



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

« Ανάπτυξη γραμμής παραγωγής σε βιομηχανία
ζωοτροφών με τη χρήση PLC και SCADA »

Του φοιτητή
Δούμα Αθανάσιου
Αρ. Μητρώου: 52004Μ

Επιβλέπων
Ονοματεπώνυμο:
Κιοσκερίδης Ιορδάνης
Βαθμίδα: Καθηγητής

Θεσσαλονίκη Οκτώβριος 2025

Τίτλος Δ.Ε. Ανάπτυξη γραμμής παραγωγής σε βιομηχανία ζωοτροφών με τη χρήση
PLC και SCADA

Κωδικός Δ.Ε. 24266

Όνοματεπώνυμο φοιτητή

Δούμας Αθανάσιος

Όνοματεπώνυμο εισηγητή

Κιοσκερίδης Ιορδάνης

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. 21-10-24

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. 26-09-25

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακή εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «Εφαρμοσμένα Ηλεκτρονικά Συστήματα» στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Δούμα Αθανάσιου που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίας στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιοδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί για εμένα ένα σημαντικό επιστημονικό και προσωπικό ορόσημο καθώς με την κατάθεση της ολοκληρώνεται ένα σημαντικό κεφάλαιο όπως είναι η φοίτηση στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Εφαρμοσμένα Ηλεκτρονικά Συστήματα» στο τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής & Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος. Στο πλαίσιο αυτό, αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω θερμές ευχαριστίες σε όσους με στήριξαν καθοριστικά καθ' όλη τη διάρκεια της ερευνητικής και συγγραφικής αυτής πορείας.

Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Ιορδάνη Κιοσκερίδη, για την εμπιστοσύνη, την καθοδήγηση και τις γόνιμες παρατηρήσεις του, οι οποίες συνέβαλαν ουσιαστικά στην επιστημονική τεκμηρίωση και εμβάθυνση του θέματος. Η υποστήριξή του αποτέλεσε σταθερό σημείο αναφοράς σε κάθε στάδιο της εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να απευθύνω ένα ειλικρινές ευχαριστώ, σε όλους τους διδάσκοντες του μεταπτυχιακού προγράμματος, για τη γνώση, την έμπνευση και τη συνοδοιπορία. Εύχομαι η κοινή μας πορεία αυτά τα χρόνια να υπήρξε γόνιμη και αμοιβαία επικοινωνιακή.

Δούμας Αθανάσιος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για ασφαλή, ποιοτική και οικονομικά αποδοτική ζωική παραγωγή έχει οδηγήσει τις βιομηχανίες ζωοτροφών σε ραγδαία τεχνολογική πρόοδο. Η ανάγκη για αυτοματοποιημένες και ευέλικτες γραμμές παραγωγής, που να εξασφαλίζουν ακρίβεια στη δοσολογία των πρώτων υλών, συνέπεια στην ποιότητα και δυνατότητα απομακρυσμένης διαχείρισης και εποπτείας, καθιστά την ενσωμάτωση τεχνολογιών PLC και SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) πιο επίκαιρη από ποτέ.

Τα συστήματα PLC αποτελούν τον "πυρήνα" των βιομηχανικών αυτοματισμών, προσφέροντας αξιόπιστο έλεγχο σε πραγματικό χρόνο, ενώ τα συστήματα SCADA λειτουργούν ως η "γέφυρα" μεταξύ χειριστή και διαδικασίας, παρέχοντας οπτικοποίηση, έλεγχο και αποθήκευση δεδομένων. Ο συνδυασμός αυτών των τεχνολογιών επιτρέπει τη βέλτιστη λειτουργία, τον ποιοτικό έλεγχο, την ιχνηλασιμότητα και τη μείωση κόστους παραγωγής στις σύγχρονες μονάδες ζωοτροφών.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύεται και παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας της γραμμής παραγωγής στην βιομηχανία ζωοτροφών. Στόχος είναι η ομαλή λειτουργία της γραμμής παραγωγής με τον κατάλληλο προγραμματισμό του PLC και η απεικόνιση της λειτουργίας σε Scada. Η διπλωματική θα χωριστεί σε τρία βασικά μέρη. Πρώτον τα στάδια και την περιγραφή λειτουργίας της γραμμής παραγωγής. Δεύτερον μια γενική περιγραφή του PLC και τον αναλυτικό προγραμματισμό του για την κάλυψη των αναγκών της συγκεκριμένης γραμμής παραγωγής. Τρίτον την απεικόνιση αλλά και τον χειρισμό με την χρήση του Scada. Έτσι στο τέλος της παρουσίασης θα έχουμε κατανοήσει πλήρως τα οφέλη αλλά και την αναγκαιότητα της χρήσης του PLC στην σύγχρονη βιομηχανία.

ABSTRACT

The continuously increasing demand for safe, high-quality, and cost-effective animal production has led the animal feed industry into rapid technological advancement. The need for automated and flexible production lines that ensure precision in the dosing of raw materials, consistency in product quality, and the ability for remote management and supervision makes the integration of PLC (Programmable Logic Controller) and SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) technologies more relevant than ever.

PLC systems serve as the “core” of industrial automation, providing reliable real-time control, while SCADA systems function as the “bridge” between the operator and the process, offering visualization, control, and data logging. The combination of these technologies enables optimal operation, quality control, traceability, and cost reduction in modern animal feed production facilities.

This thesis analyzes and presents the operation of a production line in an animal feed industry. The goal is the smooth operation of the production line through the proper programming of the PLC and the visualization of the process in SCADA. The thesis will be divided into three main sections: first, the stages and functional description of the production line; second, a general overview of the PLC and detailed programming to meet the specific needs of this production line; and third, the visualization and control using SCADA. By the end of the presentation, we will have fully understood the benefits and the necessity of using PLCs in modern industry.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	3
Περίληψη	4
Abstract	5
Περιεχόμενα.....	6
1. Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	10
1.1. Παραγωγή Ζωοτροφών: Διεργασίες και Τεχνολογία	10
1.2 Ποιότητα	11
1.3 Κανονιστικό Πλαίσιο.....	11
1.4 Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC)	12
1.5 Συστήματα SCADA	14
2. Ιστορική Ανάλυση της Βιομηχανίας Ζωοτροφών	17
2.1 Προβιομηχανική Περίοδος (Εώς τον 18 ^ο αιώνα).....	17
2.2 Η Εμφάνιση της Επιστημονικής Γεωργίας και των Πρώτων Συστηματικών Ζωοτροφών (18 ^ο – 19 ^ο αιώνας)	18
2.3 Συστηματική Επιστημονική Εξέλιξη και Τυποποίηση (20 ^ο αιώνας).....	19
2.4 Σύγχρονες Προκλήσεις και Μεταρρυθμίσεις στον 21 ^ο αιώνα.....	19
2.5 Η Ελληνική Πραγματικότητα: Ιστορική Αναδρομή και Σύγχρονη Δομή...	20
2.6 Ευρωπαϊκές Ενισχύσεις και Θεσμικό Πλαίσιο	20
2.7 Παραγωγικές Μονάδες και Δομή Αγοράς	21
2.8 Τρέχουσα Κατάσταση και Προκλήσεις	21
2.9 Συμπεράσματα	22
3. Αυτοματισμοί στη Βιομηχανία Ζωοτροφών.....	23
3.1 Ιστορική Αναδρομή: Από τον Μηχανικό Έλεγχο στον Ψηφιακό Αυτοματισμό.....	23
3.1.1 Πρώιμη Μηχανοποίηση (1900-1950).....	23

3.1.2	Εισαγωγή Ηλεκτρονικού Ελέγχου (1950-1970).....	23
3.1.3	Ψηφιακός Αυτοματισμός (1970-2000).....	24
3.2	Σημερινές Εφαρμογές Αυτοματισμού στη Βιομηχανία Ζωοτροφών	24
3.3	Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα Εφαρμογής Αυτοματισμών.....	27
3.4	Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις και Βιωσιμότητα.....	28
3.5	Ενεργειακή Απόδοση και Παρακολούθηση Κατανάλωσης.....	28
3.5.1	Βελτιστοποίηση Χρήσης Κινητήρων και Φορτίων	28
3.5.2	SCADA ως Εργαλείο Ενεργειακής Εποπτείας.....	28
3.6	Μείωση Αποβλήτων και Διαιχείριση Πρώτων Υλών.....	29
3.6.1	Ακριβής Δοσομέτρηση και Ανάλυση	29
3.6.2	Ανίχνευση Διαρροών και Υπερχειλίσεων.....	29
3.6.3	Ανακύκλωση Δευτερογενών Προϊόντων	29
3.6.4	Έλεγχος Εκπομπών, Θορύβου και Σκόνης.....	30
3.6.5	Βιωσιμότητα και Κύκλος Ζωής Εξοπλισμού.....	30
3.6.6	Συμπεράσματα	30
4.	Περιγραφή Λειτουργίας Βιομηχανίας Ζωοτροφών	32
4.1	Παραλαβή και Έλεγχος Πρώτων Υλών.....	32
4.2	Αποθήκευση Πρώτων Υλών.....	33
4.3	Άλεση.....	34
4.4	Ζύγιση και Ανάμειξη	35
4.5	Εξώθηση - Πελλετοποίηση	39
4.6	Ψύξη - Ξήρανση.....	41
4.7	Συσκευασία και Αποθήκευση	42
4.8	Διανομή - Διάθεση	43

4.9 Ο Αλυσομεταφορέας Redler	43
4.10 Βασική Αρχή Λειτουργίας	43
4.11 Πλεονεκτήματα	43
4.12 Μειονεκτήματα	44
4.13 Εφαρμογές στη Βιομηχανία Ζωοτροφών	44
4.14 Συντήρηση και Ασφάλεια	44
4.15 Συμπέρασμα	44
4.16 ERP και Διαχείριση Αποθήκης	44
4.17 Ο Ρόλος του ERP στη Βιομηχανία Ζωοτροφών	45
4.18 Διαχείριση Αποθήκης με ERP	45
4.19 Οφέλη για την Επιχείρηση	46
5. Περιγραφή – Ανάλυση Ladder & SCADA	47
5.1 FC6A-C40K4CE PLC	47
5.1.1 Βασικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά	47
5.1.2 Επικοινωνίες	47
5.1.3 Προγραμματισμός	47
5.1.4 Δυνατότητες και Λειτουργίες	47
5.1.5 Εφαρμογές	48
5.1.6 Αντιστοιχία Εισόδων - Εξόδων	48
5.2 Λογισμικό WindLDR	50
5.2.1 Θεωρητική Εισαγωγή στο IDEC WindLDR	50
5.2.2 Τεχνική Περιγραφή του IDEC WindLDR	50
5.3 Περιβάλλον Ανάπτυξης Γραφικών του SCADA	51

5.3.1 Χαρακτηριστικά & Δυνατότητες	52
5.4 Περιγραφή SCADA	52
5.5 Ανάλυση Κώδικα Ladder.....	62
6. Παρατηρήσεις, Συμπεράσματα και Προτάσεις Βελτίωσης	70
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	72
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Α».....	73
Βιβλιογραφία	100

1. Θεωρητικό Υπόβαθρο

Αυτό το κεφάλαιο παρέχει τη βασική γνώση που απαιτείται για να κατανοηθεί η τεχνολογία και το λειτουργικό πλαίσιο της αυτοματοποιημένης παραγωγής ζωοτροφών.

1.1 Παραγωγή Ζωοτροφών: Διεργασίες και Τεχνολογία

Η παραγωγή ζωοτροφών αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κρίκους στην αλυσίδα εφοδιασμού της κτηνοτροφίας. Η ποιότητα, η ασφάλεια και η συνέπεια στη σύσταση των ζωοτροφών επηρεάζουν άμεσα την υγεία των ζώων και κατ' επέκταση την ασφάλεια των τροφίμων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.

➤ Στάδια Παραγωγικής Διαδικασίας

Παραλαβή και αποθήκευση πρώτων υλών. Οι πρώτες ύλες, όπως δημητριακά (καλαμπόκι, σιτάρι, κριθάρι), σόγια, ιχνοστοιχεία και λιπαρές ύλες, παραλαμβάνονται και αποθηκεύονται σε σιλό ή αποθήκες. Η αποθήκευση γίνεται με τρόπο που εξασφαλίζει τη διατήρηση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών τους.

Καθαρισμός και προ-επεξεργασία. Ακαθαρσίες, πέτρες ή μέταλλα απομακρύνονται μέσω κοσκίνων και μαγνητών. Σε ορισμένες περιπτώσεις, γίνεται προ-θέρμανση ή προσθήκη υγρασίας για διευκόλυνση της άλεσης.

Άλεση (Grinding ή Milling). Η άλεση μειώνει το μέγεθος των κόκκων, ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερη ανάμιξη και πέψη. Συνήθως χρησιμοποιούνται σφυρόμυλοι (hammer mills), όπου η διάμετρος του κόσκινου καθορίζει το τελικό μέγεθος των σωματιδίων (συνήθως 0.5–3 mm).

Ανάμιξη (Mixing). Η ανάμιξη των πρώτων υλών γίνεται σε οριζόντιους ή κάθετους μίκτης (paddle mixers, ribbon mixers), με στόχο την επίτευξη ομοιογένειας. Η μέτρηση της απόδοσης της ανάμιξης γίνεται με το συντελεστή μεταβλητότητας (CV%), ο οποίος πρέπει να είναι κάτω από 10% για αξιόπιστο τελικό προϊόν.

Προσθήκη υγρών και μικρο-συστατικών. Κατά το στάδιο της ανάμιξης μπορεί να γίνεται και η ενσωμάτωση υγρών (λάδια, μελάσσα, βιταμίνες σε υγρή μορφή) ή μικρο-συστατικών (π.χ. ιχνοστοιχεία, φάρμακα). Αυτό απαιτεί ακριβείς δόσεις και συχνά χρησιμοποιούνται δοσομετρικές αντλίες ή συστήματα βάρους.

Πελλετοποίηση (Pelletizing). Το μείγμα μεταφέρεται σε πρέσες pellet, όπου υπό πίεση και θερμότητα (>75°C) συμπιέζεται μέσα από μήτρες και δημιουργούνται κυλινδρικά πελλέτες. Το στάδιο αυτό αυξάνει την πυκνότητα και μειώνει τις απώλειες κατά τη μεταφορά. Η ποιότητα της πελλετοποίησης εξαρτάται από παράγοντες όπως η υγρασία, η σύνθεση και η θερμοκρασία.

Ψύξη και Ξήρανση (Cooling & Drying). Τα pellets που εξέρχονται από τη μηχανή είναι θερμά και περιέχουν υγρασία. Το σύστημα ψύξης (cooler) μειώνει τη θερμοκρασία και την υγρασία ώστε να αποφευχθούν αλλοιώσεις και ανάπτυξη μυκήτων.

Συσκευασία και αποθήκευση. Οι τελικές ζωοτροφές συσκευάζονται σε σάκους (συνήθως 25–40 κιλά) ή μεταφέρονται σε σιλό. Ενσωματώνονται ετικέτες με πληροφορίες ιχνηλασιμότητας, ημερομηνίες παραγωγής και συστάσεις χρήσης.

1.2 Ποιότητα

Η ποιότητα των ζωοτροφών προσδιορίζεται από παράγοντες όπως:

- Η θρεπτική σύσταση (πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπη, ίνες, ιχνοστοιχεία)
- Η ομοιογένεια της ανάμιξης όλων των συστατικών (ώστε κάθε ζώο να προσλαμβάνει ισόποσες ποσότητες)
- Η καθαρότητα από ξένες ύλες, παθογόνα ή μυκοτοξίνες
- Η σταθερότητα του τελικού προϊόντος κατά την αποθήκευση και μεταφορά

Για να εξασφαλιστούν τα παραπάνω, εφαρμόζονται έλεγχοι σε όλα τα στάδια παραγωγής:

- Έλεγχος πρώτων υλών (π.χ. μικροβιολογικά, αφλατοξίνες)
- Δειγματοληψία και ανάλυση τελικού προϊόντος (π.χ. NIR αναλύσεις)
- Τήρηση τυποποιημένων συνταγών (formulations)
- Καταγραφή και ιχνηλασιμότητα παρτίδων μέσω λογισμικών παραγωγής

Η ομοιομορφία διασφαλίζεται με την αξιολόγηση του συντελεστή μεταβλητότητας (CV%) στην ανάμιξη. Ένας CV% κάτω από 10 θεωρείται αποδεκτός για σύνθετες ζωοτροφές.

1.3 Κανονιστικό Πλαίσιο

Η παραγωγή και διάθεση ζωοτροφών υπόκειται σε αυστηρούς κανονισμούς, τόσο σε εθνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Στόχος είναι η διασφάλιση της υγείας των ζώων, της ασφάλειας των τροφίμων και της προστασίας του καταναλωτή.

Βασικά πρότυπα και κανονισμοί:

- HACCP (Hazard Analysis & Critical Control Points):
Εντοπισμός, έλεγχος και πρόληψη κινδύνων κατά την παραγωγή. Απαιτεί τη δημιουργία κρίσιμων σημείων ελέγχου (CCP), καταγραφή δεδομένων και τεκμηρίωση ενεργειών.
- ISO 22000 / FSSC 22000:
Συστήματα διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων και ζωοτροφών. Περιλαμβάνουν

προαπαιτούμενα προγράμματα (PRPs), ανάλυση επικινδυνότητας, έλεγχο αλλεργιογόνων κ.λπ.

- Κανονισμοί Ε.Ε. (π.χ. 183/2005, 767/2009):
Ορίζουν κανόνες για την παραγωγή, επισήμανση, αποθήκευση, μεταφορά και διάθεση ζωοτροφών. Απαιτείται εγγραφή των παραγωγικών μονάδων σε εθνικά μητρώα και εφαρμογή συστημάτων ιχνηλασιμότητας.
- Κτηνιατρικοί έλεγχοι και απαγορεύσεις:
Π.χ. απαγόρευση χρήσης ζωικών πρωτεϊνών, φαρμακούχων συστατικών χωρίς συνταγή κτηνιάτρου, αυστηρή παρακολούθηση πρόσθετων ύλων.

1.4 Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC)

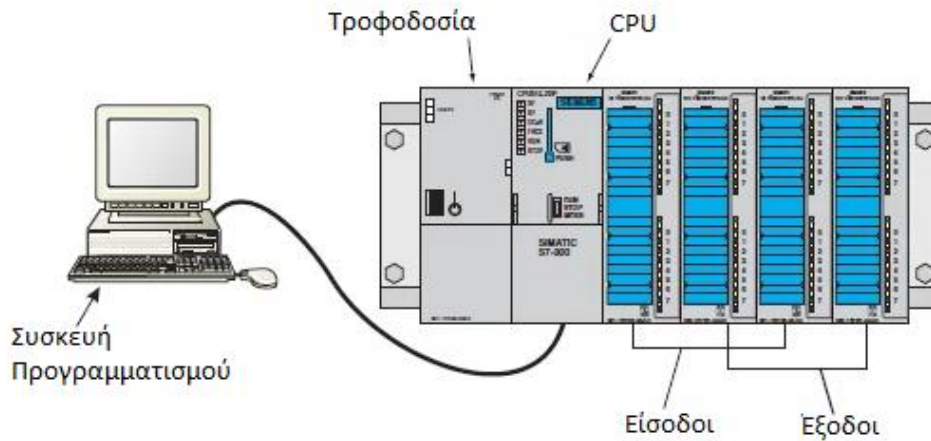
Ο Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC - Programmable Logic Controller) είναι ένας ψηφιακός υπολογιστής σχεδιασμένος για τον έλεγχο βιομηχανικών διεργασιών, όπως η λειτουργία μηχανών σε εργοστάσια ή η αυτοματοποίηση γραμμών παραγωγής. Χρησιμοποιείται κυρίως στη βιομηχανία για την αυτοματοποίηση εργασιών που παλαιότερα γίνονταν χειροκίνητα ή με ηλεκτρομηχανικά ρελέ.

Το πρώτο PLC αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1960 από την εταιρεία Bedford Associates, κατόπιν αιτήματος της General Motors. Το αρχικό μοντέλο ονομαζόταν Modicon 084. Η δημιουργία του PLC θεωρήθηκε επανάσταση στην αυτοματοποίηση, καθώς αντικατέστησε πολύπλοκα κυκλώματα ρελέ με ένα προγραμματιζόμενο σύστημα. Από τότε, η τεχνολογία των PLC εξελίχθηκε σημαντικά και χρησιμοποιείται σήμερα σε πάρα πολλές εφαρμογές, από μικρές βιοτεχνίες έως πολύπλοκες γραμμές παραγωγής.

➤ Περιγραφή Κατασκευής

Ένα PLC αποτελείται συνήθως από τα εξής βασικά μέρη:

- **Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU):** Είναι η "καρδιά" του PLC και εκτελεί το πρόγραμμα που έχει φορτωθεί.
- **Μονάδες Εισόδων (Inputs):** Λαμβάνουν σήματα από αισθητήρες, διακόπτες και άλλες συσκευές.
- **Μονάδες Εξόδων (Outputs):** Ελέγχουν συσκευές όπως κινητήρες, λάμπες ή βαλβίδες.
- **Τροφοδοτικό:** Παρέχει την απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ.
- **Μνήμη:** Αποθηκεύει το πρόγραμμα και τα δεδομένα.

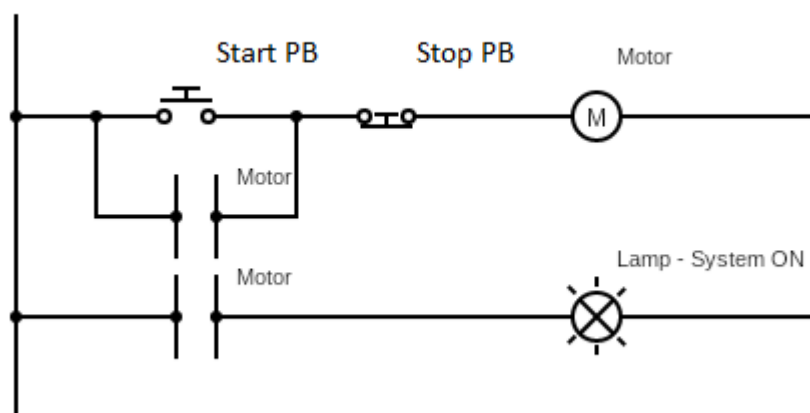


Εικόνα 1.1: Γραφική περιγραφή PLC.

➤ Γλώσσες Προγραμματισμού των PLC

Τα PLC υποστηρίζουν διάφορες γλώσσες προγραμματισμού, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61131-3:

- **Ladder Diagram (LD):** Η πιο συχνή γλώσσα, μοιάζει με ηλεκτρολογικό σχέδιο με ρελέ.
- **Function Block Diagram (FBD):** Αναπαριστά λειτουργίες με μπλοκ και συνδέσεις, ιδανική για ροές σημάτων.
- **Structured Text (ST):** Γλώσσα υψηλού επιπέδου παρόμοια με Pascal, κατάλληλη για πολύπλοκους υπολογισμούς.
- **Instruction List (IL):** Χαμηλού επιπέδου γλώσσα παρόμοια με Assembly (σπάνια χρησιμοποιείται πλέον).
- **Sequential Function Chart (SFC):** Χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση διεργασιών βήμα-βήμα.



Εικόνα 1.2: Παράδειγμα εκκίνησης μότορα με λάμπα σε Ladder Diagram.

➤ Πλεονεκτήματα PLC

- Αξιοπιστία: Αντέχει σε σκληρές βιομηχανικές συνθήκες.
- Ευκολία στον προγραμματισμό και στην τροποποίηση.
- Γρήγορη ανταπόκριση σε σήματα εισόδου.
- Εξοικονόμηση χώρου σε σχέση με πίνακες ρελέ.
- Ευκολία συντήρησης και διάγνωσης βλαβών.

1.5 Συστήματα SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)

Το SCADA είναι ένα σύστημα που χρησιμοποιείται για την επιτήρηση, τον έλεγχο και τη συλλογή δεδομένων από βιομηχανικές διεργασίες. Επιτρέπει στους χειριστές να παρακολουθούν και να ελέγχουν απομακρυσμένες εγκαταστάσεις.

Τα πρώτα SCADA εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 1960 για τη διαχείριση ενεργειακών δικτύων. Από τότε:

- Εξελίχθηκαν σε PC-based συστήματα.
- Υποστηρίζουν διεπαφές με γραφικά (GUIs).
- Πολλά σύγχρονα SCADA είναι web-based, επιτρέποντας πρόσβαση από οπουδήποτε.

➤ Περιγραφή Κατασκευής

Ένα σύστημα SCADA περιλαμβάνει συνήθως:

- **MTU (Master Terminal Unit):** Κεντρική μονάδα που συλλέγει δεδομένα και ελέγχει τις άλλες μονάδες.
- **RTU (Remote Terminal Unit):** Συσκευή πεδίου που μετρά δεδομένα από αισθητήρες και ενεργεί βάσει εντολών.
- **PLC (Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής):** Συχνά χρησιμοποιείται στη θέση του RTU για μεγαλύτερη ευελιξία.
- **HMI (Human-Machine Interface):** Οθόνες που παρουσιάζουν στον χρήστη τα δεδομένα και του επιτρέπουν τον έλεγχο.
- **Δίκτυα Επικοινωνίας:** Συνδέουν όλα τα παραπάνω, μέσω Ethernet, σειριακής επικοινωνίας, ραδιοκυμάτων κ.λπ.

➤ Γλώσσες Προγραμματισμού και Τεχνολογίες SCADA

Το SCADA δεν προγραμματίζεται όπως τα PLC, αλλά βασίζεται κυρίως στις εξής τεχνολογίες:

1. Scripting Γλώσσες

- VBScript, Python, Lua: Χρησιμοποιούνται για αυτοματισμούς, λογική συναγερμών, φίλτρα, trigger κ.ά.

2. SQL και Βάσεις Δεδομένων

- Καταγραφή ιστορικών τιμών (trending)
- Δημιουργία αναφορών
- Σύνδεση με ERP ή MES συστήματα

3. Web Τεχνολογίες (HTML5, JavaScript)

- Για mobile-friendly SCADA
- Web-based dashboards
- Real-time streaming σε browsers

4. HMI και GUI Εργαλεία

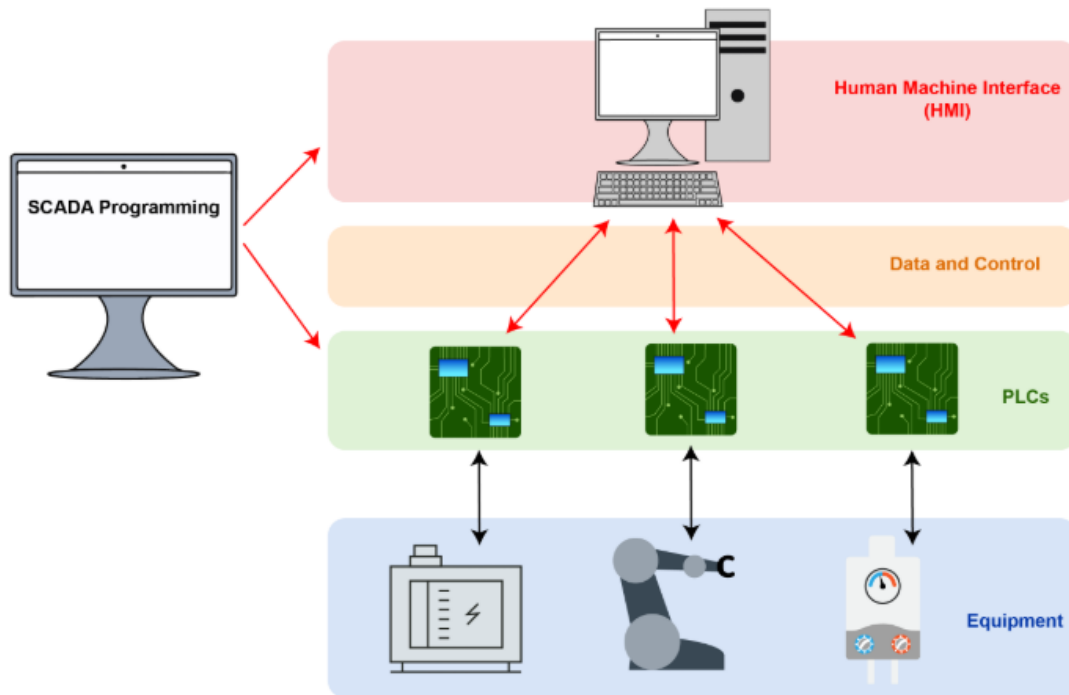
- Αντικείμενα σύρσης-απόθεσης
- Γραφήματα, sliders, συναγερμοί
- Δυναμικά σύμβολα (δεξαμενές, αντλίες, κινητήρες)

5. Πρωτόκολλα Επικοινωνίας

- Modbus RTU/TCP, DNP3, IEC 60870-5-104
- OPC UA / OPC DA: Ενοποίηση πολλών συσκευών

➤ Πλεονεκτήματα SCADA

- Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο
- Απομακρυσμένος έλεγχος συστημάτων
- Ιστορικά δεδομένα και αναφορές
- Αυτόματοι συναγερμοί και ειδοποιήσεις
- Ενίσχυση αποδοτικότητας και παραγωγικότητας
- Μείωση ανθρώπινου σφάλματος



Εικόνα 1.3: Παράδειγμα λειτουργίας SCADA.

2. Ιστορική Ανάλυση της Βιομηχανίας Ζωοτροφών

Η βιομηχανία ζωοτροφών αποτελεί έναν από τους πλέον στρατηγικούς κλάδους της αγροδιατροφικής αλυσίδας, καθορίζοντας άμεσα την παραγωγικότητα, την ποιότητα και την ασφάλεια των ζωικών προϊόντων. Η ιστορική της εξέλιξη είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τις κοινωνικές, τεχνολογικές και οικονομικές μεταβολές της εκάστοτε εποχής. Από τις παραδοσιακές πρακτικές των προνεωτερικών κοινωνιών έως τα σημερινά τεχνολογικά προηγμένα συστήματα διατροφής, η ιστορία της βιομηχανίας ζωοτροφών αποτυπώνει την εξέλιξη της ανθρώπινης γνώσης και τις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις του παγκόσμιου διατροφικού συστήματος.

2.1 Προβιομηχανική Περίοδος (Εώς τον 18^ο αιώνα)

Στις πρώιμες κοινωνίες, η διατροφή των ζώων βασιζόταν σε αυτοσχέδιες πρακτικές, χωρίς επιστημονική τεκμηρίωση. Οι εκτροφείς αξιοποιούσαν τα διαθέσιμα τοπικά φυτικά υλικά (χόρτα, άχυρο, φύλλα) και τα γεωργικά υπολείμματα (π.χ. πίτουρα, υπολείμματα αλωνίσματος).

Ο Ιπποκράτης (5ος αι. π.Χ.) και ο Αριστοτέλης (4ος αι. π.Χ.) ανέφεραν παρατηρήσεις για τη σχέση τροφής και φυσιολογίας των ζώων, χωρίς όμως να υπάρχει συστηματική διατροφική προσέγγιση. Παρόμοιες παραδοσιακές πρακτικές συνεχίστηκαν σε ολόκληρο τον Μεσαίωνα, όπου η κτηνοτροφία λειτουργούσε κυρίως σε μορφή εκτατικής εκμετάλλευσης (π.χ. κοινοί βοσκότοποι).



Εικόνα 2.1: Παραδοσιακές μέθοδοι διατροφής αγροτικών ζώων πριν τη βιομηχανική εποχή. R. Desvarreux, Herd of sheep, (1876).

2.2 Η Εμφάνιση της Επιστημονικής Γεωργίας και των Πρώτων Συστηματικών Ζωοτροφών (18ος–19ος αιώνας)

Η Βιομηχανική Επανάσταση (τέλη 18ου–αρχές 19ου αιώνα) αποτέλεσε σημείο καμπής. Η εντατικοποίηση της γεωργικής παραγωγής και η αστικοποίηση δημιούργησαν νέες ανάγκες για παραγωγικά ζώα σε περιοχές χωρίς άμεση πρόσβαση σε βοσκότοπους.

Κατά τον 19ο αιώνα:

- Εμφανίζονται οι πρώτοι μύλοι παραγωγής αλεσμένων δημητριακών για ζωοτροφές (κυρίως πίτουρο, βρώμη, καλαμπόκι).
- Η επιστήμη της ζωικής διατροφής αρχίζει να διαμορφώνεται ως ξεχωριστό γνωστικό πεδίο.
- Ο Justus von Liebig (Γερμανία, 1803–1873) θεμελιώνει τη χημική προσέγγιση της διατροφής, υποστηρίζοντας την ανάγκη ποσοτικοποίησης των θρεπτικών στοιχείων (πρωτεΐνες, λίπη, υδατάνθρακες).

Η ίδια περίοδος είδε τη γέννηση των πρώτων εμπορικών παραγωγών ζωοτροφών σε ΗΠΑ και Βόρεια Ευρώπη, με προϊόντα προσανατολισμένα κυρίως στην ιπποτροφία και τα βοοειδή.



Εικόνα 2.2: Οι πρώτοι μύλοι αλέσματος.

2.3 Συστηματική Επιστημονική Εξέλιξη και Τυποποίηση (20ός αιώνας)

Ο 20ός αιώνας χαρακτηρίζεται από την επιστημονική οριοθέτηση των θρεπτικών αναγκών ανά ζωικό είδος και παραγωγικό στάδιο. Η πρόοδος της φυσιολογίας, της βιοχημείας και της μικροβιολογίας επιτρέπει:

- Την αναγνώριση απαραίτητων αμινοξέων (π.χ. λυσίνη, μεθειονίνη).
- Τον καθορισμό βιταμινών και ιχνοστοιχείων ως κρίσιμων διατροφικών στοιχείων.
- Την ανάπτυξη premix (συμπληρωμάτων μικροστατικών).
- Την παραγωγή εξειδικευμένων σιτηρεσιών ανάλογα με την ηλικία, το φύλο και τη φάση παραγωγής.

Καθοριστικός σταθμός υπήρξε η δημοσίευση των Nutrient Requirements of Domestic Animals (NRC, ΗΠΑ), που αποτέλεσαν διεθνή πρότυπα διατροφικού σχεδιασμού.

Η μεταπολεμική περίοδος (1950–1980) χαρακτηρίζεται από:

- Μαζική εκβιομηχάνιση της πτηνοτροφίας και χοιροτροφίας.
- Εφαρμογή τεχνολογιών pelleting, extrusion και αυτοματισμού.
- Εισαγωγή αντιβιοτικών ως αυξητικών παραγόντων (μετέπειτα αμφισβητήθηκαν λόγω ανθεκτικότητας μικροβίων).



Εικόνα 2.3: Γραμμή παραγωγής ζωοτροφών.

2.4 Σύγχρονες Προκλήσεις και Μεταρρυθμίσεις στον 21^ο αιώνα

Η βιομηχανία ζωοτροφών σήμερα βρίσκεται αντιμέτωπη με:

- Περιβαλλοντικές πιέσεις για βιώσιμες πρώτες ύλες.

- Απαγόρευση των αυξητικών αντιβιοτικών στην ΕΕ (2006).
- Ενσωμάτωση τεχνολογιών πληροφορικής (ΑΙ, ΙοΤ) για εξατομικευμένα σιτηρέσια.
- Ανάπτυξη εναλλακτικών πηγών πρωτεΐνης (έντομα, μικροφύκη, υποπροϊόντα ζυμώσεων).

Οι τάσεις συγκλίνουν σε ένα νέο υπόδειγμα: διατροφή προσαρμοσμένη όχι μόνο στη βιολογική απόδοση αλλά και στην υγεία του ζώου, την ποιότητα του παραγόμενου τροφίμου και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

2.5 Η Ελληνική Πραγματικότητα: Ιστορική Αναδρομή και Σύγχρονη Δομή

Στην Ελλάδα, η συστηματική παραγωγή ζωοτροφών ξεκινά τη δεκαετία του 1960, με τη βιομηχανική ανάπτυξη πτηνοτροφικών και χοιροτροφικών μονάδων. Οι πρώτες μεγάλες μονάδες εγκαθίστανται κοντά σε αστικά κέντρα (Αττική, Θεσσαλία, Μακεδονία).

Η Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ) επηρεάζει δραστικά τον κλάδο:

- Μέσω ρυθμίσεων ποιότητας και ασφάλειας.
- Με επιδοτήσεις για επενδύσεις και εκσυγχρονισμό.
- Με την επιβολή ελέγχου στην προέλευση των πρώτων υλών.

Η σύγχρονη ελληνική αγορά χαρακτηρίζεται από:

- Εξάρτηση από εισαγόμενες πρώτες ύλες (κυρίως σόγια).
- Ενίσχυση της εγχώριας παραγωγής καλαμποκιού και κριθαριού.
- Ανάπτυξη συνεταιριστικών και ιδιωτικών μονάδων με δυνατότητα πλήρους παραγωγικού κύκλου.

2.6 Ευρωπαϊκές Ενισχύσεις και Θεσμικό Πλαίσιο

Η βιομηχανία ζωοτροφών επηρεάζεται έντονα από την ΚΑΠ :

- Το Πρόγραμμα Αγροτικής Ανάπτυξης (ΠΑΑ), που επιδοτεί εκσυγχρονισμό παραγωγικών εγκαταστάσεων, ψηφιακές τεχνολογίες, συστήματα αυτοματισμού και βιώσιμες πρώτες ύλες.
- Τα Μέτρα για τη Βιολογική Κτηνοτροφία, που απαιτούν χρήση βιολογικών ή μη-ΓΤΟ ζωοτροφών.
- Την πολιτική Green Deal και τη στρατηγική “Από το Αγρόκτημα στο Πιάτο”, η οποία προωθεί τη μείωση χημικών προσθέτων, την επαναχρησιμοποίηση παραπροϊόντων και τη βιωσιμότητα της τροφικής αλυσίδας.

Η νέα ΚΑΠ (2023–2027) προβλέπει στοχευμένες ενισχύσεις για μονάδες που επενδύουν στην πράσινη μετάβαση και την ανθεκτικότητα έναντι διατροφικών και ενεργειακών κρίσεων.

2.7 Παραγωγικές Μονάδες και Δομή Αγοράς

Η βιομηχανία ζωοτροφών στην Ελλάδα αποτελείται από ένα μίγμα μεγάλων, μεσαίων και μικρών επιχειρήσεων. Οι μεγάλες μονάδες διαθέτουν καθετοποιημένα σχήματα παραγωγής, σύγχρονο εξοπλισμό και εργαστηριακές υποδομές για ποιοτικό έλεγχο, ενώ οι μικρότερες μονάδες εξυπηρετούν κυρίως περιφερειακές αγορές και συνεταιριστικά δίκτυα.

Ενδεικτικές μεγάλες παραγωγικές μονάδες:

- Νιτσιάκος Α.Ε. – Διαθέτει κάθετη ολοκλήρωση (εκτροφή, σφαγή, ζωοτροφές).
- ΕΛΒΙΖ Α.Ε. – Παράγει εξειδικευμένες ζωοτροφές για βοοειδή, αιγοπρόβατα και πτηνά.
- ΖΩΟΤΕΧΝΙΚΗ ΘΡΑΚΗΣ Α.Ε. – Εστιάζει σε παραγωγή χύδην και ειδικών μειγμάτων.
- Κυριακίδης Α.Ε. – Παράγει σύνθετες ζωοτροφές με έμφαση σε φυσικές πρώτες ύλες.

Το σύνολο των εταιρειών είναι υποχρεωμένο να τηρεί τις απαιτήσεις της ευρωπαϊκής νομοθεσίας για την ασφάλεια τροφίμων (Κανονισμός 183/2005/ΕΚ), την ιχνηλασιμότητα και τη διατροφή των ζώων.

2.8 Τρέχουσα Κατάσταση και Προκλήσεις

Τα τελευταία έτη, ο κλάδος της παραγωγής ζωοτροφών έχει αντιμετωπίσει μια σειρά προκλήσεων:

- Αύξηση τιμών στις πρώτες ύλες, εξαιτίας των γεωπολιτικών εντάσεων (π.χ. Ουκρανία) και της κλιματικής αστάθειας.
- Ενεργειακό κόστος, που επηρεάζει άμεσα το κόστος παραγωγής.
- Ανάγκη διαφοροποίησης της παραγωγής, μέσω καινοτόμων μειγμάτων και βιώσιμων λύσεων.
- Έλλειψη εγχώριας παραγωγής πρώτων υλών, καθώς μεγάλο ποσοστό των δημητριακών και πρωτεϊνούχων φυτών παραμένει εισαγόμενο.

Παρά τις δυσκολίες, αρκετές ελληνικές επιχειρήσεις στρέφονται στη χρήση εναλλακτικών πρώτων υλών (π.χ. υποπροϊόντα ελαιουργείων, πίτουρα σίτου, λούπινο), ενώ υιοθετούν ψηφιακά εργαλεία για τη βελτιστοποίηση της παραγωγής και της ιχνηλασιμότητας.

2.9 Συμπεράσματα

Η ιστορία της βιομηχανίας ζωοτροφών αντικατοπτρίζει την πορεία της παγκόσμιας γεωργίας προς την εξειδίκευση, την τεχνολογική καινοτομία και τη βιομηχανική παραγωγή. Η μετάβαση από τις παραδοσιακές πρακτικές στη σημερινή βιομηχανική μορφή επηρεάστηκε από επιστημονικά επιτεύγματα, ανάγκες αγοράς, γεωπολιτικές εξελίξεις και κοινωνικές απαιτήσεις.

Στο επίκεντρο του μέλλοντος τίθενται πλέον όχι μόνο η μέγιστη απόδοση, αλλά και η βιωσιμότητα, η ασφάλεια των τροφίμων, η προστασία του περιβάλλοντος και η ηθική διάσταση της εκτροφής. Η κατανόηση της ιστορικής πορείας της βιομηχανίας ζωοτροφών είναι καθοριστική για την κατεύθυνση που θα ακολουθήσει στο πλαίσιο της αγροδιατροφικής μετάβασης του 21ου αιώνα.

3. Αυτοματισμοί στη Βιομηχανία Ζωοτροφών

Η πρόοδος της τεχνολογίας κατά τον 20ο και 21ο αιώνα συνέβαλε ριζικά στην αναδιαμόρφωση της βιομηχανίας ζωοτροφών. Ο αυτοματισμός, ως συνώνυμο της εξοικονόμησης πόρων, της ακρίβειας και της επαναληψιμότητας, μεταμόρφωσε τις παραδοσιακές μονάδες σε εργοστάσια υψηλής τεχνολογίας, ικανά να παράγουν σύνθετες ζωοτροφές με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση.

Η εισαγωγή των PLCs, των SCADA και πιο πρόσφατα της Τεχνητής Νοημοσύνης, άλλαξε το τοπίο παραγωγής. Για να κατανοηθεί το σήμερα, όμως, απαιτείται ιστορική αναδρομή στην τεχνολογική πορεία της βιομηχανίας.

3.1 Ιστορική Αναδρομή: Από τον Μηχανικό Έλεγχο στον Ψηφιακό Αυτοματισμό

3.1.1 Πρώιμη Μηχανοποίηση (1900–1950)

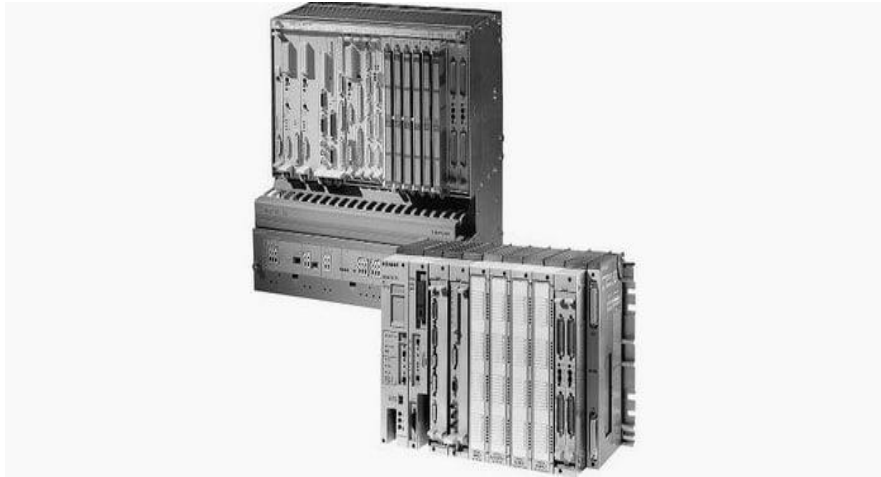
Η βιομηχανία ζωοτροφών στις αρχές του 20ού αιώνα βασιζόταν σχεδόν αποκλειστικά στη μηχανική εργασία: ανελκυστήρες, κοχλίες, αλεστικές μηχανές και στοιχειώδη συστήματα μεταφοράς πρώτων υλών. Ο χειρισμός γινόταν αποκλειστικά από εργαζόμενους, με ελάχιστη ακρίβεια.

- Οι πρώτες γραμμές παραγωγής ζωοτροφών εμφανίστηκαν στις ΗΠΑ και τη Γερμανία, βασισμένες σε μηχανικά εξαρτήματα.
- Η απουσία αυτοματισμού προκάλούσε ασυνεπή ποιοτικά αποτελέσματα.

3.1.2 Εισαγωγή Ηλεκτρονικού Ελέγχου (1950–1970)

Μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, η χρήση ηλεκτρονικών ρελέ και πινάκων ελέγχου επέτρεψε τις πρώτες μορφές "αυτονομίας" στον εξοπλισμό. Αυτή η περίοδος χαρακτηρίζεται από:

- Την πρώτη χρήση συστημάτων στάθμισης με φορτοκυψέλες.
- Ημιαυτόματα συστήματα ανάμιξης και μεταφοράς.
- Στα τέλη της δεκαετίας του 1960, το PLC της Modicon (1968) εισάγεται στη βιομηχανία (πρώτη χρήση σε αυτοκινητοβιομηχανία, σύντομα και στα τρόφιμα/ζωοτροφές).



Εικόνα 3.1: Modicon 084 PLC.

3.1.3 Ψηφιακός Αυτοματισμός (1970–2000)

Από τη δεκαετία του 1980 και εξής, τα PLCs, τα SCADA συστήματα και οι βιομηχανικοί υπολογιστές επεκτάθηκαν στα εργοστάσια ζωοτροφών:

- Οι συνταγές ζωοτροφών αποθηκεύονται πλέον ψηφιακά και εκτελούνται αυτόματα.
- Ο χρόνος και η ακρίβεια ζύγισης αυξάνεται δραματικά.
- Η παρακολούθηση ποιότητας και παραγωγής γίνεται σε πραγματικό χρόνο.
- Ήδη από το 1990, μεγάλες εταιρείες όπως η Cargill και η Nutreco επενδύουν σε πλήρως αυτοματοποιημένες μονάδες.

3.2 Σημερινές Εφαρμογές Αυτοματισμού στη Βιομηχανία Ζωοτροφών

Η αυτοματοποίηση σήμερα καλύπτει όλο τον κύκλο παραγωγής:

Εισαγωγή & Αποθήκευση Πρώτων Υλών

- Αισθητήρες υγρασίας, θερμοκρασίας, σκόνης στα σιλό.
- Barcode scanning παρτίδων για ιχνηλασιμότητα.
- Αυτόματη δειγματοληψία για ποιοτικό έλεγχο εισερχόμενων υλικών.

Ζύγιση και Δοσομέτρηση

- Ζύγιση υλικών μέσω φορτοκυβελών και αυτόματης καλιμπράρισης.
- Συνδεδεμένα PLCs που διαχειρίζονται συνταγές με βάση το είδος ζώου και το στάδιο ζωής.
- Έλεγχος cross-contamination με σύστημα καθαρισμού γραμμών (CIP/SIP).

Ανάμιξη και Παραγωγή

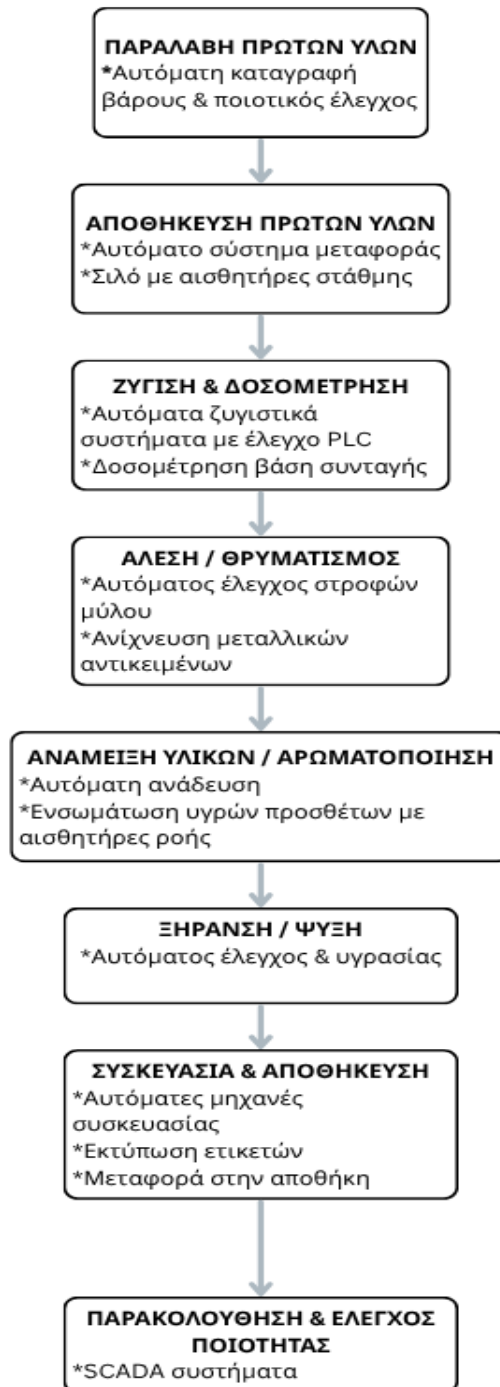
- Αυτόματος έλεγχος υγρασίας για pelletizing.
- Προσαρμογή ταχύτητας κοχλιών και θερμοκρασίας για κάθε παρτίδα.
- Ανίχνευση φθοράς εξοπλισμού με αισθητήρες δόνησης.

Συσκευασία – Παλετοποίηση – Αποθήκευση

- Ρομποτικά συστήματα για πακετάρισμα και παλετοποίηση.
- Αυτόματη απογραφή και tracking με χρήση RFID/barcode.

Παρακολούθηση και Διαχείριση

- SCADA για πλήρη επίβλεψη γραμμής σε οθόνες ελέγχου.
- MES (Manufacturing Execution Systems) που συνδέονται με ERP.
- Cloud platforms & AI για προγνωστική ανάλυση (π.χ. ποιότητα πρώτων υλών, ανωμαλίες παραγωγής).



Εικόνα 3.2: Διάγραμμα ροής αυτοματισμού στην βιομηχανία ζωοτροφών.

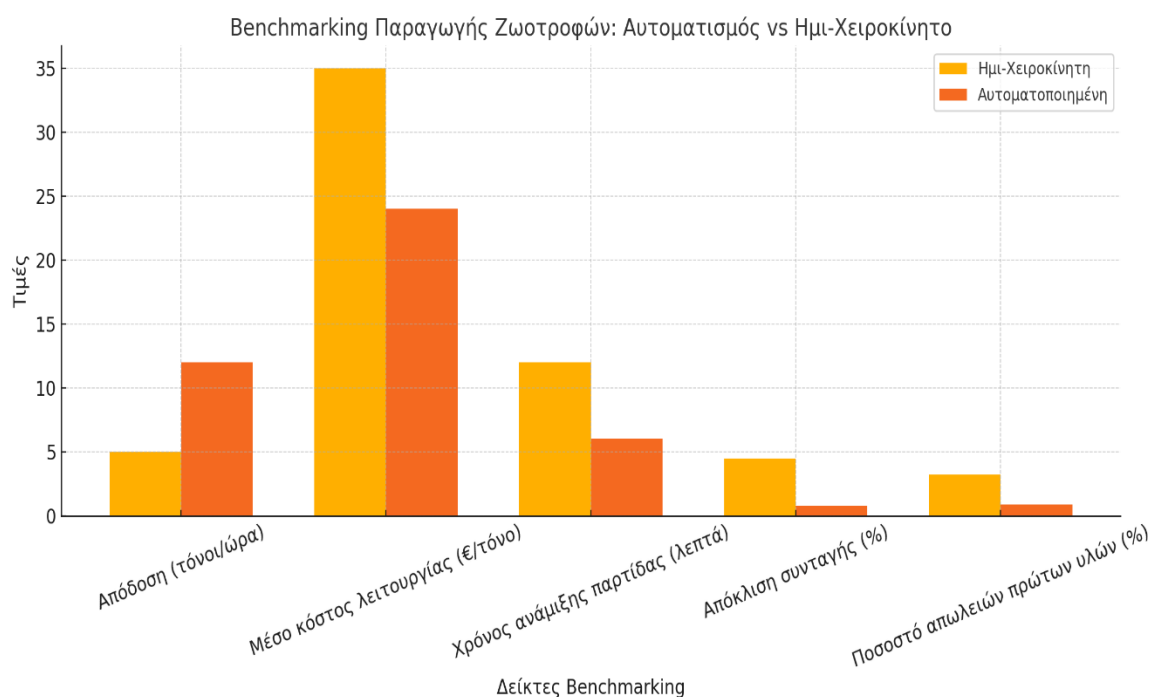
3.3 Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα Εφαρμογής Αυτοματισμών

Πλεονεκτήματα

- Ακρίβεια: μείωση αποκλίσεων στις συνταγές, έως και 98%.
- Ασφάλεια: λιγότερες ανθρώπινες παρεμβάσεις = λιγότερα σφάλματα.
- Οικονομία: εξοικονόμηση ενέργειας, ελαχιστοποίηση απωλειών.
- Ιχνηλασιμότητα: πλήρες ιστορικό ανά παρτίδα.
- Συμμόρφωση: διευκόλυνση επιθεωρήσεων βάσει HACCP, ISO, GMP+.

Μειονεκτήματα

- Υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης & εκπαίδευσης προσωπικού.
- Συμβατότητα μεταξύ νέου εξοπλισμού και παλαιών μηχανημάτων.
- Έλλειψη τεχνικού προσωπικού ειδικευμένου σε PLC/SCADA.
- Ευπάθεια σε κυβερνοεπιθέσεις (για αυτό απαιτείται σύγχρονη κυβερνοασφάλεια – OT security).
- Αναβαθμίσεις λογισμικού και ανάγκη υποστήριξης.



Εικόνα 3.3: Σύγκριση μεταξύ αυτοματοποιημένης και ημι-χειροκίνητης μονάδας παραγωγής ζωοτροφών.

3.4 Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις και Βιωσιμότητα

Η παγκόσμια τάση προς τη βιώσιμη παραγωγή έχει καταστήσει τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος θεμελιώδη στόχο για κάθε βιομηχανική δραστηριότητα. Η βιομηχανία ζωοτροφών, λόγω της έντονης κατανάλωσης ενέργειας, πρώτων υλών και της παραγωγής αποβλήτων, καλείται να υιοθετήσει τεχνολογίες που θα ενισχύσουν την περιβαλλοντική της επίδοση.

Η ενσωμάτωση συστημάτων αυτοματισμού, όπως PLC (Programmable Logic Controllers) και SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), προσφέρει πρακτικές λύσεις που ευνοούν την ενεργειακή αποδοτικότητα, τον έλεγχο ρύπων και τη μείωση της σπατάλης πόρων. Το παρόν κεφάλαιο εξετάζει αναλυτικά πώς οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να συμβάλουν στη βιώσιμη λειτουργία μιας γραμμής παραγωγής ζωοτροφών.

3.5 Ενεργειακή Απόδοση και Παρακολούθηση Κατανάλωσης

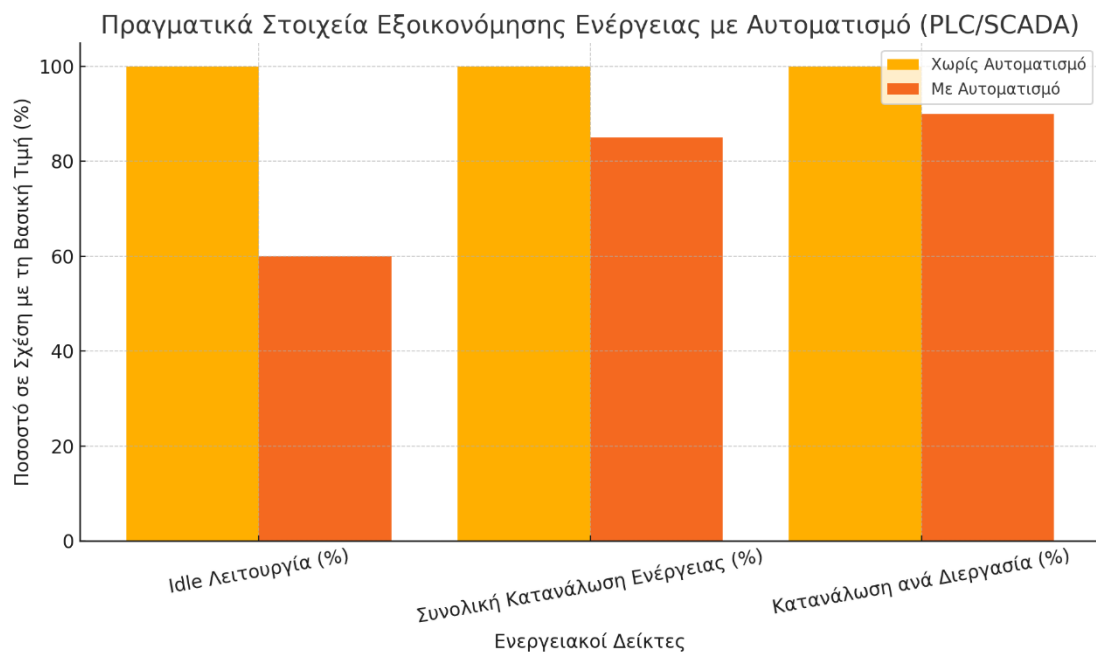
3.5.1 Βελτιστοποίηση Χρήσης Κινητήρων και Φορτίων

Με τη χρήση PLC, οι ηλεκτροκινητήρες που κινούν μηχανές μίξης, μεταφορικές ταινίες και κοκκοποιητές μπορούν να ελέγχονται με βάση ακριβή δεδομένα φορτίου ή στάθμης. Μέσω αισθητήρων ροής ή βάρους, αποφεύγεται η λειτουργία κινητήρων σε κενό φορτίο ή για μεγαλύτερο διάστημα απ' ό,τι απαιτείται.

3.5.2 SCADA ως Εργαλείο Ενεργειακής Εποπτείας

Το SCADA σύστημα επιτρέπει τη συνεχή καταγραφή κατανάλωσης ενέργειας ανά τμήμα παραγωγής ή ανά εξοπλισμό, μέσω ενεργειακών αναλυτών ή αισθητήρων ρεύματος. Η ανάλυση αυτών των δεδομένων οδηγεί σε:

- Εντοπισμό ενεργοβόρων σημείων (π.χ. ασταθής λειτουργία κοχλιών μεταφοράς).
- Προγραμματισμό παραγωγής σε off-peak ώρες για χαμηλότερο κόστος και περιβαλλοντικό αποτύπωμα.
- Εισαγωγή αλγορίθμων διακοπής σε αδράνεια μέσω PLC, π.χ. auto standby κινητήρων.



Εικόνα 3.4: Σύγκριση κατανάλωσης χωρίς και με την χρήση αυτοματισμού.

3.6 Μείωση Αποβλήτων και Διαχείριση Πρώτων Υλών

3.6.1 Ακριβής Δοσομέτρηση και Ανάμειξη

Μέσω PLC και SCADA μπορούν να εφαρμοστούν αυτόματα προγράμματα δοσομέτρησης με χαμηλά όρια σφάλματος (<1%), περιορίζοντας τη χρήση πλεονάζοντος υλικού. Η ρύθμιση γίνεται με βάση δυναμοκυψέλες ή παλμογεννήτριες.

3.6.2 Ανίχνευση Διαρροών ή Υπερχειλίσεων

Η τοποθέτηση αισθητήρων στάθμης και παροχής επιτρέπει την έγκαιρη αποκοπή υλικών από χοάνες ή σιλό, προλαμβάνοντας περιβαλλοντικά συμβάντα όπως:

- Διαρροή λεπτόκοκκων υλών στον αέρα
- Υπερχείλιση δοχείων με πρόκληση υγρών αποβλήτων

3.6.3 Ανακύκλωση Δευτερογενών Προϊόντων

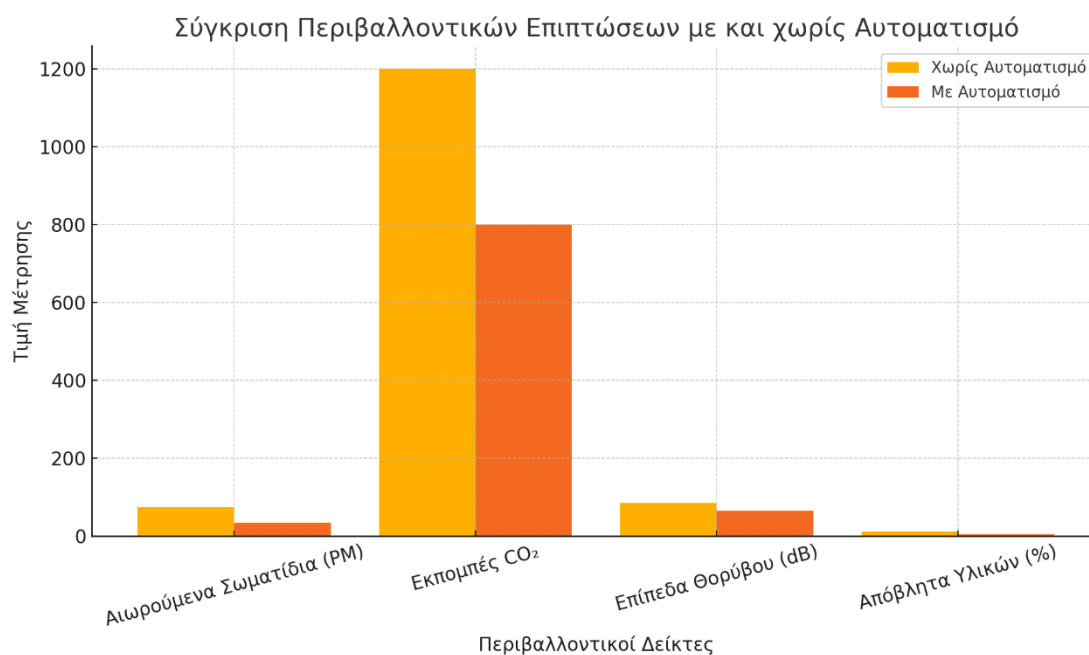
Η αυτοματοποίηση μπορεί να υποστηρίξει κλειστούς κύκλους παραγωγής: υλικά που αποκλίνουν από προδιαγραφές επαναεισάγονται στον κύκλο υπό ελεγχόμενες συνθήκες.

3.6.4 Έλεγχος Εκπομπών, Θορύβου και Σκόνης

- Τα PLC μπορούν να διαχειρίζονται συστήματα απόσυρσης σκόνης, ενεργοποιώντας φίλτρα ή κυκλώνες σε πραγματικό χρόνο, με βάση αισθητήρες ρύπων ή πίεσης.

- Η μείωση λειτουργίας μηχανών σε φάσεις μη απαίτησης (π.χ. κατά τη μεταφόρτωση ή μετακίνηση) ελαχιστοποιεί τη μηχανική κατανάλωση και τον θόρυβο.

- SCADA μπορεί να παρακολουθεί επίπεδα θορύβου ή κραδασμών για να προλαμβάνει φθορές που οδηγούν σε αποδομητικά σενάρια ή διαρροές.



Εικόνα 3.5: Σύγκριση περιβαλλοντικών επιπτώσεων χωρίς και με την χρήση αυτοματισμού.

3.6.5 Βιωσιμότητα και Κύκλος Ζωής Εξοπλισμού

Η χρήση συστημάτων αυτοματισμού επεκτείνει τον ωφέλιμο κύκλο ζωής του εξοπλισμού:

- Προγνωστική συντήρηση με βάση runtime ή μετρήσεις δόνησης
- Modular σχεδιασμός PLC/SCADA για εύκολη αναβάθμιση χωρίς αντικατάσταση
- Ελαχιστοποίηση υλικών που καταλήγουν σε απόρριψη

3.6.6 Συμπεράσματα

Η ενσωμάτωση PLC και SCADA συστημάτων στη βιομηχανία ζωοτροφών αποτελεί όχι μόνο τεχνικά και οικονομικά βιώσιμη επιλογή, αλλά και ουσιαστικό εργαλείο για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης. Από την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση αποβλήτων έως την ευκολότερη συμμόρφωση με διεθνή πρότυπα, ο αυτοματισμός προσφέρει ένα ολιστικό πλαίσιο περιβαλλοντικής διαχείρισης με άμεσα μετρήσιμα οφέλη.

4. Περιγραφή Λειτουργίας Βιομηχανίας Ζωοτροφών

Η παραγωγή ζωοτροφών στη βιομηχανία γίνεται με μια οργανωμένη αλυσίδα σταδίων ώστε να εξασφαλίζεται ποιότητα, ασφάλεια και θρεπτική αξία. Ακολουθεί συνοπτικά η διαδικασία παραγωγής του εργοστασίου ΕΛΒΙΖ.

4.1 Παραλαβή και Έλεγχος Πρώτων Υλών

- Σιτηρά (καλαμπόκι, κριθάρι, σιτάρι, σογιάλευρο, πίτουρα κ.α.).
- Πρωτεϊνούχες, λιπαρές και μεταλλικές πρώτες ύλες.
- Εργαστηριακοί έλεγχοι για υγρασία, μικροτοξίνες, βαρέα μέταλλα και μικροβιακό φορτίο.



Εικόνα 4.1: Διάταξη παραλαβής πρώτης ύλης.

Το φορτηγό αδειάζει το φορτίο του μέσα στην μεταλλική σίτα της εικόνας 12. Κάτω βρίσκεται ένα redler (αλυσομεταφορά) το οποίο κατευθύνει το υλικό σε ένα ανεβατόρι και στην συνέχεια με την χρήση ενός άλλου redler το υλικό κατευθύνεται στο κατάλληλο σιλό αποθήκευσης.



Εικόνα 4.2: Δειγματολήπτης αραβόσιτου με ρομποτικό βραχίονα και αερομεταφορά.

4.2 Αποθήκευση Πρώτων Υλών

- Σιλό για σιτηρά και σκόνες.
- Δεξαμενές για υγρά (έλαια, μελάσα).
- Σωστή υγρασία και θερμοκρασία για αποφυγή αλλοιώσεων.



Εικόνα 4.3: Μεταλλικά σιλό αποθήκευσης σιτηρών 1000 τόνων.



Εικόνα 4.4: Εσωτερικό ενός σιλό αποθήκευσης.

4.3 Άλεση (Grinding)

- Με μύλους (σφυρόμυλους, κυλινδρόμυλους).
- Επίτευξη κατάλληλου μέγεθους σωματιδίων ανάλογα με το ζώο (π.χ. πιο ψιλή άλεση για πουλερικά).



Εικόνα 4.5: Σφυρόμυλος άλεσης δημητριακών με αερομεταφορά.



Εικόνα 4.6: Εσωτερικό μύλου άλεσης φαίνονται τα μαχαίρια και κατω το κόσκινο.

Μετά την άλεση του σε μορφή άλευρου πλέον το δημητριακο οδηγείται στο αντίστοιχο σιλό πρώτης ύλης μέσω αερομεταφοράς.

4.4 Ζύγιση και Ανάμειξη

- Αυτόματη δοσομέτρηση σύμφωνα με συνταγή διατροφολόγου.
- Προσθήκη βιταμινών, ιχνοστοιχείων, προσθετικών (ένζυμα, προβιοτικά κτλ.).
- Ομογενοποίηση για ομοιόμορφη κατανομή.



Εικόνα 4.7: Καδοζυγοί βιταμινών και ιχνοστοιχείων.

Με ακρίβεια μικρογραμμαρίου προσθέτουν σύμφωνα με την εκάστοτε συνταγή (προιον) τις ανάλογες ποσότητες που αναλογούν και μαζί με κάποια υλικά φορείς όπως μαρμαρόσκονη πίτουρα σίτου, φωσφορικό μονοασβέστιο οδηγούνται σε έναν αναμεικτη (mixer) για ανάμειξη σε συγκεκριμένο χρόνο δημιουργώντας έτσι το πρόμειγμα (Premix).



Εικόνα 4.8: Μίξερ βιταμινών και ιχνοστοιχείων για την δημιουργία προμείγματος.

ID	Κωδικός Συνταγής	Αριθμός Προϊόν	Όνομασία Προϊόν	Υπόμνηση	Ανάλυση	Ποσότητα	ΟΡΑ	Αποθέσιμος B.S	Σταθμ. υλικού	Καθίστα	ΣΥΝΑΡΤΗ B.S	Ρυθμ.	Πίπρω	Συνολ. Λαμβ. 47%	Συνολ. Λαμβ. 44%	Συνολ. Λαμβ. 49%	Πλαστική	
1	14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Εικόνα 4.9: Οθόνη συνταγών βιομηχανίας ζωοτροφών.

Η παραγωγή πραγματοποιείται με την εκτέλεση συνταγών recipe όπου πριν από την παραγωγή κάθε προϊόντος μια συνταγή γράφεται (write tags) στο plc και στην συνέχεια εκτελείται. Η συνταγή είναι στην ουσία ένα .csv αρχείο όπου η κάθε στήλη είναι μια ονομασία πρώτης ύλης και κάθε γραμμή είναι η ποσότητα που χρειάζεται από

αυτήν βάσει της συνταγής. Όλα τα σιλό έχουν ένα tag μια δηλαδή ονομασία πρώτης ύλης έτσι ώστε το plc να καταλαβαίνει από που πρέπει να τραβήξει υλικό και σε τι ποσότητα.

Με το που συμπληρωθεί η ποσότητα των 2 Tn η γραμμή περιμένει μέχρι να γίνει εκκένωση της ζυγαριάς μέσω ενός κλαπέ μέσα στο mixer που υπάρχει ακριβώς από κάτω της όπου ξεκινάει η ανάμειξη για συγκεκριμένο χρόνο (3min). Αμέσως μετά την εκκένωση της ζυγαριάς η γραμμή ξεκινάει να τραβάει τα υλικά της επόμενης επανάληψης μέχρι της συμπλήρωσης του επιθυμητού αριθμού επαναλήψεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα υλικά οδηγούνται στην ζυγαριά διαδοχικά στο ένα μετά το άλλο και μετά από την συμπλήρωση της επιθυμητής ποσότητας κάθε υλικού η γραμμή περιμένει κάποιον χρόνο (sec) δίνοντας έτσι χρόνο στην ζυγαριά να σταθεροποιηθεί ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή ακρίβεια στην τελική ποσότητα.



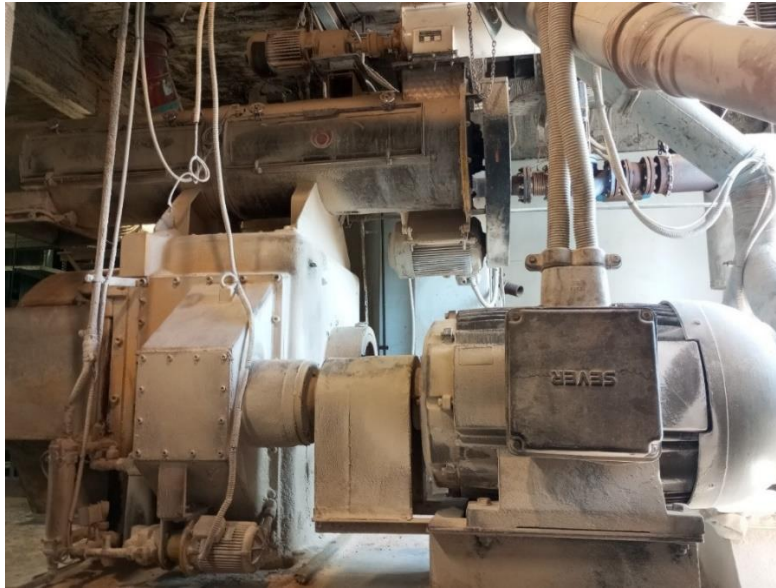
Εικόνα 4.10: Οδήγηση πρώτων υλών και premix στην ζυγαριά.



Εικόνα 4.11: Ζυγαριά 2 τόνων γραμμής παραγωγής με 4 load cells στο πάνω μέρος φαίνονται οι καταλήξεις των κοχλιών των σιλό πρώτων υλών.

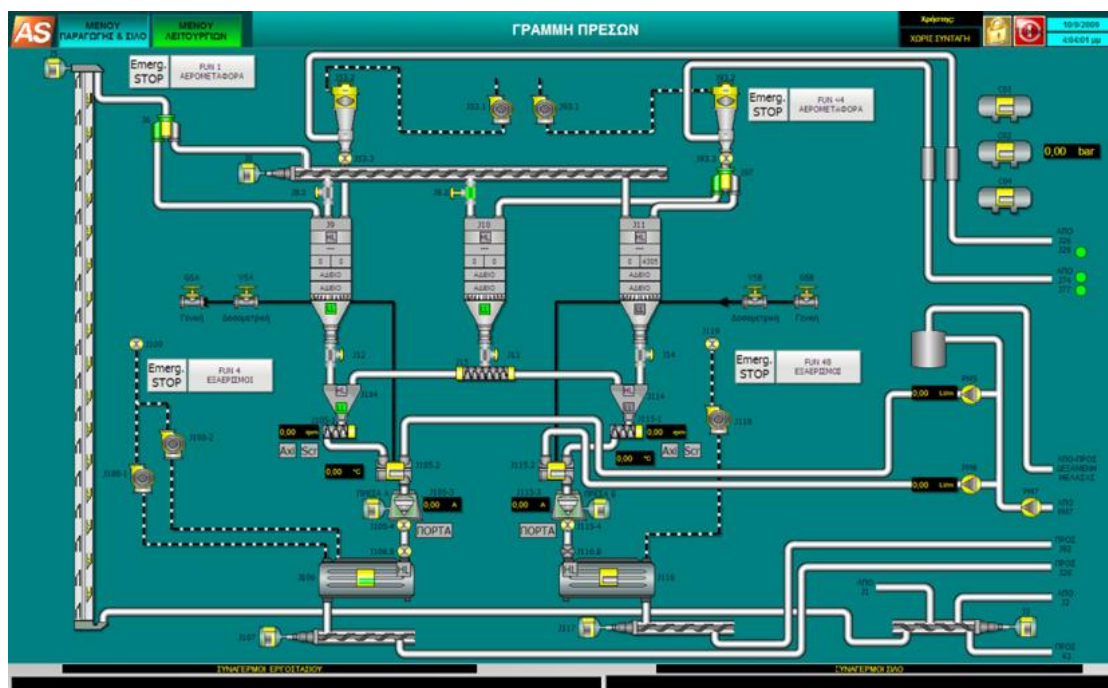


Εικόνα 4.12: Μίξερ ανάμειξης 2 τόνων έτοιμου προϊόντος.



Εικόνα 4.14: Πρέσσα πελλετοποίησης προϊόντος .

Στο πάνω μέρος της εικόνας 4.14 φαίνεται ο αναμεικτής όπου γίνεται εισαγωγή ατμού και μελάσσας στο έτοιμο προϊόν που στην συνέχεια εξάγεται σε μορφή Pellet.



Εικόνα 4.15: Μιμικό διάγραμμα λειτουργίας πρεσσών.

Ο χειρισμός των πρεσών γίνεται από τους τοπικούς πίνακες χειρισμού. Από τον πίνακα ελέγχου οι χειριστές επιλέγουν που θα στείλουν τα προϊόντα που θα περάσουν μέσα από τις πρέσες.

4.6 Ψύξη - Ξήρανση

- Αφαίρεση υγρασίας και θερμότητας από τα pellets.
- Σταθεροποίηση για αποθήκευση.



Εικόνα 4.16: Ξηραντήριο Pellet .



Εικόνα 4.17: Κόσκινο διαχωρισμού Pellet από σκόνη .

Τα pellet πηγαίνουν σε σίλο για ενσάκωση η σε σίλο χύμα προϊόντος η σκόνη που διαχωρίζεται ανατροφοδοτείται μέσω αερομεταφοράς ξανά στην πρέσσα.

4.7 Συσκευασία και Αποθήκευση

- Σακιά big bags ή χύδην φόρτωση.
- Ετικέτες με συστατικά, θρεπτική αξία, ημερομηνία παραγωγής και λήξης.
- Φύλαξη σε ξηρό, δροσερό χώρο.



Εικόνα 4.18: Συσκευαστική και ραπτική μηχανή 40kg .



Εικόνα 4.19: Ρομποτικός βραχίονας παλετοποίησης .

4.8 Διανομή - Διάθεση

- Μεταφορά σε κτηνοτροφικές μονάδες ή εμπόρους ζωοτροφών.
- Διασφάλιση ιχνηλασιμότητας παρτίδας.

4.9 Ο Αλυσομεταφορέας Redler

Ο αλυσομεταφορέας τύπου Redler αποτελεί έναν από τους πιο διαδεδομένους μηχανισμούς μεταφοράς χύδην υλικών στη βιομηχανία ζωοτροφών, γι' αυτό πριν προχωρήσουμε στην αναλυτική λειτουργία του εργοστασίου θα αναλύσουμε την λειτουργία του Redler. Η χρήση του Redler στηρίζεται στην αρχή της συνεχούς έλξης υλικών μέσα σε κλειστή διατομή με τη βοήθεια αλυσίδας με πτερύγια.

4.10 Βασική Αρχή Λειτουργίας

Ο Redler αποτελείται από:

- Μεταλλικό κανάλι (ορθογώνιας διατομής), μέσα στο οποίο κινείται το υλικό.
- Αλυσίδα βαρέος τύπου, που φέρει εγκάρσια πτερύγια.
- Μηχανισμό κίνησης (κινητήρα – μειωτήρα – γρανάζι), που μεταδίδει την κίνηση στην αλυσίδα.
- Τεντωτήρα για τη ρύθμιση και διατήρηση της σωστής τάσης της αλυσίδας.

Καθώς η αλυσίδα κινείται, τα πτερύγια σπρώχνουν το χύδην υλικό κατά μήκος του καναλιού. Το υλικό δεν ρέει ελεύθερα, αλλά «σύρεται» ομοιόμορφα, διατηρώντας σταθερή παροχή. Ο Redler μπορεί να λειτουργεί σε οριζόντια ή ελαφρώς κεκλιμένη διάταξη (έως περίπου 15°).

4.11 Πλεονεκτήματα

Η ευρεία χρήση του Redler στη βιομηχανία ζωοτροφών οφείλεται σε μια σειρά από σημαντικά πλεονεκτήματα:

- Αεροστεγής μεταφορά – το κλειστό κανάλι περιορίζει τη διασπορά σκόνης και τη ρύπανση.
- Ασφάλεια προϊόντος – μειώνει τον κίνδυνο απωλειών και διατηρεί την ποιότητα του υλικού.
- Μεγάλη παροχή – ικανότητα μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων σε μικρό χρόνο.
- Μικρή κατανάλωση ενέργειας – αποδοτικότερη λειτουργία σε σύγκριση με άλλους μεταφορείς.
- Αντοχή – βαριά κατασκευή, κατάλληλη για συνεχή λειτουργία σε απαιτητικά περιβάλλοντα.
- Ευελιξία στη διάταξη – μπορεί να συνδυαστεί με άλλα συστήματα (ανυψωτήρες, κοχλίες, σιλό).

4.12 Μειονεκτήματα

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματα, υπάρχουν και ορισμένα μειονεκτήματα:

- Περιορισμένη δυνατότητα κλίσης (δεν λειτουργεί σε μεγάλες ανηφόρες).
- Αυξημένη φθορά αλυσίδας και πτερυγίων με την πάροδο του χρόνου.
- Απαιτεί συστηματική λίπανση και συντήρηση.
- Πιο ακριβός από απλούς κοχλιομεταφορείς (screw conveyors).

4.13 Εφαρμογές στη Βιομηχανία Ζωοτροφών

Ο Redler είναι ιδιαίτερα σημαντικός στη βιομηχανία ζωοτροφών, καθώς:

- Μεταφέρει καλαμπόκι, σιτάρι, κριθάρι και άλλα δημητριακά από τα σιλό στους μύλους.
- Χρησιμοποιείται για τη μεταφορά πρώτων υλών σε γραμμές παραγωγής.
- Διανέμει έτοιμα μείγματα ζωοτροφών προς τις αποθήκες ή το τελικό στάδιο συσκευασίας.
- Συνδυάζεται με ανυψωτήρες κάδων (bucket elevators) για κατακόρυφη κίνηση υλικών.

4.14 Συντήρηση και Ασφάλεια

Η σωστή λειτουργία του Redler απαιτεί:

- Τακτικό έλεγχο της τάσης της αλυσίδας.
- Καθαρισμό του καναλιού για αποφυγή συσσωρεύσεων.
- Λίπανση κινούμενων μερών.
- Τήρηση μέτρων ασφαλείας, καθώς ο μηχανισμός διαθέτει κινούμενα μέρη με ισχυρές δυνάμεις έλξης.

4.15 Συμπέρασμα

Ο αλυσομεταφορέας Redler αποτελεί κρίσιμο κρίκο στη βιομηχανική αλυσίδα της παραγωγής και διακίνησης ζωοτροφών. Ο συνδυασμός αξιοπιστίας, ασφάλειας και υψηλής απόδοσης τον καθιστά απαραίτητο μηχάνημα για κάθε σύγχρονη εγκατάσταση επεξεργασίας σιτηρών και ζωοτροφών. Παρά τις απαιτήσεις σε συντήρηση, η συμβολή του στην αποδοτικότητα και στην προστασία της ποιότητας του προϊόντος είναι καθοριστική.

4.16 ERP και Διαχείριση Αποθήκης

Η ύπαρξη πολλών πρώτων υλών (δημητριακά, πρωτεϊνούχα πρόσθετα, βιταμίνες, ιχνοστοιχεία), οι αυστηροί κανονισμοί για την ασφάλεια τροφίμων και η ανάγκη για συνεχή προσαρμογή σε απαιτήσεις πελατών, καθιστούν απαραίτητη τη

χρήση ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης πόρων, γνωστού ως ERP (Enterprise Resource Planning).

4.17 Ρόλος του ERP στην Βιομηχανία ζωοτροφών

Το ERP λειτουργεί ως κεντρικό πληροφοριακό σύστημα που συνδέει όλα τα τμήματα της επιχείρησης, από την προμήθεια πρώτων υλών μέχρι την τελική διανομή. Για μια βιομηχανία ζωοτροφών, το ERP επιτρέπει:

- Πλήρη ιχνηλασιμότητα: από ποιον προμηθευτή αγοράστηκε κάθε παρτίδα, σε ποια συνταγή χρησιμοποιήθηκε και σε ποιόν πελάτη κατέληξε.
- Αυτοματισμό διαδικασιών: ελαχιστοποίηση χειροκίνητων λαθών, ιδιαίτερα στη διαχείριση αποθεμάτων.
- Οικονομική διαφάνεια: παρακολούθηση κόστους παραγωγής, αποθηκευτικών εξόδων και κερδοφορίας ανά προϊόν.
- Συμμόρφωση με κανονισμούς: εφαρμογή προτύπων ποιότητας και ασφάλειας, όπως ISO και HACCP.

4.18 Διαχείριση Αποθήκης με ERP

Η αποθήκη είναι κομβικό σημείο για τη λειτουργία μιας μονάδας παραγωγής ζωοτροφών, καθώς συγκεντρώνει τις πρώτες ύλες και τα τελικά προϊόντα. Μέσω του ERP επιτυγχάνονται:

Έλεγχος αποθεμάτων.

- Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των ποσοτήτων σε σιλό, αποθηκευτικούς χώρους ή σακιά.
- Αυτόματες ειδοποιήσεις για ελάχιστα αποθέματα και ανάγκη προμήθειας.
- Μείωση υπερβολικών αποθεμάτων που αυξάνουν το κόστος φύλαξης.

Διαχείριση πρώτων υλών.

- Καταγραφή εισερχόμενων παρτίδων με στοιχεία προμηθευτή, ποιότητας και ημερομηνίας παραλαβής.
- FIFO/FEFO μέθοδοι (First In, First Out / First Expired, First Out) για την αποφυγή απωλειών.
- Διασύνδεση με ποιοτικούς ελέγχους (π.χ. υγρασία, πρωτεΐνη).

Διαχείριση παραγωγής.

- Αυτόματη δέσμευση πρώτων υλών ανάλογα με τις συνταγές που απαιτούνται.
- Καταγραφή παραγόμενων παρτίδων ζωοτροφών με μοναδικούς κωδικούς.
- Ιχνηλασιμότητα: δυνατότητα αναδρομής από το τελικό προϊόν έως την πρώτη ύλη.

Διαχείριση διανομής.

- Οργάνωση παραγγελιών και προγραμματισμός δρομολογίων.
- Βελτιστοποίηση φόρτωσης φορτηγών βάσει όγκου και βάρους.
- Έκδοση αυτόματων δελτίων αποστολής και τιμολογίων.

4.19 Οφέλη για την Επιχείρηση

Η υιοθέτηση ERP για τη διαχείριση αποθήκης προσφέρει:

- Μείωση κόστους μέσω καλύτερου ελέγχου πρώτων υλών και αποθεμάτων.
- Αύξηση παραγωγικότητας με ελαχιστοποίηση καθυστερήσεων και σφαλμάτων.
- Βελτιωμένη εξυπηρέτηση πελατών χάρη σε ταχύτερη παράδοση και ακρίβεια παραγγελιών.
- Στρατηγική πληροφόρηση για λήψη αποφάσεων βασισμένων σε πραγματικά δεδομένα.

5. Περιγραφή – Ανάλυση Ladder & SCADA

5.1 FC6A-C40K4CE PLC

Το FC6A-C40K4CE είναι μέλος της σειράς MicroSmart FC6A της IDEC και ανήκει στους High-Performance Micro PLCs. Συνδυάζει ευελιξία, υψηλή ταχύτητα επεξεργασίας και προηγμένες δυνατότητες επικοινωνίας.

5.1.1 Βασικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά

- **Τύπος μονάδας:** CPU 40 σημείων.
- **Είσοδοι/Εξοδοι:**
 - 24 ψηφιακές είσοδοι (DC).
 - 16 ψηφιακές έξοδοι (τρανζίστορ).
- **Δυνατότητα επέκτασης:** έως και 511 σημεία I/O με πρόσθετες μονάδες.
- **Μνήμη προγράμματος:** 640 KB (μεγάλη χωρητικότητα για σύνθετες εφαρμογές).
- **Ταχύτητα εκτέλεσης:** 0,042 μs ανά εντολή βασικής λογικής.
- **Τροφοδοσία:** 24 VDC.

5.1.2 Επικοινωνίες

- **Ethernet** (ενσωματωμένο, υποστηρίζει Modbus TCP).
- **RS232C/RS485** (για Modbus RTU master/slave).
- **USB** (για προγραμματισμό και επικοινωνία με HMI/PC).
- **Δυνατότητα web server** για απομακρυσμένη πρόσβαση μέσω browser.
- **Υποστήριξη FTP server** για μεταφορά αρχείων δεδομένων.

5.1.3 Προγραμματισμός

- **Λογισμικό:** WindLDR (IDE της IDEC).
- **Υποστηριζόμενες γλώσσες:**
 1. Ladder Diagram (LD).
 2. Function Block Diagram (FBD).
 3. Script (για πιο πολύπλοκες λειτουργίες).
- **Εύκολη παρακολούθηση και debugging** μέσω PC.

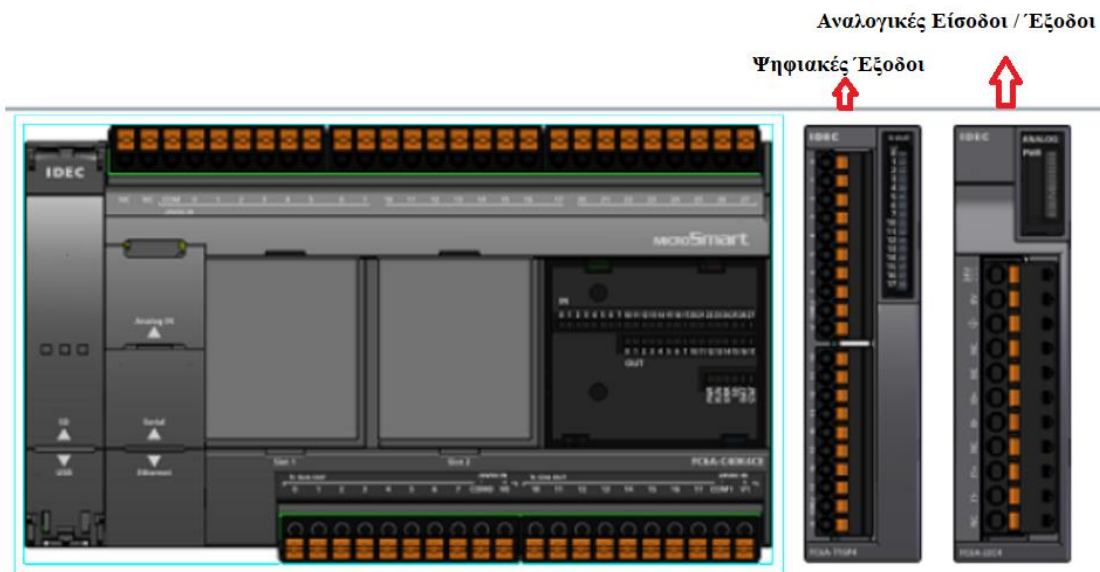
5.1.4 Δυνατότητες και Λειτουργίες

- **Υποστήριξη RTC (Real Time Clock)** για χρονοπρογραμματισμό.
- **Ενσωματωμένες αναλογικές λειτουργίες** (με πρόσθετες μονάδες).
- **Δυνατότητα Data Logging** (καταγραφή δεδομένων σε SD card).

- Υποστήριξη Email / Cloud services (για ειδοποιήσεις ή απομακρυσμένο έλεγχο).

5.1.5 Εφαρμογές

- Έλεγχος βιομηχανικών μηχανών.
- Συστήματα παραγωγής και αυτοματοποίησης γραμμών.
- Έξυπνα κτίρια (HVAC, φωτισμός, ασφάλεια).
- Διαχείριση και παρακολούθηση ενέργειας.
- Τηλεμετρία και απομακρυσμένα συστήματα SCADA.



Εικόνα 5.1: FC6A-C40K4CE PLC.

5.1.6 Αντιστοιχεία Εισόδων – Εξόδων

Device Address	Tag Name	USED	Comments
ΕΙΣΟΔΟΙ			
I0000	-	1	thermiko_kohlhas_1_in
I0001	-	1	thermiko_kohlhas_2_in
I0002	-	1	thermiko_kohlhas_3_in
I0003	-	1	thermiko_kohlhas_4_in
I0004	-	1	thermiko_kohlhas_5_in
I0005	-	1	thermiko_kohlhas_6_in
I0006	-	1	thermiko_kohlhas_7_in
I0007	-	1	thermiko_mixer1_in
I0010	-	1	thermiko_redler1_in
I0011	-	1	thermiko_anevatori_1_in
I0012	-	1	thermiko_redler_2_in

I0013	-	1	thermiko_redler_3_in
I0014	-	1	thermiko_redler_4_in
I0015	-	1	thermiko_anevatori_2
I0016	-	1	thermiko_kohl意思_pressas
I0017	-	1	thermiko_mixer2_in
I0020	-	1	thermiko_pressa_in
I0021	-	1	thermiko_cooler_in
I0022	-	1	thermiko_redler_5_in
I0023	-	1	thermiko_anevatori_3_in
I0024	-	1	thermiko_koskino
I0025	-	1	thermiko_eksarismos_cooler_in
I0026	-	1	klape_zygarias_kleisto_in
I0027	-	1	sirtis_1_anoixto_in
I0030	-	1	sirtis_2_anoixto_in
I0031	-	1	sirtis_1_kleisto_in
I0032	-	1	sirtis_2_kleisto_in
I0033	-	1	klape_1_aristera_in
I0034	-	1	klape_1_deksia_in
I0035	-	1	klape_2_deksia_in
I0036	-	1	klape_2_aristera_in
I0037	-	1	klape_3_aristera_in
I0040	-	1	klape_3_deksia
I0041	-	1	ensakisi_high_level_in
I0042	-	1	emergency_stop_in

ΕΞΟΔΟΙ

Q0000	-	1	kohl意思_1_out
Q0001	-	1	kohl意思_2_out
Q0002	-	1	kohl意思_3_out
Q0003	-	1	kohl意思_3_out
Q0004	-	1	mixer_out
Q0005	-	1	redler_1_out
Q0006	-	1	anevatori_1_out
Q0007	-	1	redler_2_out
Q0010	-	1	koxl意思_5_out
Q0011	-	1	kohl意思_6
Q0012	-	1	kohl意思_7_out
Q0013	-	1	redler_3_out
Q0014	-	1	redler_4_out
Q0015	-	1	anevatori_2_out
Q0016	-	1	kohl意思_pressas
Q0017	-	1	mixer_2_out
Q0030	-	1	press_out
Q0031	-	1	cooler_out
Q0032	-	1	redler_5_out

Q0033	-	1	anevatori_3_out
Q0034	-	1	koskino_out
Q0035	-	1	eksaerismos_cooler_out
Q0036	-	1	klape_zygarias_out
Q0037	-	1	klape_mixer_out
Q0040	-	1	sirtis_1_out
Q0041	-	1	sirtis_2_out
Q0042	-	1	klape_1_out
Q0043	-	1	klape_2_out
Q0044	-	1	klape_3_out

5.2 Λογισμικό WindLDR

5.2.1 Θεωρητική Εισαγωγή στο IDEC WindLDR

Στον τομέα των βιομηχανικών αυτοματισμών, τα προγραμματιζόμενα λογικά ελεγκτικά (PLC) αποτελούν την «καρδιά» των περισσότερων συστημάτων ελέγχου. Η ανάπτυξη και διαχείριση των προγραμμάτων που εκτελούνται σε αυτά πραγματοποιείται μέσω ειδικού λογισμικού, το οποίο παρέχει στον μηχανικό ή στον τεχνικό τη δυνατότητα να σχεδιάσει, να δοκιμάσει και να εφαρμόσει λογικές διαδικασίες.

Το WindLDR είναι το λογισμικό προγραμματισμού που έχει αναπτύξει η εταιρεία IDEC για τους δικούς της PLC. Αποτελεί ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης, σχεδιασμένο ώστε να διευκολύνει τον χρήστη τόσο στην εκμάθηση όσο και στην εφαρμογή προγραμμάτων ελέγχου. Το περιβάλλον του βασίζεται κυρίως στη γλώσσα Ladder Diagram (LD), η οποία έχει επικρατήσει στη βιομηχανία λόγω της απλότητας και της ομοιότητάς της με τα ηλεκτρολογικά σχέδια επαφών. Παράλληλα, προσφέρει και άλλες μορφές αναπαράστασης του λογισμικού, όπως μπλοκ λειτουργιών ή δομημένο κείμενο, διευρύνοντας έτσι τις δυνατότητες προγραμματισμού.

Η συμβολή του WindLDR έγκειται στο ότι παρέχει ένα εύχρηστο και αξιόπιστο εργαλείο, το οποίο επιτρέπει τη μετάβαση από τη θεωρητική σχεδίαση στην πρακτική εφαρμογή, υποστηρίζοντας τη διαδικασία εκπαίδευσης αλλά και την ανάπτυξη πραγματικών βιομηχανικών λύσεων. Η ευκολία χρήσης, σε συνδυασμό με τις δυνατότητες παρακολούθησης και δοκιμής σε πραγματικό χρόνο, το καθιστούν κατάλληλο τόσο για εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όσο και για απαιτητικές εφαρμογές αυτοματισμού.

5.2.2 Τεχνική Περιγραφή του IDEC WindLDR

Το WindLDR είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης λογισμικού (IDE) για τον προγραμματισμό και τη διαχείριση PLC της IDEC. Σχεδιάστηκε ώστε να υποστηρίζει διαφορετικά μοντέλα ελεγκτών (όπως τις σειρές MicroSmart και FC6A), προσφέροντας στον χρήστη ένα κοινό περιβάλλον εργασίας.

Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του WindLDR περιλαμβάνουν:

- **Υποστηριζόμενες γλώσσες προγραμματισμού:**
 - Ladder Diagram (LD) – η κύρια γλώσσα για βιομηχανικό προγραμματισμό.
 - Function Block Diagram (FBD) – κατάλληλη για πιο δομημένη και γραφική αναπαράσταση λειτουργιών.
 - Structured Text (ST) – γλώσσα υψηλότερου επιπέδου για πιο σύνθετες εφαρμογές.
- **Προσομοίωση (Simulation Mode):** Επιτρέπει τον έλεγχο και την εκτέλεση του προγράμματος χωρίς σύνδεση με τον ελεγκτή, δίνοντας τη δυνατότητα δοκιμής και διόρθωσης σφαλμάτων πριν την υλοποίηση.
- **Online λειτουργίες:**
 - Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο (monitoring) για έλεγχο της κατάστασης των εισόδων/εξόδων και των εσωτερικών μεταβλητών.
 - Δυνατότητα online editing, δηλαδή τροποποίησης του προγράμματος ενώ το PLC βρίσκεται σε λειτουργία, μειώνοντας τον χρόνο διακοπής της εγκατάστασης.
- **Διαγνωστικά και debugging:** Προσφέρει εργαλεία ανάλυσης και εντοπισμού σφαλμάτων, όπως παρακολούθηση εντολών και καταγραφής μεταβλητών.
- **Βιβλιοθήκες και εργαλεία ανάπτυξης:** Περιλαμβάνει έτοιμες συναρτήσεις (timers, counters, μαθηματικές πράξεις, επικοινωνίες), καθώς και δυνατότητα δημιουργίας χρηστικών μακροεντολών και υπορουτινών.
- **Διεπαφή χρήστη:** Το περιβάλλον είναι σχεδιασμένο ώστε να είναι απλό και κατανοητό, με χρήση γραφικών συμβόλων και μενού, μειώνοντας τον χρόνο εκμάθησης για νέους χρήστες.

Η ευελιξία και η επεκτασιμότητα του WindLDR το καθιστούν κατάλληλο εργαλείο για την ανάπτυξη προγραμμάτων που κυμαίνονται από απλές εφαρμογές ελέγχου έως σύνθετα βιομηχανικά συστήματα.

5.3 Περιβάλλον Ανάπτυξης γραφικών του SCADA

Το WindO/I-NV4 είναι το πρόγραμμα ανάπτυξης γραφικών (HMI software) της εταιρίας IDEC, πρόκειται για ένα περιβάλλον σχεδιασμένο για τον προγραμματισμό οθονών SCADA της IDEC.

5.3.1 Χαρακτηριστικά & Δυνατότητες

- **Drag and drop**

Χρησιμοποιεί drag & drop λειτουργία για τα διάφορα objects (π.χ. ενδείξεις, κουμπιά, πεδία πληκτρολόγησης) για τον γρήγορο σχεδιασμό των οθονών.

- **Διαχείριση Οθονών**

Διαθέτει workspace για την οργάνωση των projects, τις οθόνες και τα αντικείμενα μέσα σε αυτές.

- **Βιβλιοθήκες / έτοιμα στοιχεία**

Περιλαμβάνει βιβλιοθήκη εικόνων, σύμβολα, γραφικά στοιχεία κ.ά.. Η σύνδεση του με την σουίτα γραφικών Symbol Factory, το οποίο περιλαμβάνει μια εκτενή βιβλιοθήκη βιομηχανικών συμβόλων, διευκολύνει τον χρήστη κατά την δημιουργία των διάφορων οθονών του SCADA.

- **Υποστήριξη διαφόρων τύπων δεδομένων**

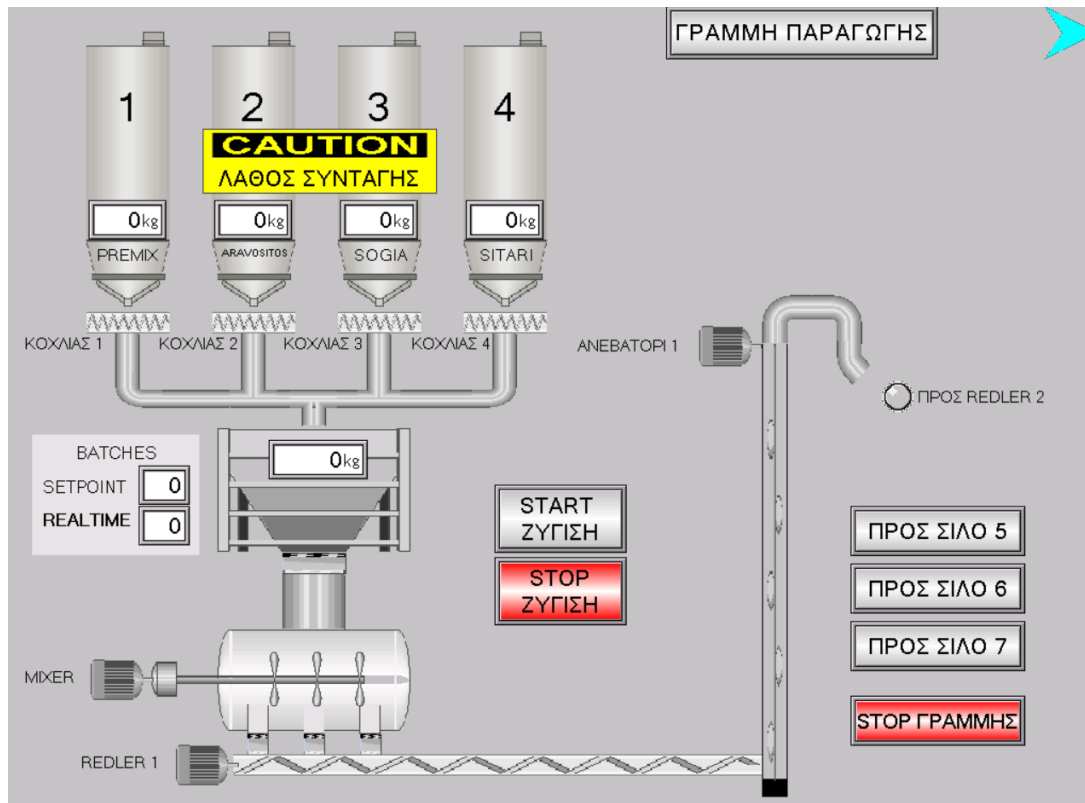
Μπορούν να οριστούν διαφορετικοί τύποι δεδομένων για το κάθε αντικείμενο που τοποθετείται την οθόνη.

- **Έκδοση**

Η πιο πρόσφατη διαθέσιμη έκδοση είναι Ver. 2.1.1 για το WindO/I-NV4. Το λογισμικό WindO/I-NV4 συνδυάζεται με άλλα εργαλεία μέσω του πακέτου Automation Organizer, το οποίο ενοποιεί WindLDR, NV3 & NV4 μαζί με άλλα εργαλεία.

5.4. Περιγραφή SCADA

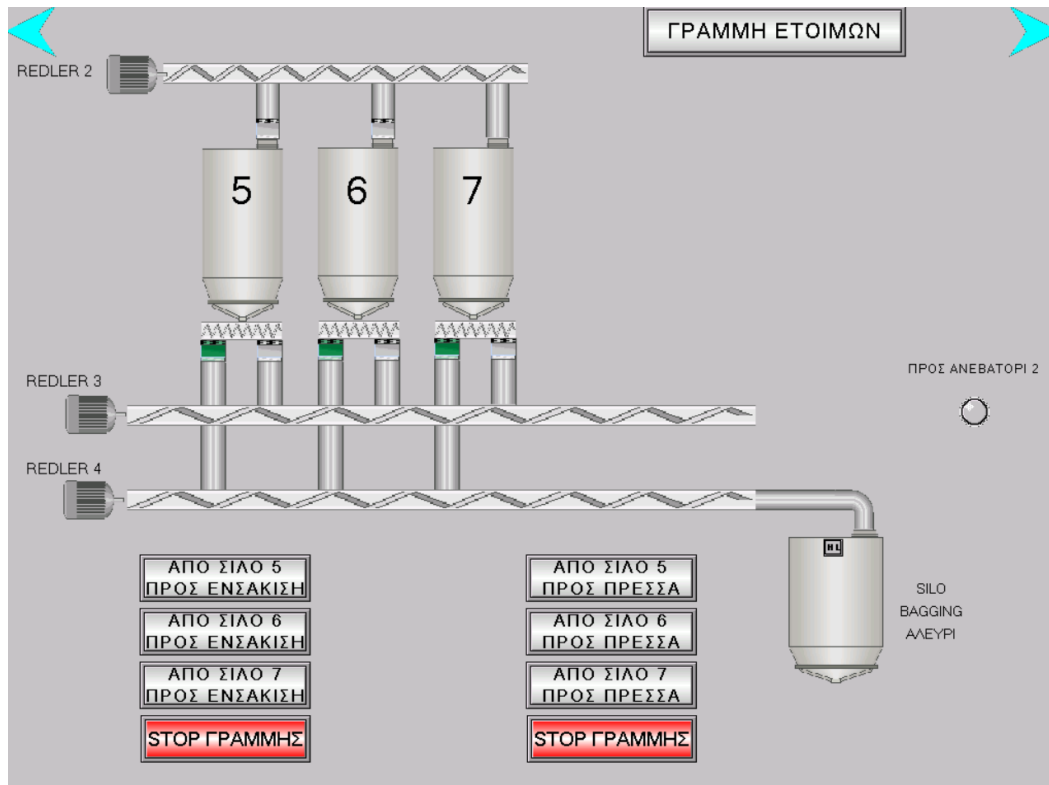
Ακολουθεί μια περιγραφή του συστήματος SCADA δηλαδή του συστήματος ελέγχου και χειρισμού της παραγωγικής διαδικασίας του εργοστασίου. Το SCADA αποτελείται από 3 οθόνες κάθε μια από τις οποίες απεικονίζει το εκάστοτε τμήμα του εργοστασίου με όλο τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό και τα σήματα (feedback) που παίρνει ως ανάδραση ο χειριστής.



Εικόνα 5.2: Γραμμή παραγωγής.

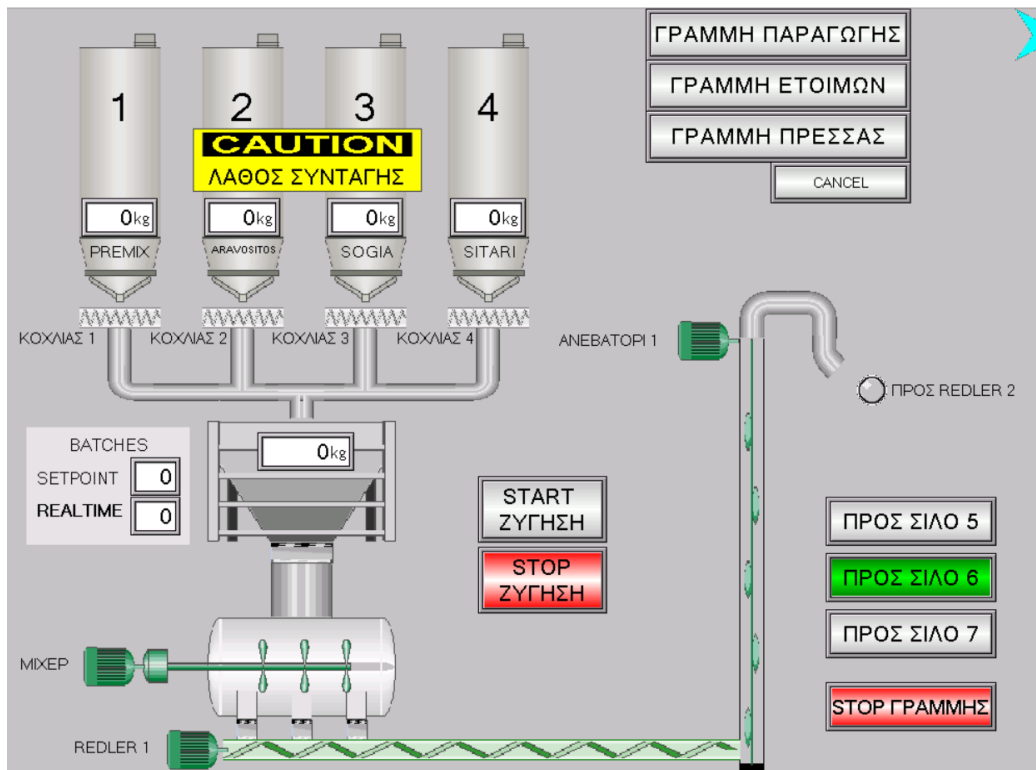
Η πρώτη οθόνη αφορά την γραμμή παραγωγής η οποία αποτελείται από 4 σιλό πρώτων υλών τα οποία είναι τα συστατικά της συνταγής που συνθέτουν το τελικό προϊόν. Ο χειριστής για να ξεκινήσει την λειτουργία της γραμμής έχει 3 επιλογές (functions) κατεύθυνσης προς τα σιλό 5,6 και 7 τα οποία είναι τα σιλό της γραμμής έτοιμου προϊόντος που αποτελεί την δεύτερη οθόνη του SCADA, μόλις ο χειριστής επιλέξει το σιλό που πρέπει να κατευθυνθεί το προϊόν ξεκινάει με την σειρά να λειτουργούν τα εξής: REDLER 2→ΑΝΕΒΑΤΟΡΙ 1→REDLER 1→MIXER.

Απαραίτητη συνθήκη για να ξεκινήσει η γραμμή αφού ο χειριστής πατήσει το επιθυμητό σιλό κατεύθυνσης είναι να ανοίξει ο κατάλληλος σύρτης που βρίσκεται κατά μήκος του REDLER 2 και πάνω από το επιλεγμένο σιλό κατεύθυνσης. Αν ο σύρτης δεν ανοίξει η γραμμή δεν ξεκινάει.

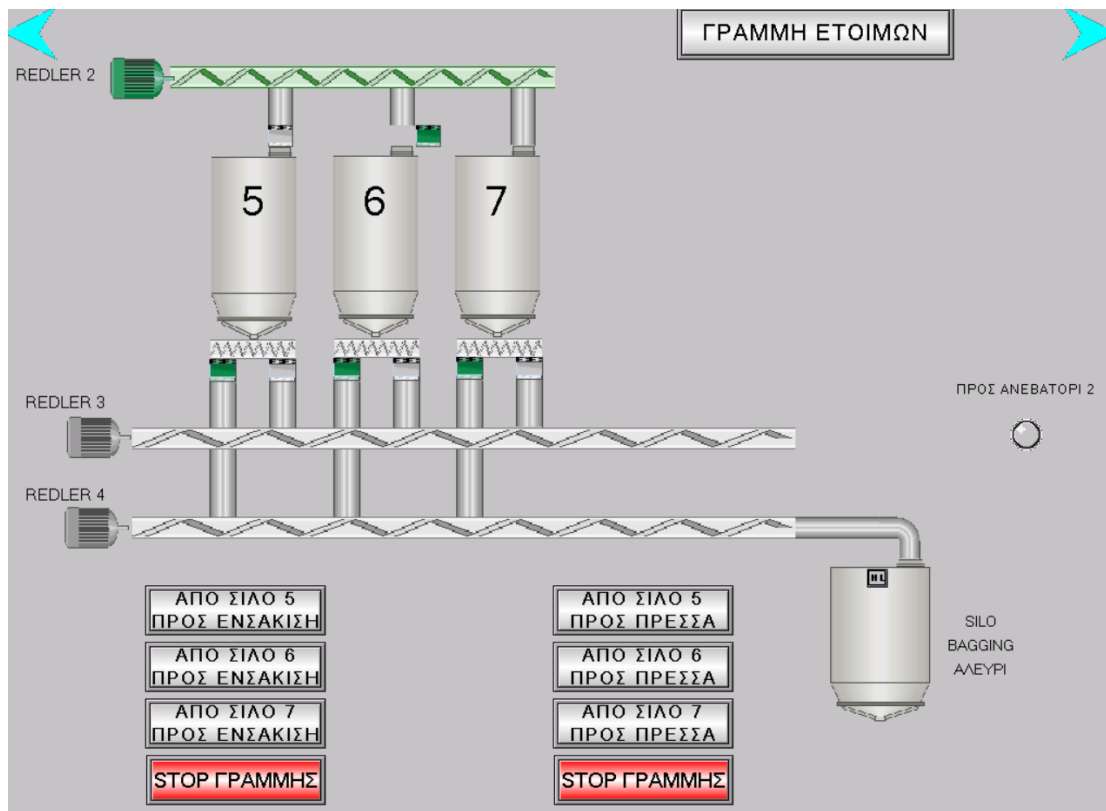


Εικόνα 5.3: Γραμμή ετοιμών.

Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε την γραμμή σε λειτουργία με κατεύθυνση το σιλό 6, επειδή οι γραμμές δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους αλλά η μια αποτελεί συνέχεια της άλλης ο χειριστής μπορεί γρήγορα να αλλάζει οθόνες μέσω ενός pop up menu όπως φαίνεται πάνω δεξιά στην οθόνη για γρήγορο έλεγχο και χειρισμό των γραμμών.



Εικόνα 5.4: Γραμμή παραγωγής σε λειτουργία.

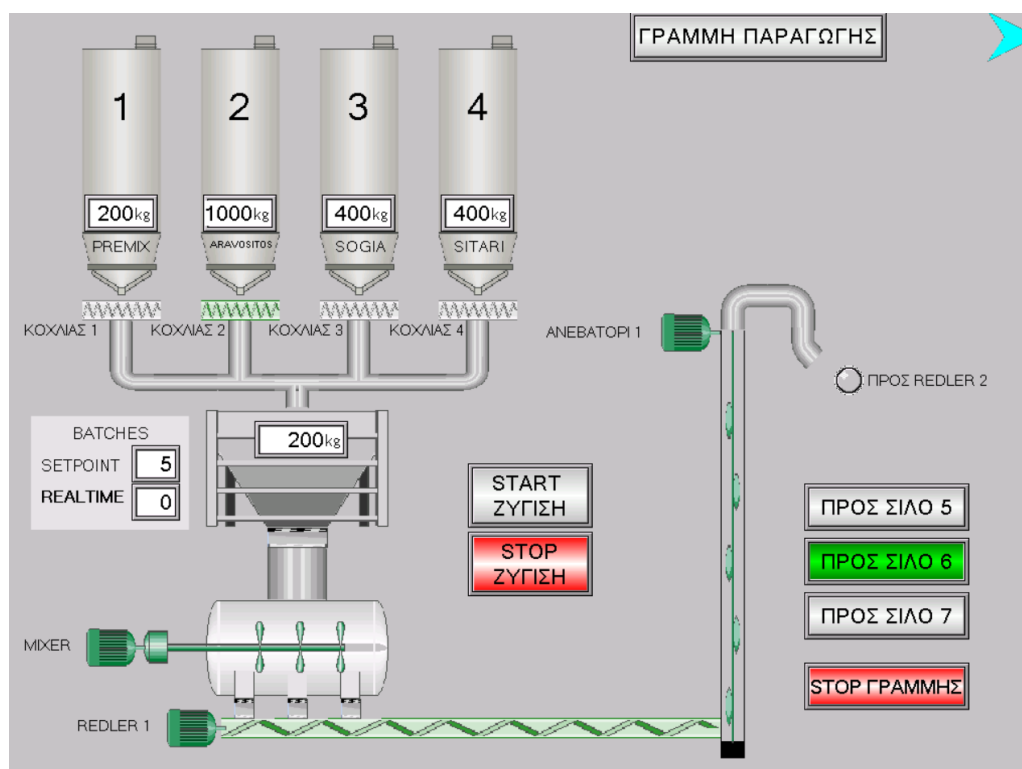


Εικόνα 5.5: Γραμμή παραγωγής σε λειτουργία.

Αφού ο χειριστής έχει επιλέξει το σιλό κατεύθυνσης της γραμμής παραγωγής και έχει ξεκινήσει να λειτουργεί και το MIXER μπορεί να ξεκινήσει την παραγωγή προϊόντος.

Η παραγωγή γίνεται με BATCHES δηλαδή επαναλήψεις παρτίδων 2 Τόνων, σε κάθε επανάληψη μόλις η ζυγαριά συλλέξει 2 Τόνους πρώτων υλών σε συγκεκριμένη αναλογία βάσει της εκάστοτε συνταγής προϊόντος, ανοίγει ένα κλαπέ ώστε το προϊόν να πέσει με ελεύθερη ροή μέσα στο MIXER όπου θα γίνει ανάμειξη και ομογενοποίηση του μίγματος. Μετά από συγκεκριμένο χρόνο ανάδευσης που είναι πάντα ο ίδιος, το MIXER ανοίγει το τριπλό κλαπέ εκκένωσης που υπάρχει στην βάση του ώστε να αδειάσει το προϊόν στο REDLER 1 και μέσω του αναβατορίου 1 και του REDLER 2 να κατευθυνθεί συγκεκριμένα στο σιλό 6.

Ο χειριστής πρέπει να βάλει χειροκίνητα την ποσότητα κάθε πρώτης ύλης στο εκάστοτε σιλό με βάση την συνταγή του προϊόντος και να θέσει τον επιθυμητό αριθμό BATCHES δηλαδή ζυγίσεων 2 Τόνων που θα εκτελέσει η γραμμή. Μόλις τα ορίσει αυτά με το Button START ΖΥΓΙΣΗ ξεκινάει η εκτέλεση της συνταγής όπου μέσω κοχλιών που υπάρχουν στις καταλήξεις των σιλο πρώτων υλών (σιλό 1,2,3 και 4) ξεκινάει διαδοχικά με την σειρά η συλλογή των πρώτων υλών στην ζυγαριά της γραμμής παραγωγής.



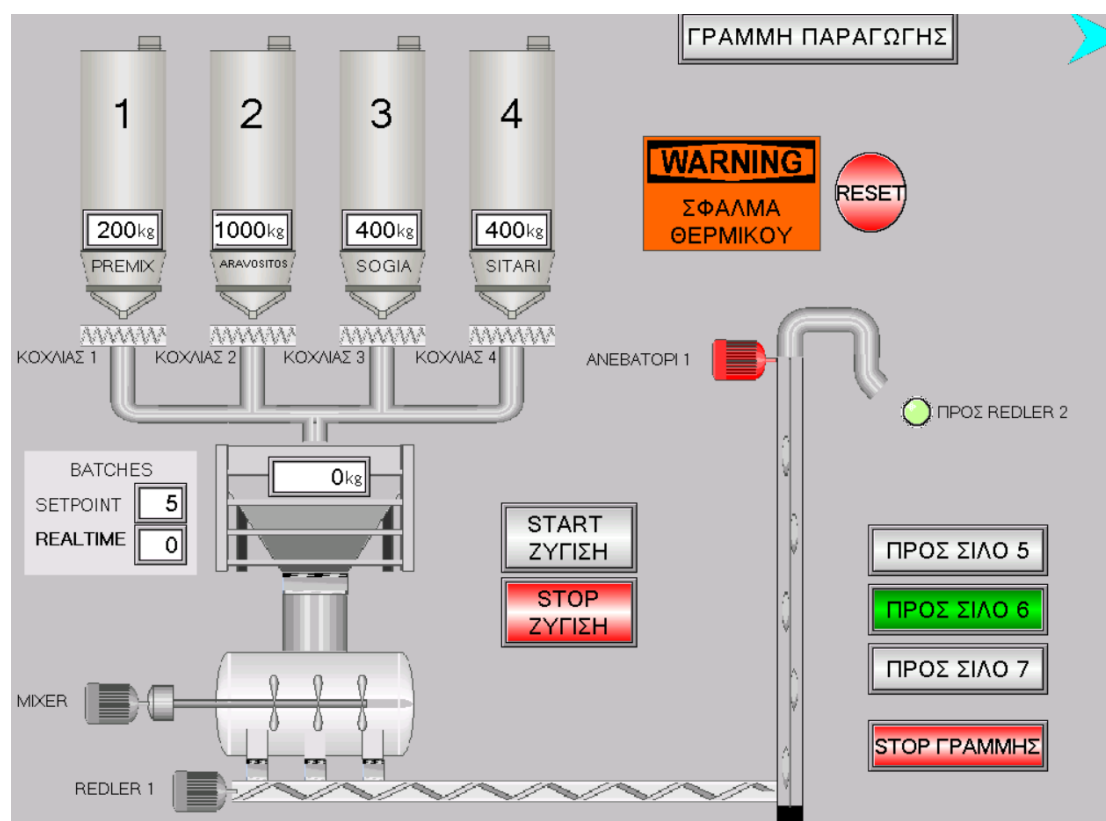
Εικόνα 5.6: Εκτέλεση συνταγής παραγωγής.

Η ζυγαριά έχει ήδη τραβήξει τα 200 kg που ήταν η επιθυμητή ποσότητα που όριζε η συνταγή από το σιλό PERMIX (σιλό 1) με συνέπεια ο κοχλιάς 1 να έχει σταματήσει την λειτουργία του και να λειτουργεί ο επόμενος στην σειρά κοχλιάς

(κοχλίας 2) όπως φαίνεται στην εικόνα μέχρι το βάρος των 1200kg αφού η επιθυμητή ποσότητα που θα τραβήξει η γραμμή από το σιλό 2 είναι 1000kg. Η γραμμή συνεχίζει στον ίδιο τρόπο λειτουργίας μέχρι την ποσότητα των 2000kg και έτσι έχει ολοκληρωθεί και μετρηθεί ένα BATCH.

Σε περίπτωση που ενεργοποιηθεί κάποιο θερμικό από κινητήρα αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την άμεση διακοπή την γραμμής και συγκεκριμένα οτιδήποτε υπάρχει πίσω από αυτόν, οτιδήποτε υπάρχει στην γραμμή μετά από τον κινητήρα που έχει σταματήσει την λειτουργία του λόγω πτώσης θερμικού συνεχίζει να λειτουργεί κανονικά.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η περίπτωση πτώσης του θερμικού ANEVATORI 1. Εμφανίζεται ένα σφάλμα στην οθόνη του SCADA που αναφέρει στον χειριστή το συμβάν ενώ ταυτόχρονα ο κινητήρας του οποίου η λειτουργία έχει διακοπεί αναβοσβήνει με κόκκινο χρώμα ώστε να γνωρίζει ο χειριστής ποιον κινητήρα της γραμμής υπάρχει το συγκεκριμένο πρόβλημα. Τα REDLER1 και MIXER έχουν σταματήσει την λειτουργία τους ενώ το REDLER 2 συνεχίζει την λειτουργία του κανονικά.



Εικόνα 5.7: Πτώση θερμικού.

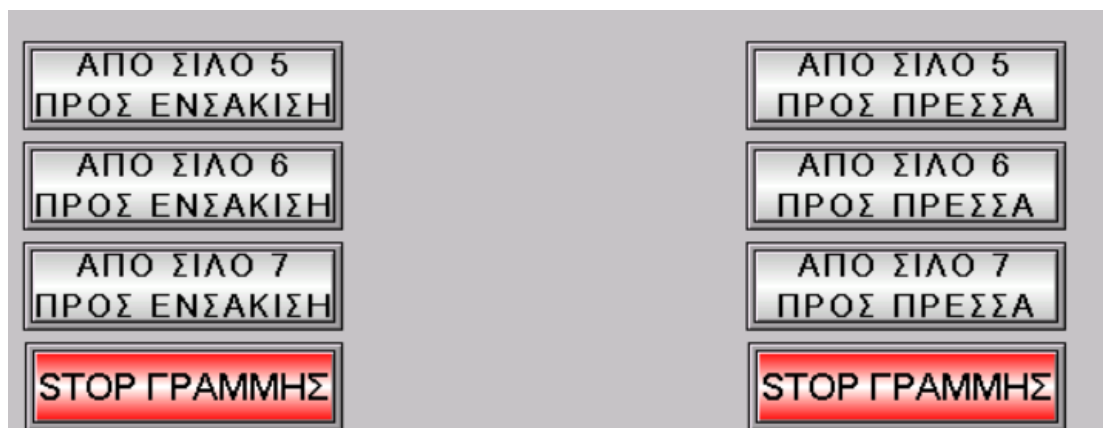
Μετά την αποκατάσταση της βλάβης και την επαναφορά του θερμικού ο χειριστής πατάει το button reset και η γραμμή τίθεται ξανά σε λειτουργία με την κατάλληλη σειρά.

Αν ο χειριστής κατά την καταχώρηση των πρώτων υλών της εκάστοτε συνταγής θέσει ως συνολικό βάρος του κάθε BATCH συνολική ποσότητα μικρότερη η μεγαλύτερη των 2 Τονων εμφανίζεται στον χειριστή μήνυμα λάθους και η ζύγιση δεν ξεκινάει.



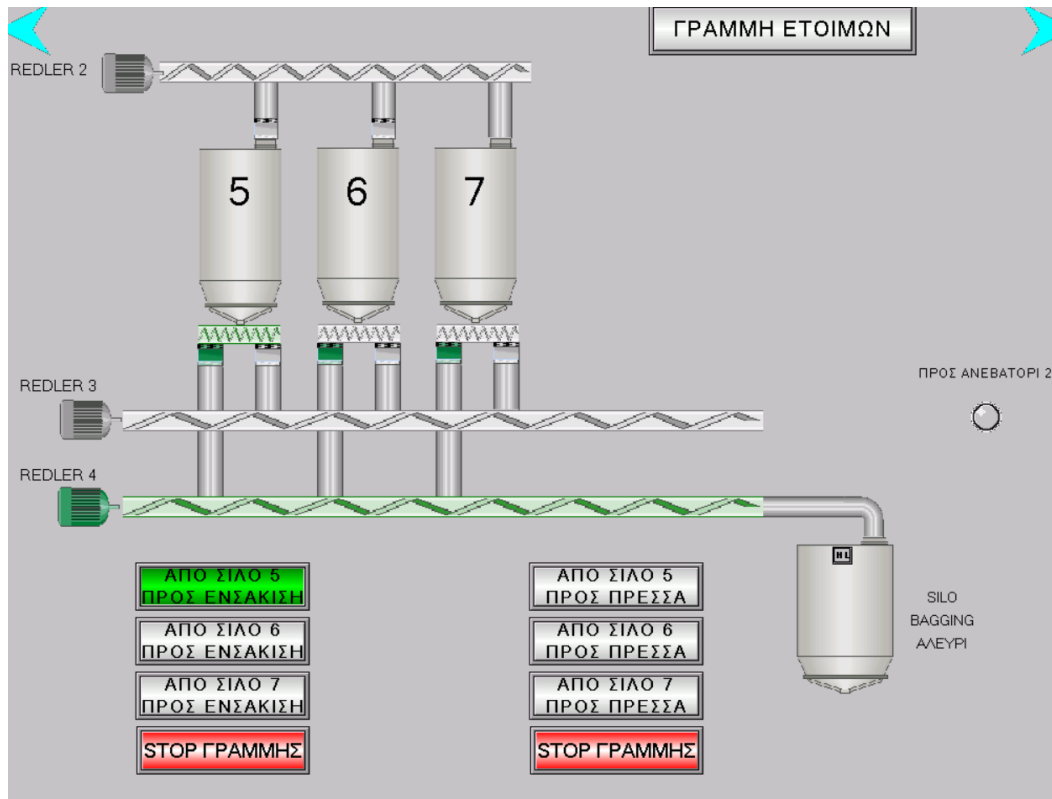
Εικόνα 5.8: Μήνυμα λάθος συνταγής.

Η δεύτερη οθόνη αφορά την γραμμή ετοιμίων προϊόντων εδώ ο χειριστής έχει τις εξής επιλογές (functions)

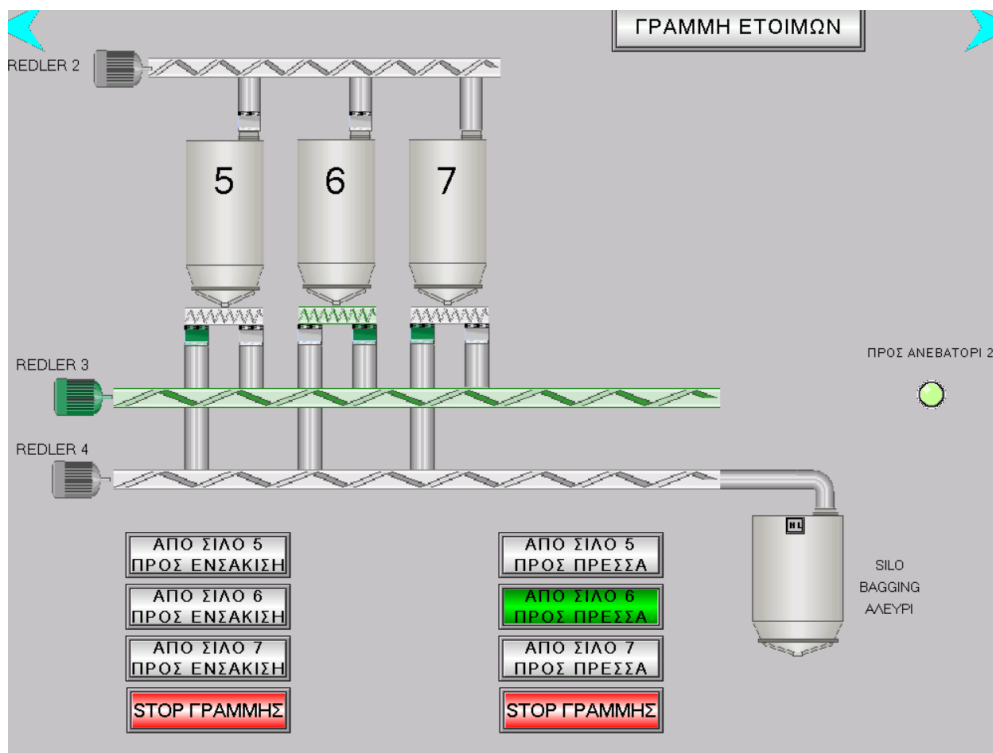


Εικόνα 5.9: Επιλογές χειρισμού γραμμής ετοιμίων.

Να κατευθύνει το έτοιμο προϊόν που βρίσκεται σε κάποιο από τα σιλό 5,6 και 7 κατευθείαν στο σιλό BAGGING ΑΛΕΥΡΙ όπου θα ενσακιστεί με την μορφή άλευρου ή να στείλει το προϊόν προς το σιλό της γραμμής πρέσσας όπου θα εξαχθεί με την μορφή pellet. Σε περίπτωση που κάποιο από τα τρία κλαπε που υπάρχουν μετά τους κοχλίες των σιλό δεν γυρίσει προς την κατεύθυνση που έχει επιλέξει ο χειριστής η γραμμή δεν ξεκινάει μέχρι να ικανοποιηθεί αυτή η συνθήκη.



Εικόνα 5.10: Αποστολή προς σιλό bagging αλεύρι.



Εικόνα 5.11: Αποστολή προς σιλό πρέσσας.

Η τρίτη οθόνη αφορά την γραμμή της πρέσσας όπου γίνεται μετατροπή του προϊόντος από μορφή αλεύρου σε μορφή pellet. Εδώ ο χειριστής έχει να επιλέξει

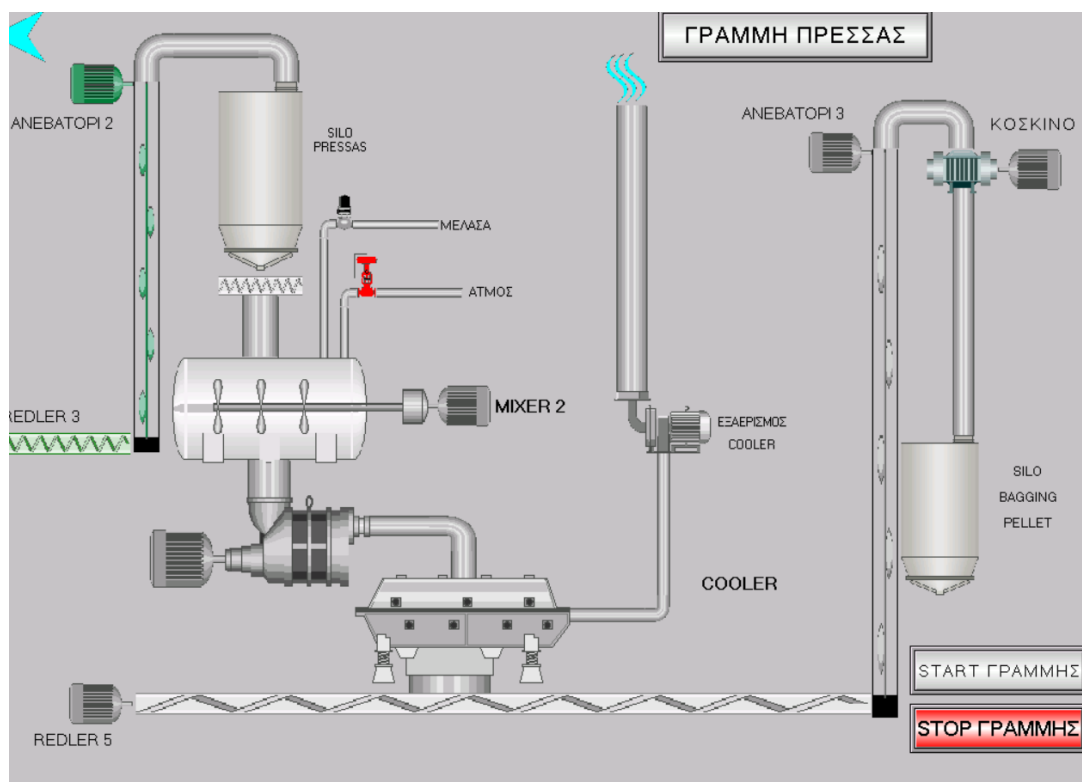
START και STOP γραμμής πρέσσας και όλη η γραμμή ξεκινάει την λειτουργία της με την εξής σειρά.

ΚΟΣΚΙΝΟ→ΑΝΕΒΑΤΟΡΙ3→REDLER5→COOLER/ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

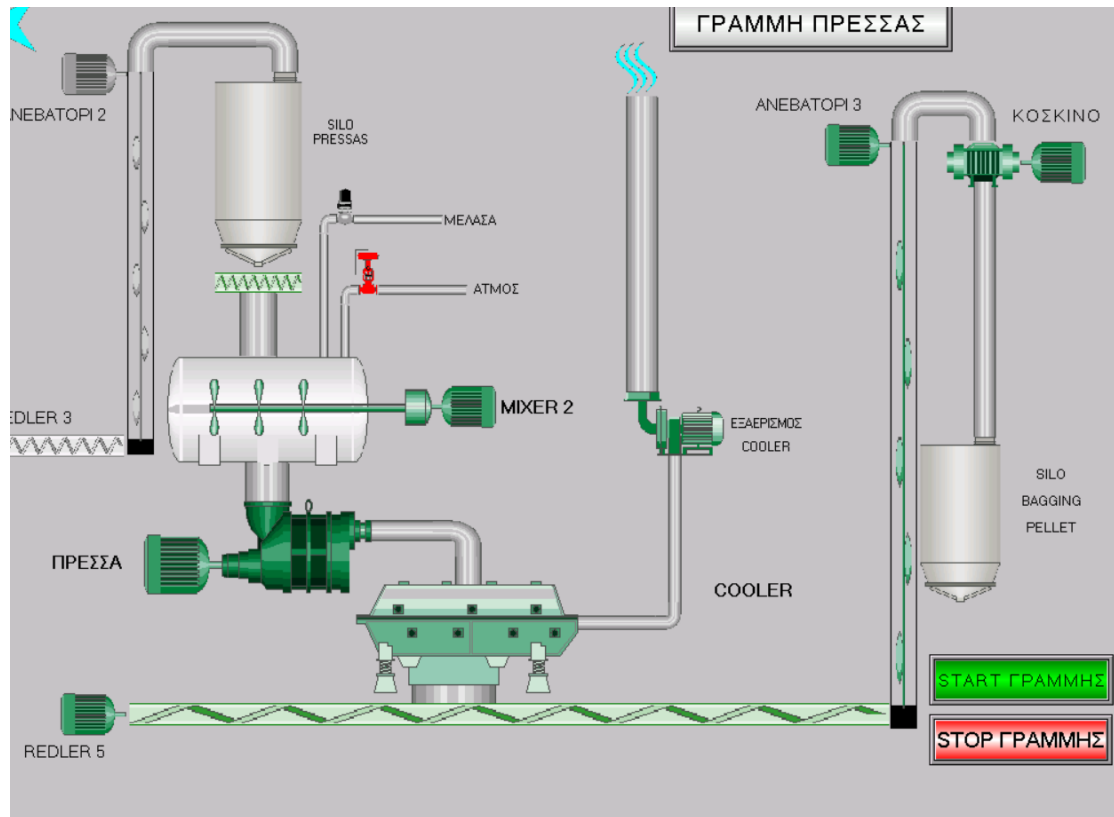
COOLER→ΠΡΕΣΣΑ→ΜΙΧΕΡ2→ΚΟΧΛΙΑΣ ΠΡΕΣΣΑΣ.

Μετά τον κοχλία τροφοδοσίας του σιλό πρέσσας το προϊόν οδηγείται στο MIXER της πρέσσας όπου αναμιγνύεται με ατμό και μελάσα. Για την εισαγωγή του ατμού υπάρχει μία αυτόματη βάννα 4-20mA και για την μελάσα μελάσα μια βάννα ON/OFF.

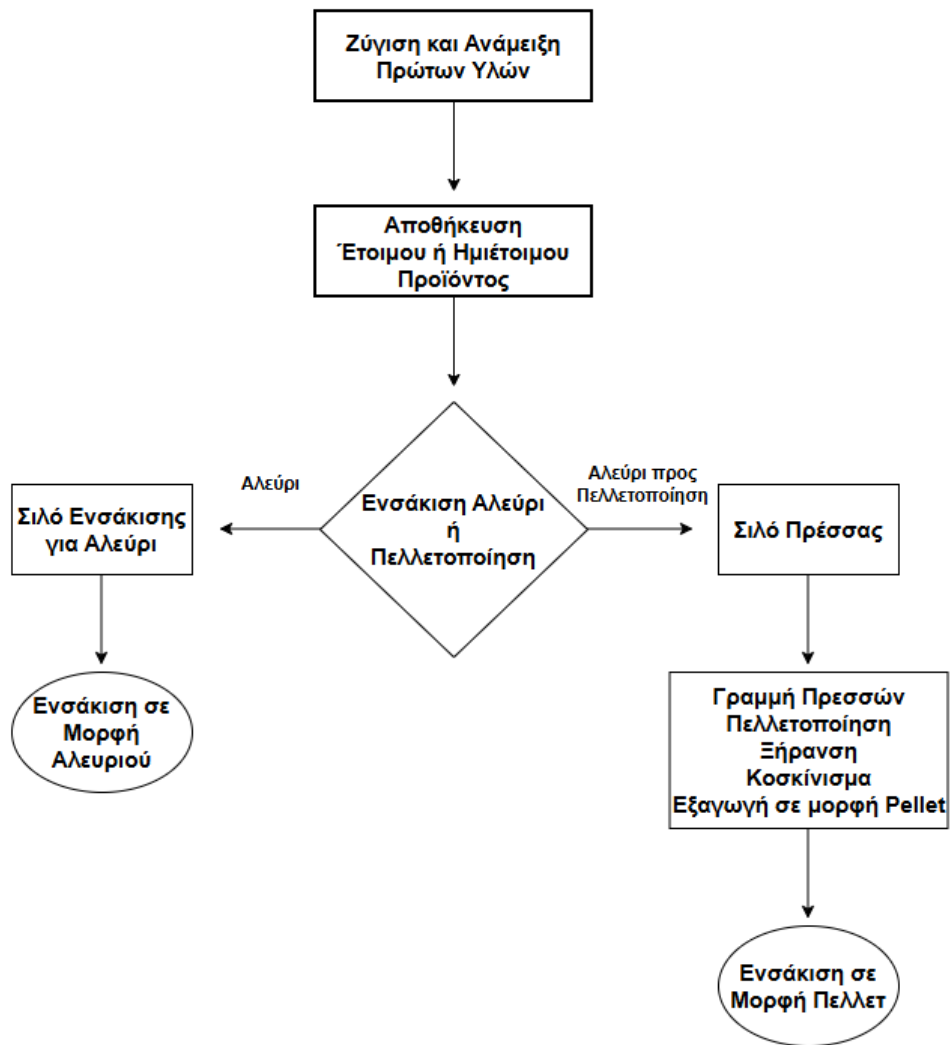
Με το πάτημα του button STOP από τον χειριστή η γραμμή ξεκινάει την διαδικασία σταματήματος της γραμμής κλείνοντας τους κινητήρες που την αποτελούν με διαδοχικά και σε συγκεκριμένους χρόνους.



Εικόνα 5.12: Γραμμή πρέσσας.



Εικόνα 5.13: Γραμμή πρέσσας σε πλήρη λειτουργία.

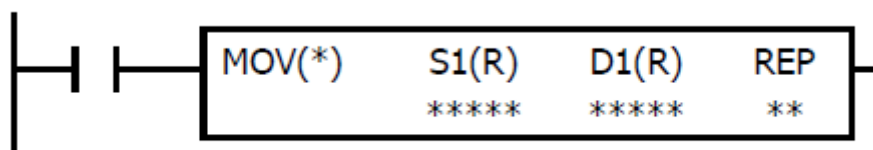


Εικόνα 5.14: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας

5.5 Ανάλυση Κώδικα Ladder

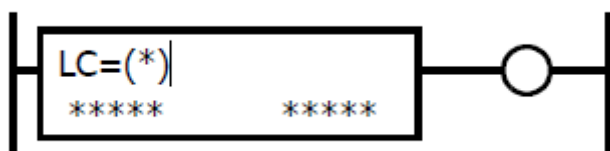
Ακολουθεί μια ανάλυση από κάποιες βασικές υπορουτίνες (subroutines) του κώδικα LADDER. Αρχικά θα γίνει μια αναφορά σε βασικές εντολές που έχουν χρησιμοποιηθεί.

Η εντολή MOVE



Η εντολή MOV (Move) στη γλώσσα προγραμματισμού του IDEC WindLDR χρησιμοποιείται για να αντιγράψει(μεταφέρει) μία αριθμητική τιμή ή το περιεχόμενο ενός καταχωρητή σε κάποιον άλλο καταχωρητή(register) ή λέξη μνήμης.

Η Εντολή Load Compare =

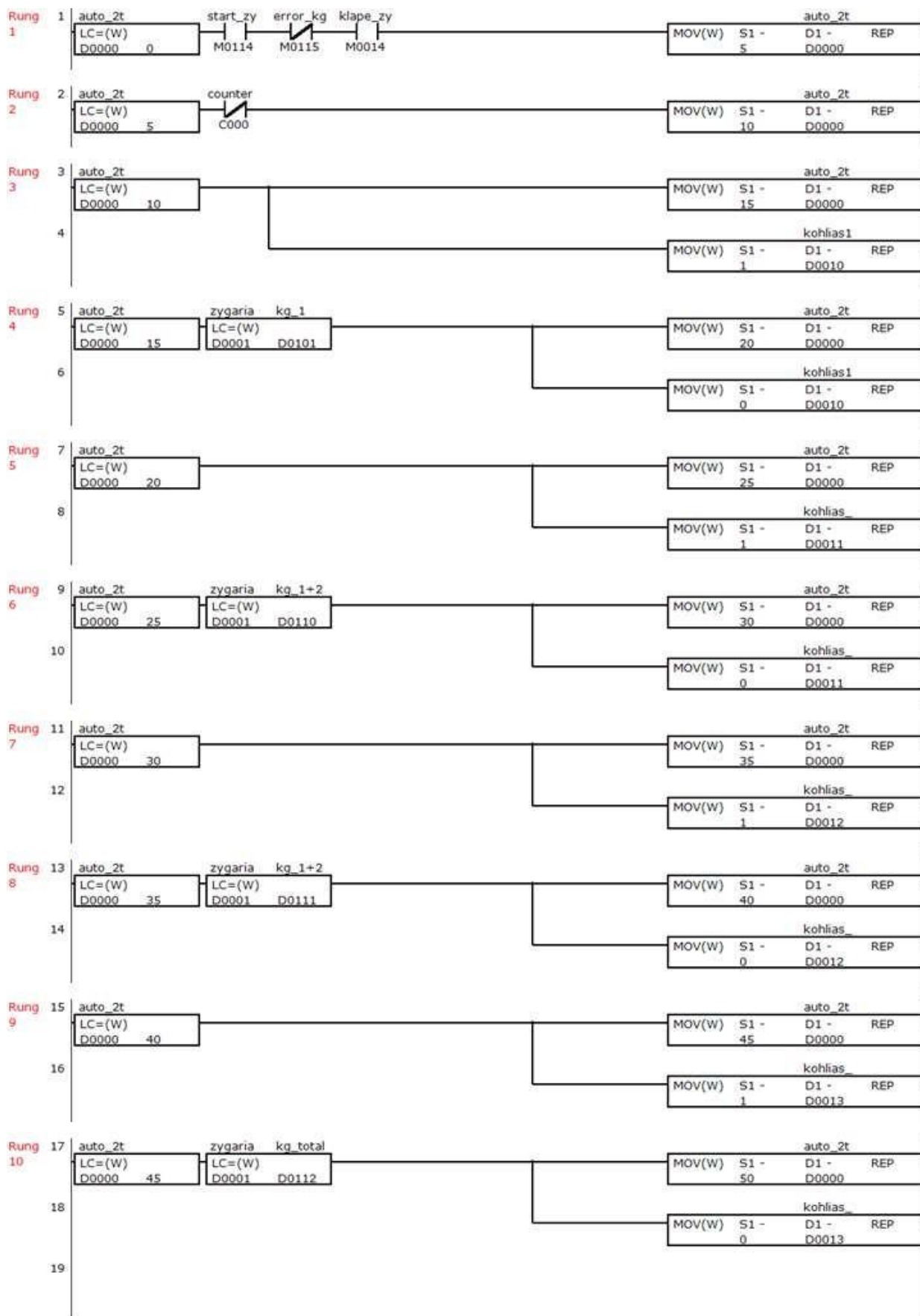


Η εντολή LC= (Load Compare equal) συγκρίνει την τιμή ή το περιεχόμενο ενός καταχωρητή με την τιμή ενός άλλου καταχωρητή και αν αυτές οι τιμές είναι ίσες δίνει τιμή “1” στην έξοδο του.

Υπορουτίνα (subroutine) 0 auto_2000kg

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο κώδικας LADDER που εκτελεί την λειτουργία της ζυγαριάς της γραμμής παραγωγής.

Στο πρώτο Rung ορίζουμε τον καταχωρητή D000 ως auto_2t και αφού πατηθεί από τον χειριστή το κουμπί START ΖΥΓΙΣΗ ο καταχωρητής αυτός παίρνει μέσω μια εντολής MOV(W) μια τιμή που στην ουσία είναι το state στο οποίο βρίσκεται η γραμμή ζύγισης. Το πρόγραμμα κάνει ανάγνωση από αισθητήρα βάρους (load cells) και μεταφέρει την τιμή στον register D0001(ζυγαριά). Σε κάθε διαδοχικό state δίνεται εντολή μέσω MOV(W) να ενεργοποιηθεί ο κατάλληλος κοχλίας ανάλογα με το βάρος στο οποίο βρίσκεται η ζυγαριά μέχρι να φτάσει η στο επιθυμητό βάρος που έχει οριστεί από την εκάστοτε συνταγή για το κάθε υλικό. Γίνεται επίσης και έλεγχος για σφάλμα kg μέσω M (internal relay) ώστε να μην επιτραπεί απόκλιση από το επιθυμητό συνολικό βάρος των 2 Τόννων.

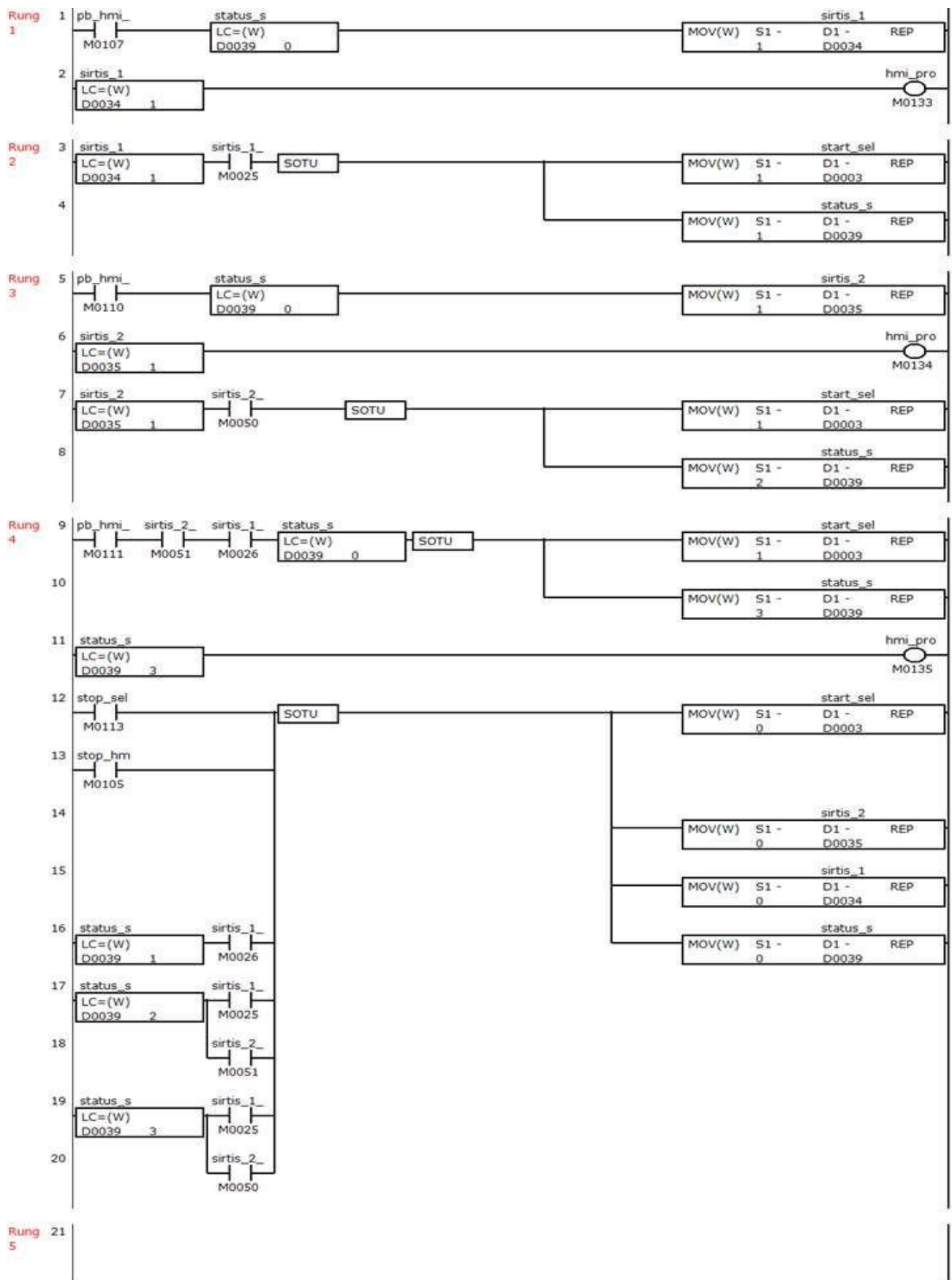


Εικόνα 5.16: Subroutine 0 auto_2000kg

Υπορουτίνα (subroutine) Selection

Η υπορουτίνα Selection είναι το κομμάτι του κώδικα που αφορά την επιλογή σιλό που κάνει ο χειριστής στην πρώτη οθόνη του SCADA ώστε να επιλέξει σε ποιο σιλό θα οδηγηθεί το προϊόν από την γραμμή παραγωγής.

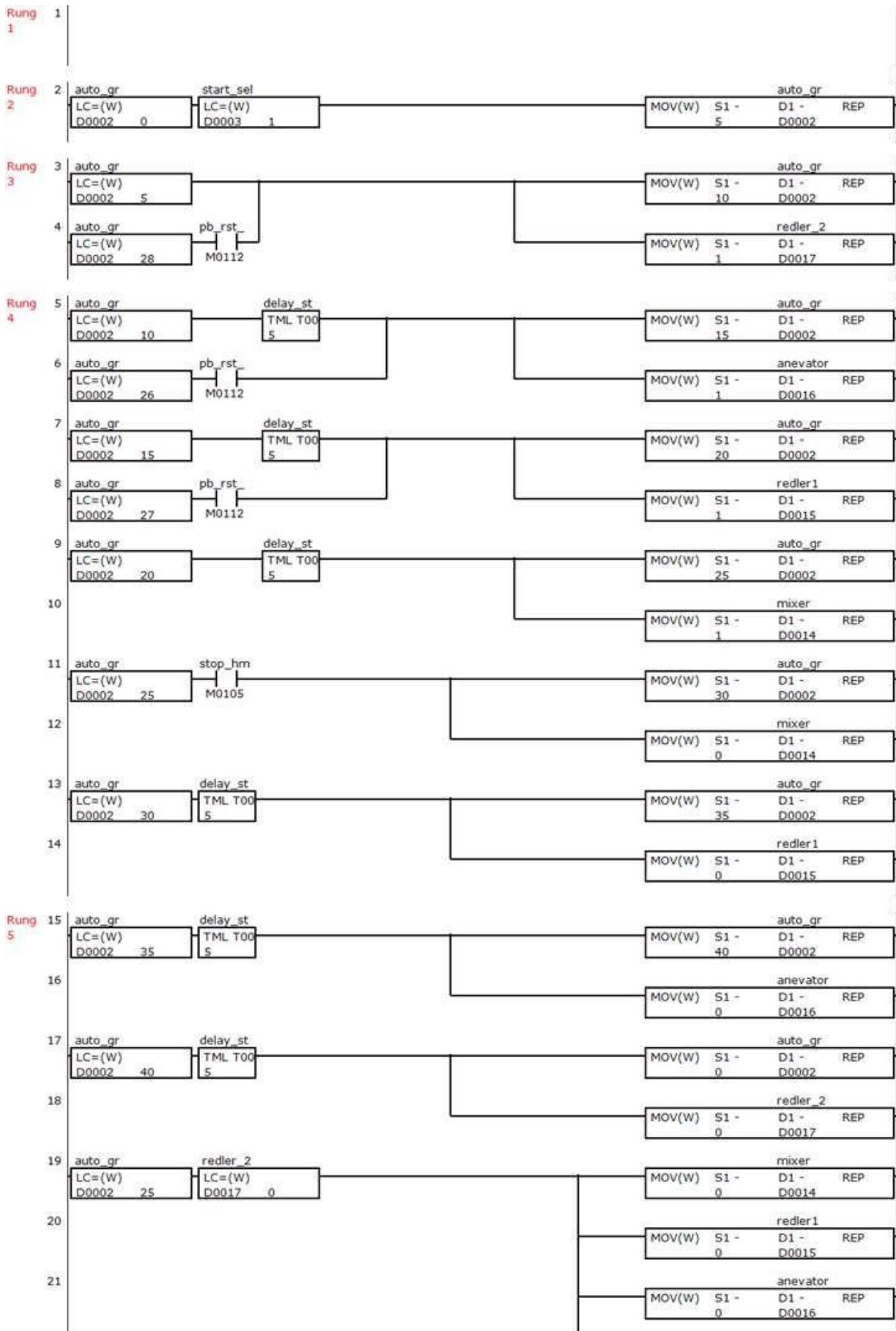
Κάθε button του SCADA είναι συνδεδεμένο με ένα M(internal relay) στον κώδικα LADDER όταν ο χειριστής επιλέξει ένα συγκεκριμένο function κατεύθυνσης το πρόγραμμα ελέγχει μέσω συγκριτών Load Compare αν ισχύουν οι συνθήκες που επιτρέπουν την εκκίνηση της γραμμής δηλαδή αν οι θέσεις των συρτών είναι στις σωστές θέσεις. Μόλις το PLC πάρει σήμα από το εξωτερικό πεδίο (επαγωγικοί διακόπτες για θέση ανοιχτός/κλειστός σύρτης) μέσω κάποιας input, καταχωρείται στην D0039 (register) Status_Selection μια τιμή που αφορά συγκεκριμένο σιλό που επέλεξε ο χειριστής. Στην ουσία η επιλογή σιλό που έχει κάνει ο χειριστής έχει καταχωρηθεί στο PLC. Αν οποιαδήποτε από τις συνθήκες που αφορούν θέσεις συρτών δεν ικανοποιείται τότε δεν γίνεται καταχώρηση στον register Status_Selection D0039 και η γραμμή δεν ξεκινάει.

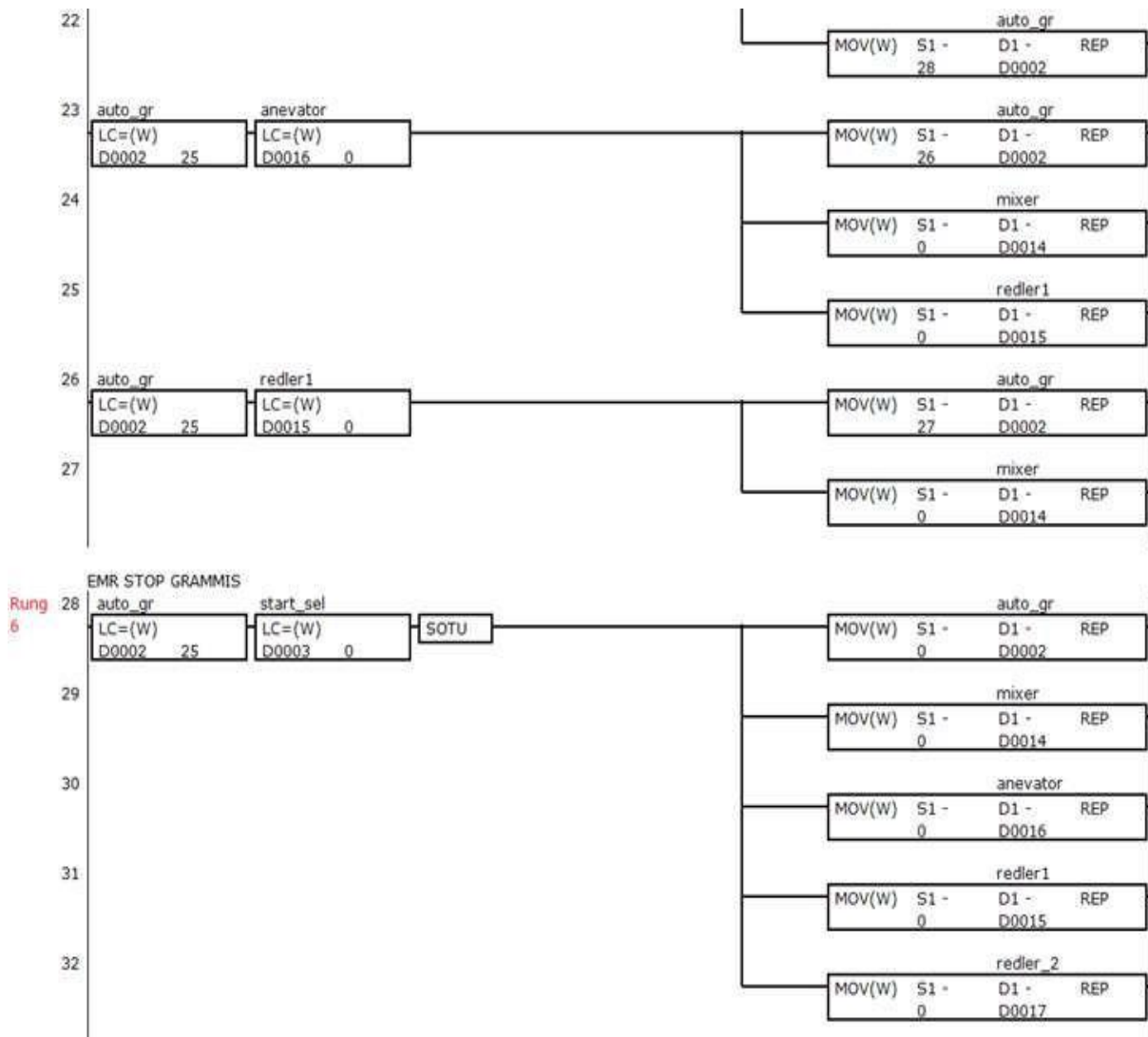


Εικόνα 5.17: Υπορουτίνα (subroutine) Selection

Υπορουτίνα (subroutine) Start_Grammis

Αφού έχει επιλεγθεί το function επιλογής σιλό κατεύθυνσης από τον χειριστή η γραμμή παραγωγής ξεκινάει την λειτουργία της αφού πρώτα γίνει έλεγχος ότι ο καταχωρητής Start_Selection έχει πάρει την τιμή “1”. Ο καταχωρητής Auto_Grammis D0002 είναι ένα flag όπου ανάλογα με την τιμή που έχει γνωρίζουμε σε ποιο state βρίσκεται η γραμμή παραγωγής δηλαδή ποια φορτία (κινητήρες) βρίσκονται σε λειτουργία. Υπάρχουν επίσης και οι ανάλογοι TIMERS οι οποίοι χρησιμοποιούνται για το διαδοχικό και ομαλό ξεκίνημα της γραμμής. Όταν ο καταχωρητής Auto_Grammis φτάσει στην τιμή “25” αυτό σημαίνει για το PLC ότι η γραμμή παραγωγής βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία.





Εικόνα 5.18: Υπορουτίνα (subroutine) Start_Grammis

6. Παρατηρήσεις, Συμπεράσματα και Προτάσεις Βελτίωσης

Κατά τη μελέτη σχεδίαση και υλοποίηση της γραμμής παραγωγής ζωοτροφών με τη χρήση PLC και εποπτεία συστήματος μέσω SCADA στην παρούσα διπλωματική εργασία, προέκυψαν ορισμένες βασικές παρατηρήσεις:

Η ενσωμάτωση του PLC εξασφάλισε την αυτοματοποίηση και ακρίβεια στις διαδικασίες παραγωγής μειώνοντας σημαντικά την ανάγκη χειροκίνητης παρέμβασης που υπήρχε παλιότερα στις βιομηχανίες ζωοτροφών, όπου οι χειριστές λειτουργούσαν τις γραμμές παραγωγής με πίνακες κλασικού αυτοματισμού. Αυτό εγκυμονούσε κινδύνους όχι μόνο για την ποιότητα του τελικού προϊόντος αλλά και για την ασφάλεια του προσωπικού. Το σύστημα SCADA παρέχει εποπτεία και καταγραφή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο προσφέροντας σαφή εικόνα για την κατάσταση των γραμμών παραγωγής.

Αυτή η αλληλεπίδραση χειριστή-γραμμών παραγωγής μέσω SCADA διευκόλυνε μεν τη λειτουργία, αλλά παρατηρήθηκε η ανάγκη για επιπλέον εκπαίδευση προσωπικού ώστε να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες του.

Η εγκατάσταση επίσης των αισθητήρων και η σωστή τους ρύθμιση ανέδειξε τη σημασία της προληπτικής συντήρησης και του τακτικού ελέγχου καθώς μικρές αποκλίσεις μπορούν να επηρεάσουν την συμπεριφορά λειτουργίας της γραμμής και κατ' επέκταση την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Τέλος, η συλλογή δεδομένων κατέδειξε την αξία της ιχνηλασιμότητας και της στατιστικής ανάλυσης για τη βελτίωση της παραγωγικότητας της βιομηχανίας.

Ορισμένες προτάσεις βελτίωσης στο άμεσο μέλλον για την αποδοτικότερη λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας είναι οι εξής:

- Ενσωμάτωση τεχνολογιών Industry 4.0 όπως για παράδειγμα IoT αισθητήρες, cloud πλατφόρμες, ώστε να υπάρχει απομακρυσμένη πρόσβαση και προγνωστική ανάλυση βλαβών.
- Ανάπτυξη συστήματος συντήρησης βάσει δεδομένων (predictive maintenance) με αξιοποίηση ιστορικού μετρήσεων και αλγορίθμων μηχανικής μάθησης.
- Επέκταση του SCADA για παρακολούθηση όχι μόνο της παραγωγής αλλά και της κατανάλωσης ενέργειας, με στόχο τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας.
- Συνεχής εκπαίδευση του προσωπικού, τόσο σε τεχνικό επίπεδο (λειτουργία και προγραμματισμός PLC/SCADA), όσο και σε θέματα ασφάλειας και διαδικασιών.
- Η ενσωμάτωση ενός καταγραφικού συστήματος ιχνηλασιμότητας με δυνατότητα ανάκτησης όλων των κρίσιμων δεδομένων του SCADA για συμμόρφωση με τα πρότυπα ποιότητας και τούς κανονισμούς.

Η εφαρμογή του συστήματος PLC–SCADA στη βιομηχανική γραμμή παραγωγής ζωοτροφών απέδειξε ότι η αυτοματοποιημένη διαχείριση οδηγεί σε αύξηση της παραγωγικότητας και της ασφάλειας του προσωπικού, μείωση του κόστους παραγωγής και βελτίωση της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Το SCADA αναδεικνύεται ως βασικό εργαλείο εποπτείας, ελέγχου και πρόληψης βλαβών, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση των απρογραμματίστων διακοπών λειτουργίας.

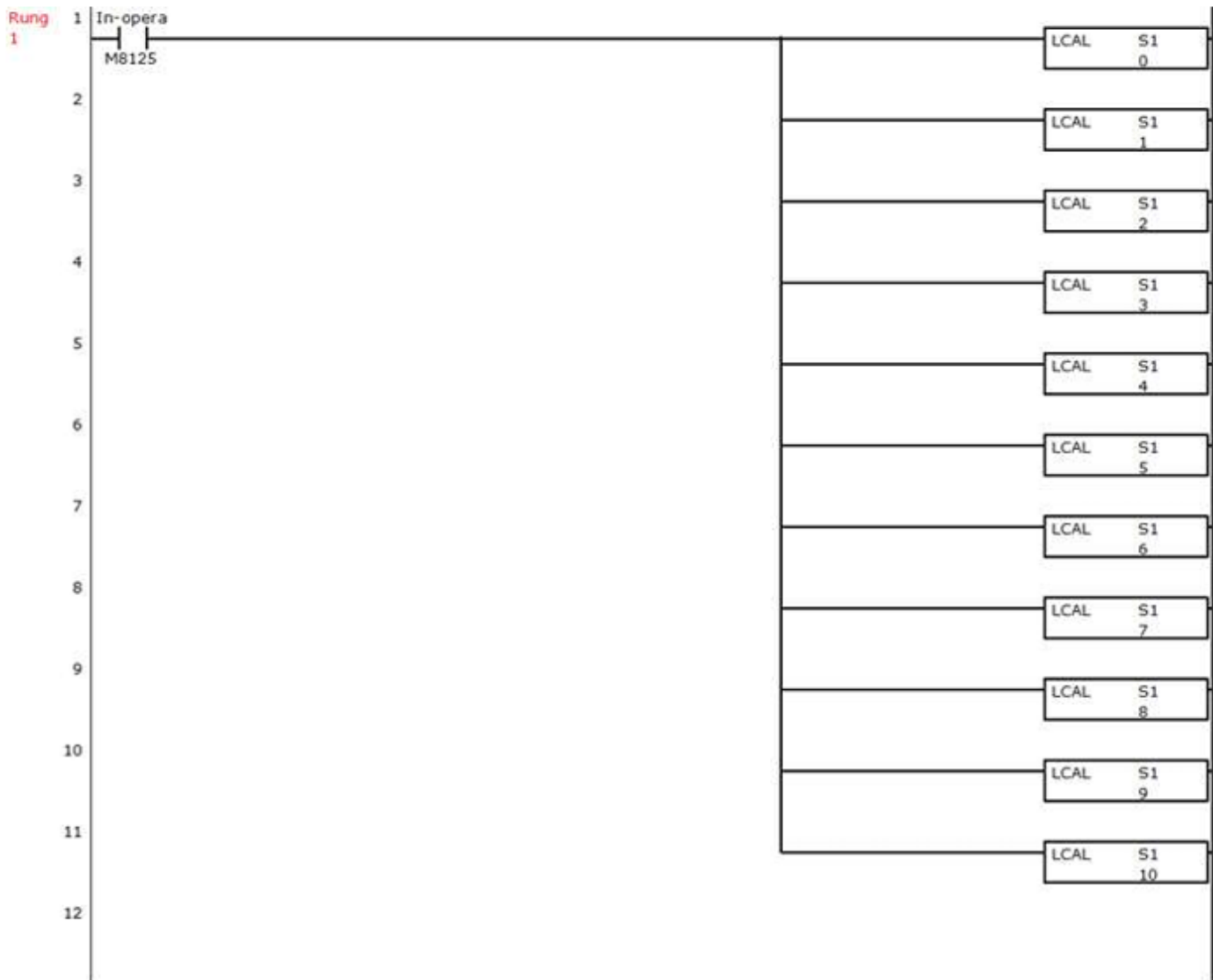
Δημιουργεί επίσης ένα πλαίσιο για επεκτασιμότητα και προσαρμογή σε μελλοντικές ανάγκες (νέα προϊόντα, μεγαλύτερη δυναμικότητα μέσω διεξαγωγών έργων για δημιουργία νέων γραμμών παραγωγής). Παρόλα αυτά, η ανθρώπινη παράμετρος παραμένει καθοριστική, η συνεχής εκπαίδευση του προσωπικού και η ορθή διαχείριση των δεδομένων είναι καθοριστικής σημασίας για την αποτελεσματικότητα του συστήματος.

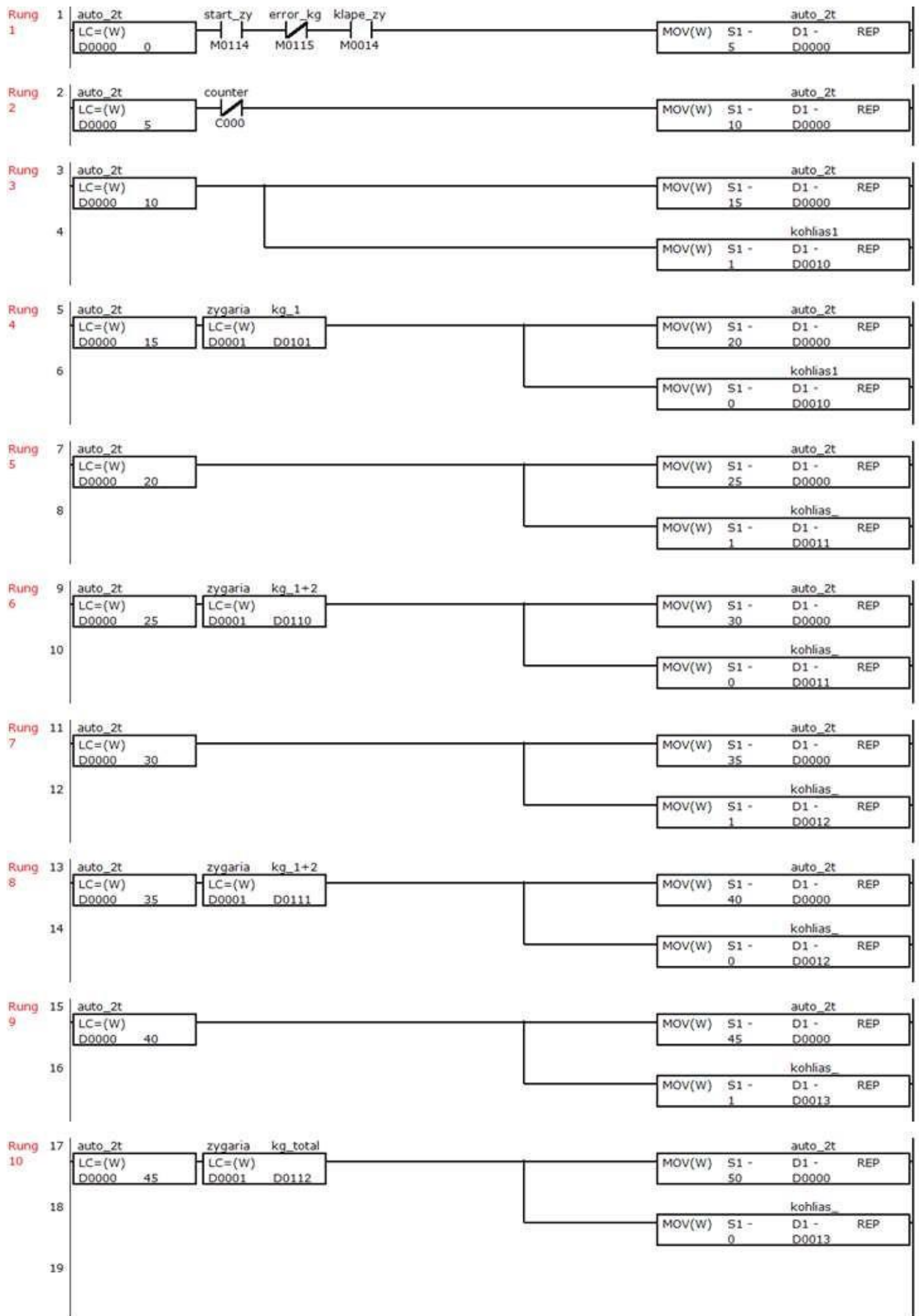
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

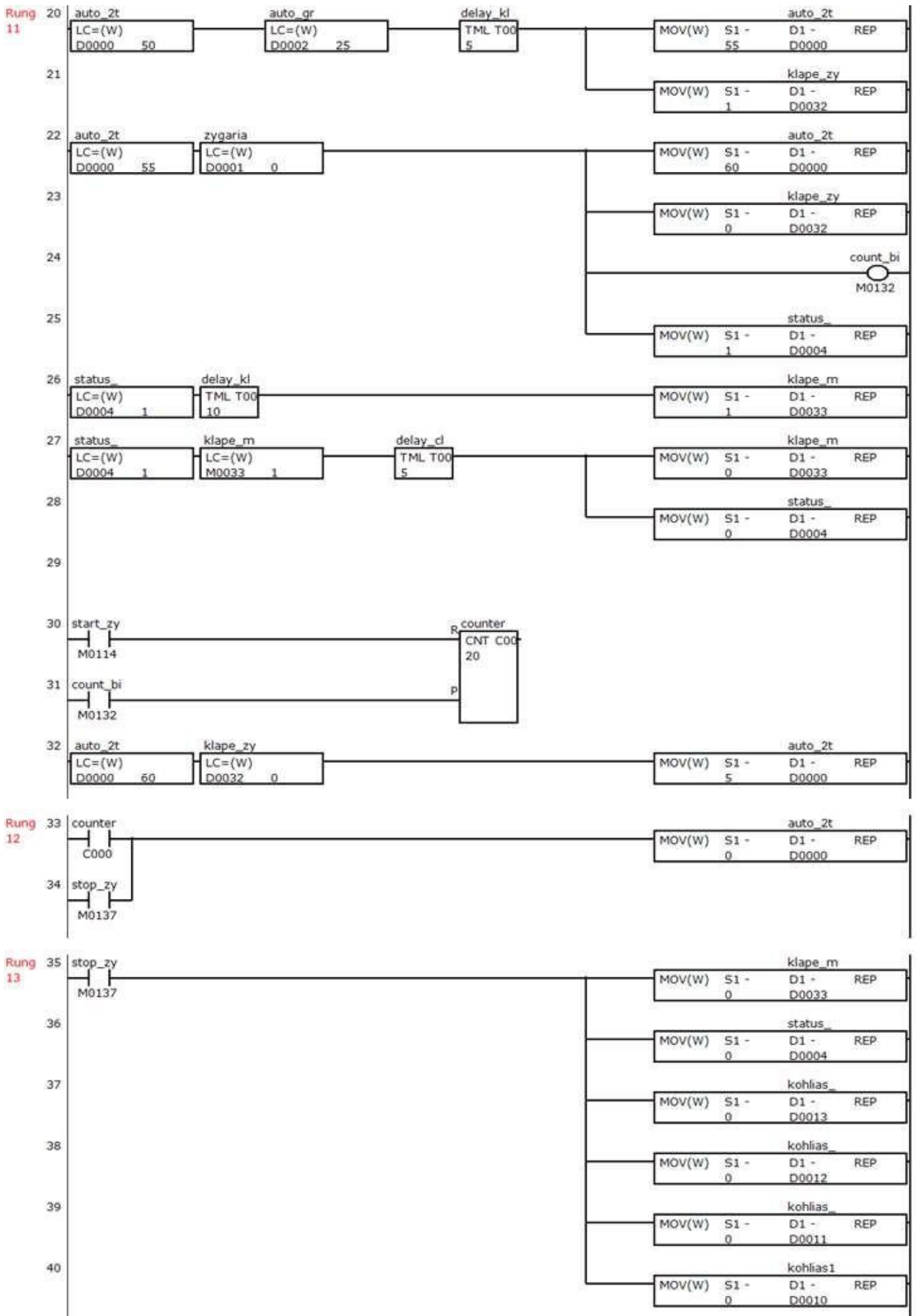
«Α» ΚΩΔΙΚΑΣ LADDER

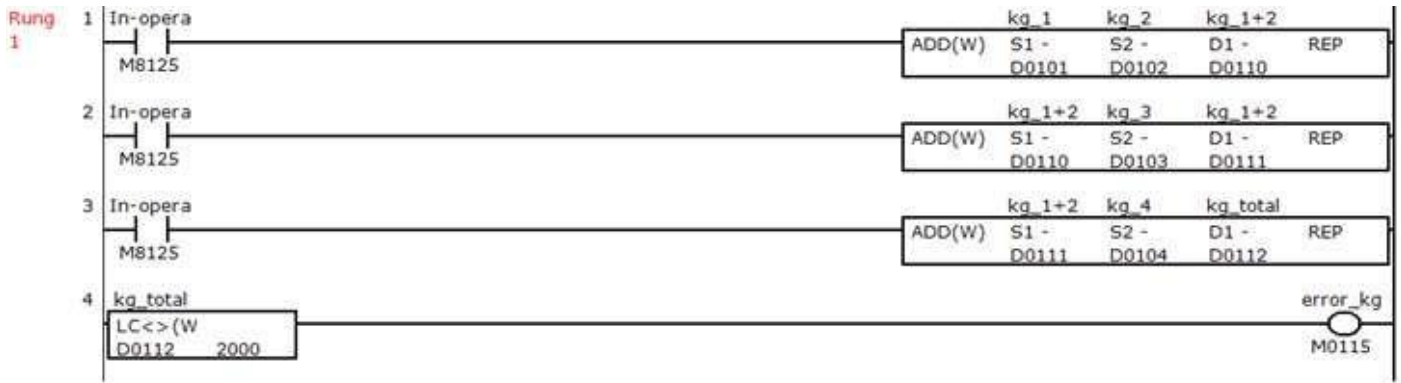
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Α»

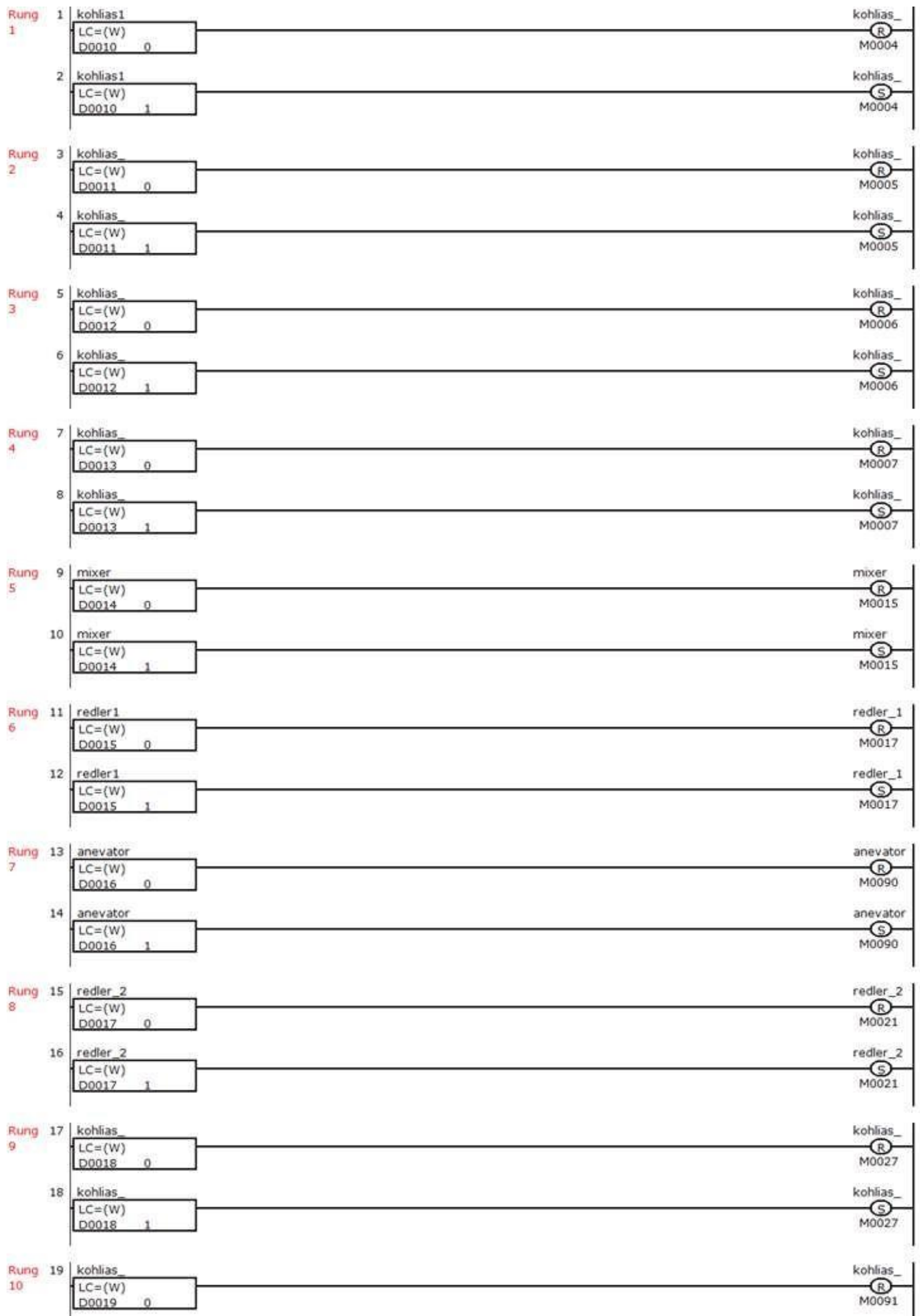
ΚΩΔΙΚΑΣ LADDER

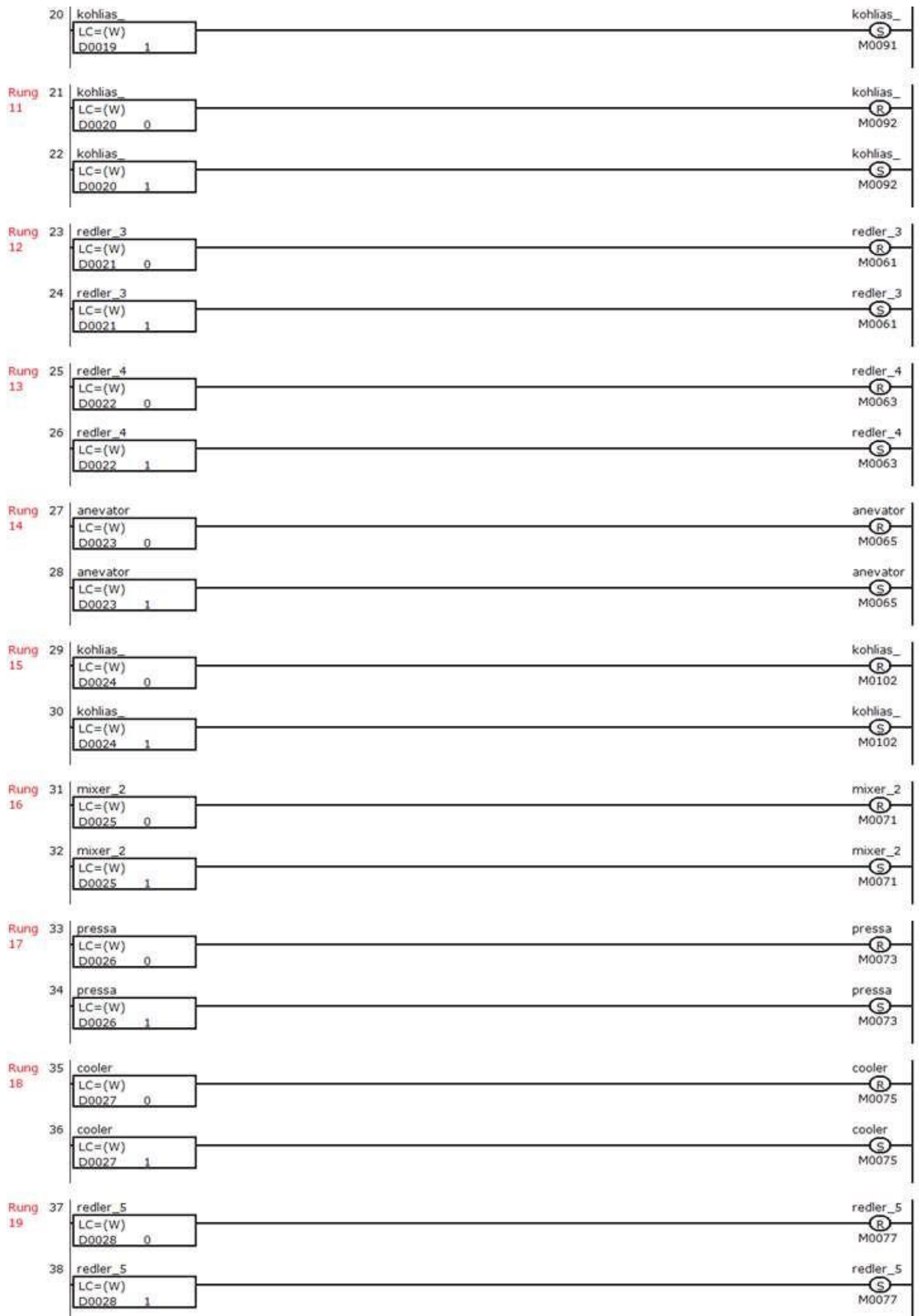


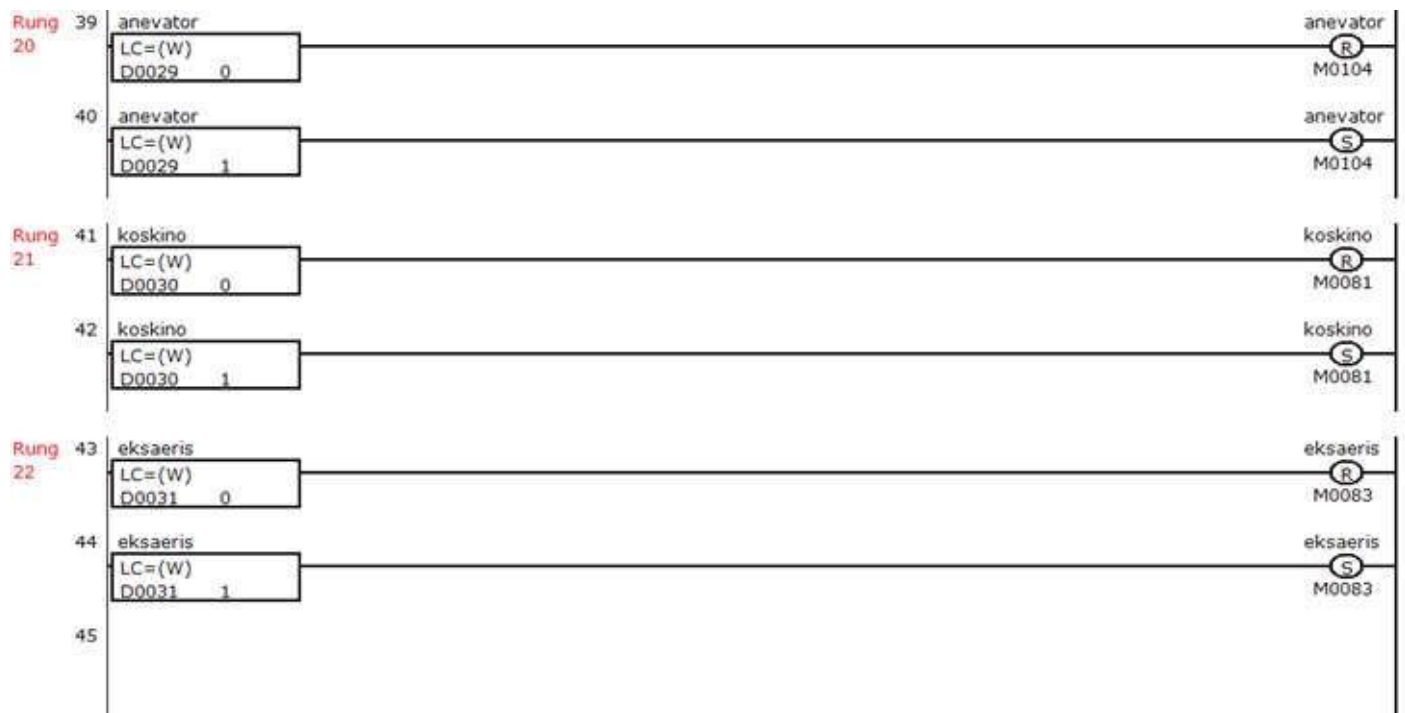


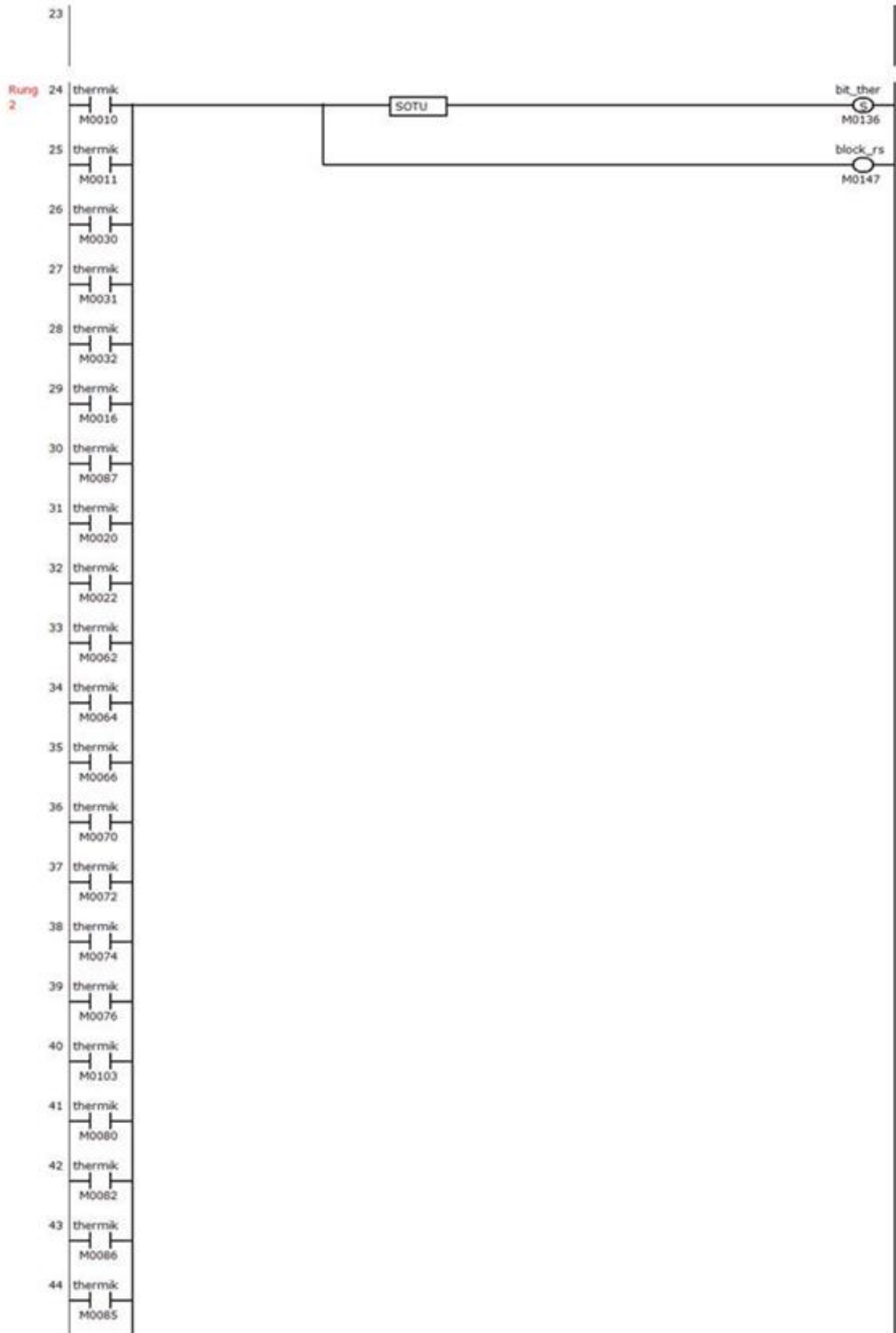


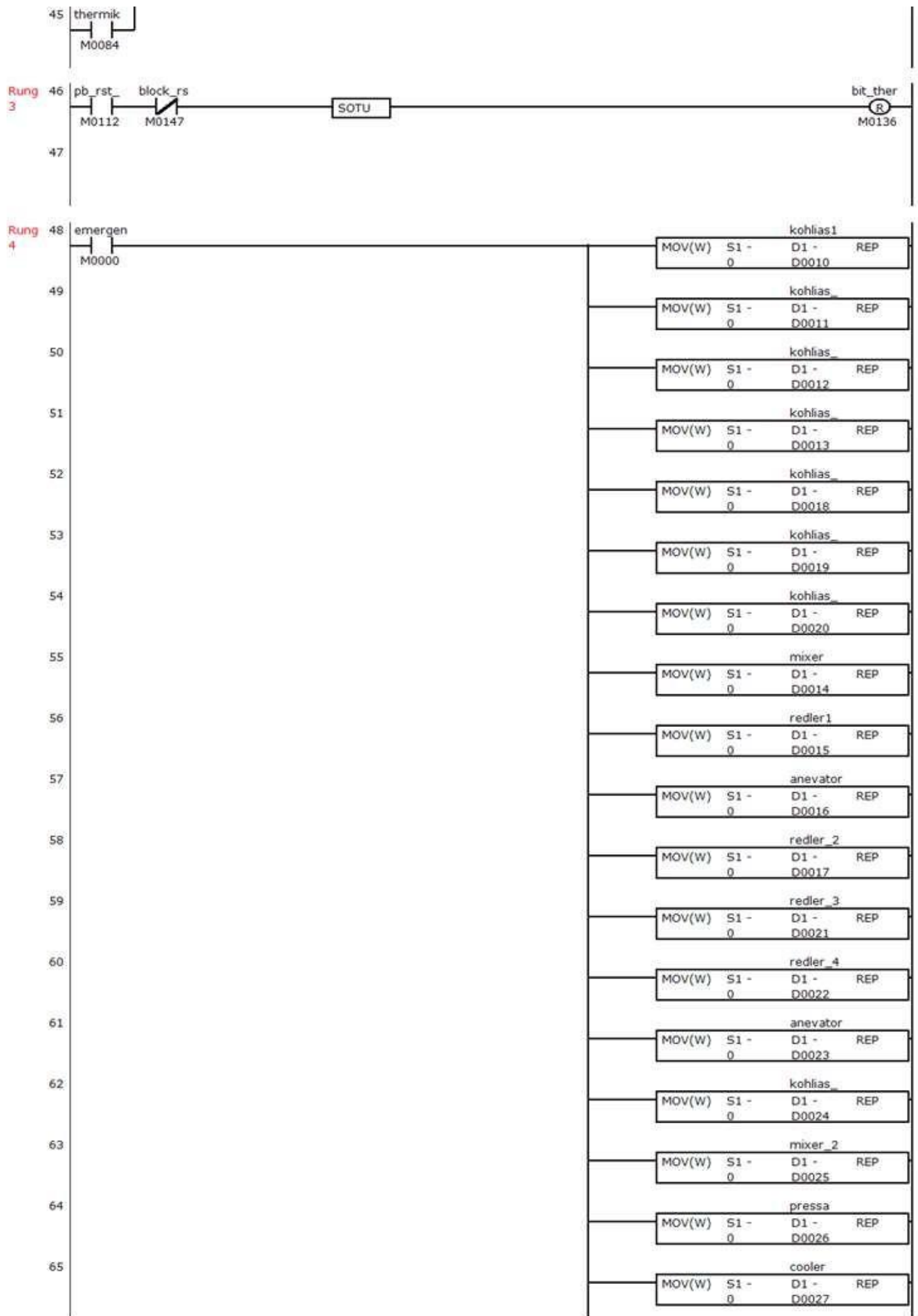












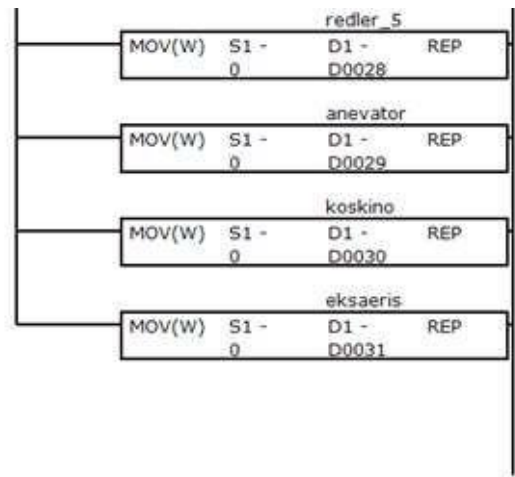
66

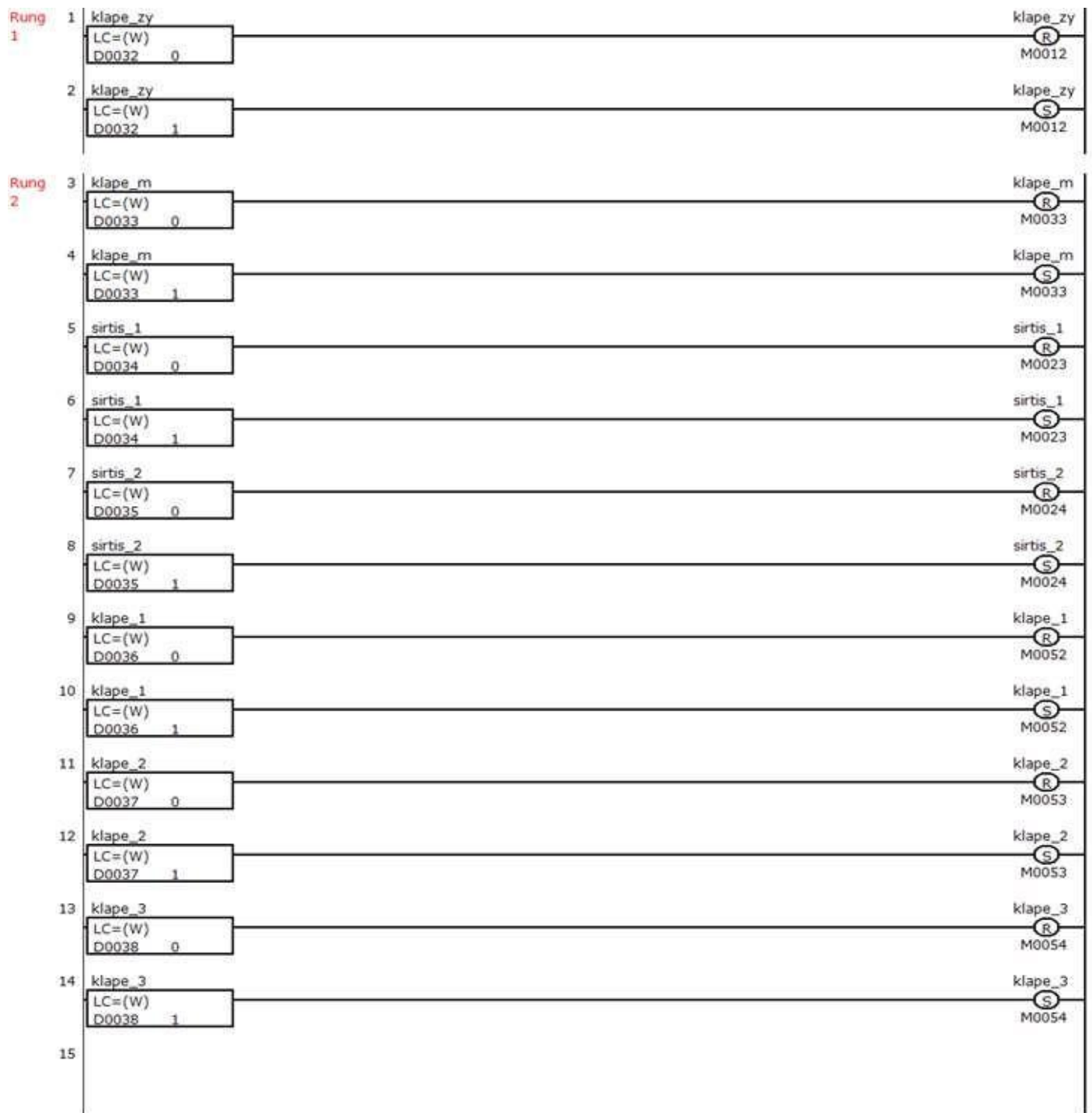
67

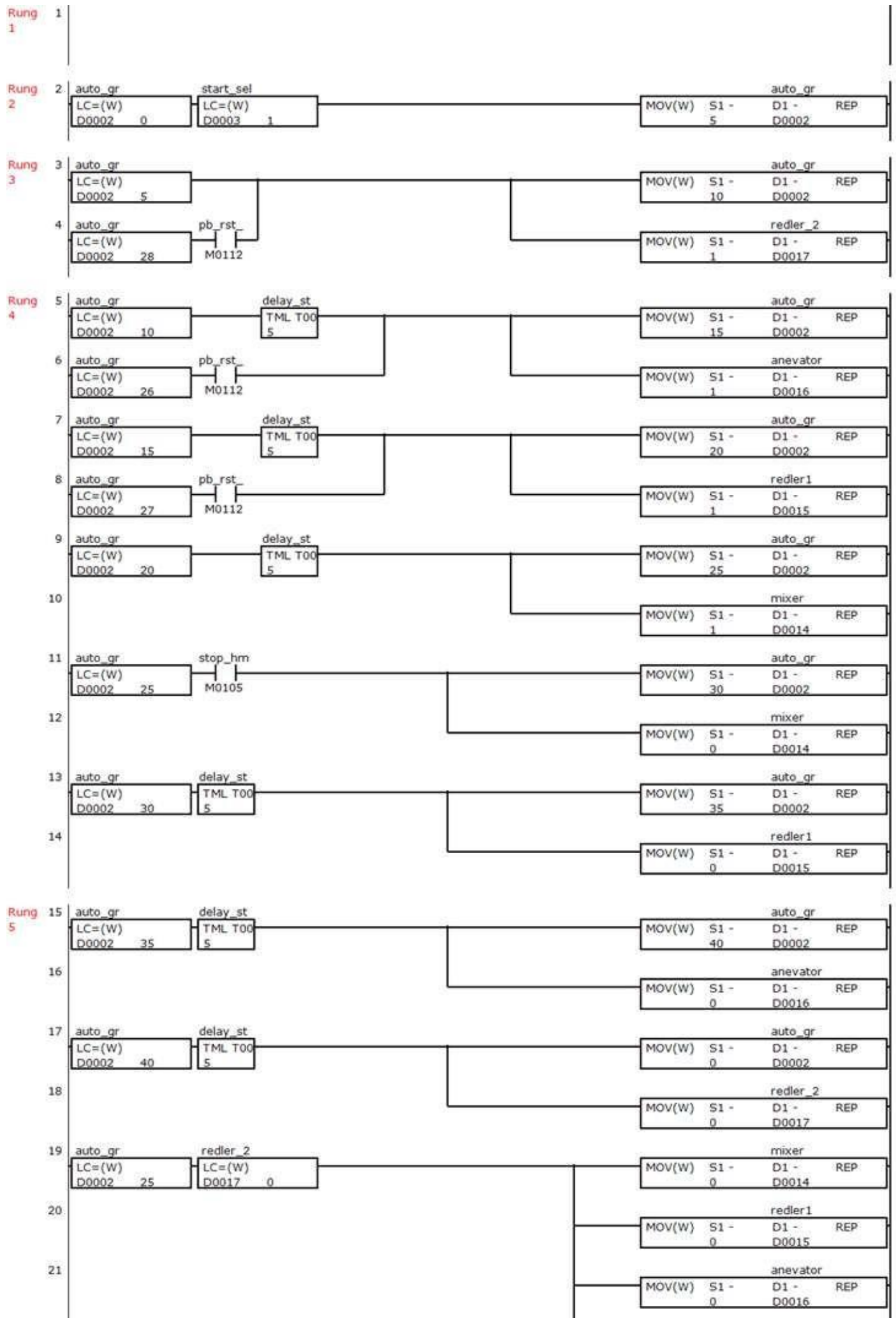
68

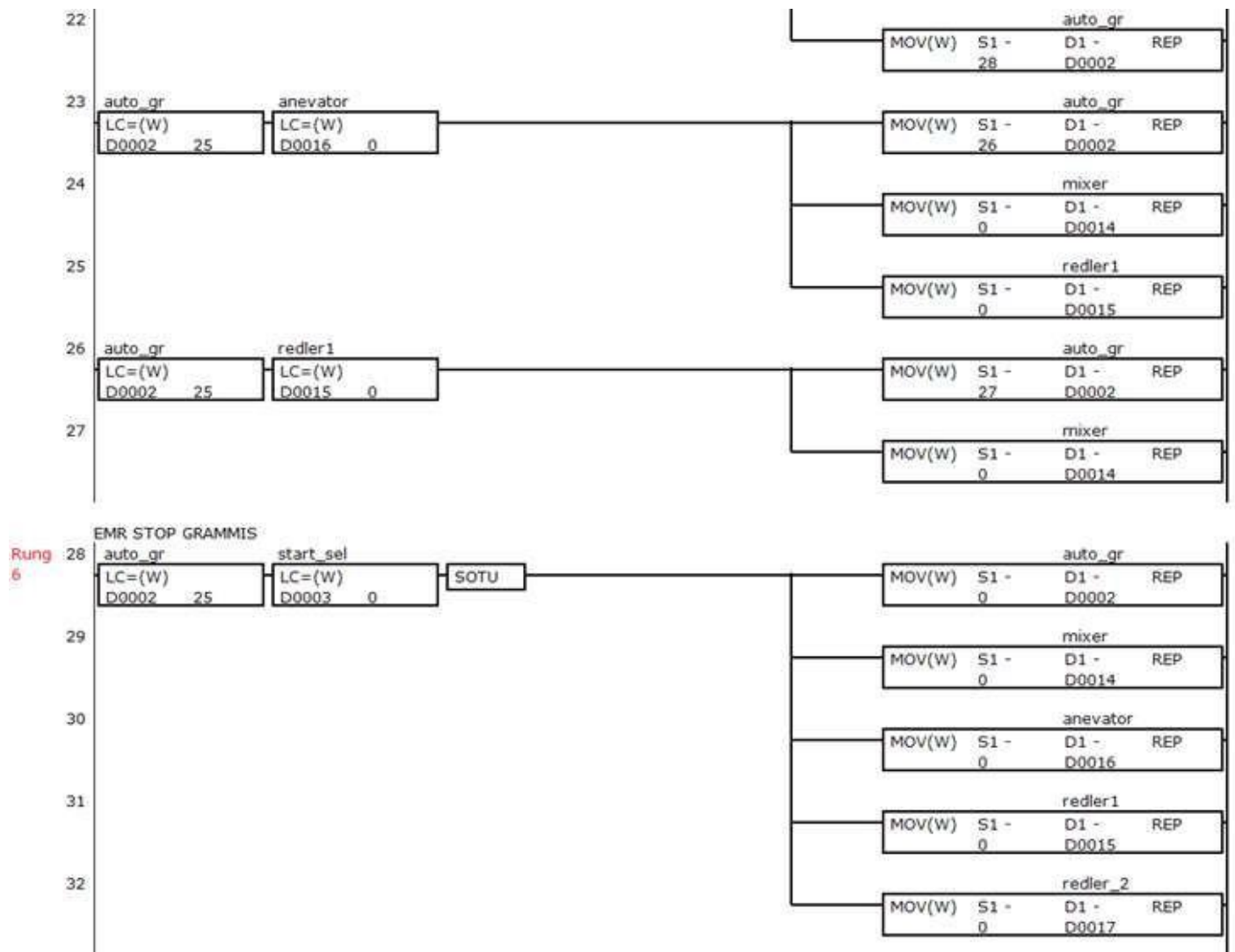
69

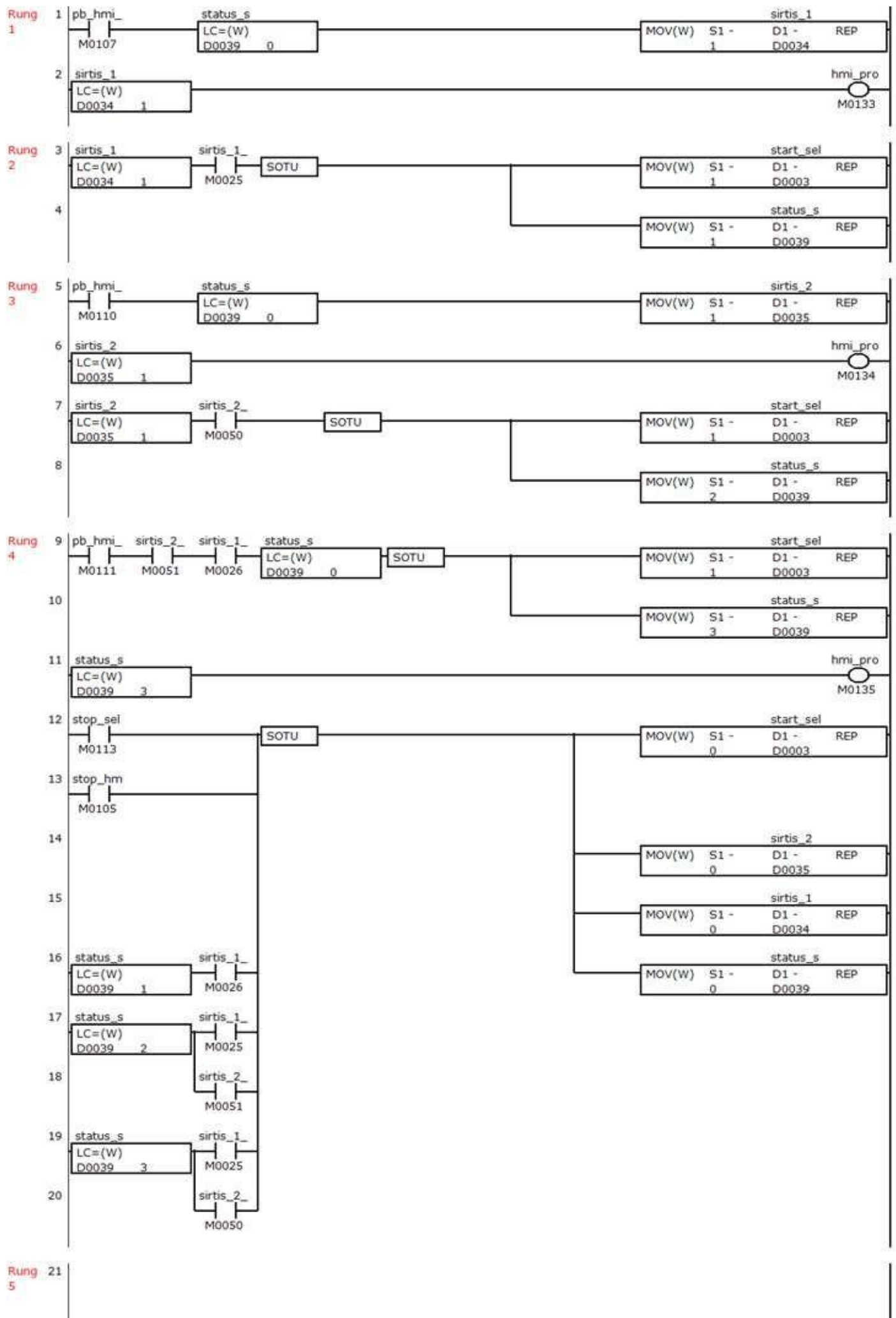
70

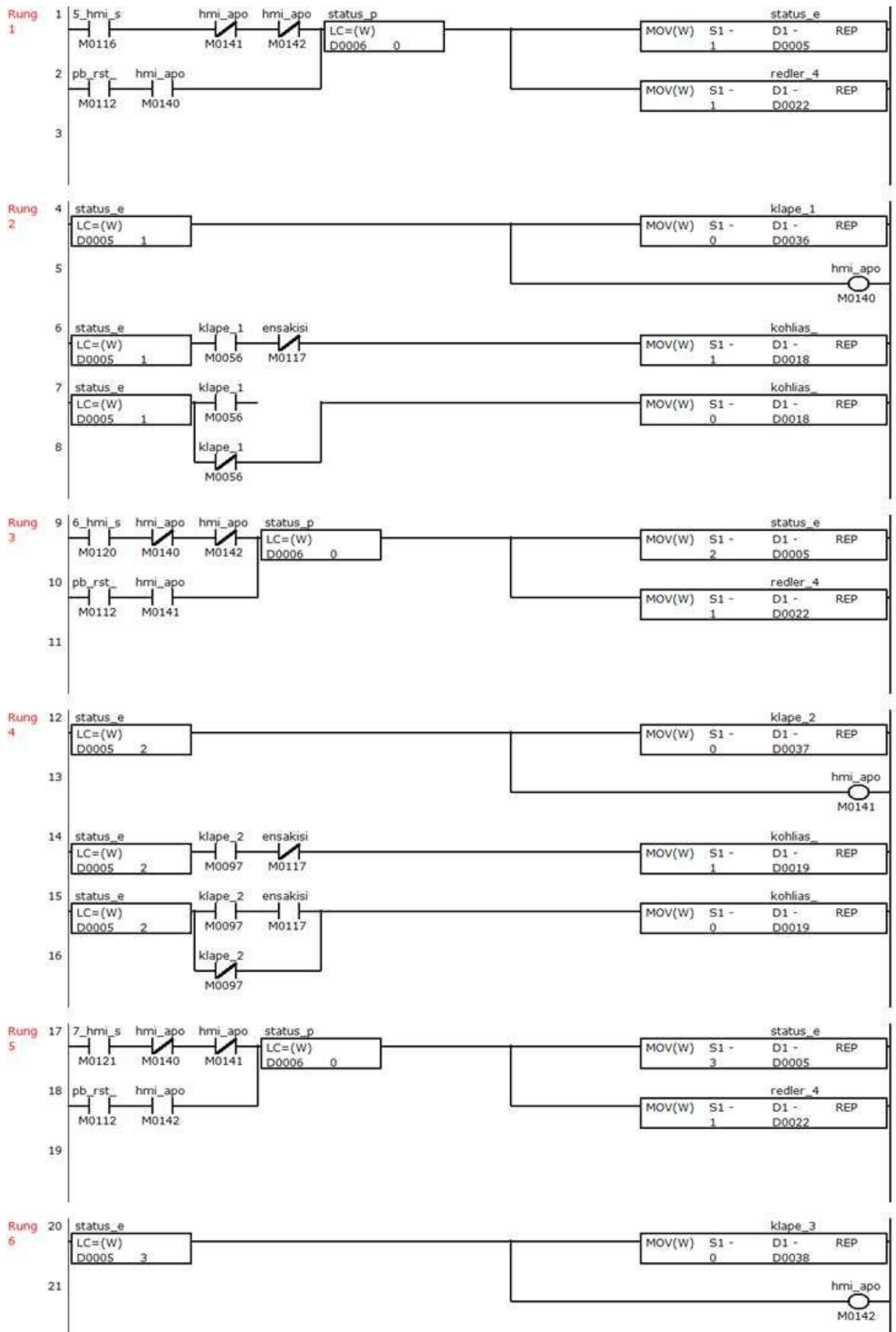


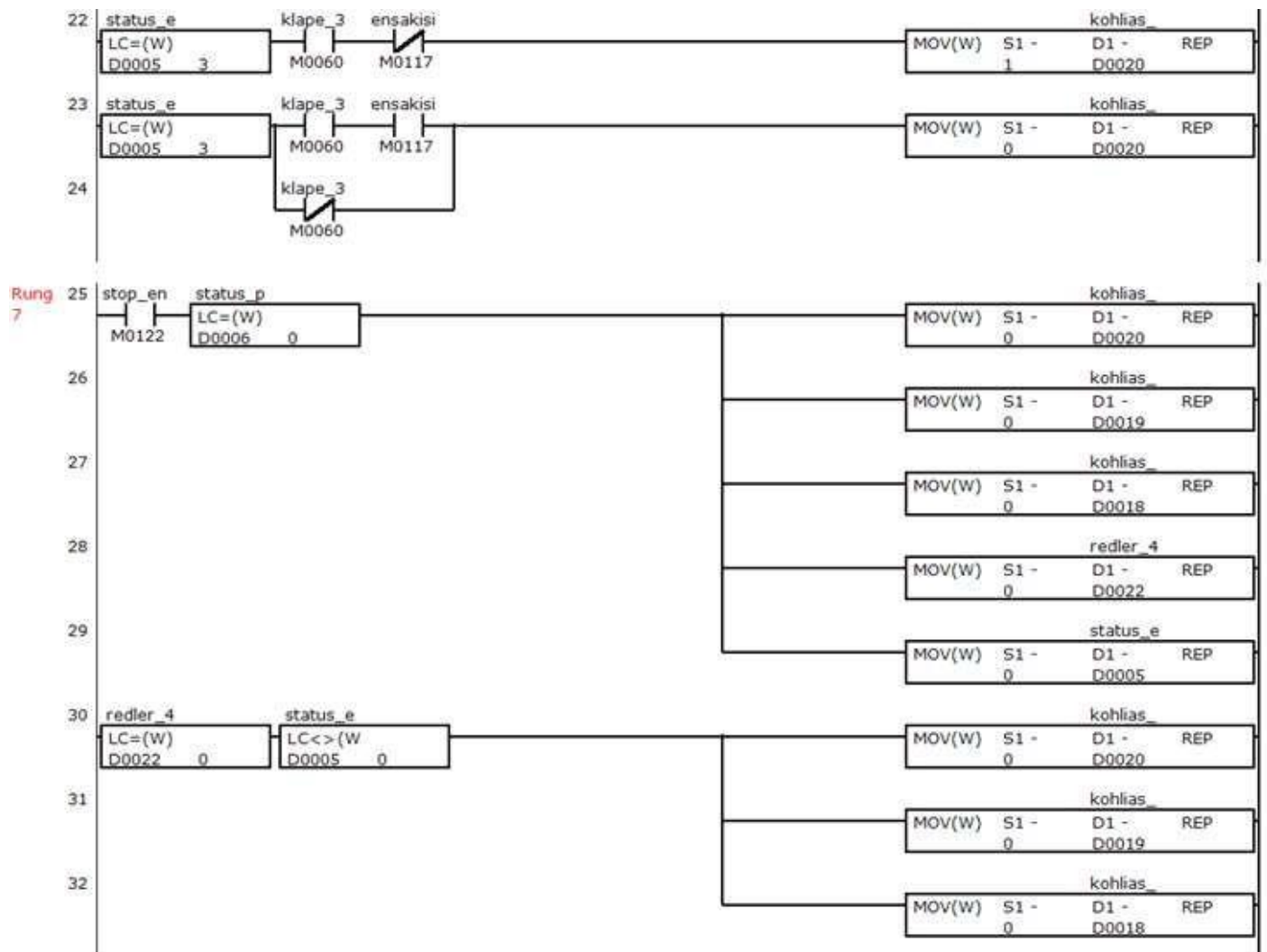


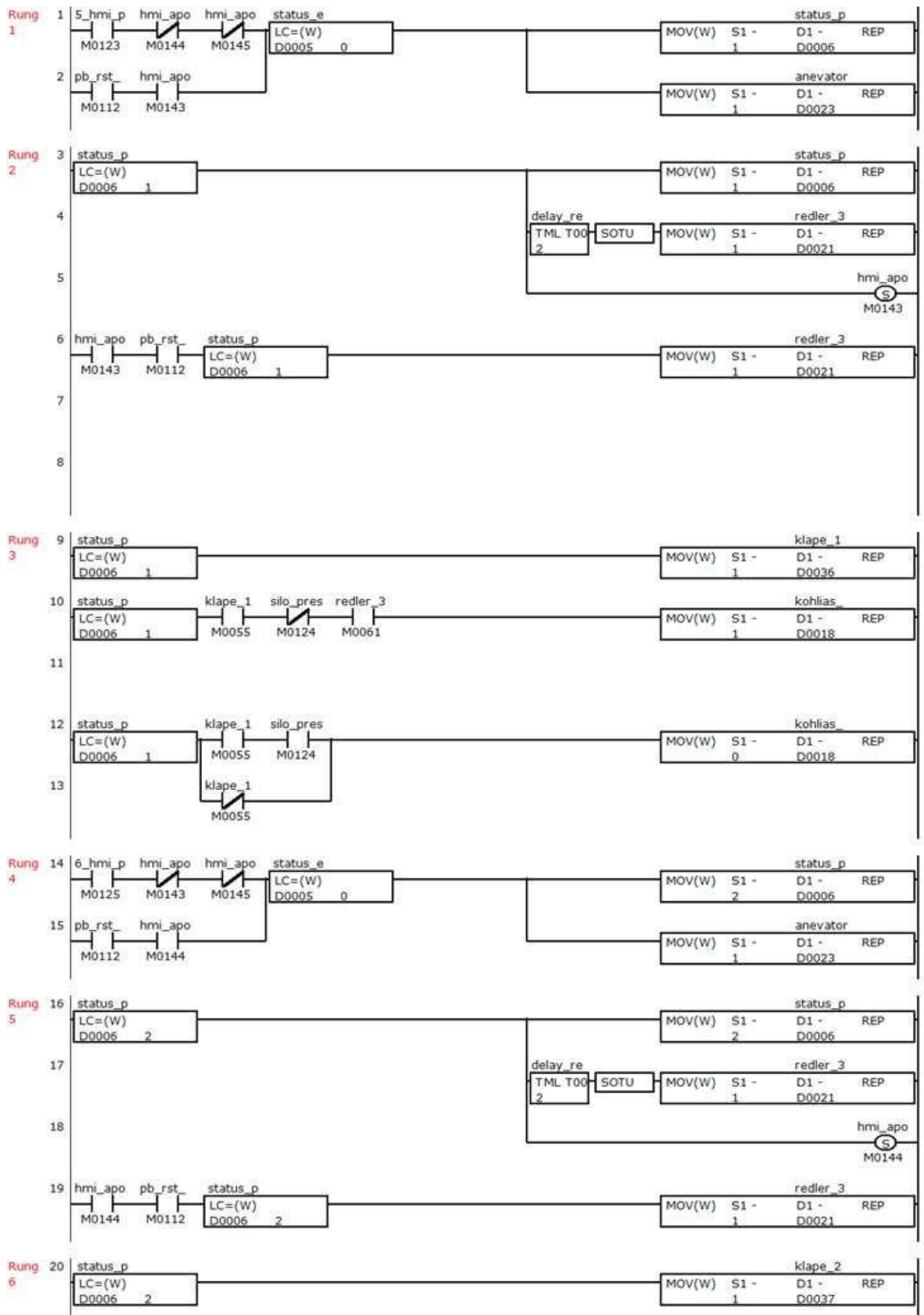


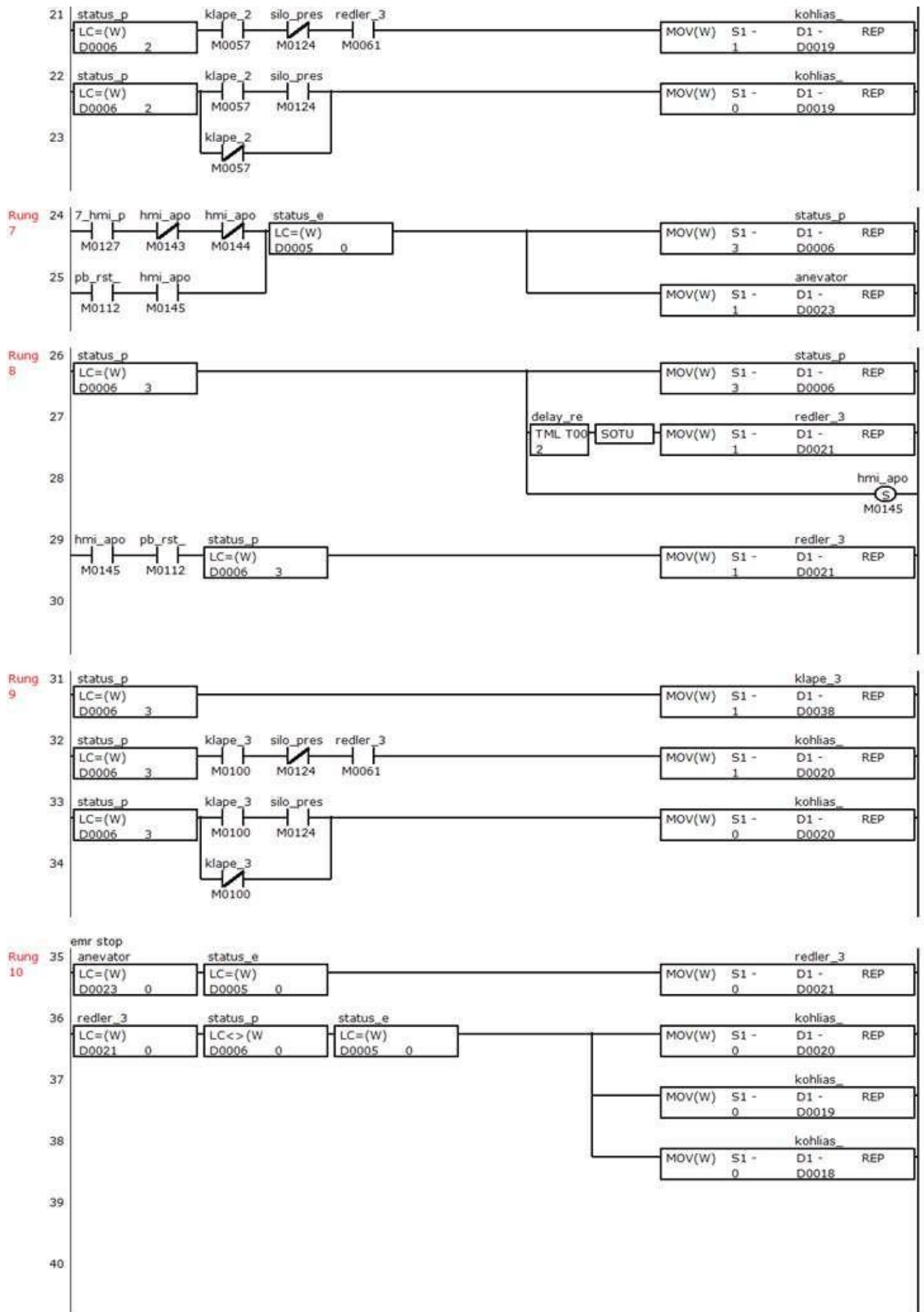


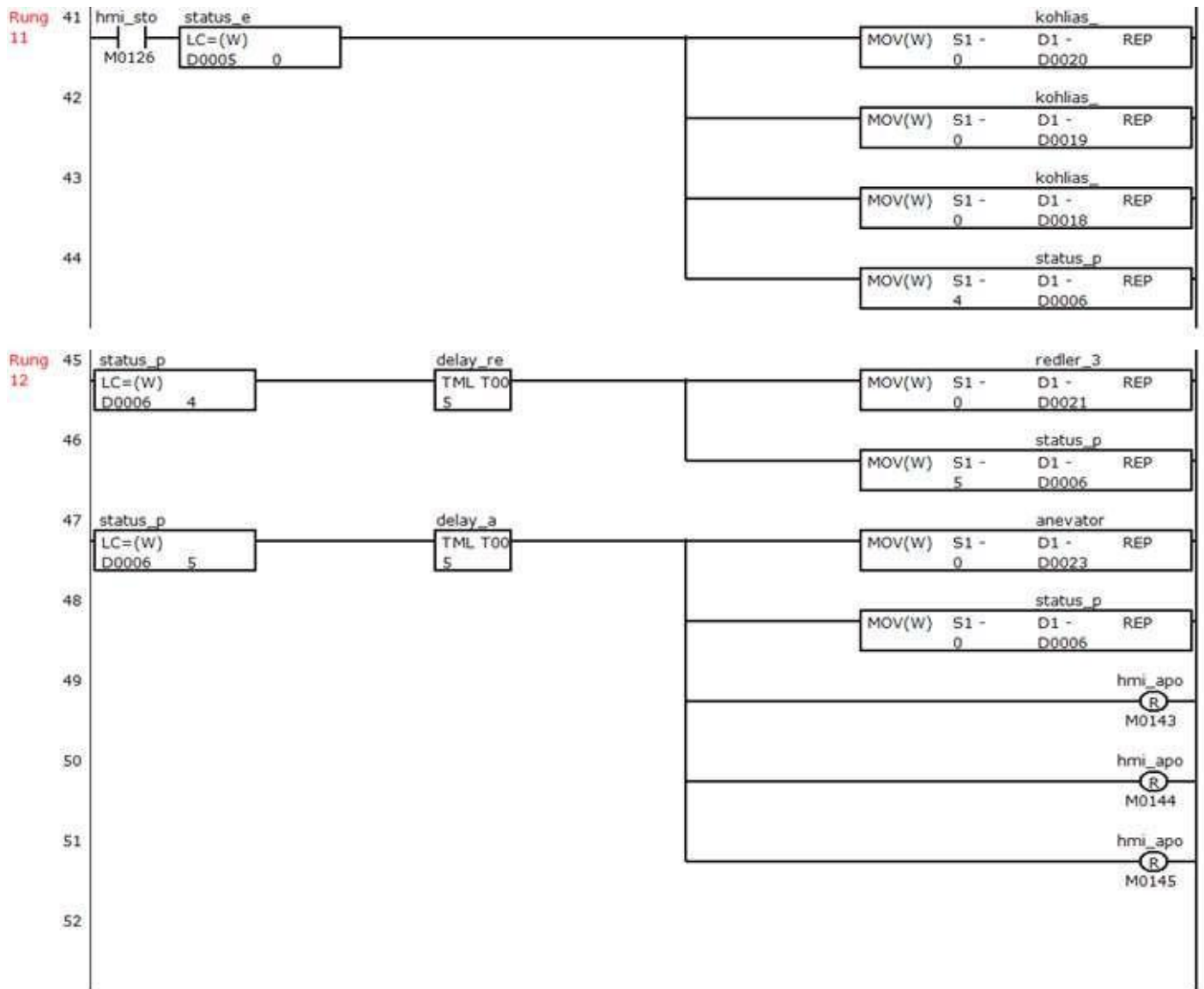




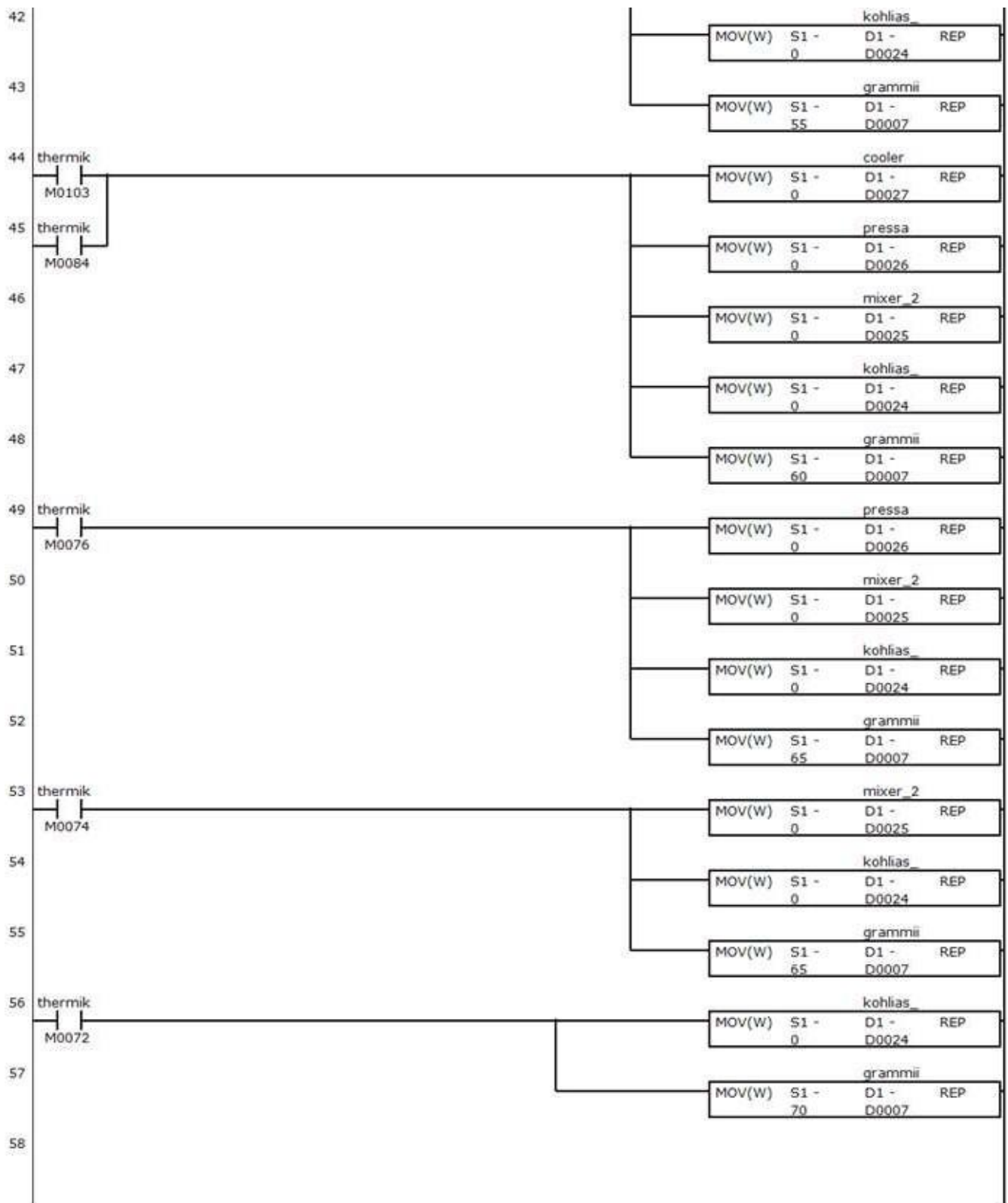




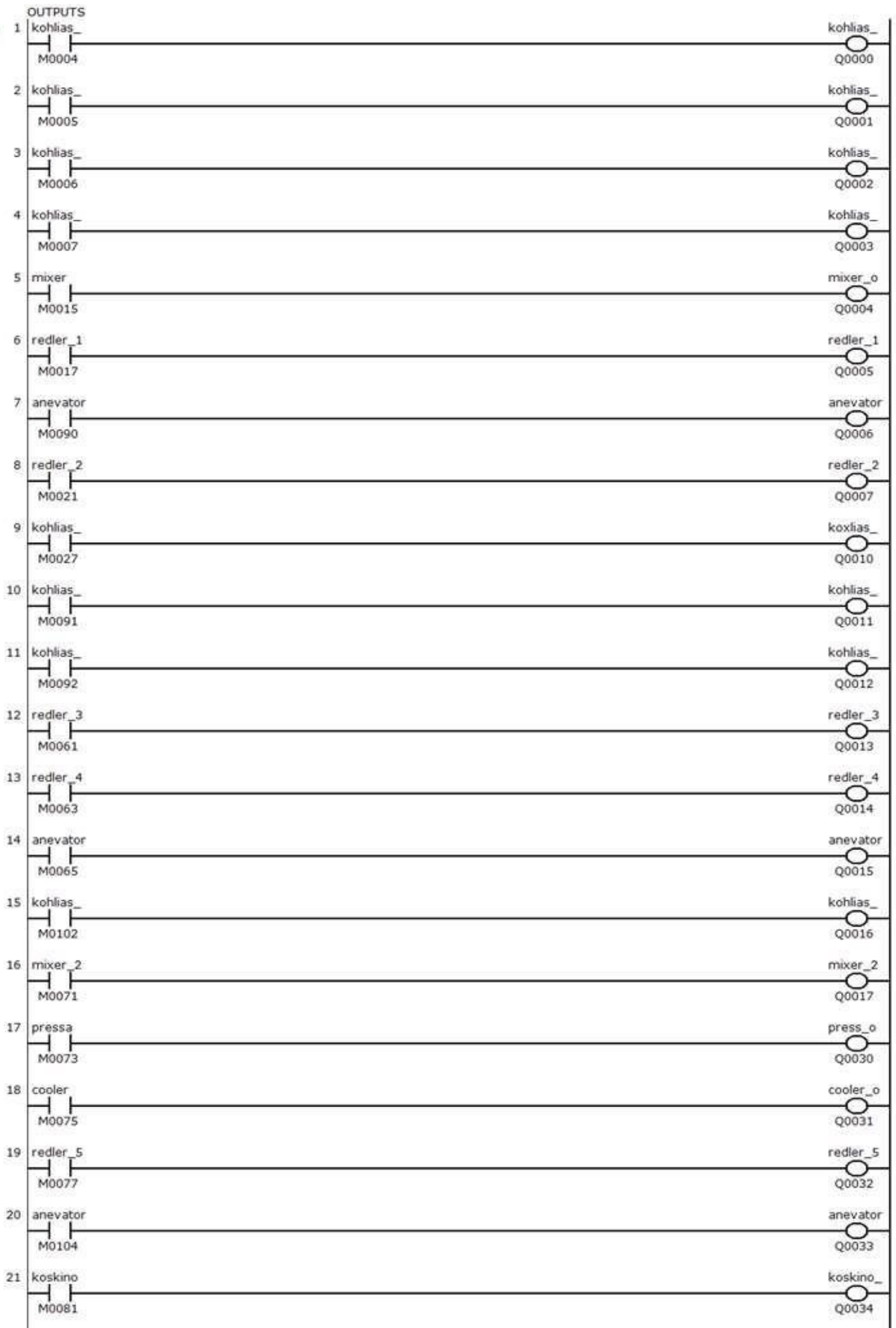


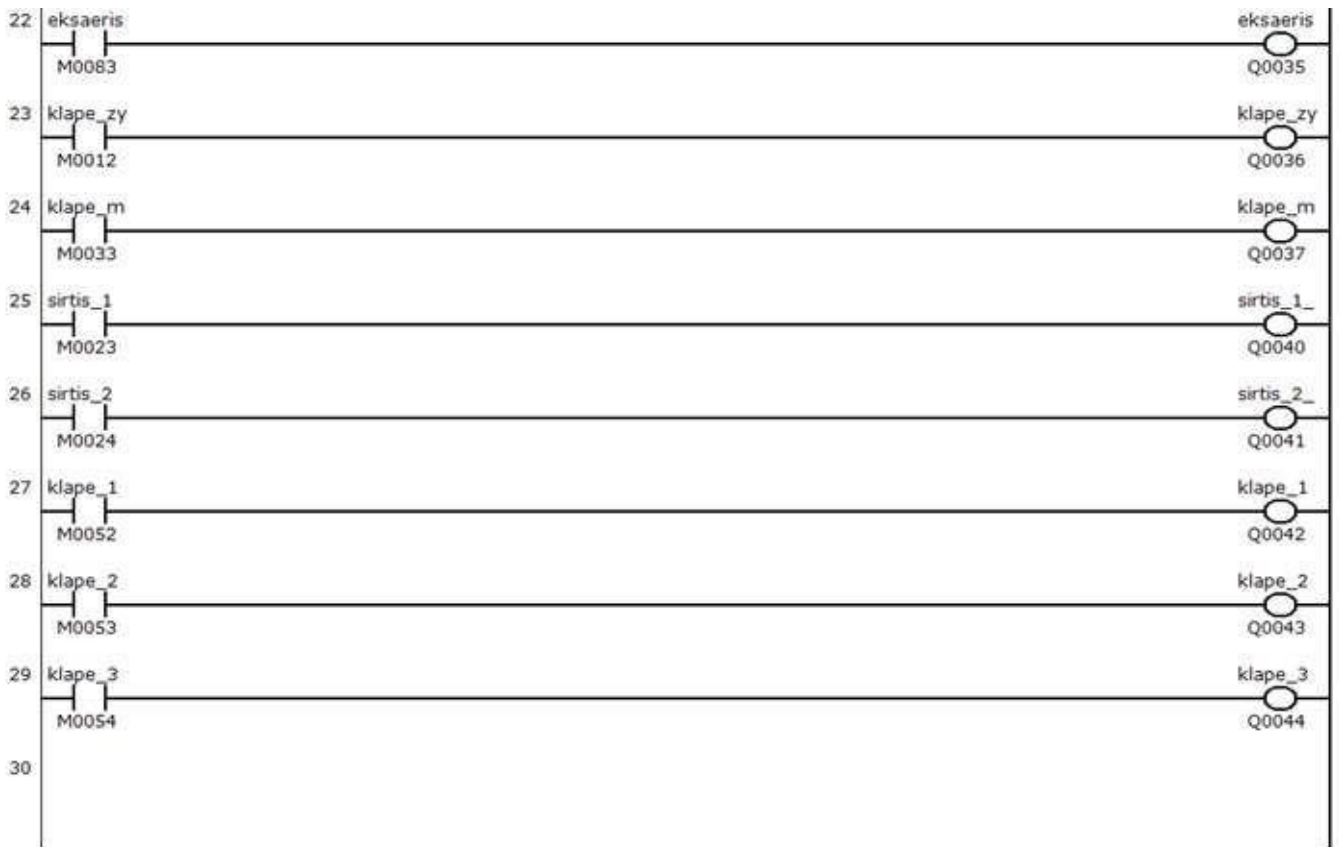




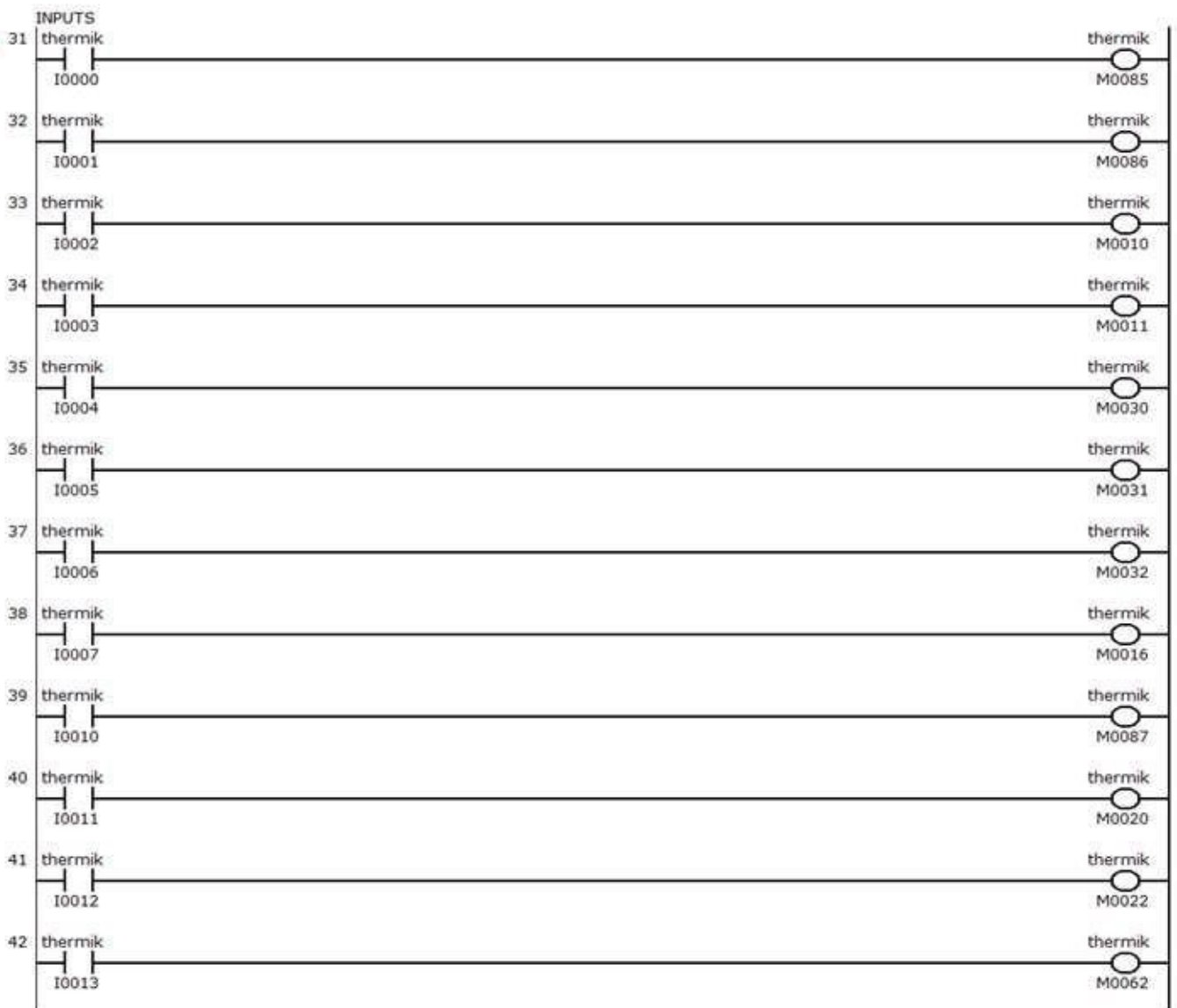


Rung
1





Rung
2



43	thermik	thermik
	I0014	M0064
44	thermik	thermik
	I0015	M0066
45	thermik	thermik
	I0016	M0070
46	thermik	thermik
	I0017	M0072
47	thermik	thermik
	I0020	M0074
48	thermik	thermik
	I0021	M0076
49	thermik	thermik
	I0022	M0103
50	thermik	thermik
	I0023	M0080
51	thermik	thermik
	I0024	M0082
52	thermik	thermik
	I0025	M0084
53	klape_zy	klape_zy
	I0026	M0014
54	sirtis_1_	sirtis_1_
	I0027	M0025
55	sirtis_2_	sirtis_2_
	I0030	M0050
56	sirtis_1_	sirtis_1_
	I0031	M0026
57	sirtis_2_	sirtis_2_
	I0032	M0051
58	klape_1	klape_1
	I0033	M0056
59	klape_1	klape_1
	I0034	M0055
60	klape_2	klape_2
	I0035	M0057
61	klape_2	klape_2
	I0036	M0097
62	klape_3	klape_3
	I0037	M0060
63	klape_3	klape_3
	I0040	M0100
64	ensakisi	ensakisi
	I0041	M0117

10 copy_var



Βιβλιογραφία

Ακαδημαϊκές Πηγές, Ελληνικές:

1. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2021) *Νέα ΚΑΠ 2023–2027: Πλαίσιο και στόχοι*. Διαθέσιμο: <https://ec.europa.eu>
2. Νιτσιάκος Α.Ε. (n.d.) *Εταιρική ιστοσελίδα*. Διαθέσιμο: <https://www.nitsiakos.gr>
3. Πανελλήνια Ένωση Παραγωγών Ζωοτροφών – ΠΕΠΖ (2023) *Κλαδική έκθεση για τις ζωοτροφές στην Ελλάδα*. ΠΕΠΖ.
4. Σταυράκης, Δ. (2018) *Η ανάπτυξη της βιομηχανίας ζωοτροφών στην Ελλάδα: ιστορική και οικονομική προσέγγιση*. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
5. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (n.d.) *Πρόγραμμα Αγροτικής Ανάπτυξης 2021–2027*.
6. Zacharakis, G. (2020) *Αυτοματισμοί στη Βιομηχανία Τροφίμων και Ποτών*. Εκδόσεις Τζιόλα.

Ακαδημαϊκές Πηγές, Ξενόγλωσσες:

7. FAO, 2021. *Digital Agriculture – Tools for Feed Management*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
8. FEFAC, 2022. *Digital transition in European feed industry*. Brussels: European Feed Manufacturers' Federation.
9. ISO, 2015. *ISO 14001:2015 – Environmental management systems – Requirements with guidance for use*. Geneva: International Organization for Standardization.
10. Kellems, R.O. and Church, D.C., 2010. *Livestock Feeds and Feeding*. 6th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
11. Siemens, 2020. *Automation in compound feed production: Technical white paper*. Munich: Siemens AG.
12. TNO, 2019. *Smart animal feed production systems: Automation & AI*. The Hague: Netherlands Organisation for Applied Scientific Research.
13. ZVEI, 2020. *Energy Efficiency through Automation Technologies*. Frankfurt: German Electrical and Electronic Manufacturers' Association.
14. Control Engineering Europe, 2021. *SCADA & MES applications in feed mills*. [online] Control Engineering Europe. Available at: <https://www.controlengurope.com>