέση είκοσι έχουμε πρόσβαση και στην αριστερή και στην δεξιά πλευρά των ραφιών. Αντίστοιχα κατά την πλοήγηση του γερανού δύο από τη θέση ένα μέχρι τη θέση είκοσι ή τη θέση 38 έχει πρόσβαση και στην αριστερή και στην δεξιά πλευρά των ραφιών.

Η αριστερή και δεξιά πλευρά ορίζεται πάντα με γνώμονα την κατεύθυνση του κάθε γερανού καθώς η θέση αυξάνεται ανεξαρτήτως λειτουργίας και γερανού.

Οι θέσεις αυτές θα μπορούσαμε να πούμε πως είναι οι στήλες ως προς τον άξονα Χ.

### 6.1.2. Θέσεις ως προς τον άξονα Υ

Όλη η παραπάνω περιγραφή καθώς και οι εικόνες σχετίζονται με την κάτοψη της αποθήκης, περιγράφοντας τον χώρο λειτουργίας κάθε γερανού ως προς τον άξονα Χ, την κατά μήκος λειτουργία τους. Παρακάτω θα περιγράψουμε τι συμβαίνει με την κάθετη δομή της αποθήκης και τον άξονα Υ η οποία είναι πού πιο απλή.

Οι κατά μήκος οι στήλες όπως είδαμε είναι ή 20 ή 19 ή 38 ανάλογα με τη λειτουργία και τον διάδρομο. Η δομή κάθε στήλης από αυτές ανεξαρτήτως διαδρόμου και γερανού περιγράφεται μέσω της εικόνας 5.3.



Εικόνα 5.3 – Πρόσοψη, αρχιτεκτονική μιας στήλης

Όπως φαίνεται στην εικόνα 5.3 κάθε στήλη αποτελείται από εικοσιτρία επίπεδα ( $Y_1$ ) όπου κάθε επίπεδο αποτελείται από τρεις ή τέσσερις ή έξι υπό-θέσεις ( $Y_2$ ). Όπως φαίνεται ξεκινώντας την αρίθμηση από κάτω προς τα πάνω, τα τρία πρώτα επίπεδα αποτελούνται από έξι υπό-

θέσεις, τα τρία τελευταία από τρεις και τα υπόλοιπα από τέσσερις. Όπως έχουμε αναφέρει, τα αγαθά αποθήκευσης είναι μακριά ρολά υφάσματος τυλιγμένα σαν χαλιά. Έτσι ανάλογα με τη διάμετρο τους κατανέμονται αντίστοιχα στα συγκεκριμένα ράφια αποθήκευσης. Έτσι τα ρολά μικρής διαμέτρου ταξινομούνται στα τρία πρώτα επίπεδα, τα μεγάλης διαμέτρου στα τρία τελευταία και τα μεσαίας διαμέτρου στις υπόλοιπες θέσεις.

### 6.1.3. Προσδιορισμός συγκεκριμένης θέσης

Έχοντας κατανοήσει τη δομή της αποθήκης ως προς τον άξονα X και Y είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε κάθε θέση που ο γερανός μπορεί να φτάσει. Για παράδειγμα μόλις ο γερανός λάβει ένα μήνυμα από το κεντρικό σύστημα ελέγχου να πάει και να φορτώσει ένα αγαθό από τη θέση [16,4,2], ο γερανός μας θα ακολουθήσει την εξής διαδρομή:

Θα κινηθεί από την τρέχουσα θέση που βρίσκεται

- ως προς τον άξονα X στη στήλη 16
- ως προς τον άξονα  $Y_1$  στο επίπεδο 4
- ως προς τον άξονα  $Y_2$  στην υπό-θέση 2

## 6.2. Περιοχή φόρτωσης εκφόρτωσης

Υπάρχουν δύο διάδρομοι μεταφοράς στους οποίους θα αναφερθούμε. Ο ένας διάδρομος είναι εκείνος από τον οποίο το SC παραλαμβάνει το προϊόν από την παραγωγή και κατά συνέπεια προστίθεται σε κάποιο ράφι της αποθήκης και ονομάζεται διάδρομος φόρτωσης και ο δεύτερος από τον οποίο ένα προϊόν θέλει να βγει από την αποθήκη και ονομάζεται διάδρομος εκφόρτωσης.

Οι διάδρομοι μεταφοράς, συνδεδεμένοι μεταξύ τους ορίζουν τη διαδρομή που ακολουθούν τα αγαθά καθώς εισέρχονται και εξέρχονται από την αποθήκη. Οπότε υπάρχουν δύο διάδρομοι μεταφοράς, η πρώτη εκείνη όπου μετά την παραγωγή τα αγαθά κατευθύνονται προς την αποθήκευση και εκείνη όπου όταν τα αγαθά εξέρχονται προς την εκφόρτωση.

Για την συγκεκριμένη εργασία μας ενδιαφέρει η δομή αυτών των διαδρόμων μεταφοράς όπου είναι συνδεδεμένοι με την αποθήκη και δεν είναι τίποτα άλλο από μία συγκεκριμένη στατική θέση όπου μπορεί να έχει πρόσβαση ο γερανός του κάθε διαδρόμου.

Πιο συγκεκριμένα όταν θέλουμε να μεταφέρουμε τα αγαθά προς την αποθήκη η μηχανή μας πρέπει να πάει στην συγκεκριμένη θέση Α και όταν θέλουμε να μεταφέρουμε τα αγαθά προς την εκφόρτωση πρέπει να πάει στη συγκεκριμένη θέση Β. Οι δύο θέσεις αυτές φυσικά διαφέρουν ανά διάδρομο.

Παρατηρώντας ξανά την *εικόνα 5.1* μπορούμε να διακρίνουμε αριστερά από κάθε γερανό με μαύρο χρώμα, αριστερά βάσει των οποίων έχουμε αναλύσει παραπάνω, τον πρώτο σε σειρά διάδρομο που στην ουσία ενώνεται με τις δύο κεντρικές γραμμές μεταφοράς. Εκεί είναι και οι δικές μας συγκεκριμένες θέσεις.



Εικόνα 5.4 – Διάδρομοι μεταφοράς

Παρατηρώντας την *εικόνα 5.4* μπορούμε να διακρίνουμε πως η μηχανή βρίσκεται στην διαδικασία εξαγωγής των αγαθών στον διάδρομο CZ201. Όπως προαναφέραμε για τον γερανό μας είναι μια συγκεκριμένη θέση έτσι αυτή είναι η θέση Α και στον ακριβώς από πάνω διάδρομο έχουμε την θέση Β. Ονομάζουμε αυτές τις θέσεις Conveyor Α και Conveyor Β αντίστοιχα.

## 7. Ο γερανός – Stacker Crane

Ο γερανός, είναι το αυτοματοποιημένο μηχάνημα που εκτελεί την αποθήκευση και την ανάκτηση των αγαθών ενώ εργάζεται ανάμεσα από τα ράφια, στο χώρο εργασία που αναφέρεται στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ο γερανός είναι σχεδιασμένος με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπεται ο πλήρης έλεγχος των δραστηριοτήτων της αποθήκης χωρίς σφάλματα, ομαλά, γρήγορα, αποδοτικά και με ασφάλεια.

Μερικά από τα γενικά χαρακτηριστικά του γερανού είναι πως το μέγιστο φορτίο που μπορεί να σηκώσει ανέρχεται στα 1000 κιλά, έχει δύο ζώνες μεταφοράς και ανυψώνεται έως και δεκαπέντε μέτρα.

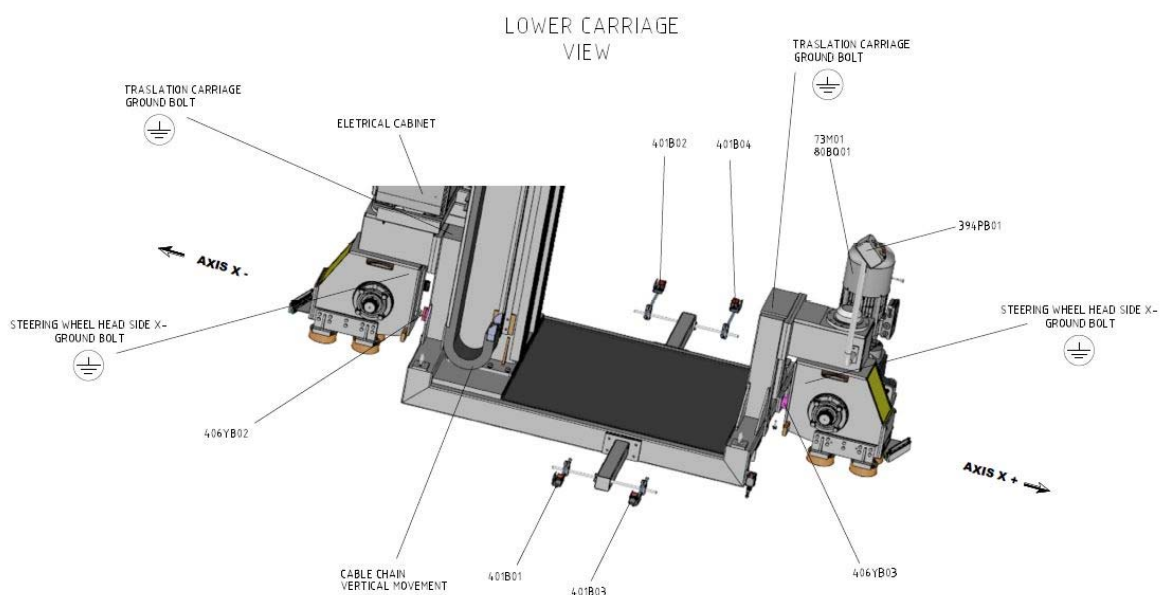
## 7.1. Δομή της μηχανής

### 7.1.1. Σταθερό και κινητό τμήμα

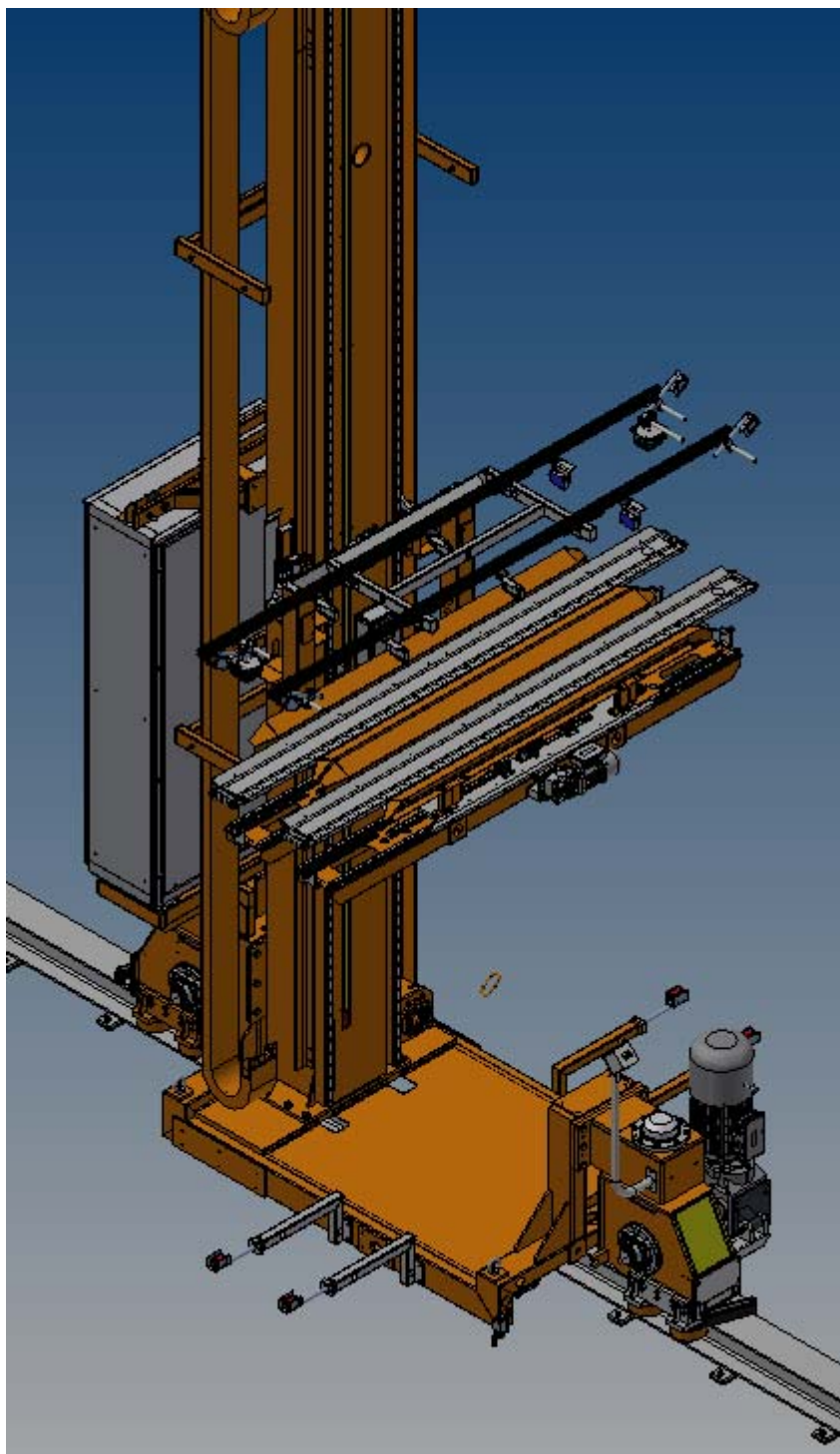
Σε αυτό μέρος θα περιγράψουμε την γενική δομή του γερανού που αποτελείται από το σταθερό τμήμα, από τον κορμό, ο οποίος φυσικά κινείται μόνο ως προς τον οριζόντιο άξονα και το κινητό τμήμα το οποίο κινείται μόνο ως προς τον κάθετο άξονα. Το κινητό τμήμα ανήκει στον κορμό και μετακινείται μαζί του οπότε έμμεσα κινείται και ως προς τον οριζόντιο άξονα.

Μέσα από την παρακάτω *εικόνα 6.1* μπορούμε να διακρίνουμε πως ο κορμός του γερανού αποτελείται από έναν μεγάλο κινητήρα (73M01) ο οποίος είναι αυτός που κινεί ολοκληρωτικά τον γερανό ως προς τον οριζόντιο άξονα, τέσσερα αισθητήρια στη βάση (401B01 - 401B02 - 401B03- 401B04) όπου θα αναλύσουμε ποιο τμήμα και κίνηση διαβάζουν στην επόμενη ενότητα, από ολόκληρο τον ηλεκτρολογικό πίνακα ο οποίος φαίνεται καλύτερα στην *εικόνα 6.2* και το κεντρικό κάθετο τμήμα στήριξης του κινητού τμήματος.

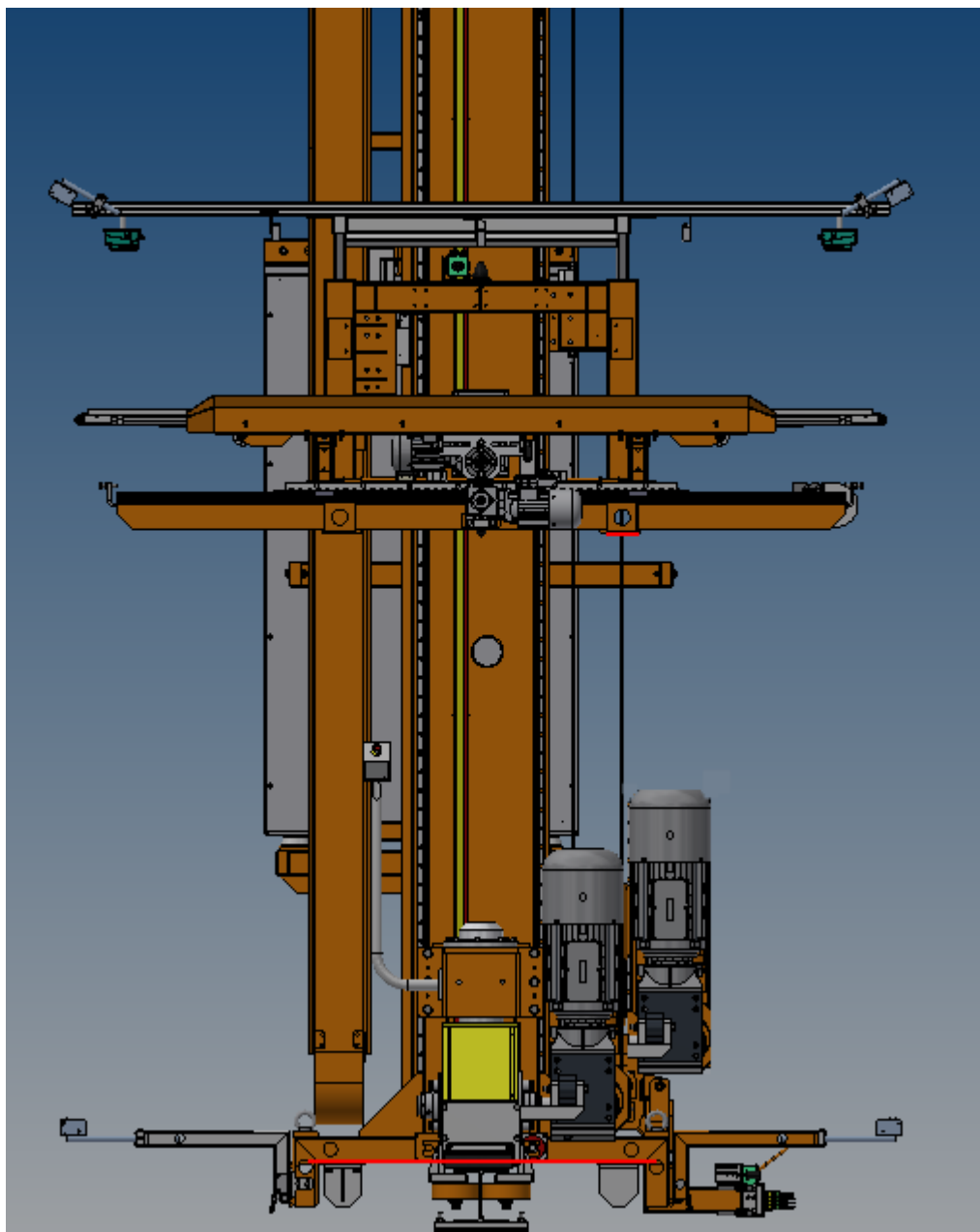
Στον κορμό επίσης υπάρχει και ο δεύτερος μεγάλος κινητήρας που κινεί κάθετα ολόκληρο το κινητό τμήμα του γερανού με τη βοήθεια της οδοντωτής ζώνης – αλυσίδας (vertical chain) που βρίσκεται στο κάθετο κορμό.



Εικόνα 6.1 – Σταθερό μέρος της μηχανής με τα αντίστοιχα αισθητήρια που κινείται μόνο κατά τον οριζόντιο άξονα



Εικόνα 6.2 – Το κινητό μέρος της μηχανής που κινείται ολόκληρο προς τον κάθετο άξονα και έπειτα οι τρίτοι άξονες (Z) που το αποτελούν. Πίσω από την μηχανή βρίσκεται ο ηλεκτρολογικός πίνακας που παραμένει στο σταθερό κομμάτι και κινείται μόνο ως προς τον οριζόντιο άξονα

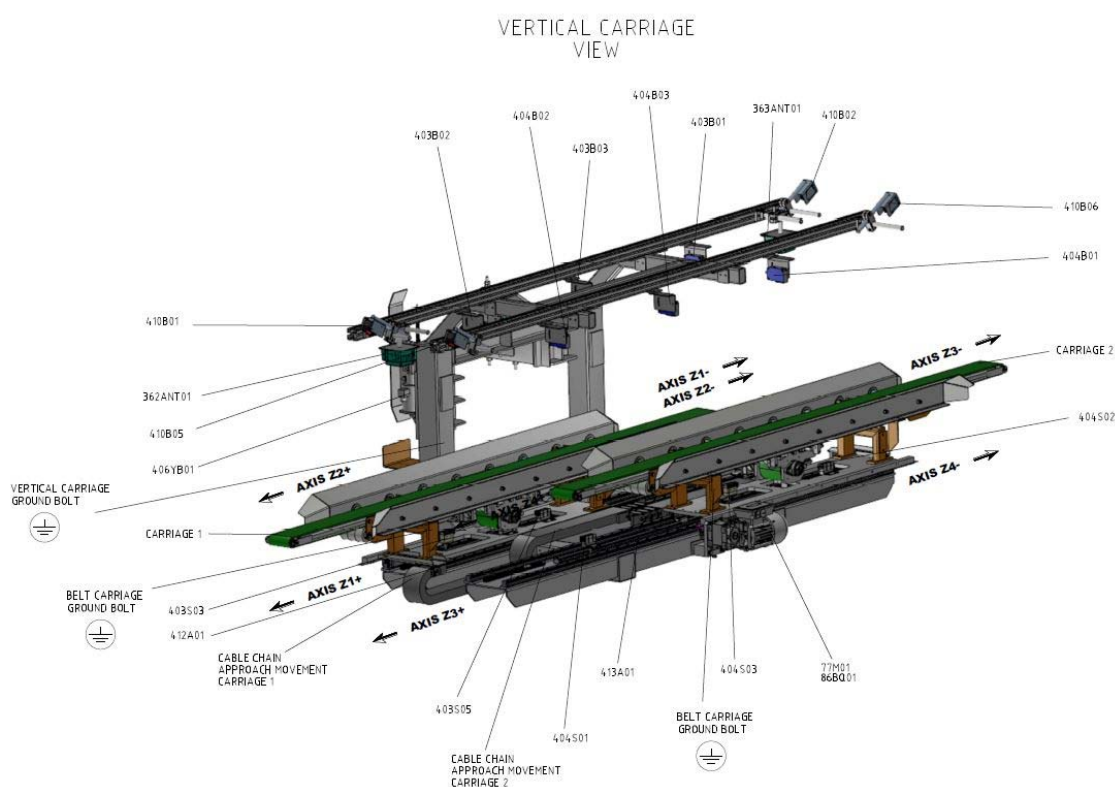


Εικόνα 6.3 – Πρόσωση μηχανής με το σταθερό και το κινητό μέρος. Οι δύο μεγάλοι κινητήρες βρίσκονται στο σταθερό μέρος και είναι σε θέση να κινούν τη μηχανή ως προς τον οριζόντιο και κάθετο άξονα.

Έχοντας ως αναφορά την *εικόνα 6.4* και την *εικόνα 6.5* το κινητό τμήμα είναι και το πιο περίπλοκο καθώς σε αυτό βρίσκονται τα περισσότερα αισθητήρια, που αυτά είναι που μας δίνουν την έγκριση ώστε να εκτελεστεί μία εντολή, οι δύο φορτωτές που φορτώνουν ή ξεφορτώνουν τα ρολά, οι δύο ζώνες που ανήκουν στον κάθε ένα από τους φορτωτές και οι τέσσερις κινητήρες που κινούν τους δύο φορτωτές και τις δύο ζώνες αντίστοιχα .

Ως φορτωτής 1 θεωρείται ο εσωτερικός από τον κορμό ( άξονες Z1 & Z2) και ως φορτωτής 2 ο εξωτερικός (άξονες Z3 & Z4).





Εικόνα 6.4 – Πρόσωση εξαρτημάτων του κινητού μέρους της μηχανής

### 7.1.2. Κινητήρες

Σε αυτό μέρος θα περιγράψουμε την δομή και κατά βάση τους κινητήρες οι οποίοι εκτελούν την κάθε κίνηση των αξόνων. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, οι άξονες που έχουμε να διαχειριστούμε είναι σε σύνολο έξι. Κοιτάζοντας την εικόνα 6.4 και εστιάζοντας στις αναγραφές axis μπορούμε να εντοπίσουμε 4 άξονες.

Αυτοί είναι οι :

1. Z1 : η κίνηση Z1- και Z1+, κατεύθυνση αριστερά και δεξιά αντίστοιχα στα ράφια της αποθήκης του εσωτερικού μέρους του γερανού λεγόμενο ως φορτίο 1 (carriage 1)
2. Z2 : η περιστροφική κίνηση Z2- και Z2+, κατεύθυνση αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη της ζώνης 1 του φορτίου 1 ανάλογα με την εντολή ανάκτηση ή εκφόρτωση (Belt 1).

3. Z3 : η κίνηση Z3- και Z3+, κατεύθυνση αριστερά και δεξιά αντίστοιχα στα ράφια της αποθήκης του εσωτερικού μέρους του γερανού λεγόμενο ως φορτίο 2 (carriage 2)
4. Z4 : η περιστροφική κίνηση Z4- και Z4+, κατεύθυνση αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη της ζώνης 2 του φορτίου 2 ανάλογα με την εντολή ανάκτηση ή εκφόρτωση (Belt 2).

Οι τέσσερις αυτοί κινητήρες είναι οι μικροί κινητήρες του γερανού με τις παρακάτω ονομαστικές τιμές :

Ισχύς (Power) :	1.1	kW
Ταχύτητα στροφών (Speed):	1455	rpm
Τάση(Voltage):	230/400	V
Ρεύμα (Current):	6.55	A
Συχνότητα (Frequency):	50	Hz
Γωνία φάσης (Power factor, cosφ):	0.7	

και οι τέσσερις αυτοί κινητήρες ανήκουν στο κομμάτι του γερανού το οποίο κινείται όπως περιγράψαμε στην προηγούμενη ενότητα.

Μέσα από την *εικόνα 6.3* μπορούμε εύκολα να διακρίνουμε τους δύο μεγάλους σε ισχύ κινητήρες που εκτελούν την οριζόντια και την κάθετη κίνηση.

Ο κινητήρας που κινεί τον γερανό στον οριζόντιο άξονα οφείλει να σηκώνει ολοκληρωτικά το βάρος του. Ο κινητήρας που κινεί τον κάθετο άξονα σηκώνει μόνο το βάρος του κινητού τμήματος, ωστόσο επειδή κινείται κάθετα έως και δεκαπέντε μέτρα οφείλει να είναι υψηλών προδιαγραφών.

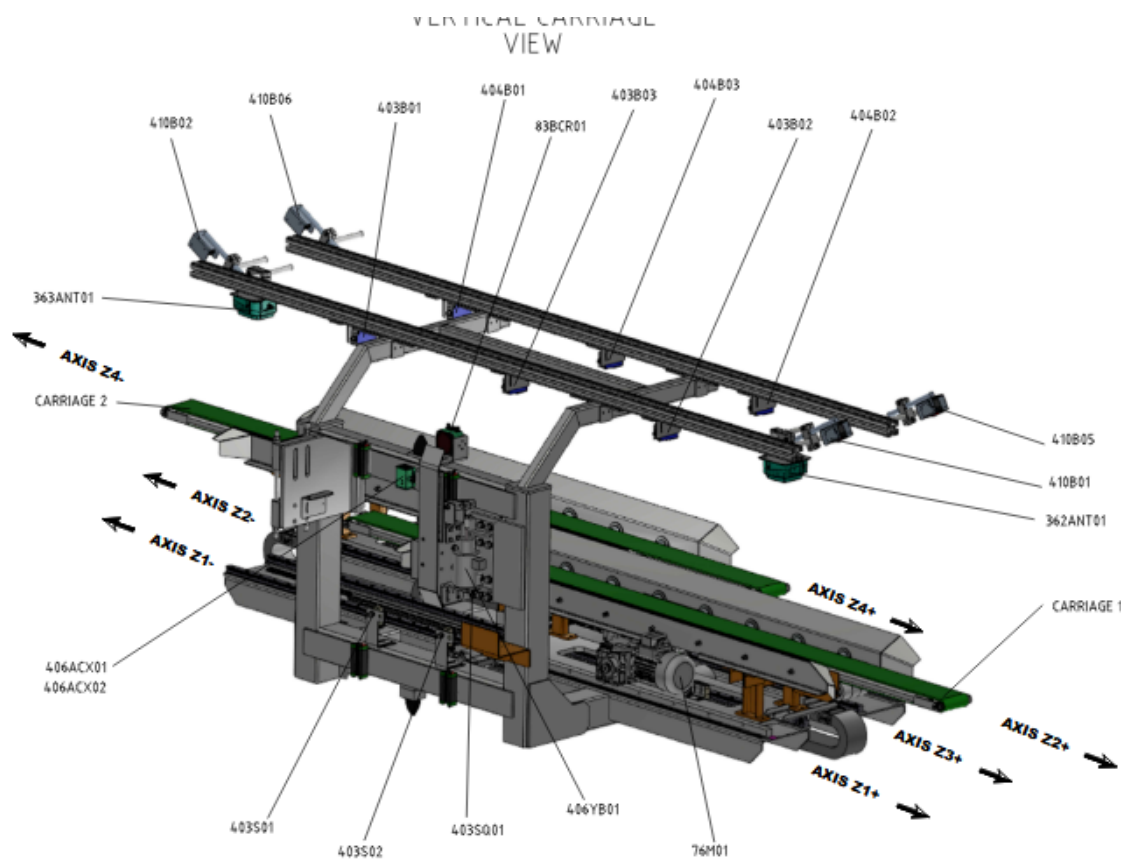
Οι δυο αυτοί κινητήρες είναι οι μεγάλοι κινητήρες του γερανού με τις παρακάτω ονομαστικές τιμές :

Ισχύς (Power) :	9.7	kW
Ταχύτητα στροφών (Speed):	3000	rpm
Τάση(Voltage):	400	V
Ρεύμα (Current):	19.90	A
Συχνότητα (Frequency):	87	Hz
Γωνία φάσης (Power factor, cosφ):	0.8	

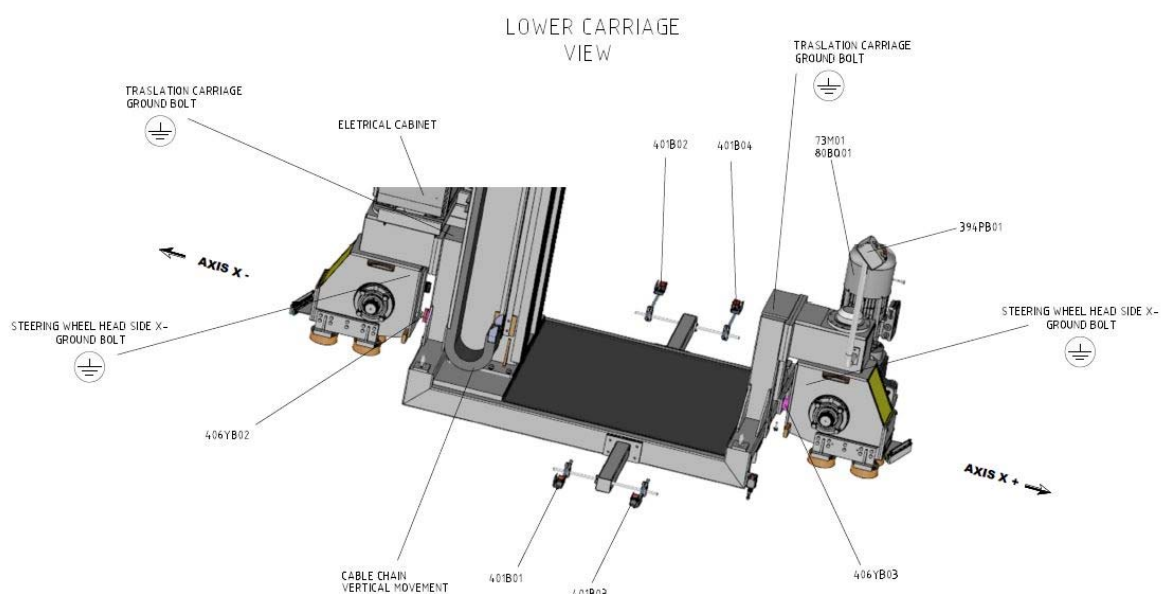
Και οι δύο είναι τοποθετημένοι στην βάση.

### 7.1.3. Αισθητήρια και εξαρτήματα του κινούμενου μέρους του SC

Και πάλι παρατηρώντας την *εικόνα 6.4* & *εικόνα 6.5* μπορούμε να παρατηρήσουμε όλα τα αισθητήρια που έχει ο γερανός. Σαφώς τα αισθητήρια έχουν πολύ σημαντικό ρόλο καθώς είναι αυτά που δίνουν την εντολή ώστε να προβούμε στην επόμενη κίνηση. Χωρίς αισθητήρια, δεν υφίσταται κανένα αυτόνομο σύστημα.



Εικόνα 6.5 – Εξαρτήματα του κινητού μέρους της μηχανής οπίσθια οπτική



Εικόνα 6.6 – Εξαρτήματα του σταθερού μέρους της μηχανής

Έτσι θα περιγράψουμε τη λειτουργία του καθενός από αυτά ξεκινώντας από το κάτω τμήμα. Στο κάτω τμήμα λοιπόν έχουμε τους άξονες Z1 και Z3 για το φορτίο 1 και 2 αντίστοιχα. Έτσι έχουμε έξι τερματικούς διακόπτες όπου οι τέσσερις ορίζουν την μέγιστη πορεία που μπορεί να κινηθεί ο εκάστοτε άξονας προς τα αριστερά και δεξιά καθώς και το σημείο 0.0 (negative/positive hardware overtravel)

- 403S01 Τερματικός άξονα Z1- (negative hardware overtravel Z1-)
- 403S02 Σημείο 0.0 για τον άξονα Z1
- 403S03 Τερματικός άξονα Z1+ (positive hardware overtravel Z1+)
- 404S02 Τερματικός άξονα Z3- (negative hardware overtravel Z3-)
- 404S03 Σημείο 0.0 για τον άξονα Z3
- 404S01 Τερματικός άξονα Z3+ (positive hardware overtravel Z3+)

Αντίστοιχοι τερματικοί υπάρχουν και για τους άξονες X και Y για το μέγιστο και ελάχιστο σημείο που μπορούν να φτάσουν αλλά δεν υπάρχει σημείο ισορροπίας διότι οι

συγκεκριμένοι άξονες λειτουργούν και αναγνωρίζουν την θέση τους με την γεννήτρια απόλυτης θέσης (absolute encoder).

Παρατηρώντας την *εικόνα 6.6* το χαμηλό και σταθερό σημείο του κορμού έχουμε άλλα τέσσερα αισθητήρια λείζερ που ενεργοποιούνται όταν διακοπεί η δέσμη, τα οποία ελέγχουν αν οι άξονες Z1 και Z3 βρίσκονται σε σημείο ισορροπίας ή μέσα σε ένα μικρό εύρος γύρω από το σημείο ισορροπίας ώστε έπειτα να μπορεί να κινηθεί ο άξονας X και Y ή αντίστοιχα αν ένα ρολό έχει φορτωθεί σωστά και δεν προεξέχει από το φορτίο μας. Για παράδειγμα αν ο άξονας Z1 βρίσκεται κάτω από ένα ράφι της αποθήκης είναι λογικό ο γερανός να μη μπορεί να μετακινηθεί ούτε οριζόντια ούτε κάθετα διότι θα προκληθεί ατύχημα. Αντίστοιχα αν για κάποιο λόγο ένα ρολό έχει φορτωθεί σε λάθος θέση. Για να μπορέσει να κινηθεί τα συγκεκριμένα αισθητήρια πρέπει να βλέπουν πάντα την οροφή της μηχανής συνεπώς να μην διακόπτεται η δέσμη λείζερ.

- 401B01 Ρολό εκτός ορίων Z2+ (Fabric roll out of overall Z2+)
- 401B02 Ρολό εκτός ορίων Z2- (Fabric roll out of overall Z2-)
- 401B03 Ρολό εκτός ορίων Z4+ (Fabric roll out of overall Z4+)
- 401B04 Ρολό εκτός ορίων Z4- (Fabric roll out of overall Z4-)

Έπειτα συνεχίζουμε με την περιγραφή του πάνω μέρους της μηχανής όπου έχουμε σε σύνολο δέκα αισθητήρια, πέντε για το ένα φορτίο και πέντε για το άλλο. Ξεκινώντας από τα τέσσερα εξωτερικά τα οποία είναι συνδεδεμένα με την IOlink συσκευή αναλογικών εισόδων, τα οποία διαβάζουν την απόσταση που έχει η μηχανή και ο εκάστοτε άξονας από το εκάστοτε ράφι της αποθήκης. Μέσω της τιμής μπορούμε να καταλάβουμε αν ένα ράφι είναι άδειο ή υπάρχει ήδη ένα ρολό υφάσματος. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε αν το ράφι είναι άδειο ώστε να μπορεί να αποθηκευτεί το ρολό στο συγκεκριμένο ράφι ή από άλλη να γνωρίσουμε αν είναι γεμάτο για να μπορούμε να το βγάλουμε από την αποθήκη. Οπότε εξαρτάται πάντα από το τι θέλουμε να κάνουμε, φόρτωση ή εκφόρτωση να γίνεται και ο κατάλληλος έλεγχος. Αυτά τα αισθητήρια είναι:

- 410B01 Έλεγχος απόστασης & ελεύθερο πεδίο Z1+
- 410B02 Έλεγχος απόστασης & ελεύθερο πεδίο Z1-
- 410B05 Έλεγχος απόστασης & ελεύθερο πεδίο Z3+

- 410B06 Έλεγχος απόστασης & ελεύθερο πεδίο Z3-

Τα επόμενα έξι αισθητήρια είναι αισθητήρια ψηφιακά με μια δέσμη φωτός που ενεργοποιούνται όταν το ρολό είναι παρόν και έπειτα σταματούν οι άξονες Z2 και Z4 που είναι οι ζώνες. Έτσι για παράδειγμα όταν η μηχανή είναι έτοιμη να φορτώσει ένα ρολό από την δεξιά πλευρά της αποθήκης (+) στο φορτίο 1, η ζώνη αφού έχει γίνει ο έλεγχος με τα αισθητήρια της απόστασης θα ξεκινήσει να κινείται αριστερόστροφα και θα σταματήσει να περιστρέφεται μέσω του αισθητηρίου 403B01 όταν θα ανιχνεύσει πως το ρολό είναι παρόν.

- 403B01 Stop ζώνη 1 κίνηση προς Z1-
- 403B02 Stop ζώνη 1 κίνηση προς Z1+
- 404B01 Stop ζώνη 2 κίνηση προς Z3-
- 404B02 Stop ζώνη 2 κίνηση προς Z3+

Τα δύο κεντρικά τώρα είναι ίδιου τύπου αλλά ελέγχουν αν είναι παρόν το ρολό στο φορτίο ή όχι. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε αν υπάρχει ρολό στο φορτίο για να αποφασίσουμε τι πρέπει να κάνουμε, φόρτωση ή εκφόρτωση. Για παράδειγμα δεν μπορούμε να κάνουμε φόρτωση αν υπάρχει ήδη ένα ρολό στο φορτίο ή αντίστοιχα δεν μπορούμε να κάνουμε εκφόρτωση αν δεν υπάρχει ρολό στο φορτίο.

- 403B03 Έλεγχος παρουσίας ρολού στη ζώνη 1
- 404B03 Έλεγχος παρουσίας ρολού στη ζώνη 2

Τέλος στην ίδια περιοχή βρίσκεται και οι αντένες RFID οι οποίες μόνο όταν ένα ρολό φορτώνεται στην μηχανή, διαβάζουν τον κωδικό μέσω ενός μεταλλικού αυτοκόλλητου που βρίσκεται στο εσωτερικό του ρολού. Με το που διαβάσουν τον κωδικό γνωρίζουμε ανάλογα με την εντολή που έχουμε να πραγματοποιήσουμε σε ποια θέση ακριβώς βρίσκεται το συγκεκριμένο προϊόν. Υπάρχουν δύο αντένες διότι δεν γνωρίζουμε από ποια πλευρά του ρολού βρίσκεται το μεταλλικό αυτοκόλλητο όταν εισέρχεται στην αποθήκη.

- 362ANT01 Έλεγχος κωδικού προϊόντος από δεξιά (+)
- 363ANT01 Έλεγχος κωδικού προϊόντος από αριστερά (-)

## 7.2. Η αποστολή - The Mission

Για να εκτελέσει το SC μία κίνηση, πρέπει να λάβει μια αποστολή . Αυτή η αποστολή πραγματοποιείται με την ανάγνωση ενός κωδικοποιημένου μηνύματος, μία σειρά αριθμών από που κάθε δεδομένο έχει κάποια σημασία για την τελική πράξη.

Η αποστολή που έχει κάθε φορά ο γερανός μας να εκτελέσει πραγματοποιείται αφού λάβει το μήνυμα 2012 από ανώτερο σύστημα διαχείρισης της αποθήκης. Ο ελεγκτής, με το τέλος της αποστολής θα απαντήσει με το μήνυμα 2013 και έτσι είναι έτοιμος να λάβει την επόμενη αποστολή . Και έτσι ο κύκλος συνεχίζεται.

Το μήνυμα 2012 είναι αυτό που εμείς λαμβάνουμε από το ανώτερο σύστημα ενώ το μήνυμα 2013 αυτό που στέλνουμε πίσω. Η μόνη διαφορά μεταξύ των δύο μηνυμάτων είναι πως στο μήνυμα 2013 έχουμε δύο επιπλέον πεδία που στην ουσία είναι το αποτέλεσμα της αποστολής, αν πραγματοποιήθηκε ή όχι και αν όχι ποιος ο λόγος. Το λεγόμενο feedback.

### 7.2.1. Μήνυμα 2012

Το μήνυμα λοιπόν που λαμβάνουμε από το ανώτερο επίπεδο έχει την εξής μορφή

0	MSG_LEN	Μήκος μηνύματος - σταθερό = 21
1	PR_MSG	Αύξων Αριθμός μηνύματος
2	ID_MSG	Ταυτότητα Μηνύματος 2012
3	ID_PLC	Ταυτότητα PLC (1 - 7)
4	ID_SRC	Δεν χρησιμοποιείται
5	ORDER_ID	<b>Ταυτότητα σκοπού:</b> 0= χρησιμοποιείται για καταγραφή εμπορευμάτων εντός της αποθήκης 1= Παραγγελία
6	MISSION_ID	Χρησιμοποιείται μόνο αν η ταυτότητα σκοπού = 0, η τρέχων ταυτότητα μηνύματος
7	DEVICE_NR	Ταυτότητα του γερανού (3401 = SC1, 3401 = SC1,....., 3407 = SC7 )
8	MISSION_TYPE	1 = Φόρτωση από μία θέση 2 = Εκφόρτωση σε προορισμό 3 = Απλή μετακίνηση σε μια άλλη θέση

9	CRANE_BELT	1 = Εσωτερική - κοντά στον κορμό 2 = Εξωτερική - πιο μακριά από τον κορμό
10	DEVICE	1 = Αποθήκη 2 = Περιοχή φόρτωσης/εκφόρτωσης
11	SIDE	Αν DEVICE = 1 (Αποθήκη) 1 = Αριστερά 2 = Δεξιά (Για διευκρινήσεις, αναφέρεται στην εικόνα 5.2 ) Αλλιώς 0
12	LEVEL	Αν DEVICE = 1 (Αποθήκη) 1 = Επίπεδο 1 2 = Επίπεδο 2 . . . 23 = Επίπεδο 23 (Για διευκρινήσεις, αναφέρεται στην εικόνα 5.3) ΑΛΛ 0
13	POSTITION	Αν DEVICE = 1 (Αποθήκη) 1 = Σειρά 1 2 = Σειρά 2 . . . xx = Σειρά xx Αν DEVICE = 2 (Περιοχή φόρτωσης/εκφόρτωσης) 1 = Διάδρομος Φόρτωσης 2 = Διάδρομος Εκφόρτωσης Αλλιώς 0
14	SUB_POSITION	Αν DEVICE = 1 (Αποθήκη) 1, 2, 3, 4, 5, 6 = Για μικρά ρολά 11, 12, 13, 14 = Για μεσαία 21, 22, 23 = Για μεγάλα ρολά Αλλιώς 0 ρολά (Για διευκρινήσεις, αναφέρεται στην εικόνα 5.3 )



15	TYPE_PALLET	0 = Γερανός άδειος 1 = Δίσκος άδειος 2 = Δίσκος με ρολό
16	RF_ID_1	Λογική RF ID τύπου FIFO (First in – First Out) σε φόρμα ASCII (American Standard Code for Information Interchange) – οι πρώτοι τέσσερις χαρακτήρες
17	RF_ID_2	Λογική RF ID τύπου FIFO (First in – First Out) σε φόρμα ASCII (American Standard Code for Information Interchange) οι επόμενοι τέσσερις χαρακτήρες
18	RF_ID_3	Λογική RF ID τύπου FIFO (First in – First Out) σε φόρμα ASCII (American Standard Code for Information Interchange) οι επόμενοι τέσσερις χαρακτήρες
19	RF_ID_4	Λογική RF ID τύπου FIFO (First in – First Out) σε φόρμα ASCII (American Standard Code for Information Interchange) οι επόμενοι τέσσερις χαρακτήρες
20	RF_ID_5	Λογική RF ID τύπου FIFO (First in – First Out) σε φόρμα ASCII (American Standard Code for Information Interchange) οι επόμενοι τέσσερις χαρακτήρες

### 7.2.2. Φόρτωση από θέση

Έχοντας λάβει το μήνυμα από το ανώτερο επίπεδο και έχοντας μέσα στο μήνυμα στη σειρά 8 όπου αναφέρεται το είδος της αποστολής έχουμε την τιμή «1» ο γερανός μας είναι έτοιμος να εκτελέσει την αποστολή φόρτωσης από τη συγκεκριμένη θέση κάνοντας τους παρακάτω ελέγχους:

1. Έλεγχος γερανού με τα κεντρικά αισθητήρια 403B03, 404B03 αν είναι άδεια η συγκεκριμένη ζώνη που αναφέρεται στο μήνυμα
2. Έλεγχος μέσω των τερματικών κεντρικών αισθητηρίων 403S02 & 404S03 αν και οι δύο ζώνες – φορτία είναι στην θέση 0,0
3. Μετακίνηση σε επιθυμητή θέση στον άξονα X και Y
4. Μετακίνηση σε επιθυμητή θέση στον άξονα Z. Σε αυτό το σημείο ο άξονας Z, η ζώνη είναι λίγα χιλιοστά κάτω από το επιθυμητό ράφι και περίπου 3 εκατοστά βαθύτερα από τον δίσκο που βρίσκεται ήδη το ράφι όπως φαίνεται στην *εικόνα 6.7* που ακολουθεί



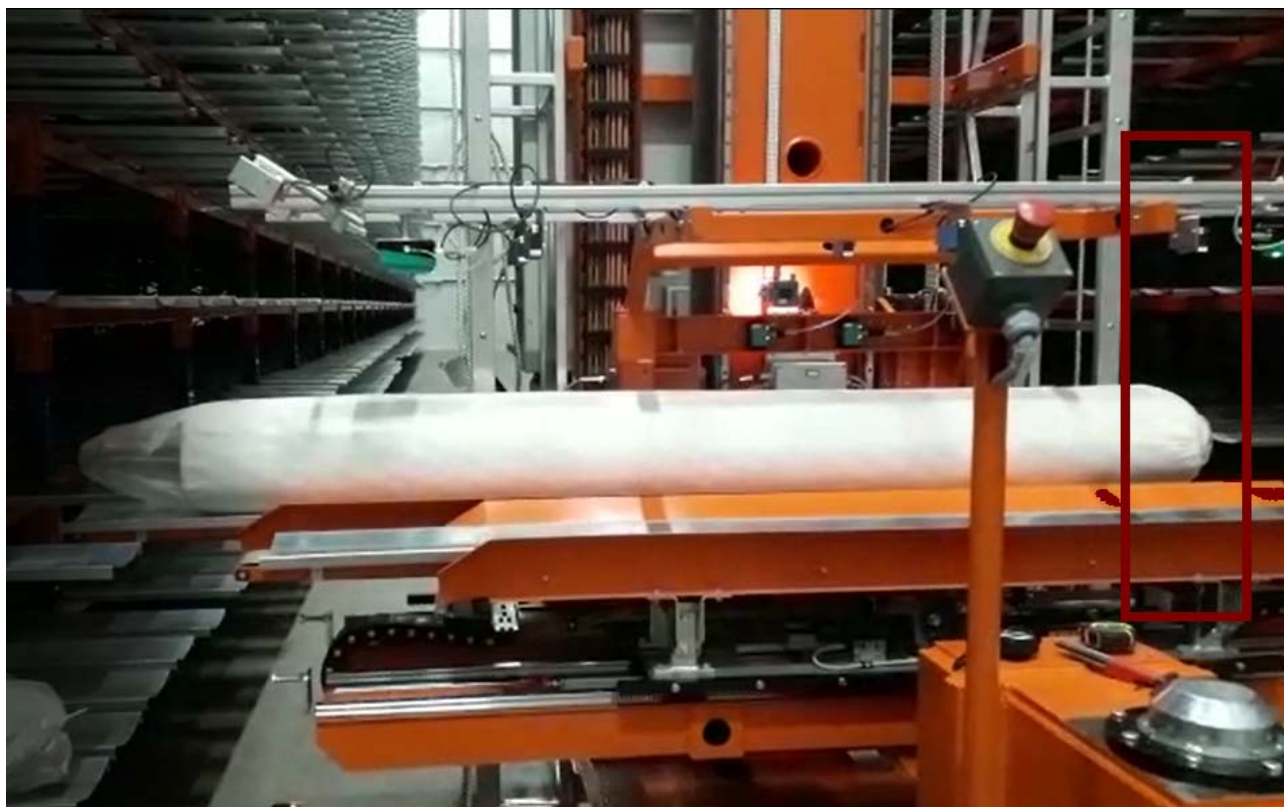
Εικόνα 6.7 – Πρώτο στάδιο θέσης μηχανής, αρχική θέση X,Y,Z

5. Μετακίνηση άξονα Y λίγο πιο πάνω μέχρι να ακουμπήσει τον δίσκο και να σηκωθεί όπως φαίνεται στην *εικόνα 6.8* που ακολουθεί



Εικόνα 6.8 – Δεύτερο στάδιο θέσης μηχανής, αρχική θέση X,Y,Z υψωμένη κατά 3 εκατοστά, Μηχανή έτοιμη για φόρτωση

6. Έναρξη άξονα Z2 ή Z4, περιστροφική κίνηση της ζώνης με κατεύθυνση τέτοια ώστε το ρολό να φορτωθεί στον γερανό μας. Στο παράδειγμα μας, έτσι όπως κοιτάμε την εικόνα 6.8 η ζώνη θα περιστρέφει δεξιόστροφα.
7. Σταμάτημα λειτουργίας της ζώνης μέσω των αισθητηρίων 403B01 και 404B01 για την ζώνη 1 και τη ζώνη 2 αντίστοιχα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 6.9.



Εικόνα 6.9 – Ανάγνωση παρουσίας, το συγκεκριμένο αισθητήριο διαβάζει πως υπάρχει φορτωμένο ρολό

8. Μετακίνηση φορτίου αξόνων Z1 & Z3 στο σημείο 0.0. (εικόνα 6.10)



Εικόνα 6.10 – Άξονες Z σε ισορροπία

9. Έλεγχος με τα κεντρικά τερματικά αισθητήρια 403S04 & 404S03 για το φορτίο ένα και δύο αντίστοιχα αν βρίσκεται στη θέση 0.0
10. Έλεγχος με τα αισθητήρια που βρίσκονται στη βάση 401B01, 401B02, 401B03, 401B04 αν το ρολό φορτώθηκε σωστά.
11. Έλεγχος με τα αναλογικά αισθητήρια αν το ράφι από το οποίο φορτώθηκε το ρολό είναι άδειο
12. Έλεγχος με τα κεντρικά αισθητήρια 403B03, 404B03 δεύτερη φορά για το αν υπάρχει ρολό στη ζώνη μετά την φόρτωση

Αν πληρούνται όλοι οι παραπάνω έλεγχοι η αποστολή φόρτωσης έχει ολοκληρωθεί με επιτυχία και ο γερανός είναι έτοιμος να δεχτεί το επόμενο μήνυμα του. Αν έστω και ένας έλεγχος δεν έχει γίνει σωστά το γερανός σταματάει στο εκάστοτε βήμα και εμφανίζεται στην οθόνη το αντίστοιχο μήνυμα λάθους ή κατάστασης που δεν έλαβε τέλος με επιτυχία.

### 7.2.3. Εκφόρτωση σε θέση

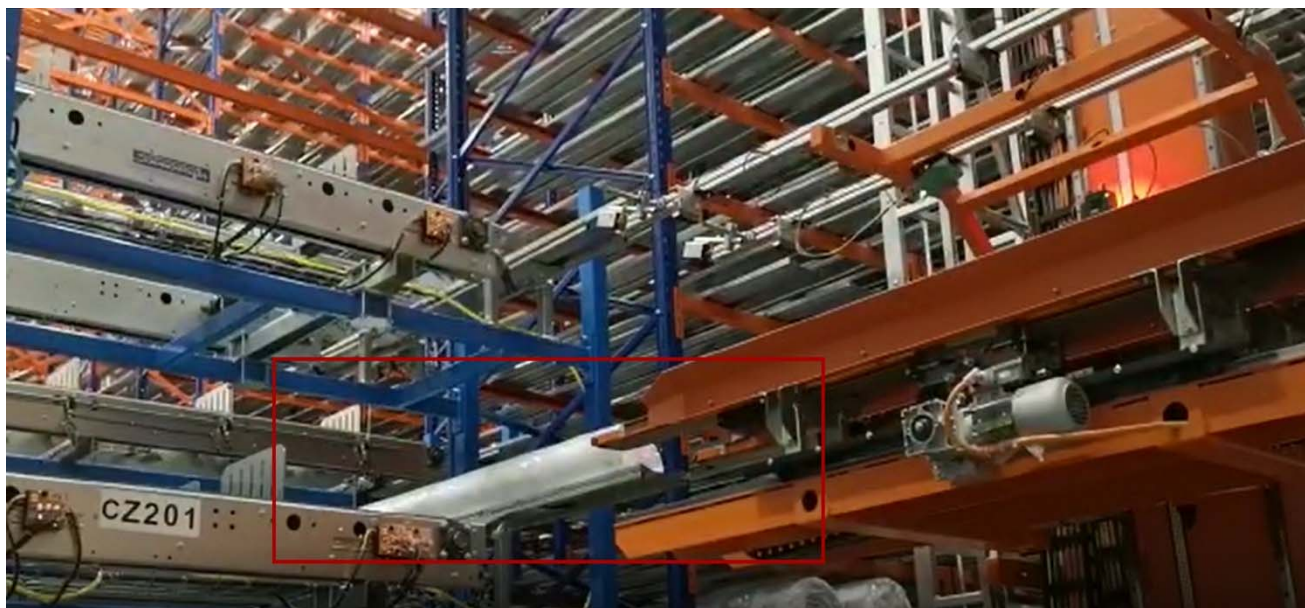
Στην εκφόρτωση ο έλεγχος που γίνεται είναι ακριβώς ό ίδιος απλώς με λίγο διαφορετική σειρά. Έτσι έχουμε:

1. Έλεγχος με τα κεντρικά αισθητήρια 403B03, 404B03 για το αν υπάρχει το ρολό στη ζώνη.
2. Έλεγχος μέσω των τερματικών κεντρικών αισθητηρίων 403S02 & 404S03 αν και οι δύο ζώνες – φορτία είναι στην θέση 0,0
3. Μετακίνηση σε επιθυμητή θέση στον άξονα X και Y.
4. Μετακίνηση σε επιθυμητή θέση στον άξονα Z. Σε αυτό το σημείο ο άξονας Z, η ζώνη είναι λίγα χιλιοστά πάνω από το επιθυμητό ράφι όπως φαίνεται στην *εικόνα 6.11* που ακολουθεί. Η συγκεκριμένη εκφόρτωση δίνεται στον διάδρομο εκφόρτωσης (CZ201) και έπειτα το ρολό φεύγει από την αποθήκη.



Εικόνα 6.11 – Μηχανή έτοιμη σε θέση για εκφόρτωση στους διαδρόμους μεταφοράς. Έπειτα το φορτίο φεύγει από την αποθήκη

5. Έναρξη άξονα Z2 ή Z4, περιστροφική κίνηση της ζώνης με κατεύθυνση τέτοια ώστε το ρολό να φορτωθεί στον γερανό μας. Στο παράδειγμα μας, έτσι όπως κοιτάμε την εικόνα 6.11 η ζώνη θα περιστρέφει αριστερόστροφα .
6. Σταμάτημα λειτουργίας της ζώνης μέσω των αισθητηρίων 403B02 και 404B02 για την ζώνη 1 και τη ζώνη 2 αντίστοιχα
7. Μετακίνηση φορτίου αξόνων Z1 & Z3 στο σημείο 0.0. Όπως βλέπουμε στην επόμενη εικόνα 6.12 το ρολό έχει εκφορτωθεί σωστά και οι δύο Z άξονες βρίσκονται στο σημείο ισοροπίας.



Εικόνα 6.12 – Το ρολό βρίσκεται στη θέση εκφόρτωσης και οι άξονες Z σε θέση ισορροπίας

8. Έλεγχος με τα κεντρικά τερματικά αισθητήρια 403S04 & 404S03 για το φορτίο ένα και δύο αντίστοιχα αν βρίσκεται στη θέση 0.0
9. Έλεγχος με τα αισθητήρια που βρίσκονται στη βάση 401B01, 401B02, 401B03, 401B04 αν η θέση των ζωνών δεν προεξέχουν .
10. Έλεγχος με τα αναλογικά αισθητήρια αν το ράφι στο οποίο φορτώθηκε το ρολό περιέχει το ρολό
11. Έλεγχος με τα κεντρικά αισθητήρια 403B03, 404B03 δεύτερη φορά αν ζώνη μετά την εκφόρτωση είναι άδεια.

Αν πληρούνται όλοι οι παραπάνω έλεγχοι η αποστολή εκφόρτωσης έχει ολοκληρωθεί με επιτυχία και ο γερανός είναι έτοιμος να δεχτεί το επόμενο μήνυμα του.

Αν έστω και ένας έλεγχος δεν έχει γίνει σωστά το γερανός σταματάει στο εκάστοτε βήμα και εμφανίζεται στην οθόνη το αντίστοιχο μήνυμα λάθους ή κατάστασης που δεν έλαβε τέλος με επιτυχία.

#### 7.2.4. Μήνυμα 2013

Το μήνυμα που στέλνω αμέσως μετά την ολοκλήρωση της αποστολής είτε είναι επιτυχής είτε όχι έχει την εξής μορφή

0	MSG_LEN	Μήκος μηνύματος - σταθερό = 21
1	PR_MSG	Αύξων Αριθμός μηνύματος
2	ID_MSG	Ταυτότητα Μηνύματος 2012
3	ID_PLC	Ταυτότητα PLC (1 - 7)
4	ID_SRC	Δεν χρησιμοποιείται
5	ORDER_ID	Ταυτότητα σκοπού: 0= χρησιμοποιείται για καταγραφή εμπορευμάτων εντός της αποθήκης 1= Παραγγελία
6	MISSION_ID	Χρησιμοποιείται μόνο αν η ταυτότητα σκοπού = 0, η τρέχων ταυτότητα μηνύματος
7	DEVICE_NR	Ταυτότητα του γερανού (3401 = SC1, 3401 = SC1,....., 3407 = SC7 )
8	MISSION_TYPE	1 = Φόρτωση από μία θέση 2 = Εκφόρτωση σε προορισμό 3 = Απλή μετακίνηση σε μια άλλη θέση
9	CRANE_BELT	1 = Εσωτερική - κοντά στον κορμό 2 = Εξωτερική - πιο μακριά από τον κορμό
10	DEVICE	1 = Αποθήκη 2 = Περιοχή φόρτωσης/εκφόρτωσης
11	SIDE	Αν DEVICE = 1 (Αποθήκη) 1 = Αριστερά 2 = Δεξιά (Για διευκρινήσεις, αναφέρεται στην εικόνα 5.2) Αλλιώς 0
12	LEVEL	Αν DEVICE = 1 (Αποθήκη) 1 = Επίπεδο 1 2 = Επίπεδο 2 . . . 23 = Επίπεδο 23 (Για διευκρινήσεις, αναφέρεται στην εικόνα 5.3) Αλλιώς 0



13	POSTITION	<p>Αν DEVICE = 1 (Αποθήκη)</p> <p>1 = Σειρά 1</p> <p>2 = Σειρά 2</p> <p>.</p> <p>.</p> <p>.</p> <p>xx = Σειρά xx</p> <p>Αν DEVICE = 2 (Περιοχή φόρτωσης/εκφόρτωσης)</p> <p>1 = Διάδρομος Φόρτωσης</p> <p>2 = Διάδρομος Εκφόρτωσης</p> <p>Αλλιώς 0</p>
14	SUB_POSITION	<p>Αν DEVICE = 1 (Αποθήκη)</p> <p>1, 2, 3, 4, 5, 6 = Για μικρά ρολά</p> <p>11, 12, 13, 14 = Για μεσαία</p> <p>21, 22, 23 = Για μεγάλα ρολά</p> <p>Αλλιώς 0 (Για διευκρινήσεις, αναφέρεται στην εικόνα 5.3 )</p>
15	TYPE_PALLET	<p>0 = Γερανός άδειος</p> <p>1 = Δίσκος άδειος</p> <p>2 = Δίσκος με ρολό</p>
16	ERROR_CODE	<p>1 = OK - Αποστολή ολοκληρώθηκε με επιτυχία</p> <p>2 = Αποτυχία φόρτωσης – Υπάρχει ήδη δίσκος φορτωμένος</p> <p>3 = Αποτυχία εκφόρτωσης – Δεν υπάρχει δίσκος φορτωμένος</p> <p>4 = Απασχολημένος – Ήδη μια αποστολή ενεργή</p> <p>5 = Αποτυχία RF ID – Δεν διαβάστηκε/Λάθος κωδικός</p> <p>6 = Αποτυχία – Πιθανή σύγκρουση</p> <p>7= Αποτυχία – Λάθος δεδομένα στις παραμέτρους του μηνύματος</p> <p>8 = Αποτυχία – Ο δίσκος παρέμεινε φορτωμένος</p>
17	MISSION_RESULT	<p>0 = Είναι σε λειτουργία</p> <p>1 = Ολοκληρώθηκε</p> <p>2 = Απορρίφθηκε – Αποστολή απέτυχε, Γερανός ίσως όχι άδειος – Νέα αποστολή θα σταλεί</p>

18	RF_ID_1	Λογική RF ID τύπου FIFO (First in – First Out) σε φόρμα ASCII (American Standard Code for Information Interchange) – οι πρώτοι τέσσερις χαρακτήρες
19	RF_ID_2	Λογική RF ID τύπου FIFO (First in – First Out) σε φόρμα ASCII (American Standard Code for Information Interchange) οι επόμενοι τέσσερις χαρακτήρες
20	RF_ID_3	Λογική RF ID τύπου FIFO (First in – First Out) σε φόρμα ASCII (American Standard Code for Information Interchange) οι επόμενοι τέσσερις χαρακτήρες
21	RF_ID_4	Λογική RF ID τύπου FIFO (First in – First Out) σε φόρμα ASCII (American Standard Code for Information Interchange) οι επόμενοι τέσσερις χαρακτήρες
22	RF_ID_5	Λογική RF ID τύπου FIFO (First in – First Out) σε φόρμα ASCII (American Standard Code for Information Interchange) οι επόμενοι τέσσερις χαρακτήρες

## 7.3. Λειτουργίες Μηχανής

### 7.3.1. Λειτουργία αυτό εκμάθησης (Self-Learning mode)

Είναι η λειτουργία όπου η μηχανή μας μαθαίνει τον χώρο λειτουργίας της. Τα όρια και οι ακραίες θέσεις της. Περιορισμοί και αρχικοποίηση θέσεων του περιβάλλον εργασίας.

Την ονομάζουμε Λειτουργία αυτό εκμάθησης διότι η μηχανή υπολογίζει μόνη της το χώρο εργασίας της και των συγκεκριμένων θέσεων που βρίσκονται στην αποθήκη.

Για να λειτουργεί σωστά η συγκεκριμένη λειτουργία κάποιοι παράμετροι θα πρέπει ήδη να πληρούνται. Ο πιο σημαντικός είναι αυτός των σταθερών διαστάσεων της σταθερής αποθήκης. Πιο συγκεκριμένα, οι αποστάσεις μεταξύ των ραφιών είτε στον κάθετο είτε στον οριζόντιο άξονα θα πρέπει να είναι αυστηρά σωστές με ακρίβεια χιλιοστού. Γίνεται αντιληπτό πως αν ο παραπάνω κανόνας δεν υλοποιείται οι θέσεις θα υπολογιστούν λάθος.

Στο συγκεκριμένο πρότζεκτ συνολικά μιλάμε για περίπου

$(20 \text{ στήλες} \times 5 \text{ μικρές θέσεις} \times 1 \text{ ράφια} = 100) +$

$(20 \text{ στήλες} \times 4 \text{ μεσαίες θέσεις} \times 19 \text{ ράφια} = 1520) +$

$(20 \text{ στήλες} \times 3 \text{ μικρές θέσεις} \times 3 \text{ ράφια} = 180) =$

Συνολικές θέσεις από την μία πλευρά(αριστερά ή δεξιά) = 1800

Θέσεις λειτουργίας ενός γερανού = 3600 (1800 X 2)

Συνολικές θέσεις αποθήκης, επτά γερανών = 25.200 (3600 X 7)

Αν λοιπόν τα ράφια μεταξύ τους έχουν σταθερή απόσταση και είναι μελετημένα τοποθετημένα με συγκεκριμένες αποστάσεις, μπορούμε εύκολα να υπολογίζουμε όλες τις θέσεις αποθηκεύοντας μόνο μία και ορίζοντας την ως την πρώτη θέση (1,1,1).

Γίνεται εύκολα αντιληπτό πως δεν είναι εφικτό για τις 25,200 θέσεις να δρομολογούμε χειροκίνητα τη μηχανή και να αποθηκεύουμε τη κάθε συγκεκριμένη θέση.

Έτσι γνωρίζοντας όλες τις αποστάσεις (offsets) μεταξύ των ραφιών, γνωρίζοντας τον μέγιστο αριθμό θέσεων που έχουμε μπορούμε να δημιουργήσουμε την συνάρτησή μας η οποία υπολογίζει αυτόματα όλες τις θέσεις.

Πιο απλά, ας υποθέσουμε πως η δεξιά πλευρά του γερανού ένα είναι ένας δισδιάστατος πίνακας ο οποίος αποτελείται από 20 στήλες 23 σειρές και από υποθέσεις 3-5 εξαρτάται από τη σειρά. Αν γνωρίζουμε την τοποθεσία της θέσης (1,1,1) εύκολα μπορούμε να υπολογίσουμε την κάθε επόμενη θέση. Για παράδειγμα έστω πως η θέση (1,1,1) έχει την τοποθεσία (X,Y,Z) η θέση που θα υπολογιστεί αμέσως μετά είναι η θέση (1,1,2) και θα έχει την τοποθεσία (X+Xoffset1, Y + Yoffset1, Z +Zoffset1 ) όπου

Xoffset1 = η απόσταση μεταξύ της πρώτης στήλης από τη δεύτερη ή γενικά η απόσταση μεταξύ των στηλών ως προς τον οριζόντιο άξονα

Yoffset1 = η απόσταση μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης σειράς.

Zoffset1 = η απόσταση μεταξύ των υποθέσεων όπου ποικίλλει ανάλογα με το σε ποια σειρά βρισκόμαστε ( μικρές, μεσαίες, μεγάλες θέσεις ρολών)

Στο παράδειγμα μας η τιμή Xoffset1 και Yoffset1 είναι 0 καθώς δεν αλλάζουμε σειρά και στήλη αλλά μόνο μεταξύ των υποθέσεων η οποία είναι μια σταθερά.

Συνολικά η τιμή Xoffset είναι πάντα σταθερή. Η τιμή Yoffset έχει συνολικά 2 σταθερές τιμές, η μία όταν μετακινούμαστε από την πρώτη σειρά στην δεύτερη και μέχρι και την σειρά 20 και η δεύτερη όταν μετακινούμαστε από την σειρά 20 μέχρι και την σειρά 23. Και η τιμή Zoffset έχει συνολικά 3 σταθερές τιμές εξαρτάται από το ποια σειρά βρισκόμαστε καθώς η απόσταση αυτή αυξάνεται καθώς αλλάζει ο τύπος ρολού. Έτσι έχουμε μία τιμή για την πρώτη σειρά, μία τιμή για τις σειρές 2-20 και μία ακόμη από τις σειρές 21-23.

Η συνάρτηση αυτή δημιουργείται με τρεις συνολικά κύκλους FOR όπου έτσι υπολογίζονται όλες οι διαθέσιμες θέσεις λαμβάνοντας υπ' όψει όλες τις σταθερές μεταξύ των ραφιών είτε ως προς τον κάθετο είτε προς τον οριζόντιο άξονα.

Η συνάρτηση αυτή φαίνεται παρακάτω γραμμένη σε structure text language.

```
// SC1 RIGHT SIDE - WORKING IN TRAIL 1 - POS 1-20 -----
```

```
IF #start_Fill_Normal_R THEN
```

```

#Travel_Memory_pos := 0;

#Vert_Memory_pos := 0;

#offset_sub_pos := 0;

#offset_column := 1673000; ///1675000; // offset between columns is fix 1675 mm

#Travel_Gap_Up_Down := 8000;
// gap because the machine benches - calculated value = 45-37= 55 55/23rows = 2.39mm

#Travel_Gap_R := (DINT_TO_REAL(#Travel_Gap_Up_Down)) / 23.0;

#Travel_Gap := ROUND(REAL_TO_DINT(#Travel_Gap_R));

#offset_sub_pos_type_1 := 258000; ///258000; // first row sub pos 6 258 mm

#offset_sub_pos_type_2 := 383000; ///383000; // middle row sub pos 4 383 mm

#offset_sub_pos_type_3 := 525000; ///525000; // last row sub pos 3 525 mm

#offset_change_to_type2 := 70000; ///70000; /// to be added in the plant 70 mm

#offset_change_to_type3 := 50000; ///50000; /// to be added in the plant 50 mm

#Min_Column := 1;

#Min_Row := 1;

#Min_Sub_Pos := 1;

#Max_Column := 20;

#Max_Row := 23;

// RIGHT SIDE FIRST PART OF THE WAREHOUSE

FOR #Column_Index := #Min_Column TO #Max_Column BY 1 DO

#offset_sub_pos := 0;

```

```

FOR #Vertical_Index := #Min_Row TO #Max_Row BY 1

  IF #Vertical_Index = 1 THEN

    #Max_Sub_Pos := 6;

  ELSIF #Vertical_Index > 1 AND #Vertical_Index < 21 THEN

    #Max_Sub_Pos := 4;

  ELSIF #Vertical_Index >= 21 THEN

    #Max_Sub_Pos := 3;

  END_IF;

  FOR #Sub_Pos_Index := #Min_Sub_Pos TO #Max_Sub_Pos BY 1 DO // loop for the sub positions

    "DB_SL_Warehouse_Right".Pos.Vertical[#Column_Index, #Vertical_Index, #Sub_Pos_Index] :=
    "DB_SL_Warehouse_Right".Pos.Vertical[1, 1, 1] + #Vert_Memory_pos; //vertical offset

    IF #Column_Index = 1 THEN

      // Store positions in arrays // offset column

      "DB_SL_Warehouse_Right".Pos.Travel[#Column_Index, #Vertical_Index, #Sub_Pos_Index] :=
      "DB_SL_Warehouse_Right".Pos.Travel[1, 1, 1] + #Travel_Memory_pos + #offset_sub_pos; // travel offset column +
      offset sub position

    ELSE

      "DB_SL_Warehouse_Right".Pos.Travel[#Column_Index, #Vertical_Index, #Sub_Pos_Index] :=
      #Travel_Memory_pos + #offset_sub_pos; // travel offset column + offset sub position

    END_IF;

    IF #Vertical_Index = 1 THEN // Calculation of next upper shelf positions

      #offset_sub_pos := #offset_sub_pos + #offset_sub_pos_type_1;

    ELSIF #Vertical_Index >= 2 AND #Vertical_Index <= 20 THEN

      #offset_sub_pos := #offset_sub_pos + #offset_sub_pos_type_2;

    ELSIF #Vertical_Index > 20 THEN

      #offset_sub_pos := #offset_sub_pos + #offset_sub_pos_type_3;

```

```

        END_IF;

    END_FOR;

    #offset_sub_pos := 0;

    IF #Vertical_Index >= 7 AND #Vertical_Index <= 22 THEN

        #Travel_Memory_pos := #Travel_Memory_pos - #Travel_Gap; // insert in every row the travel gap between
the rows

    END_IF;

    IF #Vertical_Index = 1 THEN

        #Travel_Memory_pos := #Travel_Memory_pos + #offset_change_to_type2;

    ELSIF #Vertical_Index = 20 THEN

        #Travel_Memory_pos := #Travel_Memory_pos + #offset_change_to_type3;

    END_IF;

    // offset vertical

    "SL_Adjust_Vertical_Right"(IndexColumn := #Column_Index,

        IndexVertical := #Vertical_Index,

        Vertical_Interax := #offset_vertical);

    #Vert_Memory_pos := #Vert_Memory_pos + #offset_vertical;

END_FOR;

// restart vertical position counter on lower shelf

#Vert_Memory_pos := 0;

#Travel_Memory_pos := "DB_SL_Warehouse_Right".Pos.Travel[#Column_Index, 1, 1];

#offset_sub_pos := 0;

// call new function for adjusting the offset column

```

```
"SL_Adjust_Travel_Right"(IndexColumn := #Column_Index,  
  
    Column_Interax := #offset_column);  
  
IF #Column_Index = 19 AND "DB_Config".First_Machine THEN  
  
    #offset_column := 1675000 - 10000;  
  
END_IF;  
  
// Calculation of next travel shelf positions  
  
#Travel_Memory_pos := #Travel_Memory_pos + #offset_column;  
  
END_FOR;  
  
END_IF;  
  
#Start_Fill_Normal_R := 0;
```

Ο παραπάνω κώδικας είναι για μία πλευρά της αποθήκης. Φυσικά δημιουργήθηκε για όλες τις πλευρές καθώς οι σταθερές που υπολογίζονται διαφέρουν σε ακρίβεια χιλιοστού που κάθε διαφορά επηρεάζει την κάθε επόμενη θέση καθώς οι τιμές προστίθενται.

Μέσω της παραπάνω λειτουργίας, γνωρίζουμε με ακρίβεια όλες τις θέσεις που μπορεί να λειτουργήσει η μηχανή καθώς έχουν υπολογιστεί και αποθηκευτεί στην κατάλληλη βάση δεδομένων.

Η λειτουργία αυτή αφορά μόνο τους χειριστές και αλλάζουν τα δεδομένα μόνο αν υπάρξει κάποια σοβαρή αλλαγή. Χρησιμοποιείται μόνο μια φορά στην αρχή για τον υπολογισμό των αρχικών θέσεων κάθε μηχανής καθώς και για τις περιοχές φόρτωσης και εκφόρτωσης.

Για κάθε μηχανή πρέπει να γνωρίζουμε τέσσερις σε σύνολο συγκεκριμένες θέσεις και έπειτα τις αποθηκεύουμε. Αυτές είναι :

- Θέση φόρτωσης
- Θέση εκφόρτωσης
- Θέση (1,1,1) δεξιάς πλευράς



- Θέση (1,1,1) αριστερής πλευράς

Οι υπόλοιπες υπολογίζονται.

### 7.3.2. Αυτόματη και χειροκίνητη λειτουργία. Auto / Manual Mode

Στην παρούσα ενότητα θα αναλύσουμε τον αυτόματο και χειροκίνητο κύκλο λειτουργίας. Σε γενικές γραμμές ο αυτόματος κύκλος και ο χειροκίνητος κύκλος έχουν μία και μόνο διαφορά. Στον αυτόματο κύκλο λοιπόν η μηχανή αποφασίζει για το τι ακριβώς εντολή θα ακολουθήσει μέσω του σχετικού μηνύματος που λαμβάνει από το ανώτερο επίπεδο. Αντιθέτως στην χειροκίνητη λειτουργία δεν λαμβάνει αυτό το μήνυμα αλλά αποφασίζει ο χειριστής μέσω της οθόνης θέτοντας τα κατάλληλα στοιχεία και έτσι δίνει την εντολή. Κατά τα άλλα ο κύκλος και οι έλεγχοι που πρέπει να γίνουν είναι απολύτως οι ίδιοι.

Για την διευκόλυνση στην ανάπτυξη του λογισμικού χωρίζουμε τον αυτόματο κύκλο σε τρία υπό-προγράμματα τα οποία είναι:

- Αυτόματος κύκλος «Πήγαινε σε θέση»
- Αυτόματος κύκλος «Φόρτωση από θέση»
- Αυτόματος κύκλος «Εκφόρτωση σε θέση»

Ο αυτόματος κύκλος «Πήγαινε σε θέση», είναι ο κύκλος που καλείται πριν από κάθε αποστολή που έχει να κάνει η μηχανή. Αφορά την μετακίνηση της μηχανής από το τρέχον σημείο σε ένα άλλο. Σε αυτόν τον κύκλο οι έλεγχοι που έχουν να γίνουν αφορούν την κίνηση της μηχανής. Πιο συγκεκριμένα:

- Έλεγχος σχήματος της μηχανής, αν όλοι η άξονες βρίσκονται σε θέση ισορροπίας
- Έλεγχος πλευράς της αποθήκης πρέπει να πάει (αριστερή ή δεξιά)
- Έλεγχος αποστολής φόρτωση-εκφόρτωση
- Έλεγχος ανάλογα με την αποστολή αν υπάρχει φορτίο ήδη στη μηχανή
- Εκκίνηση ως προς την επιθυμητή θέση
- Έλεγχος ραφιού άδειο ή γεμάτο ανάλογα με την αποστολή
- Έλεγχος αν η θέση που έφτασε είναι η επιθυμητή
- Ολοκλήρωση κύκλου

Στον παρακάτω σύνδεσμο περιγράφεται ο κώδικας που αναπτύχθηκε για τον προαναφερόμενο κύκλο.

### [AutoCycle GoTo.pdf](#)

Ο αυτόματος κύκλος «φόρτωση από θέση» είναι ο κύκλος που πραγματοποιεί η μηχανή αφού έχει ολοκληρωθεί η κύκλος «πήγαινε σε θέση». Οι έλεγχοι που πρέπει να γίνουν σε αυτό το σημείο αφορούν τη διαθεσιμότητα των ραφιών αλλά και της μηχανής. Αν είναι εφικτή η πραγματοποίηση της αποστολής. Πιο συγκεκριμένα:

- Έλεγχος σχήματος της μηχανής, αν όλοι η άξονες βρίσκονται σε θέση ισορροπίας
- Έλεγχος Αντέννας που πρέπει να διαβάσει το barcode ανάλογα με την πλευρά της αποθήκης που αναφέρεται στην αποστολή
- Έλεγχος barcode
- Έλεγχος αν υπάρχει ήδη φορτίο στη μηχανή
- Κίνηση άξονα Z
- Κίνηση άξονα Y
- Έλεγχος επιθυμητής θέσης ως προς τον άξονα Y
- Κίνηση ζώνης 1 ή 2 αριστερόστροφα ή δεξιόστροφα
- Κίνηση άξονα Z σε σημείο ισορροπίας
- Έλεγχος θέσης άξονα Z σε θέση ισορροπίας
- Έλεγχος σχήματος της μηχανής, αν όλοι η άξονες βρίσκονται σε θέση ισορροπίας
- Έλεγχος ραφιού – αν είναι άδειο εφόσον ολοκληρώθηκε η αποστολή της φόρτωσης
- Επαναφορά χρόνων για τα αισθητήρια μας
- Έλεγχος αν το φορτίο είναι παρών στην μηχανή
- Επιβεβαίωση στοιχείων που δόθηκαν μέσω του μηνύματος ή του χειριστή
- Αντιγραφή στοιχείων ολοκλήρωσης αποστολής και αποστολή μηνύματος
- Ολοκλήρωση αποστολής «Φόρτωση από θέση»

Στον παρακάτω σύνδεσμο περιγράφεται ο κώδικας που αναπτύχθηκε για τον προαναφερόμενο κύκλο.

### [AutoCycle Pick.pdf](#)

Ο αυτόματος κύκλος «Εκφόρτωση σε θέση» είναι ο κύκλος που πραγματοποιεί η μηχανή μας αφού έχει ολοκληρωθεί η κύκλος «πήγαινε σε θέση». Οι έλεγχοι που πρέπει να γίνουν

σε αυτό τι σημείο αφορούν τη διαθεσιμότητα των ραφιών αλλά και της μηχανής. Αν είναι εφικτή η πραγματοποίηση της αποστολής. Πιο συγκεκριμένα:

- Έλεγχος σχήματος της μηχανής, αν όλοι η άξονες βρίσκονται σε θέση ισορροπίας
- Έλεγχος αν υπάρχει ήδη φορτίο στη μηχανή
- Κίνηση άξονα Z
- Έλεγχος επιθυμητής θέσης ως προς τον άξονα Z
- Κίνηση ζώνης 1 ή 2 αριστερόστροφα ή δεξιόστροφα
- Κίνηση άξονα Z σε σημείο ισορροπίας
- Έλεγχος θέσης άξονα Z σε θέση ισορροπίας
- Έλεγχος σχήματος της μηχανής, αν όλοι η άξονες βρίσκονται σε θέση ισορροπίας
- Έλεγχος ραφιού – αν είναι γεμάτο εφόσον ολοκληρώθηκε η αποστολή της εκφόρτωσης
- Επαναφορά χρόνων για τα αισθητήρια μας
- Έλεγχος αν το φορτίο είναι δεν είναι πλέον παρών στην μηχανή
- Επιβεβαίωση στοιχείων που δόθηκαν μέσω του μηνύματος ή του χειριστή
- Αντιγραφή στοιχείων ολοκλήρωσης αποστολής και αποστολή μηνύματος
- Ολοκλήρωση αποστολής «Εκφόρτωση σε θέση»

Στον παρακάτω σύνδεσμο περιγράφεται ο κώδικας που αναπτύχθηκε για τον προαναφερόμενο κύκλο.

[AutoCycle\\_Dep.pdf](#)

Κάθε φορά ένας αυτόματος κύκλος ολοκληρώνεται συνολικά όταν ολοκληρωθεί κάθε φορά ο κύκλος «Πήγαινε σε θέση» με έναν από τους δύο άλλους κύκλους ανάλογα με την αποστολή.

### 7.3.3. Back up mode

Σε κάθε βιομηχανία, ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα δημιουργείται όταν κάποια μηχανή δεν λειτουργεί ή πρέπει να γίνει το ετήσιο σέρβις της και έχει σαν αποτέλεσμα η παραγωγή να σταματάει για ένα χρονικό διάστημα. Έτσι, για να αποφεύγεται η παύση της παραγωγής

δημιουργήσαμε αυτήν την λειτουργία ώστε σε κάθε περίπτωση να μην σταματά η παραγωγή.

Η αποθήκη έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε μία μηχανή να μπορεί να μπορεί λειτουργεί όχι μόνο στο δικό της διάδρομο αλλά και στον διπλανό. Παρατηρώντας και πάλι την *εικόνα 5.1* την κάτοψη της αποθήκης μπορούμε να δούμε την κούρβα που υπάρχει μεταξύ του διαδρόμου 2 και 3, 4 και 5, 6 και 7. Ο διάδρομος 1 δυστυχώς λόγω χώρου λειτουργεί αυτόματα και εξαιρείται αυτής της λειτουργίας.

Έτσι ο γερανός 2 είναι ικανός να λειτουργήσει στο διάδρομο 2 αλλά και 3 με τη βοήθεια της κούρβας. Αντίστοιχα και ο γερανός 3 είναι ικανός να λειτουργήσει στο διάδρομο 2. Οι θέσεις του διαδρόμου 2 και 3 είναι πάντα οι ίδιες και για τις δύο μηχανές καθώς η μηχανή 2 λειτουργεί στις θέσεις 1-19 και η μηχανή 3 στις θέσεις 20-38 όπως φαίνεται στην *εικόνα 5.2*

Σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας, μεταξύ των δύο διαδρόμων, πριν από κάθε κούρβα υπάρχουν φράχτες και πόρτες ασφαλείας που πρέπει να αφαιρεθούν όταν μία μηχανή δουλεύει και στους δύο διαδρόμους. Έτσι για παράδειγμα αν η μηχανή 3 για κάποιο λόγο βρίσκεται εκτός λειτουργίας η μηχανή 2 λειτουργεί σε όλες τις θέσεις από 1 έως και 38 του τρίτου διαδρόμου.

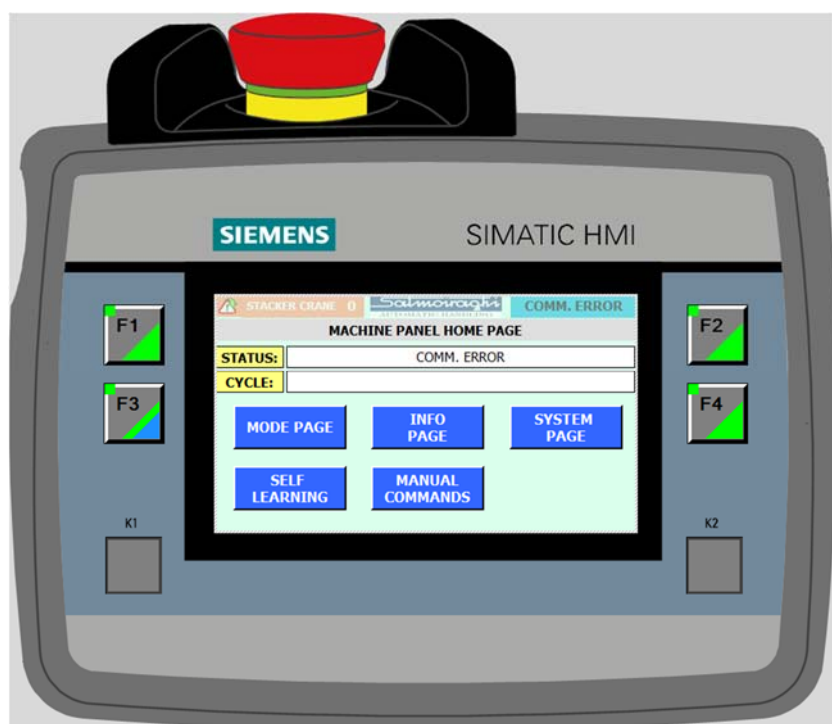
Είναι πολύ σημαντικό να αναφέρουμε πως ως προς τον άξονα X αλλά και προς τον άξονα Y η θέσεις γίνονται γνωστές στη μηχανή μέσω απόλυτης θέσης (absolute encoder). Μια ταινία, μεζούρα που είναι τοποθετημένη παράλληλα με όλο τον διάδρομο X από τη θέση 1 έως και τη θέση 38 και διάδρομο Y από τη θέση 1 έως και 23 και διαβάζεται κάθε στιγμή από την γεννήτρια απόλυτης θέσης που επικοινωνεί με τον δικό μας controller.

Με την ίδια λογική λειτουργούν και οι μηχανές 4 με 5 και 6 με 7.

## 8. Εγχειρίδιο χρήσης συστήματος

Σε αυτήν την ενότητα θα περιγράψουμε όλες τις σελίδες που σχεδιάσαμε για την οθόνη όπου μέσω αυτής μπορούμε να έχουμε ένα γραφικό περιβάλλον για τον έλεγχο του συστήματος μας καθώς, χειροκίνητης λειτουργίας αλλά και έλεγχο σε περίπτωση σφαλμάτων

### 8.1. Κεντρικό μενού



Εικόνα 7.1 – Κεντρικό μενού

Όπως βλέπουμε στην *εικόνα 7.1* μέσω του κεντρικού μενού μπορούμε να περιηγηθούμε σε όλες τις λειτουργίες που έχουμε διαθέσιμες. Πατώντας λοιπόν στην οθόνη στο πεδίο «mode page» μεταφερόμαστε αμέσως στην παρακάτω σελίδα όπου επιλέγουμε στην ουσία τι θέλουμε να κάνουμε

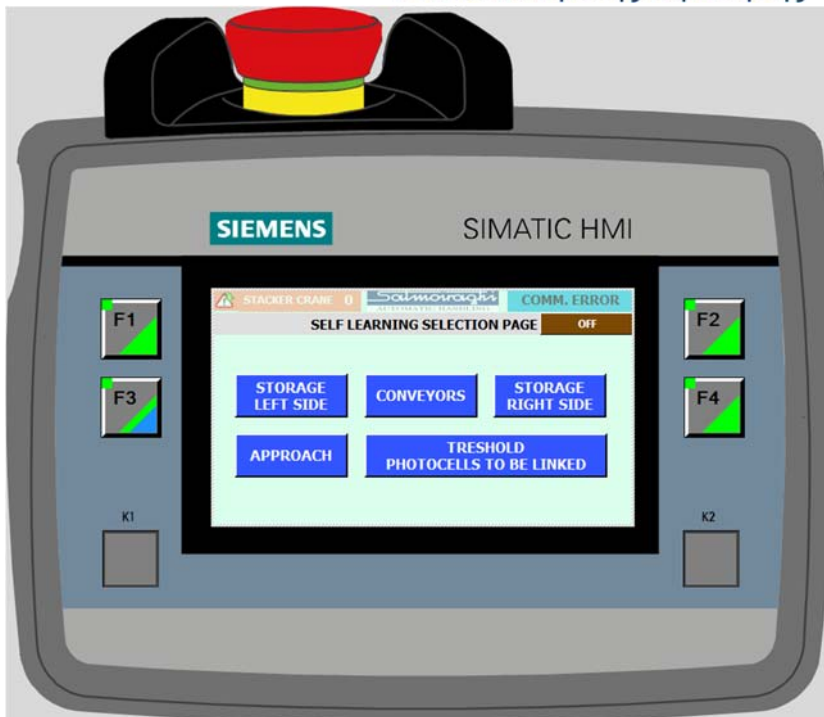
Πατώντας το «START» ξεκινάμε τον αυτόματο κύκλο και αντίστοιχα πατώντας το «STOP» διακόπτουμε τη λειτουργία.



Πατώντας στο πεδίο «SELF LEARNING» ή αντίστοιχα πατώντας το από το κυρίως μενού οδηγούμαστε σε ένα μενού που αφορά αυτήν την λειτουργία εκμάθησης του συστήματος. Μέσω αυτού του μενού επιλέγουμε σε ποιο κομμάτι της αποθήκης απευθυνόμαστε όπως φαίνεται στην *εικόνα 7.2*

Εικόνα 7.2 – Μενού επιλογής λειτουργίας, εκκίνησης συστήματος

### 8.1.1. Μενού αυτόματης εκμάθησης



Έτσι πατώντας σε ένα από τα παρακάτω πεδία μεταφερόμαστε και στις αντίστοιχες περιοχές όπως βλέπουμε στις παρακάτω *εικόνες 7.3 - 7.8*

Εικόνα 7.3 – Μενού αυτόματης εκμάθησης σε συγκεκριμένες θέσεις της αποθήκης



Αφού έχουμε μετακινήσει την μηχανή μας στο επιθυμητό σημείο αποθηκεύουμε την αντίστοιχη θέση επιλέγοντας από τα πεδία σε ποια σειρά, ποια στήλη και σε ποια υπο-θέση. Έχουμε την επιλογή επίσης να αλλάξουμε την υφιστάμενη τιμή. Η συγκεκριμένη εικόνα 7.4 αναφέρεται στην αριστερή πλευρά της αποθήκης

Εικόνα 7.4 – Αποθήκευση ή αλλαγή τιμών θέσης (0,0,0) αυτόματης εκμάθησης στην αριστερή πλευρά της αποθήκης



Σε αυτή την *εικόνα 7.5* ακολουθούμε την ίδια λογική για την αριστερή πλευρά της αποθήκης.

Εικόνα 7.5 – Αποθήκευση ή αλλαγή τιμών θέσης αυτόματης εκμάθησης (0,0,0) της στη δεξιά πλευρά της αποθήκης



Σε αυτήν την *εικόνα 7.6* επιλέγουμε και ακολουθούμε την ίδια λογική για την θέση που αφορά τους διαδρόμους μεταφοράς εισαγωγής και εξαγωγής.

Εικόνα 7.6 – Αποθήκευση ή αλλαγή τιμών θέσης αυτόματης εκμάθησης στους διαδρόμους εισαγωγής/εξαγωγής προϊόντων



Στην *εικόνα 7.7* και *εικόνα 7.8* ακολουθούμε την ίδια λογική για τους Z1 και Z3 άξονες.

Εικόνα 7.7 – Αποθήκευση ή αλλαγή τιμών θέσης αυτόματης εκμάθησης στους άξονες Z1

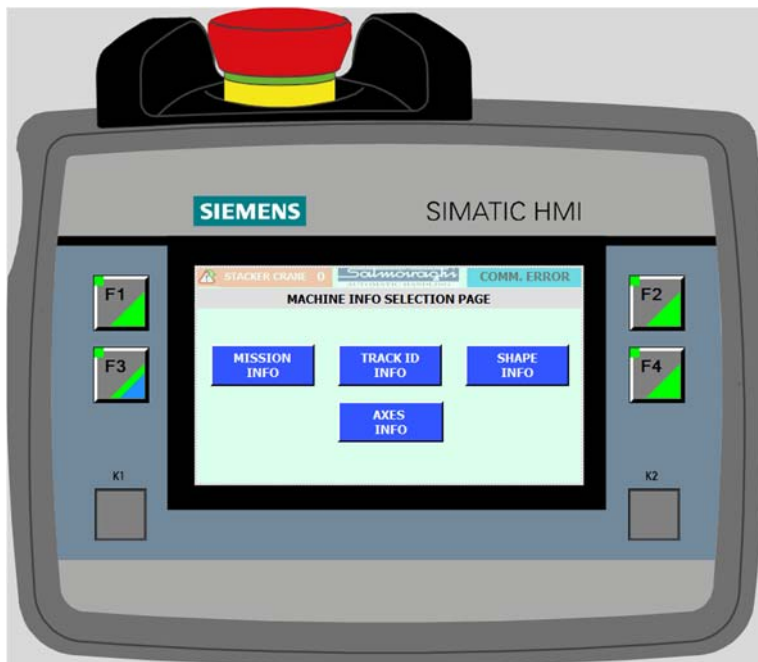




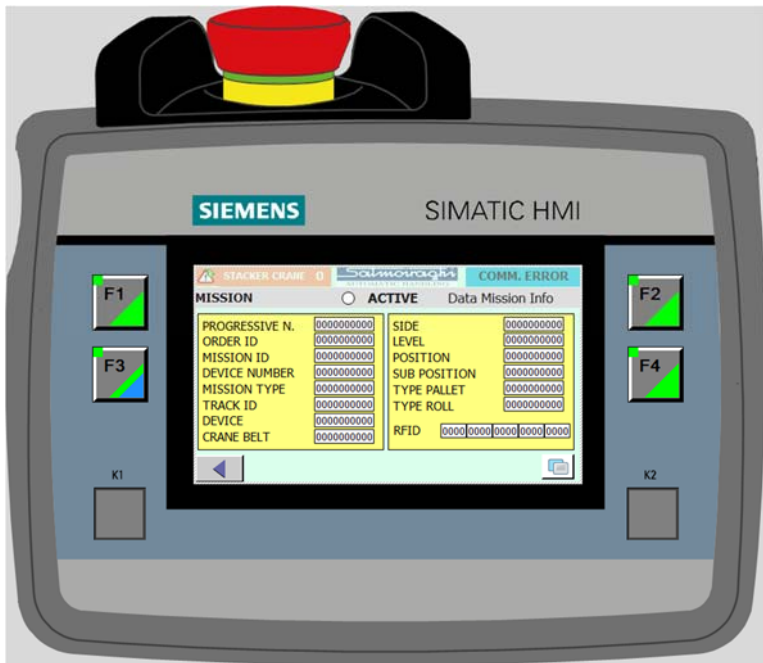
Εικόνα 7.8 – Αποθήκευση ή αλλαγή τιμών θέσης αυτόματης εκμάθησης στους άξονες Z3

## 8.1.2. Πληροφορίες για τους άξονες

Στις εικόνες 7.9 – 7.18 έχουμε μια συνολική και καθαρή εικόνα από την γενική λειτουργία αλλά και την τρέχουσα κατάσταση. Αυτές οι πληροφορίες φαίνονται μέσω του επόμενου μενού που αφορά

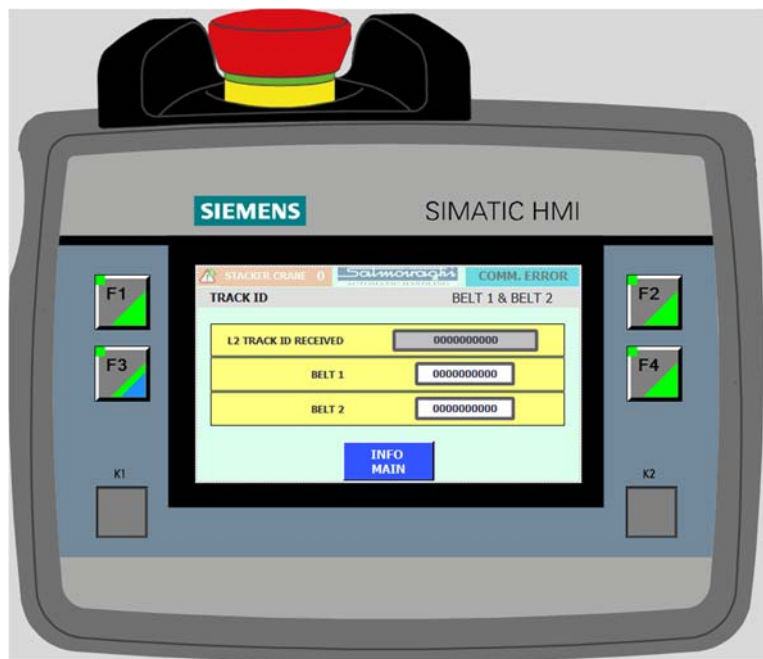


Εικόνα 7.9 – Κεντρικό μενού επιλογής επίβλεψης συστήματος



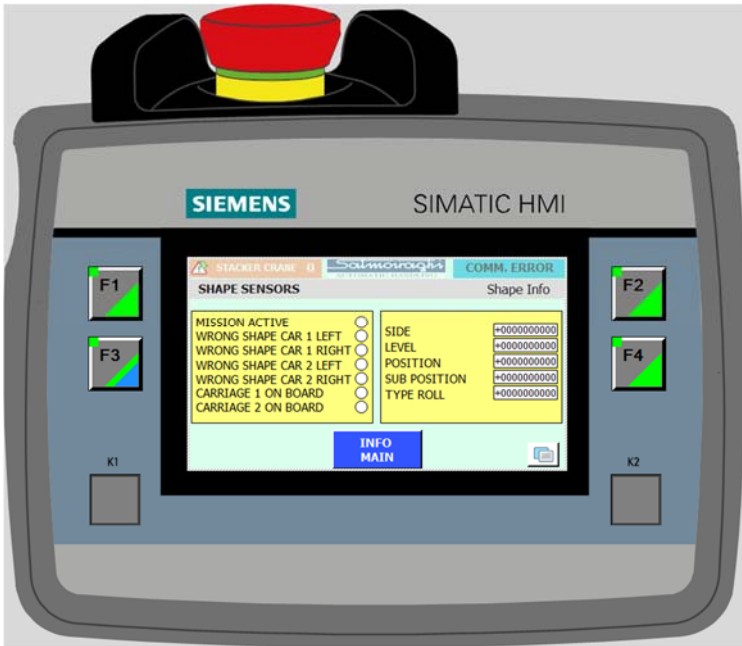
Πληροφορίες σχετικά με το μήνυμα στην *εικόνα 7.11*

Εικόνα 7.10 – πληροφορίες ενεργού μηνύματος



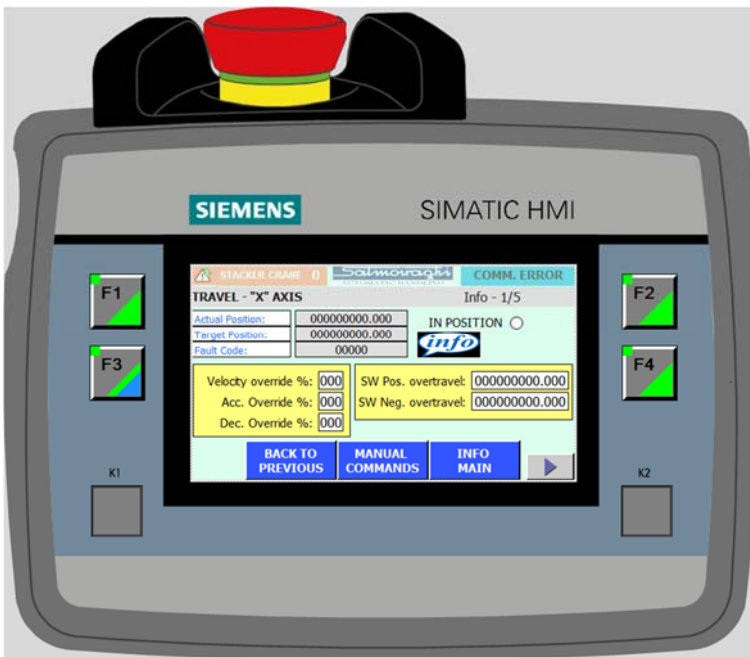
Πληροφορίες σχετικά με το barcode στην *εικόνα 7.11*

Εικόνα 7.11 – Αριθμός μετά το σκανάρισμα από την αντένα ραδιοσυχνότητων



Πληροφορίες σχετικά με το σχήμα της μηχανής στην *εικόνα 7.12*

*Εικόνα 7.12 – Τρέχουσα κατάσταση αισθητήριων που ελέγχουν το σχήμα της μηχανής, να μην προεξέχει κάποιος άξονας ή το προϊόν από τα σημεία ισορροπίας των αξόνων.*



Πληροφορίες σχετικά με τον άξονα X στην *εικόνα 7.14*

*Εικόνα 7.14 – Τρέχουσα θέση άξονα X και όρια min/max που μπορεί να κινηθεί καθώς και ποσοστά ταχύτητας και επιτάχυνσης*



Πληροφορίες σχετικά με τον άξονα Y στην εικόνα 7.15

Εικόνα 7.15 – Τρέχουσα θέση άξονα Y και όρια min/max που μπορεί να κινηθεί καθώς και ποσοστά ταχύτητας και επιτάχυνσης



Πληροφορίες σχετικά με τον άξονα Z1 στην εικόνα 7.16

Εικόνα 7.16 – Τρέχουσα θέση άξονα Z1 και όρια min/max που μπορεί να κινηθεί



Πληροφορίες σχετικά με τον άξονα Z3 στην  
 εικόνα 7.17

Εικόνα 7.17 – Τρέχουσα θέση άξονα Z1 και όρια min/max που μπορεί να κινηθεί



Πληροφορίες σχετικά με τις ζώνες  
 μεταφοράς στην εικόνα 7.18

Εικόνα 7.18 – Ταχύτητα ζωνών 1 και 2

### 8.1.3. Πληροφορίες Συστήματος

Στις πληροφορίες συστήματος έχουμε το πλήρη ιστορικό των σφαλμάτων που προηγήθηκαν. (Εικόνα 7.19)



Εικόνα 7.19 – Σελίδα εποπτείας τρεχόντων σφαλμάτων

### 8.1.4. Χειροκίνητες εντολές

Στο συγκεκριμένο μενού έχουμε την δυνατότητα να μετακινήσουμε την μηχανή και όλους τους άξονες ως προς μια κατεύθυνση αλλά και ως προς μια συγκεκριμένη θέση αλλά και να εκτελέσουμε έναν ολόκληρο χειροκίνητο κύκλο φόρτωσης ή εκφόρτωσης.



Μετακίνηση μέσω των αντίστοιχων βελών κατεύθυνσης του άξονα X στην *εικόνα 7.20*

Εικόνα 7.20 – Χειροκίνητη λειτουργία άξονα X



Μετακίνηση μέσω των αντίστοιχων βελών κατεύθυνσης του άξονα Y στην *εικόνα 7.21*

Εικόνα 7.21 – Χειροκίνητη λειτουργία άξονα Y



Μετακίνηση μέσω των αντίστοιχων βελών κατεύθυνσης του άξονα Z1 στην *εικόνα 7.22*

Εικόνα 7.22 – Χειροκίνητη λειτουργία άξονα Z1



Μετακίνηση μέσω των αντίστοιχων βελών κατεύθυνσης του άξονα Z3 στην *εικόνα 7.23*

Εικόνα 7.23 – Χειροκίνητη λειτουργία άξονα Z3



Μετακίνηση μέσω των αντίστοιχων βελών κατεύθυνσης των ζωνών περιστροφής στην *εικόνα 7.24*

Εικόνα 7.24 – Χειροκίνητη λειτουργία ζωνών

## 8.2. Η οθόνη

Όλες οι παραπάνω σελίδες αποτελούν την οθόνη χειρισμού και καθοδήγησης της μηχανής. Το σύστημα μας θα μπορούσε να λειτουργεί και χωρίς αυτήν αλλά δε θα είχαμε την επιλογή της χειροκίνητης λειτουργίας οπότε μια οθόνη κρίνεται απαραίτητη για την παρακολούθηση του συστήματος αλλά και για την πλήρη κατανόηση λειτουργίας της μηχανής από τον χειριστή.



## 9. Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία είναι μια πραγματική εφαρμογή στην αυτοματοποιημένη αποθήκευση, ειδικά με τη χρήση ρομποτικών τεχνολογιών για την εκτέλεση παραγγελιών.

Έδειξε αυξανόμενο ενδιαφέρον για την εφαρμογή αυτοματοποιημένων συστημάτων μεταφοράς αγαθών. Οι πιο συχνά αναφερόμενοι λόγοι για την εφαρμογή συστημάτων αυτόματης μεταφοράς αγαθών σχετίζονται με βελτιώσεις στην αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα παρόλο που υπάρχουν ορισμένα εμπόδια που σχετίζονται με τον αυτοματισμό, τα πιο συνηθισμένα σχετίζονται με το υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης και η ευελιξία των συστημάτων, δηλαδή η προσαρμοστικότητα σε ένα μεταβαλλόμενο πλαίσιο. Επομένως, έχει μεγάλη σημασία ο κύριος στόχος για την εφαρμογή να είναι γνωστός πριν από την αρχική φάση της έρευνας, ώστε να γνωρίζει τι πρέπει να επικεντρωθεί κατά τη σύγκριση των συστημάτων. Ο στόχος σχετίζεται συνήθως είτε με αυξημένη απόδοση και με μειωμένο αριθμό ανθρωπίνων ωρών που απαιτούνται για τη συλλογή. Οπότε τα πλεονεκτήματα του αυτοματισμού είναι κυρίως εξοικονόμηση χώρου, εξοικονόμηση κόστους εργασίας, 24/7 διαθεσιμότητα, διότι δεν είναι πάντα εύκολο να βρεθεί ανειδίκευτο προσωπικό πρόθυμο να κάνει τις βαριές εργασίες μιας αποθήκης, επίσης εξοικονόμηση σε άλλα λειτουργικά κόστη, όπως θέρμανση και φωτισμός.

Η αυτοματοποίηση της αποθήκευσης και της παραγγελίας απαιτεί σημαντική κλίμακα και μακροπρόθεσμο όραμα, καθώς οι επενδύσεις μπορούν να αποκτηθούν μόνο μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα. Επομένως, είναι ζωτικής σημασίας η ανάπτυξη εργαλείων για να βοηθήσουν τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να βρουν τις σωστές λύσεις για την αποθήκη τους. Ως αποτέλεσμα, έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες για τη μοντελοποίηση και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης των διαφόρων αυτοματοποιημένων συστημάτων.

Στην παρούσα εργασία περιγράφουμε τέσσερις καθιερωμένες αυτοματοποιημένες τεχνολογίες (AS / RS, carousels, VLMs, mini loads συστήματα). Κάθε ένα από αυτά τα συστήματα είναι διαφορετικό όσον αφορά τις απαιτήσεις υποδομής, τα πρωτόκολλα λειτουργίας και την κίνηση του εξοπλισμού και παρόλο που τα πλαίσια είναι κοινά, τα μοντέλα πρέπει να προσαρμοστούν στα μοναδικά χαρακτηριστικά κάθε συστήματος. Εστιάζουμε και εξετάζουμε λεπτομερώς τον τρόπο λειτουργίας των συστημάτων mini load με τη βοήθεια των Stacker Cranes.

Κατά την εφαρμογή ενός αυτοματοποιημένου συστήματος αποθήκευσης πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλά πράγματα εκτός από το σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί όπως είναι

η μεταφορά αγαθών από την παραγωγή προς την αποθήκευση ή και ακόμη και κατευθείαν στην παράδοση παραγγελίας.

## 10. Βιβλιογραφία

### 10.1. Ελληνική

- [1] (Καρδιασμένος, 2008), Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Καρδιασμένος Γεώργιος, 2008. Διπλωματική Διατριβή στα Συστήματα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Πόρων (ERP) - Συστήματα των Αποθηκών (WMS) σε Εταιρεία Παροχής Υπηρεσιών, Προϊόντων Τηλεπικοινωνιών & Αυτόνομης Ενέργειας
- [2] (Αναστασίου, 2012), Αθανασία Αναστασίου Γ. 2012, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πληροφορικά Συστήματα & Διαχείριση Αποθηκών

### 10.2. Ξενόγλωσση

- [3] Andersson, D., Norrman, A. (2002) Procurement of logistics services - a minutes work or a multi-year project?. *European Journal of Purchasing & Supply Management*
- [4] Arnold, D., Iserman, H., Kuhn, A., Tempelmeier, H., and Furmans, K. (2008) *Handbuch Logistik. Heidelberg: Springer-Verlag.*
- [5] Baker, P., Halim, Z. (2007) An exploration of warehouse automation implementations: cost, service and flexibility issues. *Supply Chain Management: An International Journal*
- [6] Bartholdi, J.J. and Hackman, S.T. (2014) *Warehouse & Distribution Science, Georgia Institute of Technology, School of Industrial and Systems Engineering.* The Supply Chain and Logistics Institute, August 19 2014