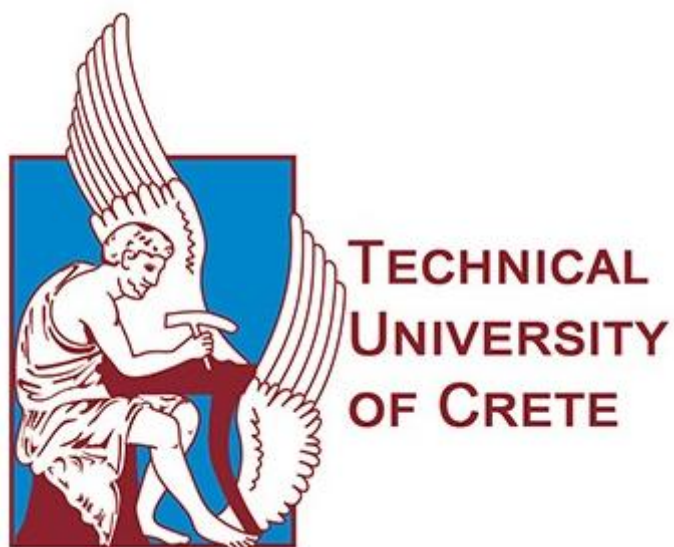


ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ & ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ
ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΜΦΙΑΛΩΣΗΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ
ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ &
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΚΑΛΟΓΡΙΔΑΚΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ

2023

Περιεχόμενα

1. Ανάλυση ελαιολάδου	5
1.1 Εισαγωγή	5
1.2 Κατηγορίες ελαιολάδου	5
1.3 Το ελαιόλαδο στην Ελλάδα.....	7
1.4 Ανάλυση του ελληνικού ελαιολάδου στην παγκόσμια αγορά	8
1.4.1 Εξαγωγές.....	8
1.4.2 Εισαγωγές.....	9
1.5 Προοπτικές στην παγκόσμια αγορά	11
2. Τυποποίηση ελαιολάδου	12
2.1 Ορισμός της τυποποίησης του ελαιολάδου	12
2.2 Διαδικασία της τυποποίησης.....	12
2.2.1 Τμήμα αποθήκευσης.....	13
2.2.2 Τμήμα εμφιάλωσης.....	15
2.2.3 Τμήμα συσκευασίας και φόρτωσης	16
3 Μοντελοποίηση και προγραμματισμός παραγωγής μονάδας εμφιάλωσης ελαιολάδου...	18
4 Προσομοίωση συστήματος παραγωγής.....	22
4.1 Εισαγωγή στο Simulink	22
4.2 Παρουσίαση του συστήματος παραγωγής	22
4.2.2 Το υποσύστημα μηχανής καθαρισμού μπουκαλιών	28
4.2.3 Το υποσύστημα μηχανής πλήρωσης μπουκαλιών	31
4.2.4 Το υποσύστημα μηχανής πωματισμού μπουκαλιών	35
4.2.5 Το υποσύστημα μηχανής επικόλλησης ετικέτας	38
4.2.6 Το υποσύστημα μηχανής δημιουργίας κιβωτίων.....	41
4.2.7 Το υποσύστημα μηχανής γεμίσματος κιβωτίων	44
4.2.8 Το υποσύστημα μηχανής παλετοποίησης	48
5 Αποτελέσματα.....	52
5.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων του υποσυστήματος της μηχανής φιλτραρίσματος	52
5.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων του υποσυστήματος της μηχανής καθαρισμού μπουκαλιών.....	53
5.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων του υποσυστήματος της μηχανής πλήρωσης ελαιολάδου	54
5.4 Παρουσίαση αποτελεσμάτων του υποσυστήματος της μηχανής πωματισμού μπουκαλιών.....	55
5.5 Παρουσίαση αποτελεσμάτων του υποσυστήματος της μηχανής επικόλλησης ετικέτας.....	56

5.6 Παρουσίαση αποτελεσμάτων του υποσυστήματος της μηχανής κατασκευής χαρτοκιβωτίων	57
5.7 Παρουσίαση αποτελεσμάτων του υποσυστήματος της μηχανής γεμίσματος κιβωτίων	57
5.8 Παρουσίαση αποτελεσμάτων του υποσυστήματος της μηχανής παλετοποίησης	58
5.9 Συμπεράσματα	60
Βιβλιογραφία	61

Περίληψη

Το ελαιόλαδο αποτελεί ένα από τα βασικότερα προϊόντα της Ελλάδος. Η θρεπτική και γενικότερα η διατροφική αξία του ελαιολάδου είναι μεγάλη, όπως έχει αποδειχθεί, με αποτέλεσμα η ζήτηση του να αυξάνεται συνεχώς. Όμως όσον αφορά το τομέα της τυποποίησης και εμφιάλωσης, οι ελληνικές εταιρίες βρίσκονται σε χαμηλό επίπεδο παραγωγικότητας.

Στη συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζεται ένα σύστημα μοντελοποίησης και προγραμματισμού παραγωγής. Αρχικά, λαμβάνοντας υπόψιν τις νέες τεχνολογίες, οι οποίες έχουν εμφανιστεί τις τελευταίες δεκαετίες στο βιομηχανικό κόσμο και ειδικότερα στο τομέα των τροφίμων, δημιουργήθηκε η ανάγκη για την εξέλιξη της διαδικασίας της παραγωγής-εμφιάλωσης.

Λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας καθώς και του συνεχούς αυξανόμενου κόστους παραγωγής, της αβεβαιότητας της αγοράς, των διακυμάνσεων της ζήτησης δημιουργείται η ανάγκη για την ανάπτυξη ενός συστήματος μοντελοποίησης και προγραμματισμού μονάδος εμφιάλωσης ελαιολάδου μέσω του οποίου θα μειωθεί το κόστος παραγωγής, ο χρόνος της τυποποίησης, θα βελτιωθεί η κάλυψη της ζήτησης και γενικότερα θα βελτιωθεί η διαδικασία από πλευράς παραγωγικότητας και αποτελεσμάτων.

1. Ανάλυση ελαιολάδου

1.1 Εισαγωγή

Το ελαιόλαδο είναι το έλαιο που προέρχεται από τους καρπούς της ελιάς. Πρόκειται για μία τροφή η οποία βοηθάει την υγεία του ανθρώπινου οργανισμού. Το ελαιόλαδο παράγεται από την κατεργασία του καρπού της ελιάς, η οποία πραγματοποιείται από σύγχρονα μηχανήματα που υπάρχουν στα ελαιοτριβεία. Το ελαιόλαδο είναι ένα από τα πιο πολύτιμα φυτικά έλαια και η κατανάλωση του έχει διευρυνθεί παγκοσμίως με μοναδικές γεύσεις, πλούσιες σε βιοδραστικές ενώσεις, όπως για παράδειγμα φαινόλες[1].



Τα τελευταία χρόνια, η παραγωγή του ελαιολάδου εκτείνεται σε πολλές χώρες της Ευρώπης και κυρίως της Μεσογείου. Πιο συγκεκριμένα, η μεγαλύτερη παραγωγή εντοπίζεται στην Ισπανία, Ιταλία, Ελλάδα, Τουρκία, Τυνησία και Μαρόκο.

1.2 Κατηγορίες ελαιολάδου

Η ποιότητα του ελαιολάδου κατατάσσεται με βάση διάφορα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα, στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά συμπεριλαμβάνονται η οξύτητα, ο αριθμός των υπεροξειδίων, η περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα και η σύσταση σε στερόλες. Στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά συμπεριλαμβάνονται η φρουτώδης γεύση και η απουσία οργανοληπτικών ελαττωμάτων. Η κατηγοριοποίηση του ελαιολάδου γίνεται κατά κύριο λόγο ανάλογα με την οξύτητα του. Τόσο η Ευρωπαϊκή Ένωση όσο και το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου έχουν θεσπίσει την οξύτητα ως βασικό κριτήριο κατηγοριοποίησης του ελαιολάδου[1]–[4].



Εικόνα 1: Κατηγοριοποίηση του ελαιολάδου[4]

Το ελαιόλαδο κατατάσσεται σε οκτώ διαφορετικές κατηγορίες ελαιολάδου και πυρηνέλαιων (Εικόνα 1):

1. Το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο
Πρόκειται για την κατηγορία με την υψηλότερη ποιότητα. Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται ελαιόλαδα τα οποία είναι φρουτώδη και το επίπεδο της οξύτητας δεν υπερβαίνει το 0,8%.
2. Το παρθένο ελαιόλαδο
Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται ελαιόλαδα τα οποία έχουν ορισμένα οργανοληπτικά ελαττώματα, όχι όμως σε υψηλό επίπεδο. Η οξύτητα τους κυμαίνεται από 0,8% μέχρι το 2,0%.
3. Το παρθένο μειονεκτικό ελαιόλαδο (λαμπάντε)
Το παρθένο μειονεκτικό ελαιόλαδο ή διαφορετικά λαμπάντε πρόκειται για ένα είδος ελαιολάδου του οποίου το επίπεδο οξύτητας είναι πάνω από το 2%. Γενικότερα, αυτό το είδος ελαιολάδου δεν διατίθεται στην αγορά λιανικής πώλησης. Προορίζεται κυρίως για βιομηχανική χρήση.
4. Το εξευγενισμένο ελαιόλαδο
Το εξευγενισμένο ελαιόλαδο προκύπτει από τον εξευγενισμό των ελαττωματικών παρθένων ελαιολάδων, ενώ η οξύτητα του δεν είναι μεγαλύτερη του 0,3%. Αξίζει να σημειωθεί ότι η διάθεση του στην αγορά δεν προορίζεται για λιανική πώληση.
5. Το ελαιόλαδο αποτελούμενο από εξευγενισμένα και παρθένα ελαιόλαδα

Πρόκειται για το εξευγενισμένο ελαιόλαδο το οποίο αναμειγνύεται με εξαιρετικό ή και μη παρθένο ελαιόλαδο. Η οξύτητα του δεν υπερβαίνει το 1%.

6. Το ακατέργαστο πυρηνέλαιο

Οι ελαιοπυρήνες είναι ο πολτός ο οποίος έχει απομείνει μετά την εξαγωγή του ελαίου από τις ελιές. Το έλαιο που παράγεται ονομάζεται ακατέργαστο πυρηνέλαιο.

7. Το εξευγενισμένο πυρηνέλαιο

Το εξευγενισμένο πυρηνέλαιο πρόκειται για το ακατέργαστο πυρηνέλαιο το οποίο υποβάλλεται σε εξευγενισμό και αναμειγνύεται με παρθένα ελαιόλαδα. Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται το εξευγενισμένο πυρηνέλαιο, το οποίο έχει βαθμό οξύτητας έως 1%.

8. Το πυρηνέλαιο

Το πυρηνέλαιο προκύπτει από την ανάμειξη εξευγενισμένου πυρηνελαίου και παρθένων ελαιολάδων, εκτός από το ελαιόλαδο λαμπάντε. Όσο αφορά την οξύτητα του, αυτή δεν υπερβαίνει το 1% ανά 100 γραμμάρια.

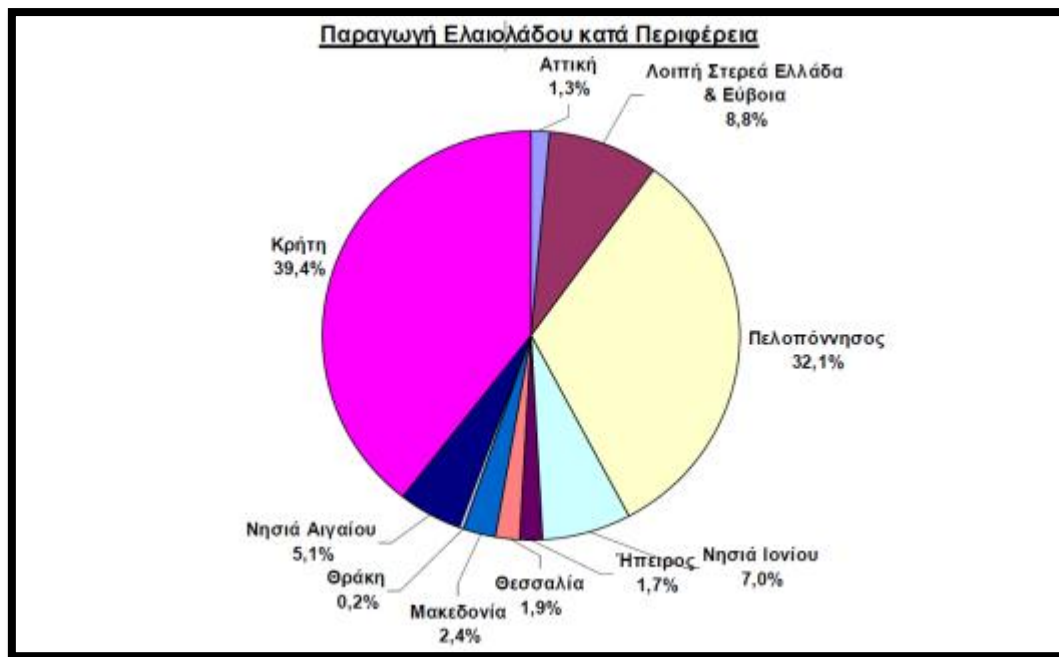
1.3 Το ελαιόλαδο στην Ελλάδα

Σύμφωνα με έρευνες, στην Ελλάδα καλλιεργούνται πάνω από 132 εκατομμύρια ελαιόδεντρα, από τα οποία σε περιόδους κανονικών συνθηκών, παράγονται 300.000 τόνοι ελαιολάδου ετησίως, από τους οποίους το 82% πρόκειται για εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο. Η Ελλάδα αποτελεί την τρίτη δύναμη στην παραγωγή ελαιολάδου παγκοσμίως, μετά από την Ισπανία και την Ιταλία, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 2[1], [5].

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ (σε τόνους)						
	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2021/2022
Ισπανία	1.286.600	1.260.100	1.789.900	1.125.277	1.389.000	1.300.000
Ιταλία	182.300	428.900	173.600	366.500	273.500	315.000
Ελλάδα	195.000	346.000	185.000	275.000	275.000	225.000
Πορτογαλία	69.421	134.772	100.316	140.500	100.000	120.000
Κύπρος	5.790	4.922	4.739	4.876	6.142	
Γαλλία	3.293	6.240	5.800	3.375	4.547	4.605
Κροατία	3.454	3.879	3.365	4.094	3.706	3.044
Σλοβενία	350	350	900	300	900	280

Εικόνα 2: Η ευρωπαϊκή παραγωγή ελαιολάδου των τελευταίων ετών[5]

Στην Ελλάδα, η Πελοπόννησος, η Κρήτη, τα νησιά του Αιγαίου και του Ιονίου αποτελούν τις πιο σημαντικές ελαιοπαραγωγικές περιοχές, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 3[1].



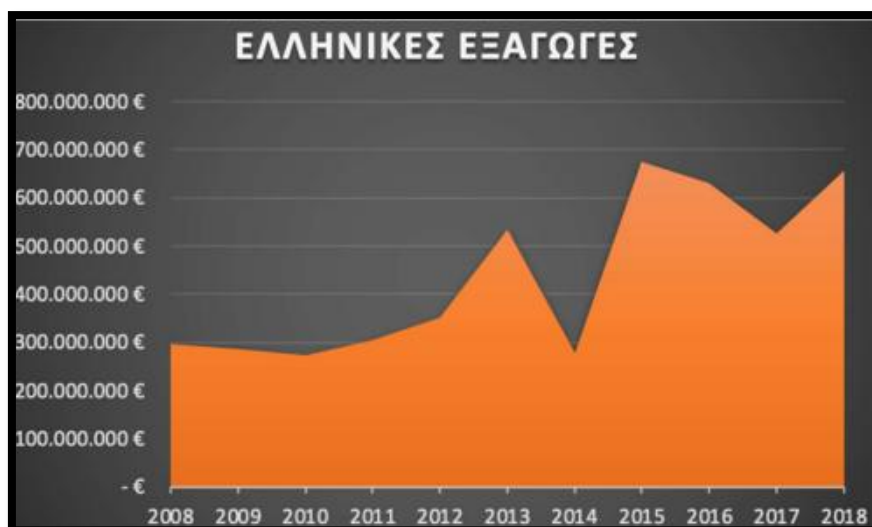
Εικόνα 3: Η παραγωγή ελαιολάδου ανά περιοχή στην Ελλάδα[1]

1.4 Αναλύση του ελληνικού ελαιολάδου στην παγκόσμια αγορά

1.4.1 Εξαγωγές

Η Ελλάδα είναι μία χώρα της οποίας το ελαιόλαδο ως προϊόν αποτελεί ουσιαστικά ένα από τα κύρια προϊόντα εξαγωγής που αφορούν τον πρωτογενή τομέα. Το ελληνικό ελαιόλαδο πωλείται σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθώς και σε τρίτες χώρες. Γενικότερα, το ελληνικό ελαιόλαδο πωλείται και ως τυποποιημένο και ως μη τυποποιημένο. Περίπου το 75% της ετήσιας παραγωγής ελαιολάδου πωλείται ως μη τυποποιημένο (χύμα) και το 25% ως τυποποιημένο. Γενικότερα, η έννοια της τυποποίησης συνδέεται με την έννοια της πιστοποίησης, της επεξεργασίας και του ποιοτικού ελέγχου.

Τα τελευταία έτη, οι εξαγωγές ελαιόλαδου αποτελούν μία ανάσα για τον ελαιοκομικό τομέα της Ελλάδος με αποτέλεσμα να αντισταθμίζει την πτώση και την μείωση των πωλήσεων στο εσωτερικό. Γενικότερα, οι εξαγωγές συμβάλλουν στην αύξηση του κύκλου εργασιών των εταιρειών ελαιολάδου καθώς και στην αύξηση των θέσεων εργασίας στον ελαιοκομικό τομέα[6], [7].



Εικόνα 4: Ελληνικές εξαγωγές περιόδου 2008-2018[6]

Στο παραπάνω διάγραμμα (Εικόνα 4) παρουσιάζονται οι ελληνικές εξαγωγές από το έτος 2008 μέχρι το 2018. Τη συγκεκριμένη περίοδο, το ελληνικό κράτος προσπαθούσε να αντιμετωπίσει την παγκόσμια οικονομική κρίση και να διαχειριστεί το οικονομικό χρέος του, με αποτέλεσμα οι επικρατούσες οικονομικές συνθήκες να επηρεάσουν αρνητικά τις εξαγωγές.

Οι εξαγωγές ελαιολάδου την περίοδο του 2008-2012 κυμάνθηκαν σε σχετικά σταθερά επίπεδα, με μία μικρή αύξηση το 2012. Το 2013 αποτέλεσαι μία καλή χρονιά για τις εξαγωγές του ελαιολάδου, σε αντίθεση με το 2014 που υπήρξε μια μεγάλη μείωση σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Η μείωση των εξαγωγών οφειλόταν κυρίως στην μειωμένη παραγωγή. Το 2015 αποτέλεσαι μία καλή χρονιά για τις ελληνικές εξαγωγές ελαιολάδου. Έκτοτε, τα επίπεδα των εξαγωγών παρέμειναν υψηλά με εξαίρεση μία μικρή πτώση το 2017.

1.4.2 Εισαγωγές

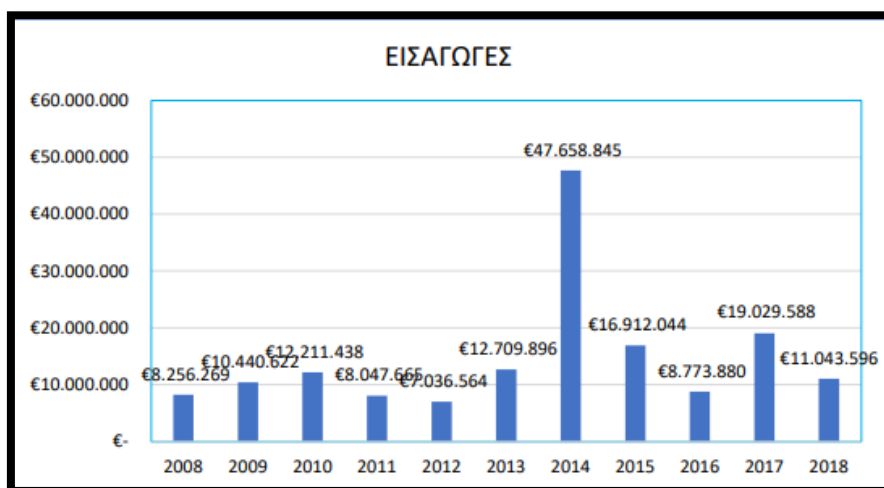
Γενικότερα, συνήθως όλες οι χώρες εισάγουν και εξάγουν προϊόντα. Από την μία πλευρά, το ελληνικό ελαιόλαδο αποτελεί ένα προϊόν το οποίο κατά κύριο λόγο το εξάγει η Ελλάδα, από την άλλη όμως η Ελλάδα παράλληλα εισάγει από άλλες χώρες ελαιόλαδο[6].

Στην Εικόνα 5 απεικονίζεται ο πίνακας των εισαγωγών ελαιολάδου στην Ελλάδα σε χρηματική αξία για την περίοδο 2008-2018.

ΕΤΟΣ	ΕΙΣΑΓΩΓΕΣ
2008	8.256.269 €
2009	10.440.622 €
2010	12.211.438 €
2011	8.047.665 €
2012	7.036.564 €
2013	12.709.896 €
2014	47.658.845 €
2015	16.912.044 €
2016	8.773.880 €
2017	19.029.588 €
2018	11.043.596 €

Εικόνα 5: Εισαγωγές ελαιολάδου στην Ελλάδα για την περίοδο 2008-2018[6]

Επιπλέον, από το παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 6) γίνεται αντιληπτή η πορεία των εισαγωγών ελαιολάδου στην Ελλάδα. Διαπιστώνεται ότι από το 2008 μέχρι το 2013 οι εισαγωγές ήταν σε σταθερά επίπεδα. Το 2014 αυξήθηκαν ραγδαία και κυρίως σχεδόν τετραπλασιάστηκαν, λόγω της χαμηλής εγχώριας παραγωγής, με την εισαγωγή μεγάλων ποσοτήτων ελαιολάδου. Τα επόμενα έτη οι εισαγωγές μειώθηκαν και υπήρξαν ορισμένες μικρές διακυμάνσεις μέχρι το 2018.



Εικόνα 6: Διάγραμμα εισαγωγών ελαιολάδου στην Ελλάδα[6]

Συγκρίνοντας την **Εικόνα4** και **Εικόνα6**, γίνεται εύκολα κατανοητό ότι οι εξαγωγές ελαιολάδου είναι πολύ μεγαλύτερες συγκριτικά με τις εισαγωγές. Οι εισαγωγές βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα και κυρίως έχουν σκοπό να καλύψουν τις έκτακτες ανάγκες της αγοράς και πιο συγκεκριμένα τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω της τουριστικής περιόδου.

1.5 Προοπτικές στην παγκόσμια αγορά

Σύμφωνα με το παγκόσμιο συμβούλιο ελαιολάδου, η ζήτηση του ελαιολάδου έχει αυξηθεί ραγδαία. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά την Ευρωπαϊκή Ένωση η κατανάλωση του ελαιολάδου από 319.000 τόνους αυξήθηκε σε 588.500 τόνους. Έχουν συντελέσει πολλοί παράγοντες στην ραγδαία αυτή αύξηση. Ένας παράγοντας είναι οι πολλαπλές χρήσεις που μπορεί να έχει το ελαιόλαδο. Το ελαιόλαδο χρησιμοποιείται σε τρόφιμα, ποτά, προϊόντα προσωπικής φροντίδας καθώς και σε φαρμακευτικά προϊόντα. Επιπλέον, ένας λόγος που έχει συμβάλει στην αύξηση της ζήτησης του ελαιολάδου είναι η δημοτικότητα της μεσογειακής διατροφής στην οποία το ελαιόλαδο αποτελεί βασικό στοιχείο. Όλο και περισσότερα άτομα παγκοσμίως ακολουθούν τα πρότυπα της μεσογειακής διατροφής προκειμένου να αντιμετωπίσουν τα πρόβληματα των καρδιαγγειακών παθήσεων, να αποφύγουν τα ακόρεστα λίπη σε τρόφιμα και ποτά[6].

Τα τελευταία χρόνια, η χρήση του ελαιολάδου έχει συνδεθεί και με την προσωπική φροντίδα. Το ελαιόλαδο αποτελεί ένα φυτικό έλαιο το οποίο έχει ευεργετικές ιδιότητες τόσο για το δέρμα όσο και για τα μαλλιά λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας του σε βιταμίνες και μέταλλα. Επομένως, η αύξηση της κατανάλωσης του ελαιολάδου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των μονάδων εμφιάλωσης ελαιολάδου.

2. Τυποποίηση ελαιολάδου

2.1 Ορισμός της τυποποίησης του ελαιολάδου

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μεγάλη αύξηση της κατανάλωσης του ελαιολάδου, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έχει αναπτυχθεί ο τομέας της τυποποίησης-εμφυάλωσης ελαιολάδου.

Η τυποποίηση πρόκειται για μία διαδικασία στην οποία καθιερώνονται οι προδιαγραφές και θεσπίζονται κάποιοι κανονισμοί, οι οποίοι συμβάλουν στην θέσπιση των απαραίτητων κανόνων που αφορούν την παραγωγή, τη σύνθεση και τις ιδιότητες που πρέπει να έχει το προϊόν. Μέσω της τυποποίησης, διασφαλίζεται η ποιότητα του ελαιολάδου. Πιο συγκεκριμένα, η ποιότητα και η γνησιότητα του ελαιολάδου μπορεί να εξασφαλιστεί μέσω της εμφιάλωσης, εφόσον πραγματοποιηθούν πάντοτε οι σύνθετες διαδικασίες που ορίζονται από τα αντίστοιχα θεσμικά πλαίσια[9].

Γενικότερα, ο βασικός σκοπός της τυποποίησης του ελαιολάδου είναι η διασφάλιση της ποιότητας του προϊόντος που αγοράζει το καταναλωτικό κοινό και την αποφυγή οικονομικών προβλημάτων που προκύπτουν από την πώληση μη-τυποποιημένου ελαιολάδου. Το καταναλωτικό κοινό, μέσω της τυποποίησης του ελαιολάδου εξασφαλίζει ορισμένα οφέλη που σχετίζονται με την γνησιότητα του προϊόντος[8]. Πιο συγκεκριμένα,

- Η λειτουργία του ελαιολάδου (ο χώρος που παράγεται το ελαιόλαδο) πραγματοποιείται σύμφωνα με τους Διεθνείς Κανονισμούς Υγιεινής.
- Η μεταφορά και η τυποποίηση εκτελούνται κάτω από αυστηρά πρότυπα και κανόνες προκειμένου να διασφαλιστεί η ποιότητα του προϊόντος.
- Η ετικέτα του τυποποιημένου ελαιολάδου παρουσιάζει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες του προϊόντος.
- Η πιθανότητα νοθείας μειώνεται αισθητά κατά το πέρασμα του χρόνου.

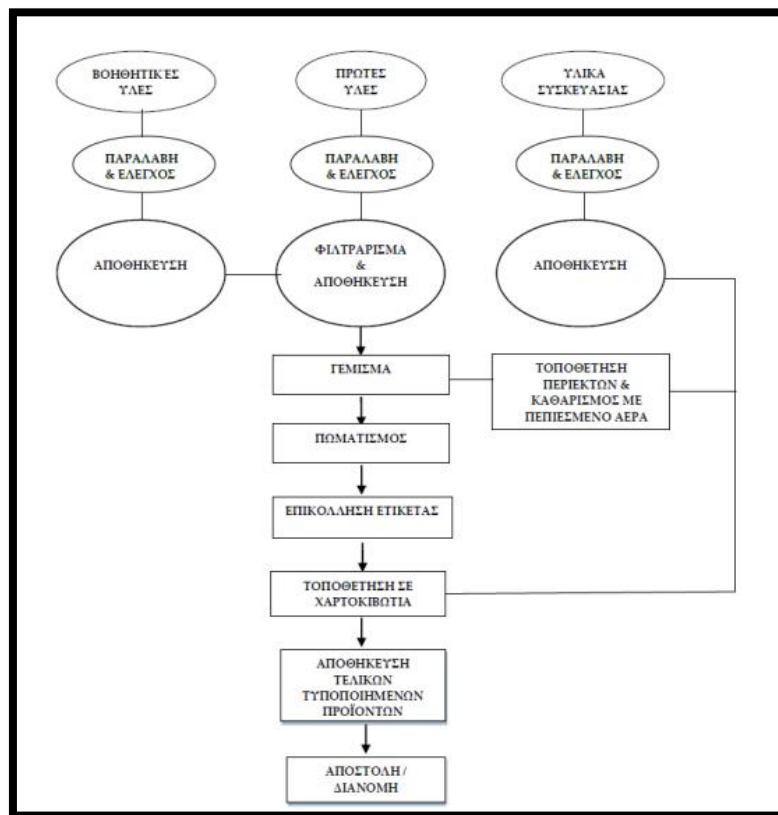
2.2 Διαδικασία της τυποποίησης

Τα τελευταία χρόνια, η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει βοηθήσει σε αρκετά μεγάλο βαθμό τη διαδικασία της τυποποίησης. Οι τεχνολογικές καινοτομίες που επιλέγει μία μονάδα τυποποίησης ελαιολάδου παίζουν καθοριστικό ρόλο τόσο στην λειτουργία όσο και στην οργάνωση της. Μία μονάδα, έχοντας πρωταρχικά διασφαλίσει την ασφάλεια των εργαζομένων της και σε συνδυασμό με την έγκυρη οργάνωση της επιχείρησης, μπορεί εύκολα να πετύχει τους στόχους της τόσο στον οικονομικό τομέα όσο και στο κομμάτι της παραγωγής. Η σωστή οργάνωση και η κατάλληλη υιοθετούμενη τεχνολογία βοηθάει την εξέλιξη του προϊόντος μέσω της διασφάλισης της ποιότητας και της αύξησης της παραγωγής[1].

Απαραίτητη προϋπόθεση της επιτυχίας στη λειτουργία της μονάδας τυποποίησης αποτελεί η έγκαιρη και η σωστή ροή των πρακτικών τυποποίησης. Πιο συγκεκριμένα, θα πρέπει να εκτελείται ένα συγκεκριμένο σχέδιο ροής της τυποποίησης του ελαιολάδου, έτσι ώστε οι βέλτιστες πρακτικές τυποποίησης να φέρουν αποτελέσματα στην παραγωγή, τόσο σε ποιότητα προϊόντος όσο και σε ποσότητα.

Στην Εικόνα 7, παρουσιάζεται ένα διάγραμμα ροής της διαδικασίας τυποποίησης ελαιολάδου και ειδικότερα γίνεται μία σχηματική απεικόνιση των φάσεων παραγωγής. Η διαδικασία της τυποποίησης χωρίζεται σε τμήματα, τα οποία είναι τα εξής[1], [9]:

- Τμήμα αποθήκευσης
- Τμήμα εμφιάλωσης
- Τμήμα συσκευασίας και φόρτωσης



Εικόνα 7: Διάγραμμα ροής τυποποίησης ελαιολάδου[1]

2.2.1 Τμήμα αποθήκευσης

Στο τμήμα αυτό, το χύμα ελαιόλαδο παραλαμβάνεται, ελέγχεται και στην συνέχεια αποθηκεύεται σε δεξαμενές ανάλογα με την ποιότητα του και το είδος του. Πρωτού πραγματοποιηθεί η αποθήκευση του ελαιολάδου στις δεξαμενές, θα πρέπει να περάσει από ένα μηχάνημα φιλτραρίσματος (φίλτρο πλακών) έτσι ώστε να απομακρυνθούν όλες εκείνες οι ουσίες (μούργα) που δεν κατάφεραν να απομακρυνθούν κατά το περασμά τους από τους διαχωριστήρες στα ελαιουργεία. Με τη χρησιμοποίηση του φίλτρου πλακών διασφαλίζεται η ποιότητα του ελαιολάδου (βλέπε **Εικόνα 8**) [1].

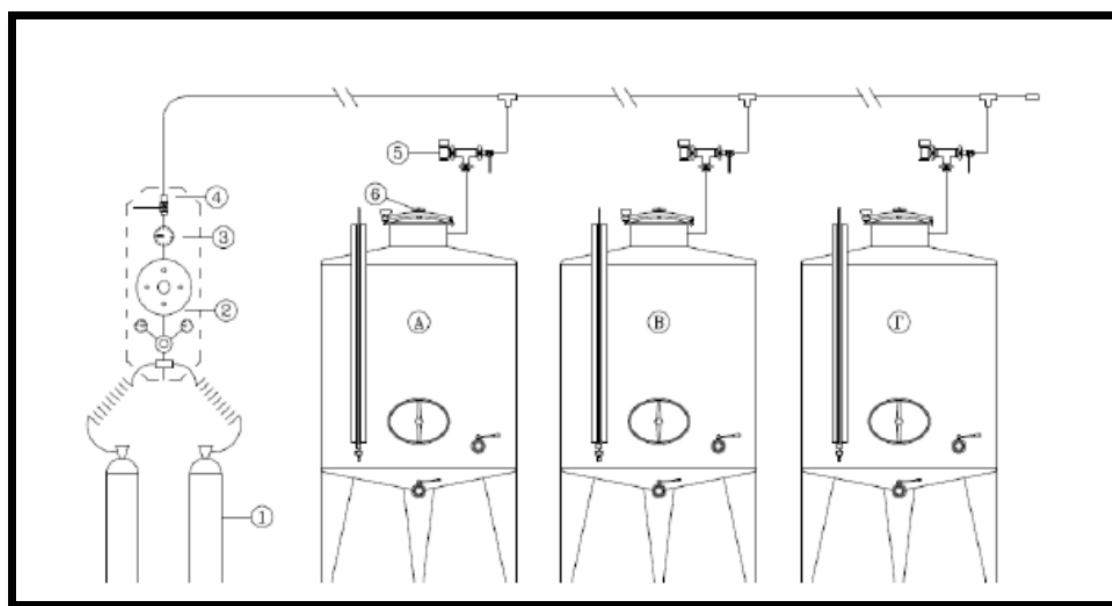


Εικόνα 8: Φίλτρο πλακών[1]

Επίσης, προκειμένου να διατηρηθεί η ποιότητα του ελαιόλαδου, οι δεξαμενές θα πρέπει να διαθέτουν σύστημα αζώτου και να βρίσκονται εντός ψυκτικού θαλάμου στον οποίο η θερμοκρασία θα παραμένει σταθερά στους 13 βαθμούς Κελσίου[1].

Στην Εικόνα 9, γίνεται η απεικόνιση του συστήματος διανομής αζώτου στις δεξαμενές και των αντίστοιχων τμημάτων του συστήματος. Το σύστημα αζώτου αποτελείται από τα εξής:

1. Φιάλες αζώτου
2. Διανομέα αζώτου με μανόμετρα
3. Μανόμετρο
4. Βάνα δικτύου
5. Σύστημα αζώτου για κάθε δεξαμενή



Εικόνα 9: Απεικόνιση της λειτουργίας του συστήματος αζώτου στις δεξαμενές αποθήκευσης[1]

Γέμισμα δεξαμενής

Ανοίγοντας την βάνα του δικτύου (4) και τη βάνα (5) της αντίστοιχης δεξαμενής, το άζωτο μέσω των σωληνώσεων εισέρχεται στο κενό χώρο της δεξαμενής. Μόλις η πίεση υπερβεί τα 30 millibar, η βαλβίδα αζώτου ανοίγει αυτόματα και ακούγεται ο χαρακτηριστικός ήχος. Κατά την πλήρωση της δεξαμενής λόγω του ότι η ταχύτητα εισόδου του προϊόντος μέσα στην δεξαμενή είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από τη δυνατότητα εκτονώσης που έχει η βαλβίδα αζώτου θα πρέπει να παραμένει λίγο ανοιχτή η θυρίδα οροφής της δεξαμενής, διότι σε διαφορετική περίπτωση ενδέχεται να αυξηθεί η πίεση και να καταστραφεί η δεξαμενή.

Άδειασμα δεξαμενής

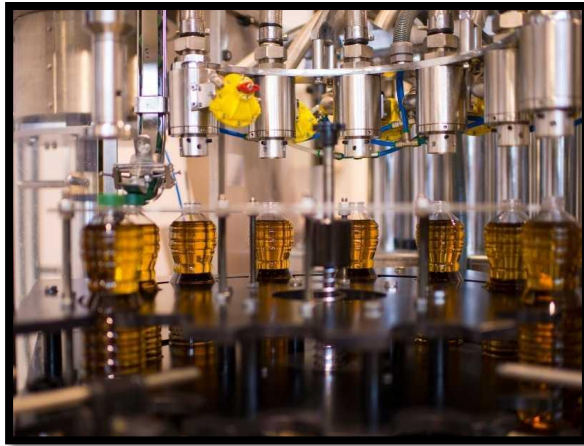
Κατά το άδειασμα της δεξαμενής, η βαλβίδα αζώτου μπορεί να ανακουφίσει το κενό που δημιουργεί η αντλία μέχρι και δυναμικότητας 20000 L/h. Για να μην εισέλθει αέρας, θα πρέπει η ανακούφιση να πραγματοποιείται από το δίκτυο του αζώτου και με την προϋπόθεση ότι η οι βάνες εισόδου του αζώτου είναι τουλάχιστον 1 ίντσα.

2.2.2 Τμήμα εμφιάλωσης

Το επόμενο στάδιο της διαδικασίας της τυποποίησης είναι η εμφιάλωση. Το αποθηκευμένο ελαιόλαδο εξέρχεται από τις δεξαμενές και μέσω σωληνώσεων οδηγείται στη μηχανή γεμίσματος. Η συγκεκριμένη μηχανή αποτελείται από τη φυσητική κεφαλή, τη γεμιστική κεφαλή ελαφράς πίεσεως και την κεφαλή πωματισμού[1], [9].



Εικόνα 10: Μηχανή εμφιάλωσης[1]



Εικόνα 11: Στιγμιότυπο κατά τη διαδικασία της εμφιάλωσης[8]

Στην συνέχεια, μόλις πραγματοποιηθεί η πλήρωση των μπουκαλιών με ελαιόλαδο, οδηγούνται μέσω ταινιόδρομων στην μηχανή στην οποία επικολλούνται οι ετικέτες στα μπουκάλια και στη συνέχεια πραγματοποιείται ο πωματισμός των μπουκαλιών[1], [9].



Εικόνα 12: Ταινιόδιαδρομος[1]



Εικόνα 13: Μηχανή επικόλλησης ετικετών[1]



Εικόνα 14: Στιγμιότυπο κατά τη διαδικασία της μεταφοράς των μποκαλιών[8]

2.2.3 Τμήμα συσκευασίας και φόρτωσης

Το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας της τυποποίησης είναι η παλετοποίηση και η εκφόρτωση. Τα έτοιμα πλέον μπουκάλια κατευθύνονται μέσω ταινιών μεταφοράς στο κλειστικόμηχανημαχαρτοκιβωτίων, όπου στην συνέχεια γίνεται η τοποθέτηση τους εντός χαρτοκιβωτίων[1].



Εικόνα 15: Κλειστικό μηχανήμα χαρτοκιβωτίων[1]

Τα χαρτοκιβώτια, στη συνέχεια τοποθετούνται σε ευρωπαϊλέτα και τυλίγονται με διαφανές φιλμ από το αντίστοιχο μηχανήμα περιτύξης, κυρίως για να αποφευχθεί κάποιο ατύχημα κατά την μεταφορά των προϊόντων. Η τελευταία φάση της τυποποίησης είναι η εκφόρτωση των παλετών, η οποία πραγματοποιείται μέσω κλάρκ[1].



Εικόνα 16: Μηχάνημα περιτυλιξής (αριστερά) και κλάρκ (δεξιά)[1]

3 Μοντελοποίηση και προγραμματισμός παραγωγής μονάδας εμφιάλωσης ελαιολάδου

Λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας καθώς και του συνεχούς αυξανόμενου κόστους παραγωγής, της αβεβαιότητας της αγοράς, των διακυμάνσεων της ζήτησης δημιουργείται η ανάγκη για την ανάπτυξη ενός συστήματος μοντελοποίησης και προγραμματισμού μονάδος εμφιάλωσης ελαιολάδου μέσω του οποίου θα μειωθεί το κόστος παραγωγής, ο χρόνος της τυποποίησης, θα βελτιωθεί η κάλυψη της ζήτησης και γενικότερα θα υπάρξει βελτίωση στη διαδικασία της παραγωγής από πλευράς παραγωγικότητας και αποτελεσμάτων.

Οι συνεχείς αλλαγές στο τομέα της παραγωγής έχουν σαν αποτέλεσμα να δημιουργούν συνεχώς διαφορετικές συνθήκες, τις οποίες οι εταιρείες καλούνται να τις αντιμετωπίσουν αναλόγως, προκειμένου να παραμείνουν ανταγωνιστικές και βιώσιμες. Μία από τις βασικές απαιτήσεις που καλείται να προσαρμόσει μία εταιρεία είναι η ικανότητα της να ανασχεδιάσει τη δομή της παραγωγής της σύμφωνα με τις γρήγορες μεταβολές της παγκόσμιας αγοράς[10].

Για το λόγο αυτόν αναπτύχθηκε μία ερευνητική θεωρία ελέγχου παραγωγής, η Work-in-Process (WIP), βασιζόμενη στη θεωρία της ασαφούς λογικής, προκειμένου να ρυθμίζεται η παραγωγή έτσι ώστε να ικανοποιείται η ζήτηση, να αποφεύγεται η υπερφόρτωση του συστήματος παραγωγής και να διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα τα αποθέματα των προϊόντων στις προσωρινές αποθήκες (τα λεγόμενα buffers). Επομένως, η ρύθμιση και ο έλεγχος των αποθεμάτων αποτελεί σημαντική προϋπόθεση για την σωστή λειτουργία μίας εταιρείας [10], [11].

Οι βασικοί λόγοι που ορίζουν σημαντικό τον έλεγχο των αποθεμάτων είναι οι εξής[10]:

- Αρχικά, τα αποθέματα για όσο χρονικό διάστημα βρίσκονται στις αποθήκες δεν αποφέρουν κέρδος στην επιχείρηση.
- Κατά η διαδικασία της παραγωγής, τα μεγάλα αποθέματα απαιτούν περισσότερο χώρο στις αποθήκες και αυξάνουν το κόστος αποθήκευσης.

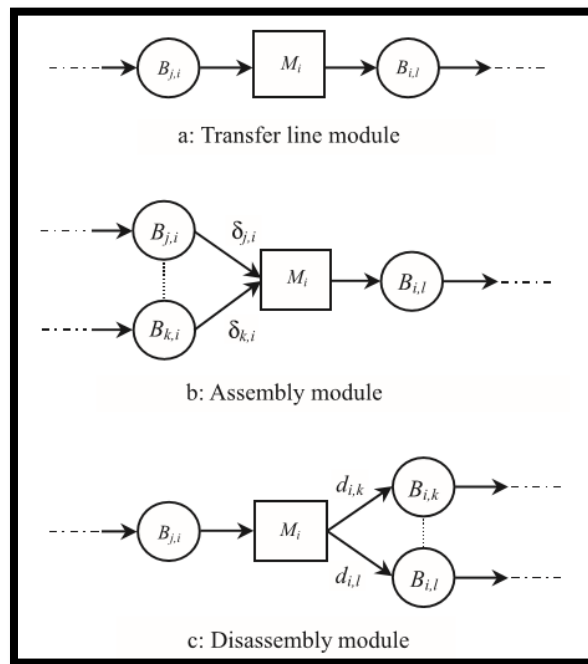
Πολλοί ερευνητές έχουν δώσει έμφαση στο πρόβλημα της διαχείρισης των συστημάτων παραγωγής, εξετάζοντας τις επιπτώσεις των αποθεμάτων στις γραμμές παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα, έχουν αναπτυχθεί αλγόριθμοι ελέγχου μεμονωμένων ή πολλαπλών γραμμών παραγωγής. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα συστήματα ελέγχου που έχουν αναπτυχθεί, λειτουργούν βασιζόμενα σε ορισμένες παραμέτρους, όπως για παράδειγμα βάσει τον αριθμό των σταθμών ή των μηχανών εργασίας, τον ρυθμό επεξεργασίας τους, τη χωρητικότητα των προσωρινών αποθηκών, την πιθανότητα βλάβης κάθε μηχανής καθώς και την πιθανότητα επισκευής κάθε μηχανής [10].

Ένα σύστημα παραγωγής μπορεί να θεωρηθεί ως ένα δίκτυο μηχανών και προσωρινών αποθηκών (buffers). Κάθε προϊόν δέχεται από κάθε μηχανή μία συγκεκριμένη ενέργεια μέχρι να πάρει την τελική του μορφή. Το αντίστοιχο προϊόν περνάει από μία σειρά μηχανών και προσωρινών σημείων αποθήκευσης (buffers).

Σε ένα σύστημα παραγωγής μπορούν να συμβούν διάφορες μεταβολές στη λειτουργία του. Πιο συγκεκριμένα, οι αποθήκες θα μπορεί να είναι γεμάτες ή άδειες και οι μηχανές να είναι λειτουργικές ή υπό επισκευή. Ορισμένα γεγονότα που μπορούν να μεταβάλουν την κατάσταση του συστήματος είναι τα εξής [10]:

- Υπάρχει πιθανότητα μία λειτουργική μηχανή να μην παράγει έργο αν κάποια από τις αποθήκες τροφοδοσίας της είναι άδεια. Σε αυτή την περίπτωση, η μηχανή θα πρέπει να προσαρμόσει ανάλογα το ρυθμό παραγωγής της.
- Αντίστοιχα, υπάρχει πιθανότητα μία λειτουργική μηχανή να μπλοκαριστεί όταν η επόμενη αποθήκη από αυτήν είναι γεμάτη.
- Όταν μία μηχανή χαλάσει, τότε οι προηγούμενες μηχανές παραμένουν σε λειτουργία μέχρι να αδειάσουν οι αντίστοιχες αποθήκες.

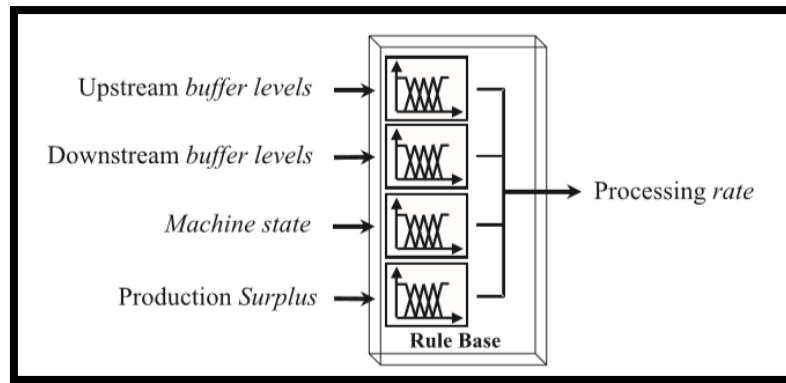
Η συντριπτική πλειοψηφία των συστημάτων παραγωγής μπορεί να διαχωριστεί σε ενότητες ή υποσυστήματα. Υπάρχουν τρεις μονάδες ελέγχου για δίκτυα μεταφοράς, συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης αντίστοιχα. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι αντίστοιχες μονάδες ελέγχου [10]–[12].



Εικόνα 13: α) Δίκτυο μεταφοράς β) Δίκτυο συναρμολόγησης γ) Δίκτυο αποσυναρμολόγησης [10]

Στην Εικόνα 15a παρουσιάζεται μία γραμμή μεταφοράς, η οποία περιλαμβάνει ένα μηχανήμα M_i , το οποίο λαμβάνει ακατέργαστα αντικείμενα από την προηγούμενη αποθήκη τη $B_{j,i}$ και μετά την υλοποίηση της επεξεργασίας τα στέλνει στην επόμενη αποθήκη $B_{i,l}$. Στην Εικόνα 15b παρουσιάζεται η λειτουργία της συναρμολόγησης όπου ένα μηχανήμα M_i αποκτά δύο ή και περισσότερα μέρη συναρμολόγησης (με τους αντίστοιχους παράγοντες συναρμολόγησης $\delta_{j,i}$ και $\delta_{k,i}$) και τα χρησιμοποιεί προκειμένου να δημιουργήσει μία ενιαία μονάδα η οποία θα σταλθεί στην επόμενη αποθήκη $B_{i,l}$. Στην Εικόνα 15c παρουσιάζεται η λειτουργία της αποσυναρμολόγησης όπου ένα μηχανήμα M_i παίρνει ακατέργαστες μεμονωμένες μονάδες από μία αποθήκη $B_{j,i}$ και τις διαχωρίζει σε δύο ή περισσότερα μέρη με τους αντίστοιχους συντελεστές αποσυναρμολόγησης $d_{i,j}$ και τις προωθεί στα επόμενα στάδια της παραγωγής.

Κάθε υποσύστημα του συστήματος παραγωγής μπορεί να παρουσιασθεί ως ένας ελεγκτής ασαφούς λογικής. Το παρακάτω υποσύστημα παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα [10], [11].



Εικόνα 18: Οι εισόδοι και οι εξόδοι του ελεγκτή ασαφούς λογικής[10]

Οι μεταβλητές εισόδου κάθε ελεγκτή είναι οι εξής:

- το επίπεδο πλήρωσης της προσωρινής αποθήκης αντικειμένων που είναι πριν την μηχανή
- το επίπεδο πλήρωσης της προσωρινής αποθήκης αντικειμένων που είναι μετά την μηχανή
- η κατάσταση της μηχανής (αν είναι σε λειτουργία ή υπό επισκευή)
- το επίπεδο του πλεονάσματος της παραγωγής, το οποίο είναι η διαφορά μεταξύ της πραγματικής παραγωγής και της ζήτησης.

Η μεταβλητή εξόδου κάθε ελεγκτής είναι ο ρυθμός επεξεργασίας κάθε μηχανής. Τα επίπεδα πλήρωσης των αποθηκών, το πλεόνασμα της παραγωγής και ο ρυθμός επεξεργασίας κάθε μηχανής είναι λεκτικές μεταβλητές με ορισμένες συναρτήσεις συμμετοχής. Η κατάσταση του μηχανήματος παίρνει διακριτές τιμές. Το 1 όταν είναι σε λειτουργία και το 0 όταν είναι υπό επισκευή.

Ο σκοπός κάθε συστήματος παραγωγής είναι να ικανοποιείται η ζήτηση. Αυτό επιτυγχάνεται με το ρυθμό επεξεργασίας κάθε στιγμή, σύμφωνα με τους ακόλουθους κανόνες:

1. Εάν δεν υπάρχει κάποιο δείγμα ότι κάποια προσωρινή αποθήκη είναι άδεια ή πλήρης, τότε το πλεόνασμα παραγωγής πρέπει να κρατηθεί κοντά στο μηδέν.
2. Εάν πρόκειται να συμβεί κάποιο ανεπιθύμητο συμβάν, όπως να υπάρξει πλήρωση ή άδειαση μίας αποθήκης, τότε πρέπει να γίνει προσπάθεια να αποτραπεί αυτό το γεγονός μέσω της μείωσης ή αύξησης αντίστοιχα του ρυθμού παραγωγής.

Οι ελεγκτές προσπαθούν να διατηρούν τις προσωρινές αποθήκες μακριά από τα επίπεδα της πλήρης πλήρωσης και της έλλειψης, ρυθμίζοντας τους ρυθμούς επεξεργασίας των μηχανημάτων. Όταν μία προσωρινή αποθήκη είναι άδεια, ο ελεγκτής αυξάνει το ρυθμό επεξεργασίας της προηγούμενης μηχανής και μειώνει το ρυθμό της επόμενης μηχανής. Με τον ίδιο τρόπο όταν μία προσωρινή αποθήκη είναι γεμάτη, τότε ο ελεγκτής αυξάνει το ρυθμό επεξεργασίας της επόμενης μηχανής και μειώνει το ρυθμό επεξεργασίας της προηγούμενης μηχανής. Επομένως, οι πληροφορίες που μεταφέρονται στους ελεγκτές συμβάλλουν στη λειτουργία του συστήματος παραγωγής με ικανοποιητικό ρυθμό.

Στους ελεγκτές ασαφούς λογικής, ο τρόπος ελέγχου περιγράφεται μέσω των λεκτικών κανόνων If- Then. Η μορφή των λεκτικών κανόνων είναι η εξής [10]–[12]:

IF $b_{j,i}$ is $LB^{(k)}$ AND $b_{i,l}$ is $LB^{(k)}$ AND ms_i is $LMS_i^{(k)}$ AND x_i is $LX^{(k)}$,
 THEN r_i is $LR_i^{(k)}$,

όπου k είναι ο αριθμός του κανόνα ($k=1,2,3,\dots,n$) , I είναι ο αριθμός της μηχανής ή του σταθμού εργασίας, LB είναι η λεκτική τιμή του αντίστοιχου buffer. Η τιμές που μπορεί να πάρει η τιμή του buffer είναι (Άδειο, Σχεδόν άδειο, OK, Σχεδόν γεμάτο, Γεμάτο). Με ms_i συμβολίζεται η κατάσταση της μηχανής. Το 1 παίρνει αν είναι λειτουργική και 0 αν έχει σταματήσει και βρίσκεται υπό επισκευή. Το LX αντιπροσωπεύει τιμή που παίρνει το πλεόνασμα x , το οποίο παίρνει τις τιμές Αρνητικό, OK και Θετικό. Τέλος με r συμβολίζεται ο ρυθμός παραγωγής, ο οποίος παίρνει τη τιμή LR (Χαμηλός, Κανονικός και Υψηλός).

4 Προσομοίωση συστήματος παραγωγής

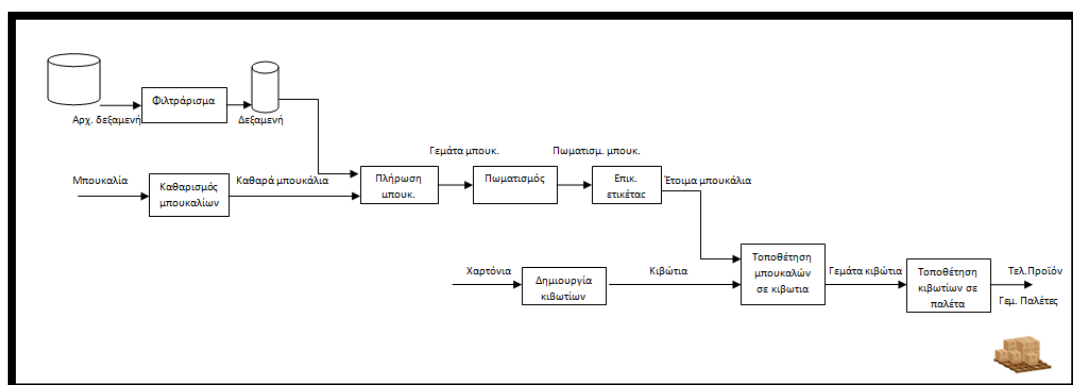
4.1 Εισαγωγή στο Simulink

Πολλοί ερευνητές πιστεύουν ότι σε πολύπλοκα συστήματα παραγωγής, ο έλεγχος και ο προγραμματισμός της παραγωγής, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το κόστος και να ικανοποιηθεί η ζήτηση, δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί αναλυτικά. Επειδή ούτε οι αναλυτικές ούτε οι υπολογιστικές μέθοδοι είναι αποτελεσματικές, για αυτό το λόγο προτείνονται ερευνητικές μέθοδοι, προκειμένου να υπάρξει έλεγχος στη ροή των εργασιών του συστήματος παραγωγής.

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα παρουσιαστεί η θεωρία της ασαφούς λογικής, η οποία θα εφαρμοσθεί σε περιβάλλον προσομοίωσης της MATLAB, γνωστό ως Simulink. Το Simulink αποτελεί ένα περιβάλλον γραφικού προγραμματισμού, βασισμένο στη γλώσσα προγραμματισμού της MATLAB. Προκειμένου να ελεγχθεί μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, αναπτύχθηκε ένα προσομοιωμένο σύστημα παραγωγής στο περιβάλλον της Simulink[12]. Πιο συγκεκριμένα, το Simulink αποτελεί ένα πακέτο λογισμικού για μοντελοποίηση, προσομοίωση και ανάλυση δυναμικών συστημάτων. Υποστηρίζει γραμμικά και μη γραμμικά συστήματα, που έχουν μοντελοποιηθεί σε συνεχή χρόνο, σε χρόνο δειγματοληψίας ή και τα δύο. Αξίζει να σημειωθεί ότι το Simulink χρησιμοποιείται ευρέως στο ακαδημαϊκό χώρο και τη βιομηχανία.

4.2 Παρουσίαση του συστήματος παραγωγής

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η προσομοίωση μίας αρχιτεκτονικής ελέγχου παραγωγής, η οποία εφαρμόζεται στο δίκτυο παραγωγής της μονάδας τυποποίησης ελαιολάδου. Το δίκτυο παραγωγής έχει την ακόλουθη μορφή, όπως παραρροσιάζεται στην **Εικόνα 19**. Στην ακόλουθη εικόνα ουσιαστικά προβάλλεται το διάγραμμα ροής των βασικών εργασιών που πραγματοποιούνται, μέχρι την παραγωγή του τελικού προϊόντος.

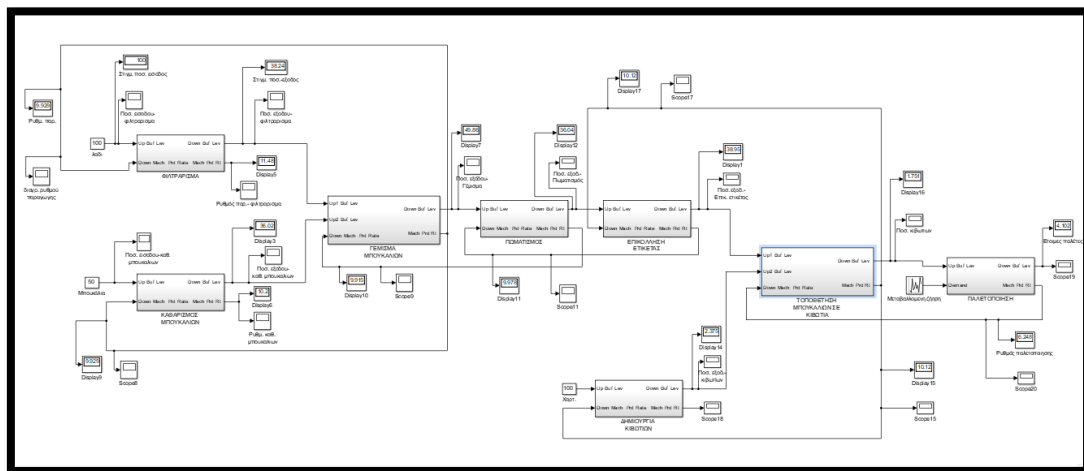


Εικόνα 19: Το διάγραμμα ροής του δικτύου παραγωγής

Η διαδικασία της τυποποίησης ξεκινάει με το φιλτράρισμα του ελαιολάδου και τον καθαρισμό των άδειων μπουκαλιών. Στη συνέχεια ακολουθεί η πλήρωση των μπουκαλιών με ελαιόλαδο, ο πωματισμός, η επικόλλησης της ετικέτας ενώ ταυτόχρονα δημιουργούνται χαρτοκιβώτια από το αντίστοιχο μηχάνημα. Στο τέλος, πραγματοποιείται το γέμισμα των χαρτοκιβωτίων και η τοποθέτηση των κιβωτίων στις παλέτες μεταφοράς.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα μοντέλα της Simulink είναι ιεραρχικά, με αποτέλεσμα να μπορούν γίνουν προσεγγίσεις από πάνω προς τα κάτω και από κάτω προς τα πάνω. Στην **Εικόνα 20** παρουσιάζεται το σύστημα παραγωγής της μονάδας τυποποίησης ελαιολάδου, το οποίο αποτελείται από μικρότερα υποσυστήματα παραγωγής.

Κάθε υποσύστημα περιέχει ένα αριθμό από θύρες εισόδου και θύρες εξόδου, προκειμένου να υπάρξει επικοινωνία του υποσυστήματος με το υψηλότερο επίπεδο. Το συγκεκριμένο σύστημα παραγωγής αποτελείται από οκτώ υποσυστήματα. Κάθε υποσύστημα έχει μια συγκεκριμένη εργασία να πραγματοποιήσει, διότι αποτελεί μία μηχανή στη γραμμή παραγωγής της μονάδας τυποποίησης.



Εικόνα 20: Το δίκτυο παραγωγής στο λογισμικό της Simulink

Το δίκτυο παραγωγής της μονάδας τυποποίησης αποτελείται από τα εξής υποσυστήματα:

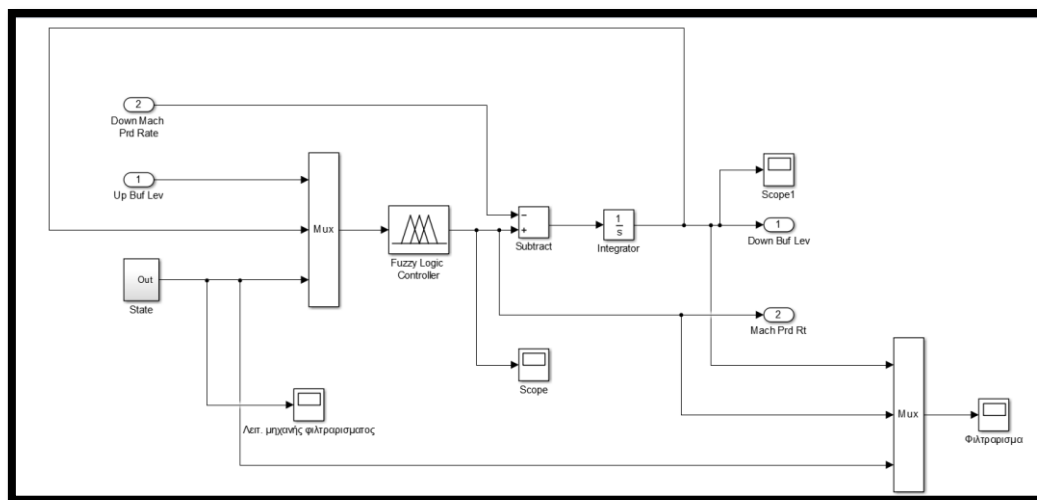
1. Το υποσύστημα, στο οποίο πραγματοποιείται το φιλτράρισμα του ελαιολάδου και πραγματοποιείται η διοχέτευση του ελαιολάδου από μία μεγάλη δεξαμενή σε μία μικρότερη, προκειμένου να πραγματοποιηθεί το επόμενο στάδιο της παραγωγής.
2. Το υποσύστημα, το οποίο αποτελείται από τη μηχανή, η οποία έχει ως βασική λειτουργία τον καθαρισμό των άδειων μπουκαλιών.
3. Το τρίτο στάδιο της παραγωγής αποτελείται από το στάδιο του γεμίσματος των μπουκαλιών με ελαιόλαδο.
4. Στο τέταρτο στάδιο της παραγωγής βρίσκεται το υποσύστημα στο οποίο πραγματοποιείται ο πωματισμός των μπουκαλιών.
5. Το πέμπτο υποσύστημα αφορά την μηχανή επικόλλησης της ετικέτας επάνω στην επιφάνεια των μπουκαλιών.
6. Ταυτόχρονα με το υποσύστημα της επικόλλησης της ετικέτας, λειτουργεί και το μηχάνημα το οποίο κατασκευάζει χαρτοκιβώτια.

7. Βασική λειτουργία του προτελευταίου υποσυστήματος είναι η τοποθέτηση των μπουκαλιών σε κιβώτια.
8. Το τελευταίο στάδιο του δικτύου παραγωγής είναι η παλετοποίηση. Πιο συγκεκριμένα, τα γεμάτα κιβώτια τοποθετούνται σε παλέτες μεταφοράς.

Σε όλα τα υποσυστήματα του δικτύου παραγωγής υπάρχουν ελεγκτές, βασισμένοι στη θεωρία της ασαφούς λογικής, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η προσωμοίωση της διαδικασίας της παραγωγής καθώς και να ελεγχθεί η προτεινόμενη μεθοδολογία μοντελοποίησης.

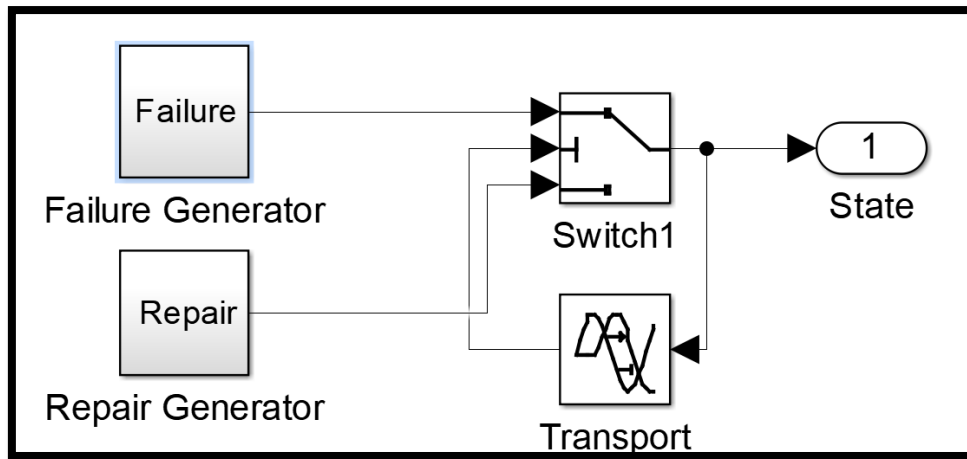
4.2.1 Το υποσύστημα μηχανής φιλτραρίσματος ελαιολάδου

Στην εικόνα που ακολουθεί, παρουσιάζεται το υποσύστημα της μηχανής φιλτραρίσματος ελαιολάδου. Το σύστημα αυτό έχει ως εισόδους την ποσότητα ελαιολάδου που υπάρχει στην αρχική δεξαμενή και το ρυθμό παραγωγής της επόμενης μηχανής (του υποσυστήματος που ακολουθεί) και ως εξόδους την ποσότητα ελαιολάδου που υπάρχει σε μία μικρότερη δεξαμενή και τον ρυθμό παραγωγής της ίδιας της μηχανής φιλτραρίσματος. Η λειτουργία του συστήματος επιτηρείται από έναν ελεγκτή ασαφούς λογικής (FuzzyLogicDesigner).



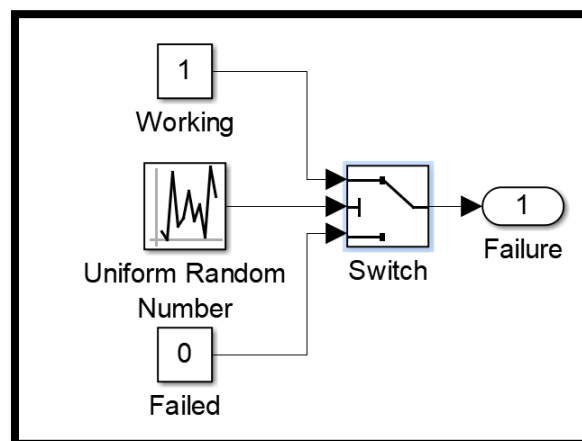
Εικόνα 21: Το σύστημα της μηχανής φιλτραρίσματος

Ο ελεγκτής ασαφούς λογικής (FuzzyLogicDesigner) που διαθέτει το υποσύστημα έχει τρεις εισόδους. Οι δύο πρώτες εισοδοί αφορούν την ποσότητα του προϊόντος πριν και μετά την επεξεργασία και η τρίτη είσοδος προκύπτει ως αποτέλεσμα εξόδου από ένα άλλο υποσύστημα χαμηλότερου επιπέδου. Το υποσύστημα αυτό δίνει ως έξοδο μία μεμονομένη τιμή. Πιο συγκεκριμένα, δίνει την τιμή 1 όταν η μηχανή βρίσκεται σε λειτουργία και το 0 όταν η μηχανή δεν λειτουργεί. Στην **Εικόνα 22** παρουσιάζεται το υποσύστημα της λειτουργίας του μηχανήματος. Να σημειωθεί ότι το υποσύστημα αυτό υπάρχει σε όλα τα συστήματα του αρχικού δικτύου παραγωγής.

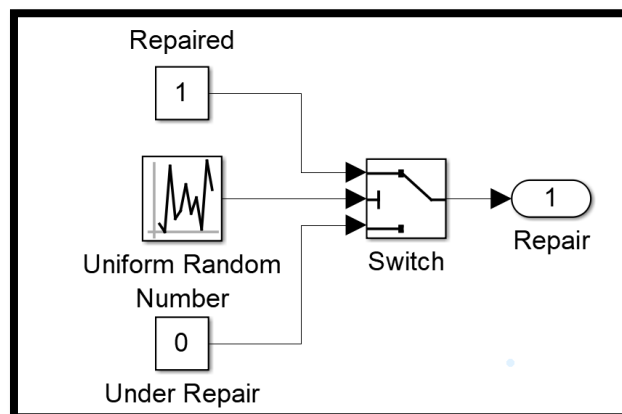


Εικόνα 22: Το υποσύστημα της μηχανής επεξεργασίας

Στο υποσύστημα της μηχανής συμπεριλαμβάνονται δύο κατώτερου επιπέδου υποσυστήματα, τα οποία αντίστοιχα δημιουργούν την πιθανότητα βλάβης και την πιθανότητα επισκευής της μηχανής. Στις ακόλουθες εικόνες παρουσιάζονται τα υποσυστήματα της δημιουργίας πιθανότητας βλάβης και επισκευής.



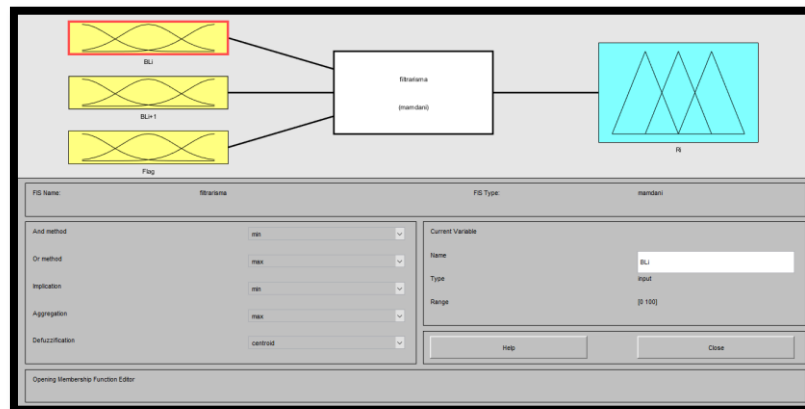
Εικόνα 23: Το υποσύστημα δημιουργίας πιθανότητας βλάβης



Εικόνα 24: Το υποσύστημα δημιουργίας πιθανότητας επισκευής

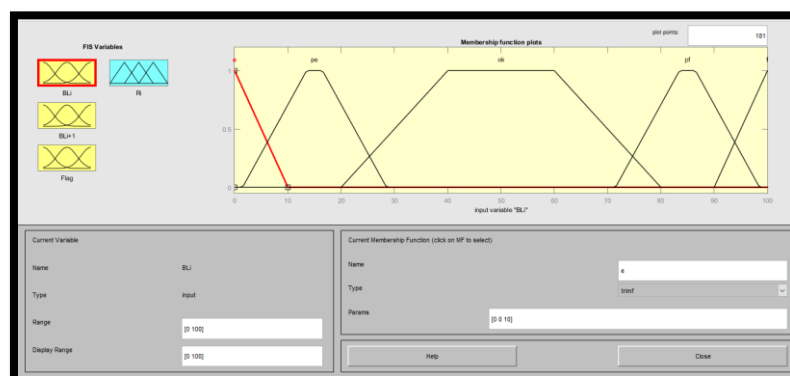
Για να δημιουργηθούν οι πιθανότητες της βλάβης και επισκευής, χρησιμοποιείται ένα μπλοκ (UniformRandomNumber) , το οποίο υπάρχει στην βιβλιοθήκη της Simulink και έχει ως βασική λειτουργία την παραγωγή τυχαίων μεταξυ ενός ανώτερου και ενός κατώτερου ορίου. Επίσης, στο υποσύστημα αυτό χρησιμοποιείται και ένα άλλο μπλοκ, αυτό του διακόπτη (Switch). Στο συγκεκριμένο μπλοκ ορίζεται μία σταθερά. Αν ο αριθμός που δημιουργείται από το μπλοκ UniformRandomNumber είναι μεγαλύτερος από τη σταθερά που έχει οριστεί στο μπλοκ Switch, τότε η τιμή εξόδου είναι το 1. Διαφορετικά, η τιμή εξόδου είναι το μηδέν. Να σημειωθεί ότι ταυποσύστηματα της δημιουργίας πιθανότητας βλάβης και επισκευής αποτελούν τα χαμηλότερου επιπέδου υποσυστήματα σε όλο το δίκτυο παραγωγής. Τα αντίστοιχο υποσύστημα περιλαμβάνονται σε κάθε υποσύστημα μηχανής.

Για να δημιουργηθεί ο ελεγκτής ασαφούς λογικής, χρησιμοποιείται το λογισμικό της MATLAB και πιο συγκεκριμένα η εφαρμογή του FuzzyLogicDesigner που βρίσκεται στη βιβλιοθήκη της MATLAB. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η δομή του ελεγκτή και ειδικότερα οι εισόδους του, η έξοδος του και οι κανόνες ελέγχου που εφαρμόζονται.

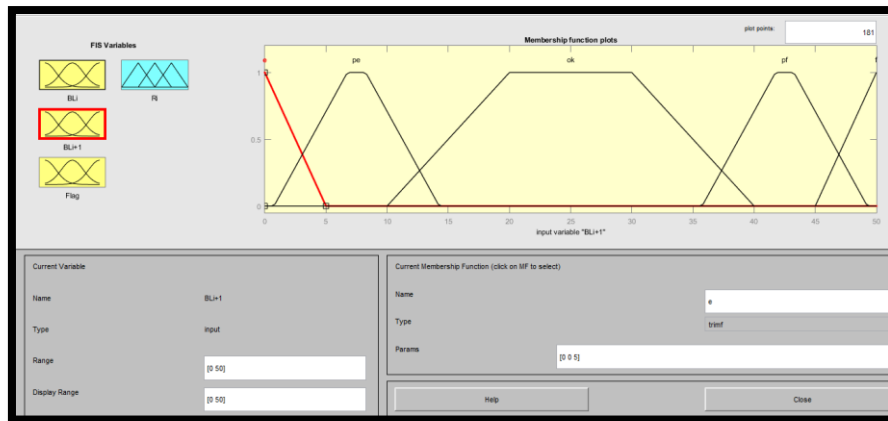


Εικόνα 25: Ο ελεγκτής ασαφούς λογικής του συστήματος

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται το εύρος τιμών της κάθε μεταβλητής εισόδου καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων τους. Στην **Εικόνα 26** παρουσιάζονται το εύρος τιμών και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά για τη ποσότητα ελαιολάδου που υπάρχει στην μεγάλη δεξαμενή. Στην **Εικόνα 27** παρουσιάζονται το εύρος τιμών και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά για τη ποσότητα ελαιολάδου που υπάρχει στην μικρότερη δεξαμενή μετά την αντίστοιχη επεξεργασία.

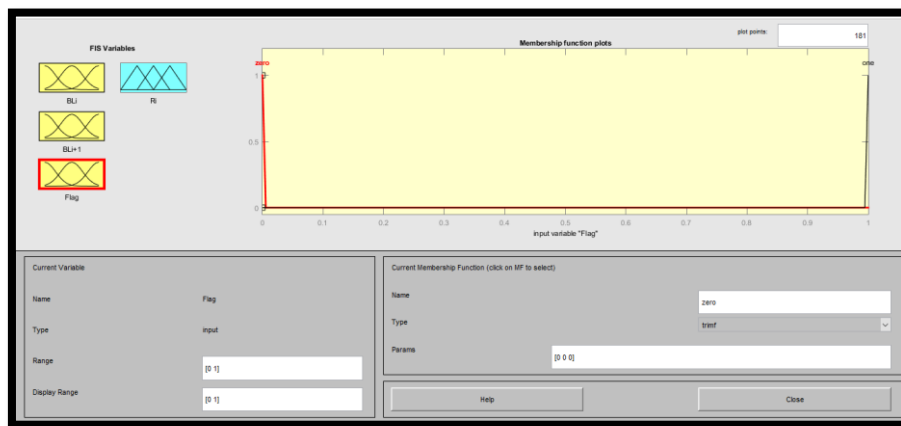


Εικόνα 26: Παρουσίαση της πρώτης μεταβλητής εισόδου



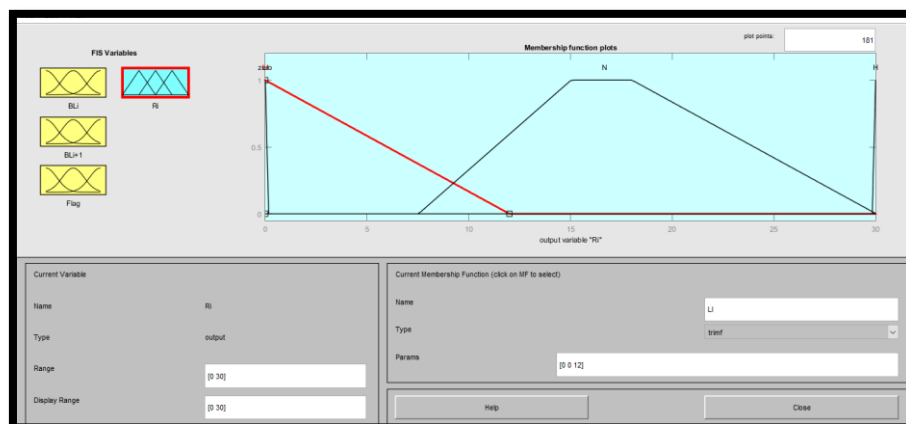
Εικόνα 27: Παρουσίαση της δεύτερης μεταβλητής εισόδου

Στην **Εικόνα 28** γίνεται η παρουσίαση του εύρους τιμών της μεταβλητής που αφορά τη λειτουργία της μηχανής φιλτραρίσματος.



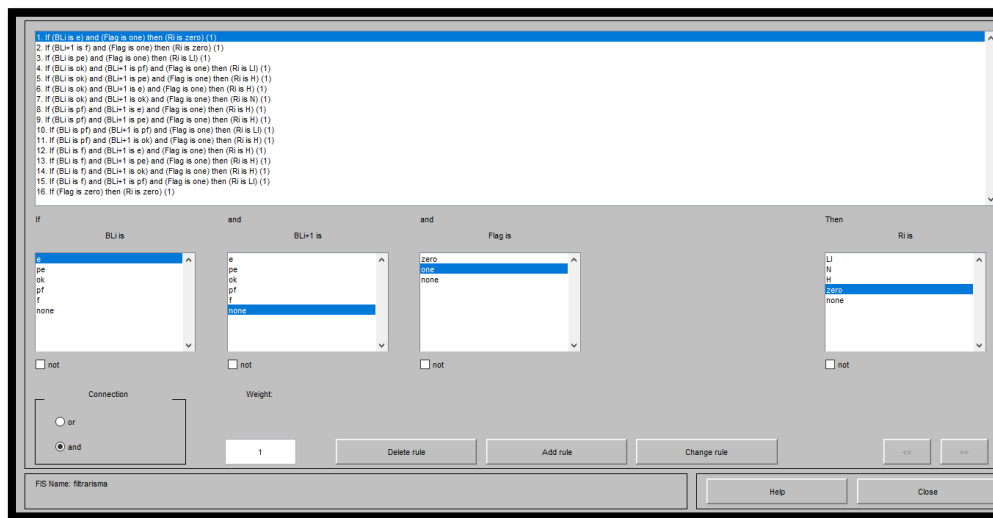
Εικόνα 28: Παρουσίαση της τρίτης μεταβλητής εισόδου

Στην **Εικόνα 29** παρουσιάζονται το εύρος τιμών της μεταβλητής εξόδου καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της. Η μεταβλητή εξόδου αφορά το ρυθμό παραγωγής της μηχανής του αντίστοιχου υποσυστήματος.



Εικόνα 29: Παρουσίαση της μεταβλητής εξόδου

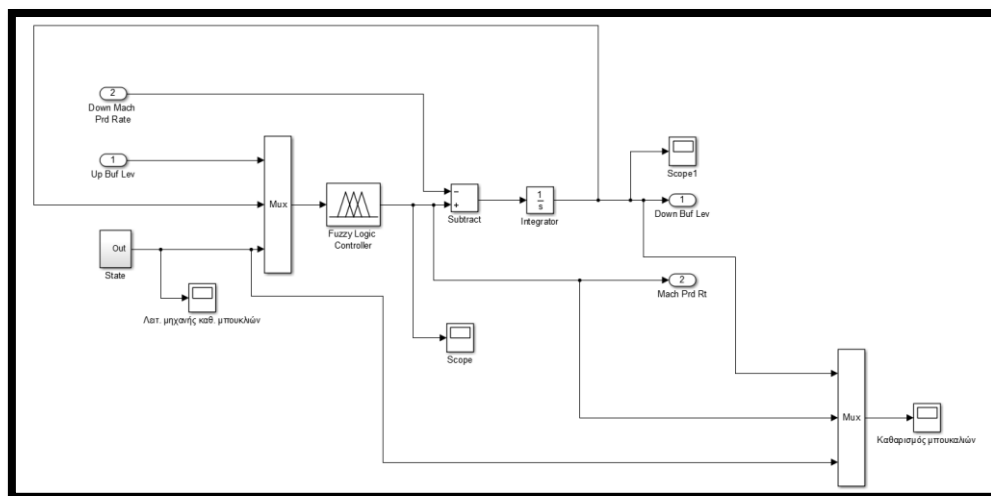
Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι δεκαέξι κανόνες ελέγχου που εφαρμόζονται και ειδικότερα οι ασαφείς κανόνες If και Then. Με βάση αυτούς τους κανόνες καθορίζονται η λειτουργία του συστήματος παραγωγής και ο ρυθμός παραγωγής.



Εικόνα 30: Οι ασαφείς κανόνες του ελεγκτή ασαφούς λογικής

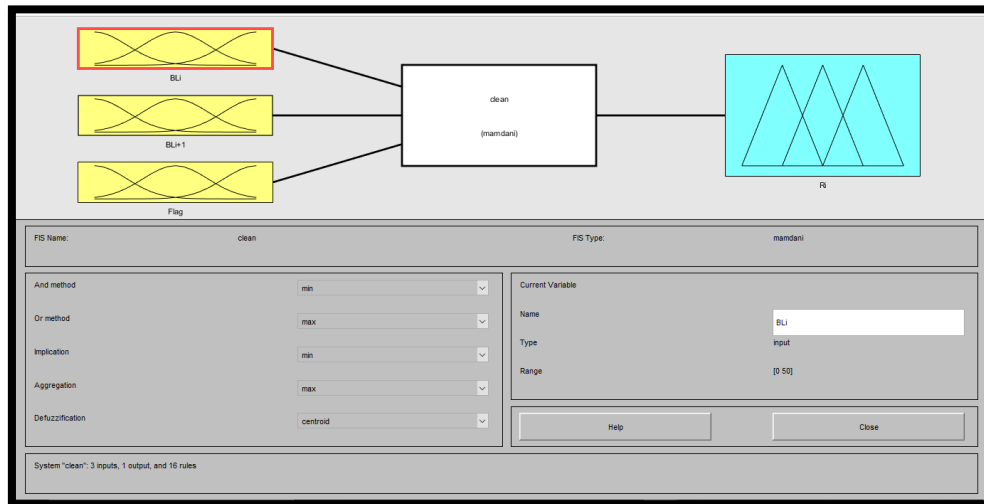
4.2.2 Το υποσύστημα μηχανής καθαρισμού μπουκαλιών

Στην εικόνα που ακολουθεί, παρουσιάζεται το υποσύστημα της μηχανής καθαρισμού μπουκαλιών. Το σύστημα αυτό έχει ως εισόδους την ποσότητα μπουκαλιών που πρόκειται να αναπολυμανθούν και το ρυθμό παραγωγής της επόμενης μηχανής (του υποσυστήματος που ακολουθεί) και ως εξόδους τη ποσότητα μπουκαλιών που έχουν απολυμανθεί και πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στο επόμενο στάδιο της παραγωγής καθώς και τον ρυθμό παραγωγής της μηχανής καθαρισμού μπουκαλιών. Η λειτουργία του συστήματος επιτηρείται από έναν ελεγκτή ασαφούς λογικής (FuzzyLogicDesigner).



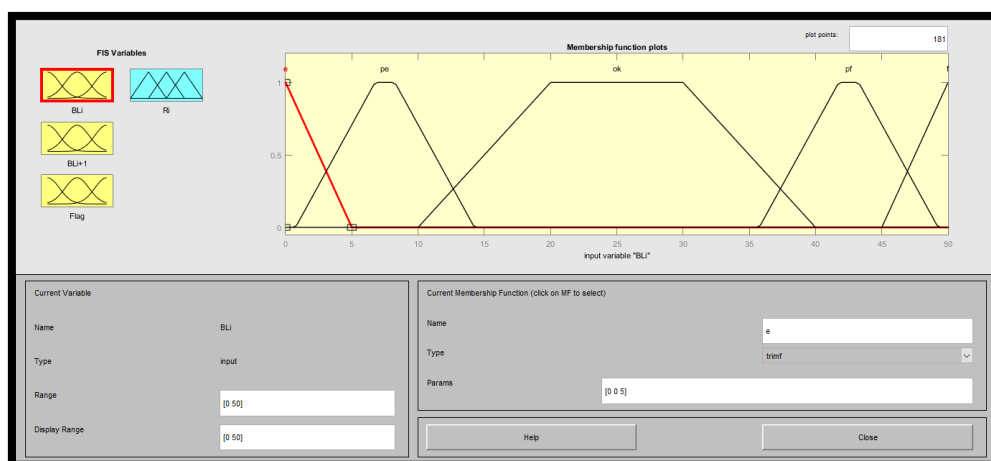
Εικόνα 31: Το σύστημα της μηχανής καθαρισμού μπουκαλιών

Ο ελεγκτής ασαφούς λογικής (FuzzyLogicDesigner) που διαθέτει το υποσύστημα έχει τρεις εισόδους. Οι δύο πρώτες εισόδους αφορούν την ποσότητα των μπουκαλιών πριν και μετά την επεξεργασία και η τρίτη είσοδος αφορά τη λειτουργία της μηχανής και προκύπτει ως αποτέλεσμα εξόδου από ένα άλλο υποσύστημα χαμηλότερου επιπέδου (βλέπε **Εικόνα 22**). Η έξοδος του ελεγκτή αφορά το ρυθμό παραγωγής της μηχανής. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η δομή του ελεγκτή και ειδικότερα οι εισόδους του, η έξοδος του και οι κανόνες ελέγχου που εφαρμόζονται.

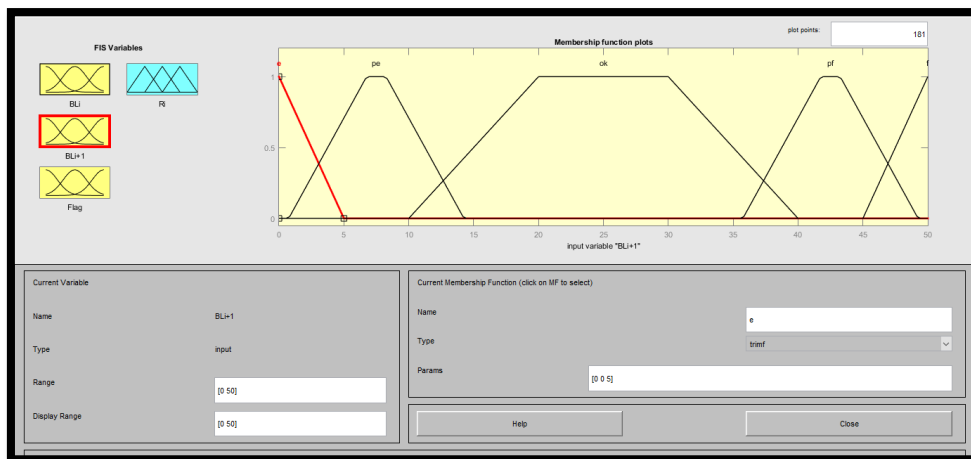


Εικόνα 32: Ο ελεγκτής ασαφούς λογικής του συστήματος

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται το εύρος τιμών της κάθε μεταβλητής εισόδου καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων τους. Στην **Εικόνα 33** παρουσιάζονται το εύρος τιμών και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά την ποσότητα μπουκαλιών που υπάρχουν στην προσωρινή αποθήκη πριν τον καθαρισμό τους. Στην **Εικόνα 34** παρουσιάζονται το εύρος τιμών και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά την ποσότητα μπουκαλιών που έχουν απολυμανθεί και παραμένουν στην προσωρινή αποθήκη καθώς προορίζονται για το επόμενο στάδιο της παραγωγής.

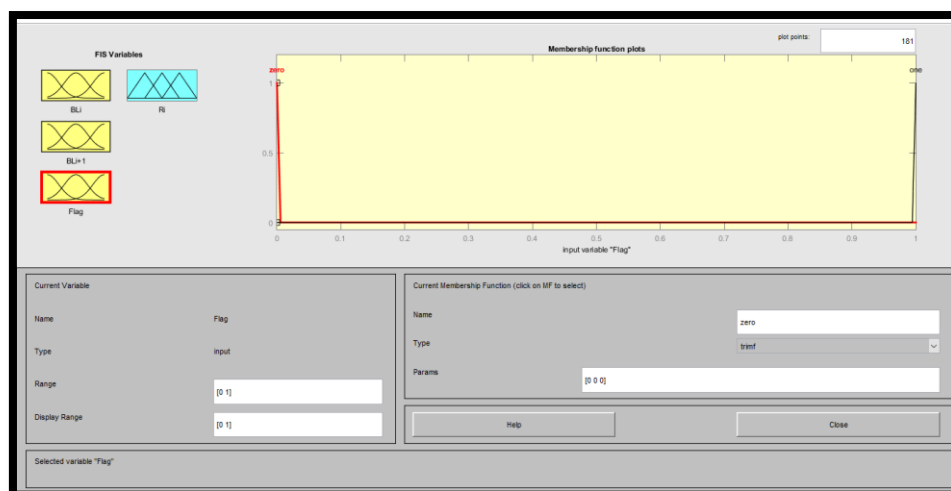


Εικόνα 33: Παρουσίαση της πρώτης μεταβλητής εισόδου



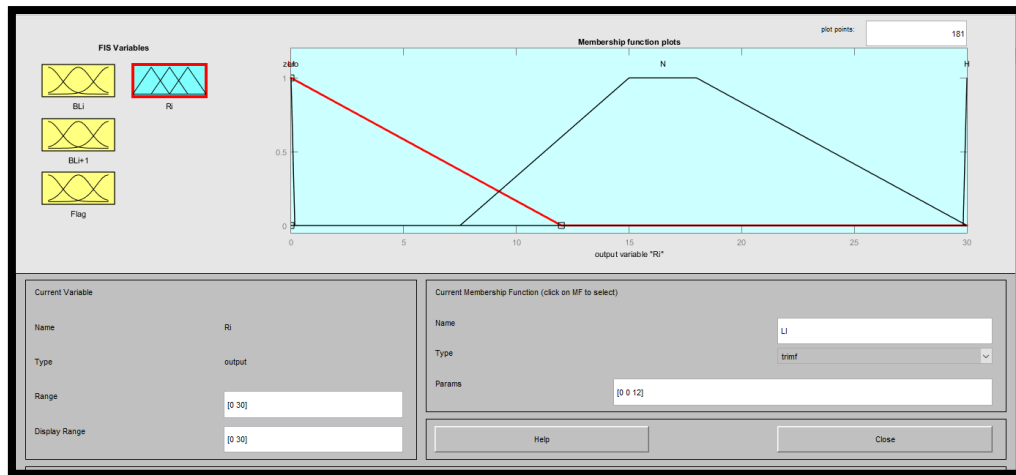
Εικόνα 14: Παρουσίαση της δεύτερης μεταβλητής εισόδου

Στην **Εικόνα 35** γίνεται η παρουσίαση του εύρους τιμών και του διαγράμματος των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά τη λειτουργία της μηχανής καθαρισμού μπουκαλιών.



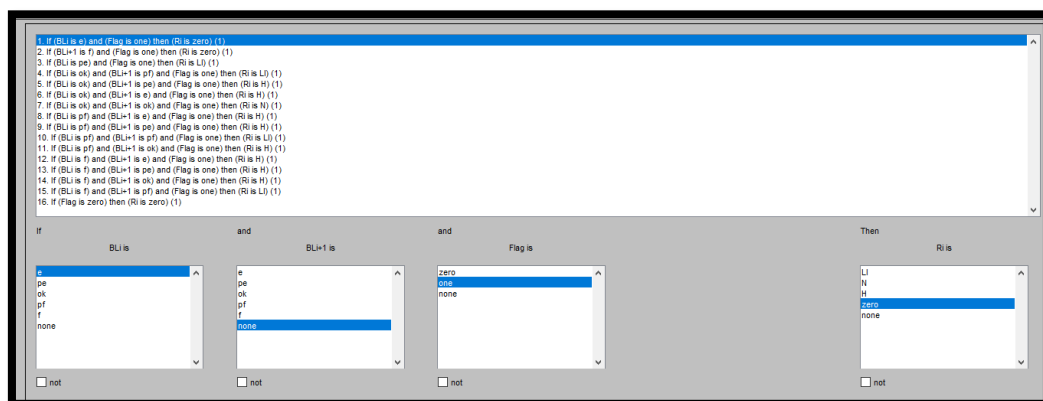
Εικόνα 35: Παρουσίαση της τρίτης μεταβλητής εισόδου

Στην **Εικόνα 36** παρουσιάζεται το εύρος τιμών της μεταβλητής εξόδου καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της. Η μεταβλητή εξόδου αφορά το ρυθμό παραγωγής της μηχανής του αντίστοιχου υποσυστήματος.



Εικόνα 36: Παρουσίαση της μεταβλητής εξόδου

Τέλος στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι δεκαέξι κανόνες ελέγχου που εφαρμόζονται και πιο συγκεκριμένα οι ασαφείς κανόνες If και Then. Με βάση αυτούς τους κανόνες καθορίζονται η λειτουργία του συστήματος παραγωγής και ο ρυθμός παραγωγής.

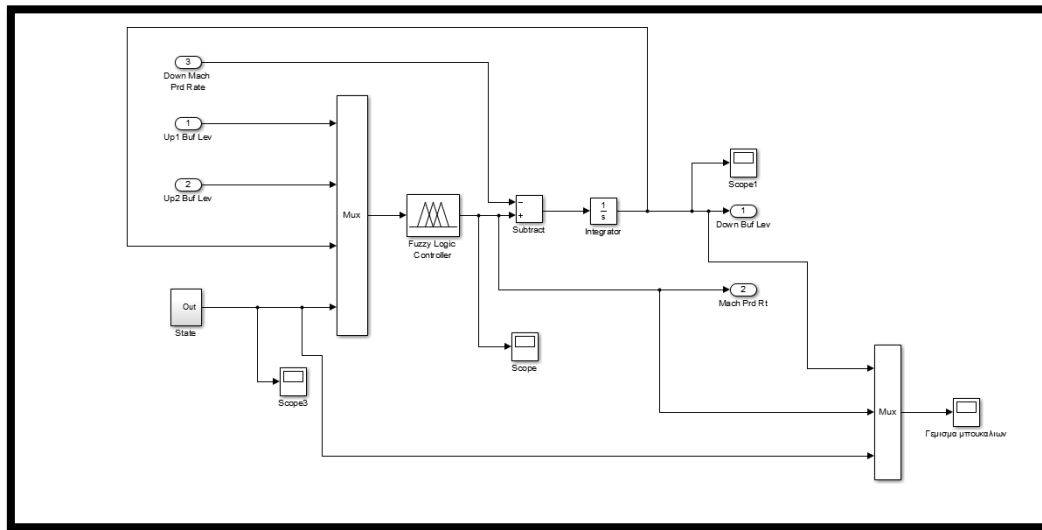


Εικόνα 37: Οι ασαφείς κανόνες του ελεγκτή του συστήματος καθαρισμού μπουκαλιών

4.2.3 Το υποσύστημα μηχανής πλήρωσης μπουκαλιών

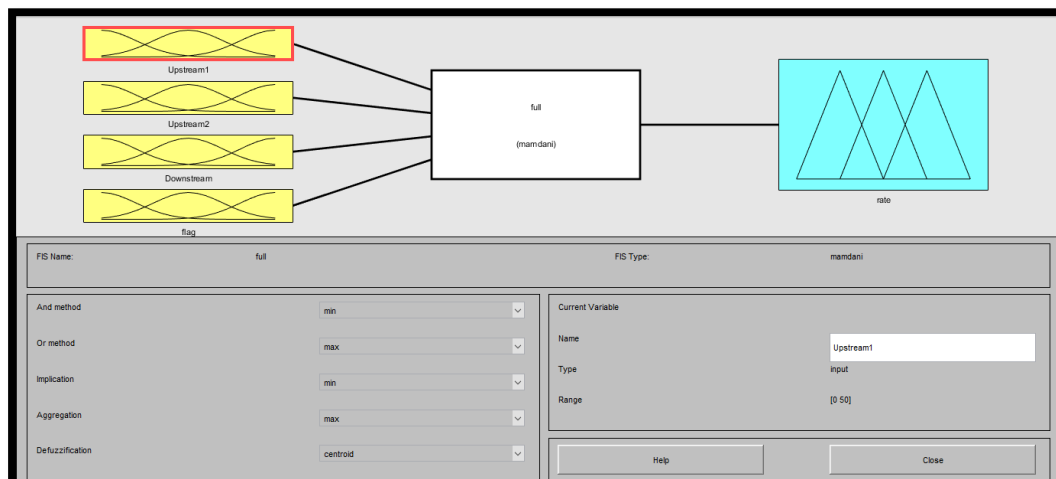
Στην εικόνα που ακολουθεί, παρουσιάζεται το υποσύστημα της μηχανής πλήρωσης μπουκαλιών με ελαιόλαδο. Το σύστημα αυτό έχει ως εισόδους την ποσότητα ελαιολάδου που έχει ήδη φιλτραρισθεί σε προηγούμενο στάδιο παραγωγής, την ποσότητα των μπουκαλιών που έχουν ήδη απολυμανθεί στο προηγούμενο στάδιο παραγωγής και το ρυθμό παραγωγής της επόμενης μηχανής (του υποσυστήματος που ακολουθεί) και ως εξόδους την ποσότητα των γεμισμένων με ελαιόλαδο μπουκαλιών και το ρυθμό παραγωγής της ίδιας της μηχανής πλήρωσης. Το συγκεκριμένο σύστημα λειτουργεί στα πρότυπα της συναρμολόγησης, λαμβάνει ως εισόδους δύο διαφορετικά προϊόντα και δημιουργεί ένα τελικό προϊόν. Σαφώς,

η λειτουργία του συστήματος αυτού επιτηρείται από έναν ελεγκτή ασαφούς λογικής (FuzzyLogicDesigner).



Εικόνα 38: Το σύστημα πλήρωσης μπουκαλιών με ελαιόλαδο

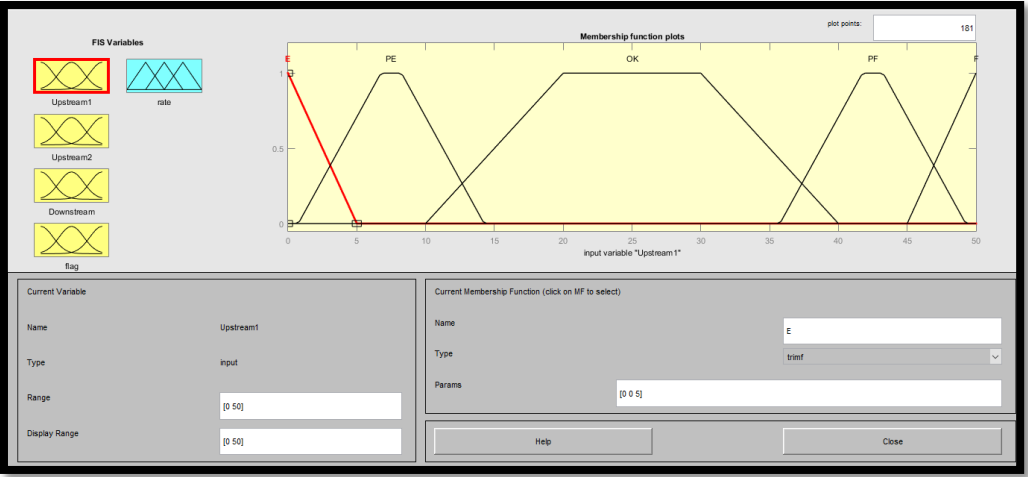
Ο συγκεκριμένος ελεγκτής ασαφούς λογικής (FuzzyLogicDesigner) που διαθέτει το υποσύστημα έχει τέσσερις εισόδους. Οι δύο πρώτες εισόδους αφορούν την ποσότητα του φιλτραρισμένου ελαιολάδου και την ποσότητα των προς επεξεργασία απολυμασμένων μπουκαλιών αντίστοιχα. Η τρίτη είσοδος αφορά την ποσότητα των γεμάτων με ελαιόλαδο μπουκαλιών μετά την επεξεργασία της μηχανής πλήρωσης και η τέταρτη είσοδος αφορά την μεταβλητή της λειτουργίας της μηχανής, η οποία προκύπτει ως αποτέλεσμα εξόδου από ένα άλλο υποσύστημα χαμηλότερου επιπέδου (βλέπε **Εικόνα 22**). Η έξοδος του ελεγκτή αφορά το ρυθμό παραγωγής της μηχανής. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η δομή του ελεγκτή και ειδικότερα οι εισόδους του, η έξοδος του και οι κανόνες ελέγχου που εφαρμόζονται.



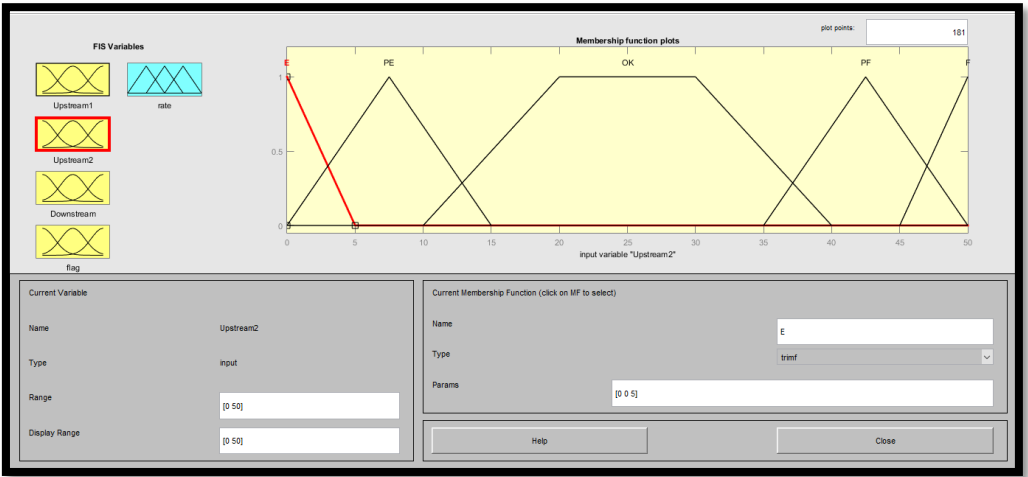
Εικόνα 39: Ο ελεγκτής ασαφούς λογικής του συστήματος

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται το διάστημα τιμών των δύο μεταβλητών εισόδου καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων τους. Πιο συγκεκριμένα, **στην Εικόνα 40** παρουσιάζονται το εύρος τιμών καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της

μεταβλητής που αφορά για τη ποσότητα του φιλτραρισμένουελαιολάδου που προορίζεται για την πλήρωση των μπουκαλιών. Στην **Εικόνα 41** παρουσιάζονται το εύρος τιμών καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά για τη ποσότητα των προς επεξεργασία μπουκαλιών.

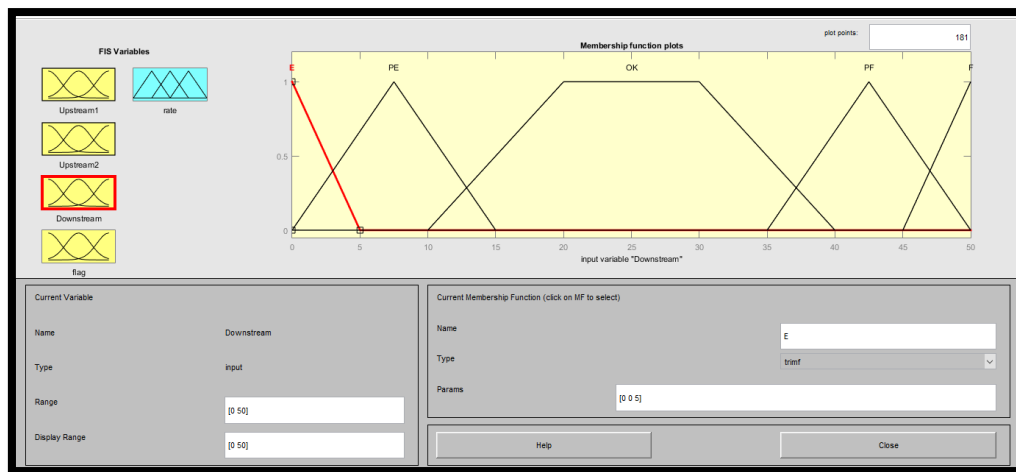


Εικόνα 40:Παρουσίαση της πρώτης μεταβλητής εισόδου



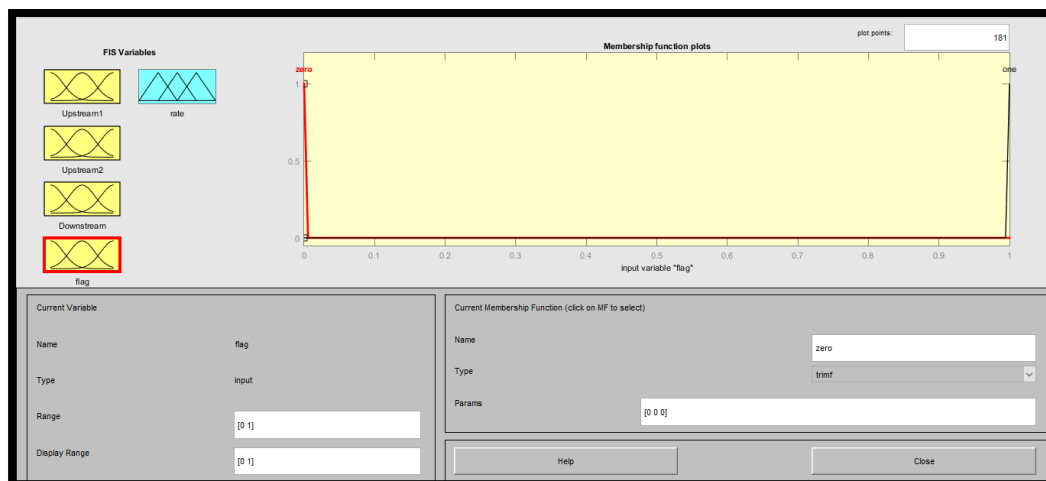
Εικόνα 41:Παρουσίαση της δεύτερης μεταβλητής εισόδου

Στην **Εικόνα 42** γίνεται η παρουσίαση του διαστήματος τιμών καθώς και των διαγραμμάτων των ασαφών συνόλων της τρίτηςμεταβλητής εισόδου, η οποία αφορά την ποσότητα των γεμάτων μπουκαλιών.



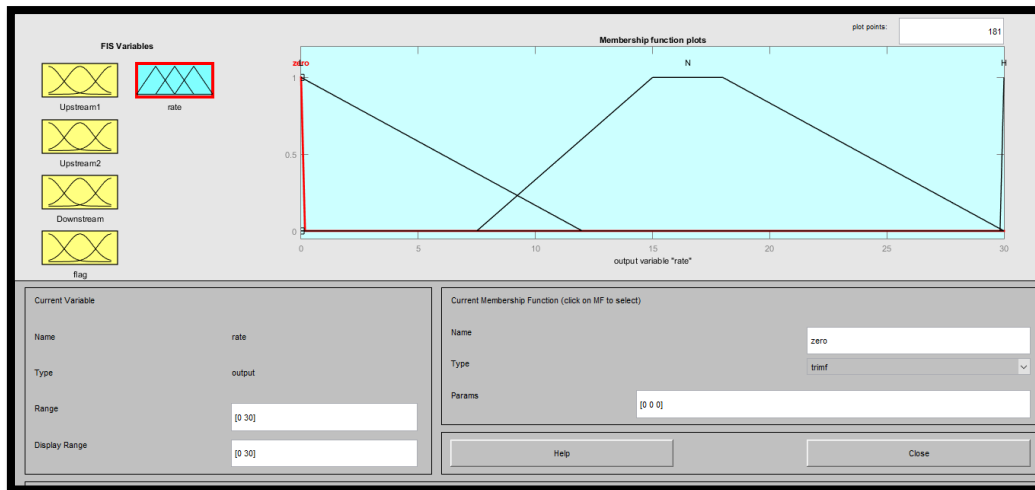
Εικόνα 42: Παρουσίαση της τρίτης μεταβλητής εισόδου

Στην **Εικόνα 43** γίνεται η παρουσίαση του εύρους τιμών και του διαγράμματος των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά τη λειτουργία της μηχανής γεμίσματος μπουκαλιών.



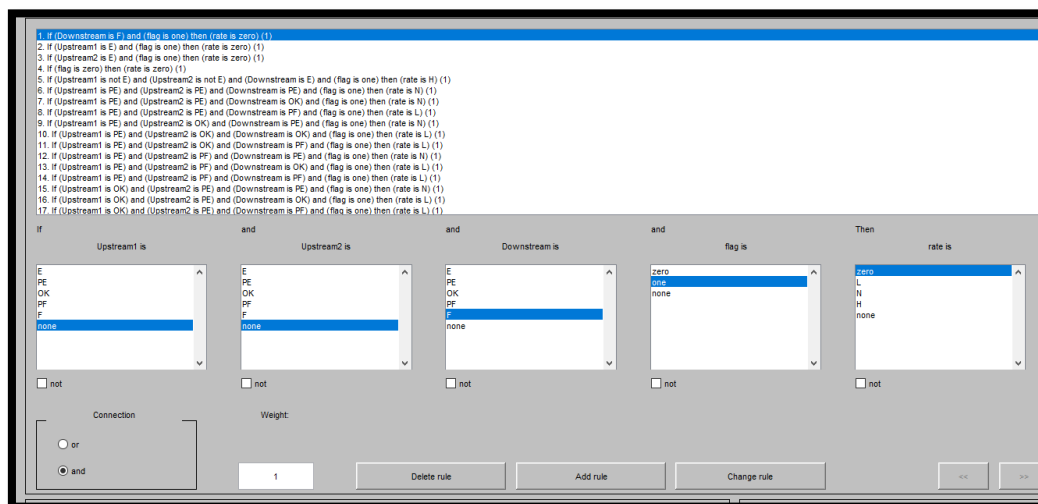
Εικόνα 43: Παρουσίαση της τέταρτης μεταβλητής εισόδου

Στην **Εικόνα 44** παρουσιάζονται το εύρος τιμών της μεταβλητής εξόδου καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της. Η μεταβλητή εξόδου αφορά το ρυθμό παραγωγής της μηχανής του αντίστοιχου υποσυστήματος.



Εικόνα 44: Παρουσίαση της μεταβλητής εξόδου

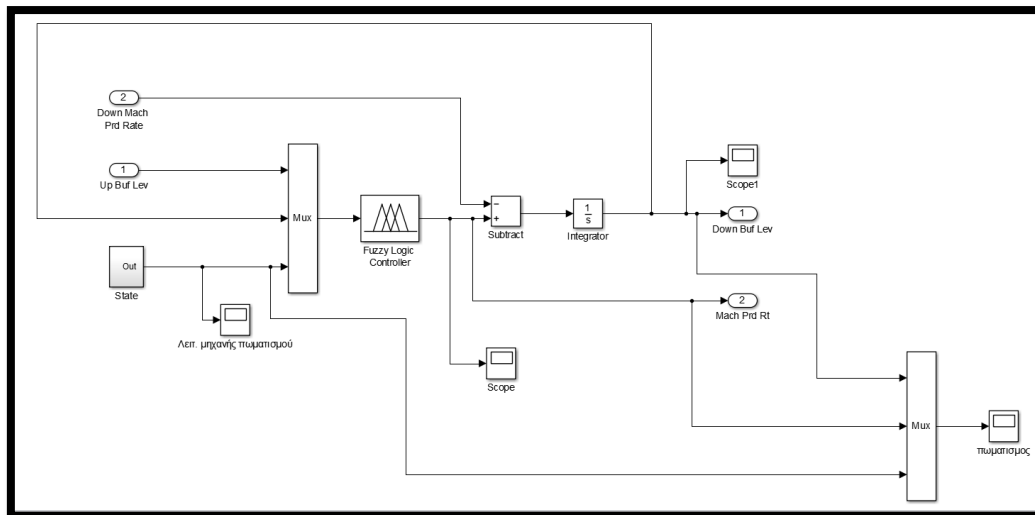
Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι κανόνες ελέγχου που εφαρμόζονται και ειδικότερα οι ασαφείς κανόνες If και Then. Με βάση αυτούς τους κανόνες καθορίζονται η λειτουργία του συστήματος παραγωγής και ο ρυθμός παραγωγής.



Εικόνα 45: Οι ασαφείς κανόνες του ελεγκτή ασαφούς λογικής

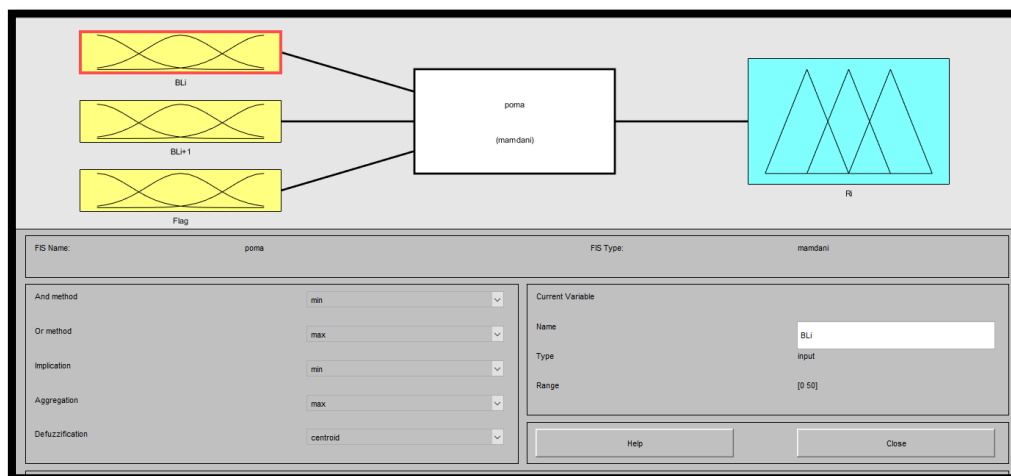
4.2.4 Το υποσύστημα μηχανής πωματισμού μπουκαλιών

Στην εικόνα που ακολουθεί, παρουσιάζεται το υποσύστημα της μηχανής πωματισμού μπουκαλιών. Το σύστημα αυτό έχει ως εισόδους την ποσότητα των γεμάτων μπουκαλιών που πρόκειται να πωματισθούν και το ρυθμό παραγωγής της επόμενης μηχανής (του υποσυστήματος που ακολουθεί) και ως εξόδους την ποσότητα μπουκαλιών που έχουν επεξεργαστεί και πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στο επόμενο στάδιο της παραγωγής καθώς και τον ρυθμό παραγωγής της μηχανής πωματισμού μπουκαλιών. Η λειτουργία του συστήματος επιτηρείται πάντα από έναν ελεγκτή ασαφούς λογικής (FuzzyLogicDesigner).



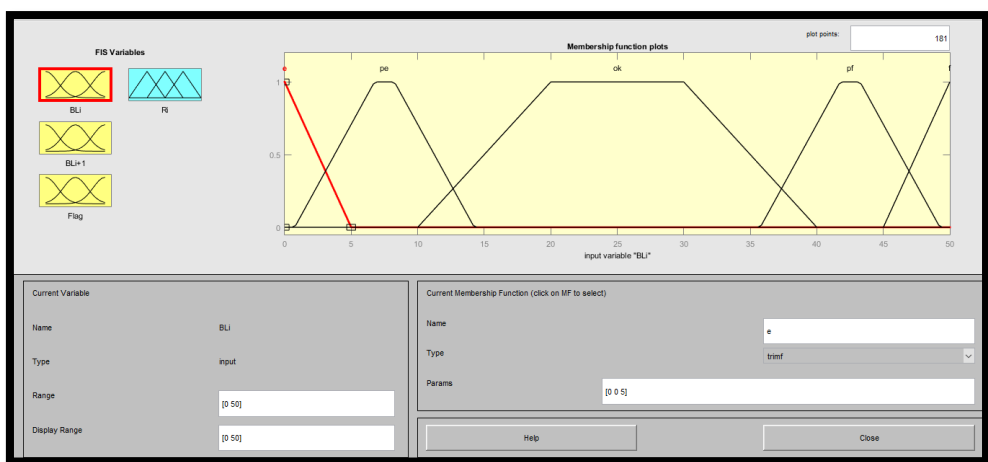
Εικόνα 46: Το σύστημα πωματισμού των μπουκαλιών

Ο ελεγκτής ασαφούς λογικής (FuzzyLogicDesigner) που διαθέτει το υποσύστημα έχει τρεις εισόδους. Οι δύο πρώτες εισόδους αφορούν την ποσότητα των μπουκαλιών πριν και μετά την επεξεργασία και η τρίτη είσοδος αφορά τη λειτουργία της μηχανής πωματισμού και προκύπτει ως αποτέλεσμα εξόδου από ένα άλλο υποσύστημα χαμηλότερου επιπέδου (βλέπε **Εικόνα 22**). Η έξοδος του ελεγκτή αφορά το ρυθμό παραγωγής της μηχανής. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η δομή του ελεγκτή και ειδικότερα οι εισόδους του, η έξοδος του και οι κανόνες ελέγχου που εφαρμόζονται.

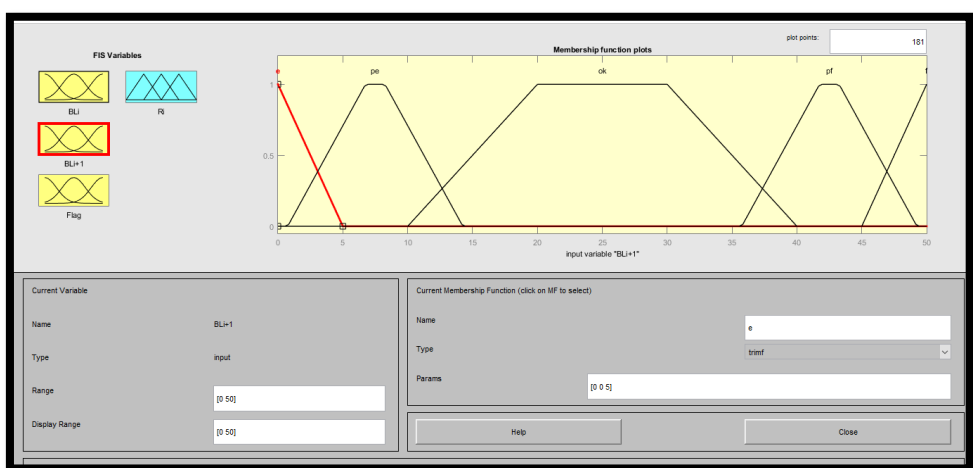


Εικόνα 47: Ο ελεγκτής ασαφούς λογικής του συστήματος

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται το εύρος τιμών της κάθε μεταβλητής εισόδου καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων τους. Στην **Εικόνα 48** παρουσιάζονται το εύρος τιμών και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά την ποσότητα μπουκαλιών που υπάρχουν στην προσωρινή αποθήκη πριν τον πωματισμό τους. Στην **Εικόνα 49** παρουσιάζονται το εύρος τιμών και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά την ποσότητα μπουκαλιών που έχουν επεξεργαστεί και παραμένουν στην προσωρινή αποθήκη καθώς προορίζονται για το επόμενο στάδιο της παραγωγής.

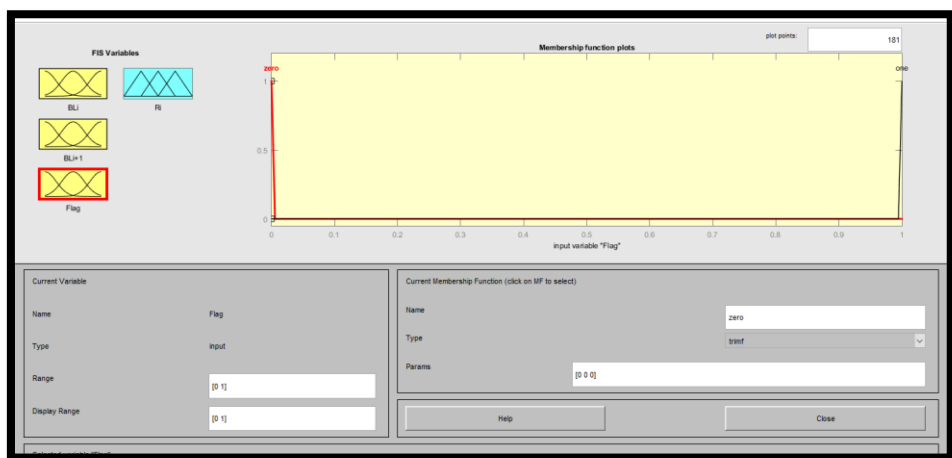


Εικόνα 15: Παρουσίαση της πρώτης μεταβλητής εισόδου



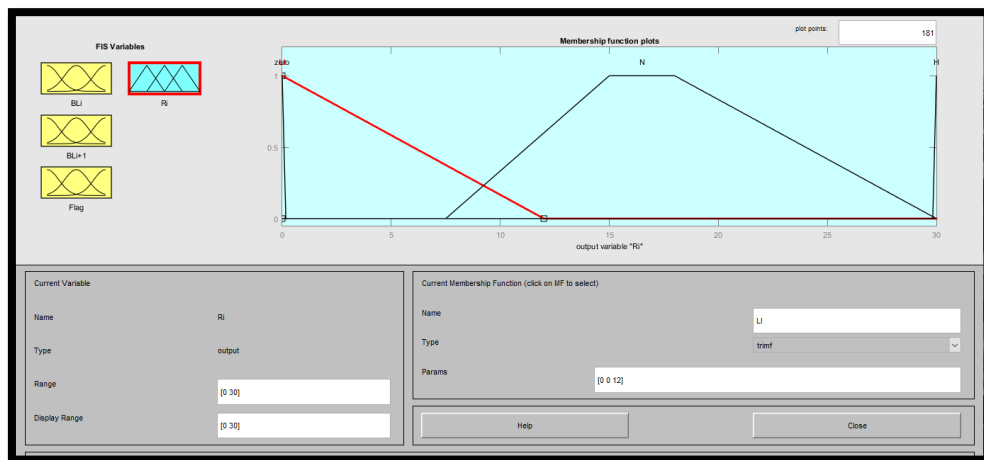
Εικόνα 49: Παρουσίαση της δεύτερης μεταβλητής εισόδου

Στην **Εικόνα 50** γίνεται η παρουσίαση του εύρους τιμών και του διαγράμματος των ασφών συνόλων της μεταβλήτης που αφορά τη λειτουργία της μηχανής πωματισμού μπουκαλιών.



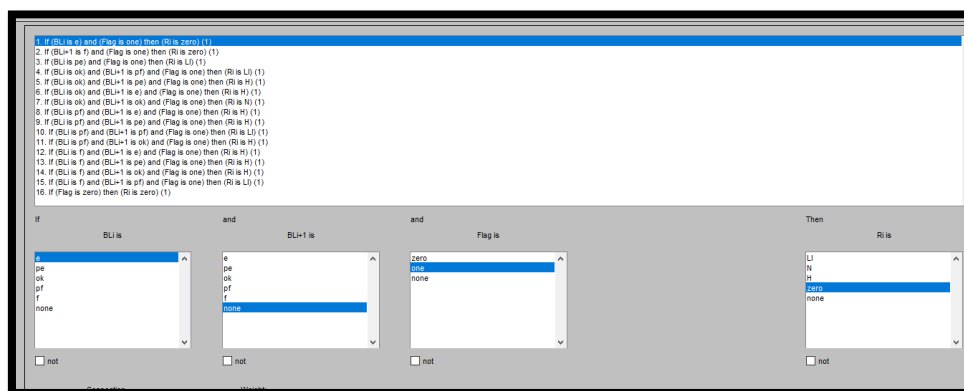
Εικόνα 50: Παρουσίαση της τρίτης μεταβλητής εισόδου

Στην **Εικόνα 51** παρουσιάζεται το εύρος τιμών της μεταβλητής εξόδου καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της. Η μεταβλητή εξόδου αφορά το ρυθμό παραγωγής της μηχανής του αντίστοιχου υποσυστήματος.



Εικόνα 51: Παρουσίαση της μεταβλητής εξόδου

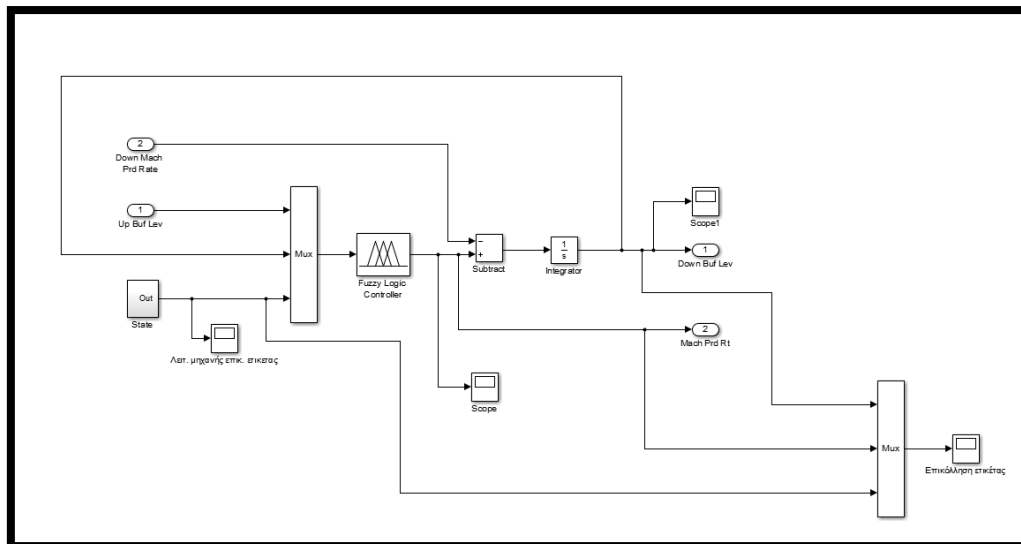
Τέλος στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι δεκαέξι κανόνες ελέγχου που εφαρμόζονται και ειδικότερα οι ασαφείς κανόνες If και Then. Με βάση αυτούς τους κανόνες καθορίζονται η λειτουργία του συστήματος παραγωγής και ο ρυθμός παραγωγής.



Εικόνα 52: Οι ασαφείς κανόνες του ελεγκτή ασαφούς λογικής

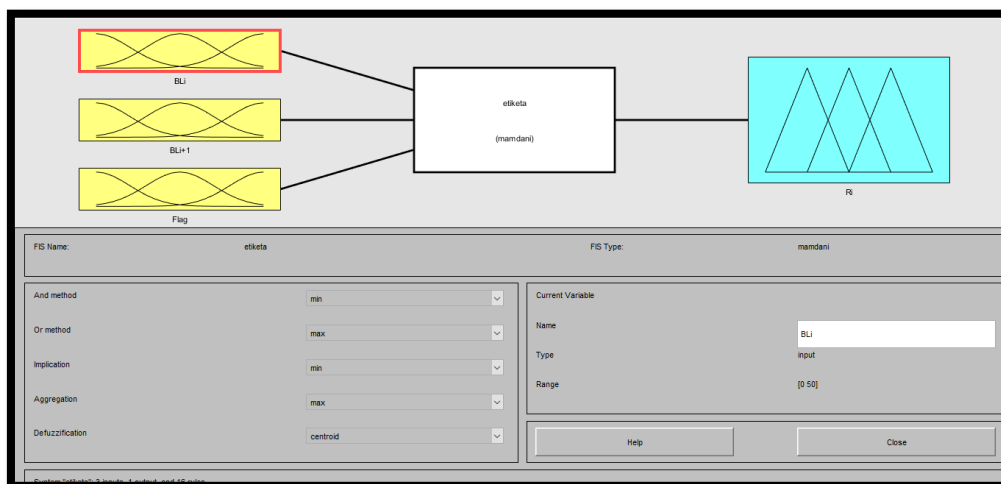
4.2.5 Το υποσύστημα μηχανής επικόλλησης ετικέτας

Στην εικόνα που ακολουθεί, παρουσιάζεται το υποσύστημα της μηχανής επικόλλησης ετικέτας στα μπουκάλια. Το σύστημα αυτό έχει ως εισόδους την ποσότητα μπουκαλιών που πρόκειται να επεξεργαστούν και το ρυθμό παραγωγής της επόμενης μηχανής (του υποσυστήματος που ακολουθεί) και ως εξόδους τη ποσότητα μπουκαλιών που τους έχουν επικολληθεί οι ετικέτες και πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στο επόμενο στάδιο της παραγωγής καθώς και τον ρυθμό παραγωγής της μηχανής του συγκεκριμένου υποσυστήματος. Η λειτουργία του συστήματος επιτηρείται από έναν ελεγκτή ασαφούς λογικής (FuzzyLogicDesigner).



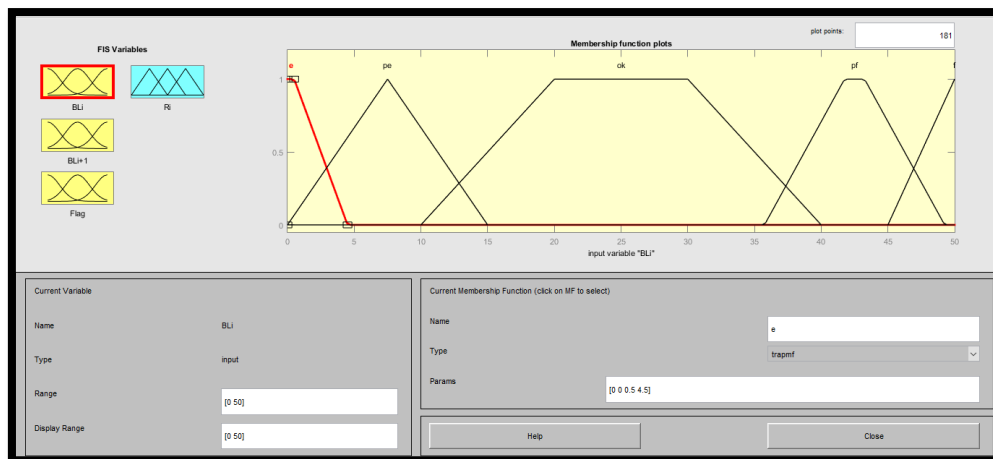
Εικόνα 53:Το σύστημα της μηχανής επικόλλησης ετικέτας

Ο ελεγκτής ασαφούς λογικής (FuzzyLogicDesigner) που διαθέτει το υποσύστημα έχει τρεις εισόδους. Οι δύο πρώτες εισοδοί αφορούν την ποσότητα των μπουκαλιών πριν και μετά την επεξεργασία της επικόλλησης και η τρίτη είσοδος αφορά τη λειτουργία της μηχανής επικόλλησης και προκύπτει ως αποτέλεσμα εξόδου από ένα άλλο υποσύστημα χαμηλότερου επιπέδου (βλέπε **Εικόνα 22**). Η έξοδος του ελεγκτή αφορά το ρυθμό παραγωγής της μηχανής. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η δομή του ελεγκτή και ειδικότερα οι εισόδοι του, η έξοδος του και οι κανόνες ελέγχου που εφαρμόζονται.

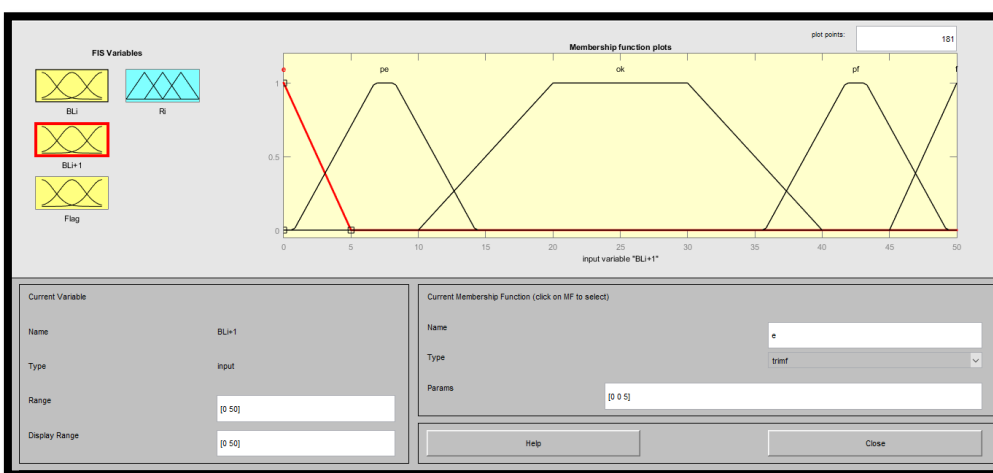


Εικόνα 16: Ο ελεγκτής ασαφούς λογικής του συστήματος

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται το εύρος τιμών της κάθε μεταβλητής εισόδου καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων τους. Στην **Εικόνα 55** παρουσιάζονται το εύρος τιμών και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά την ποσότητα μπουκαλιών που υπάρχουν στην προσωρινή αποθήκη πριν την επικόλληση της ετικέτας τους. Στην **Εικόνα 56** παρουσιάζονται το εύρος τιμών και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά την ποσότητα μπουκαλιών που έχουν επεξεργαστεί και παραμένουν στην προσωρινή αποθήκη όπου προορίζονται για το επόμενο στάδιο της παραγωγής.

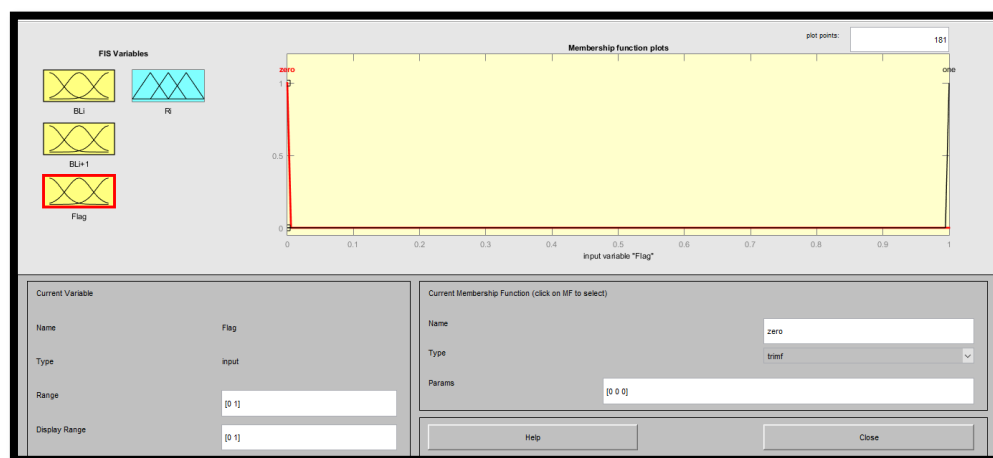


Εικόνα 55: Παρουσίαση της πρώτης μεταβλητής εισόδου



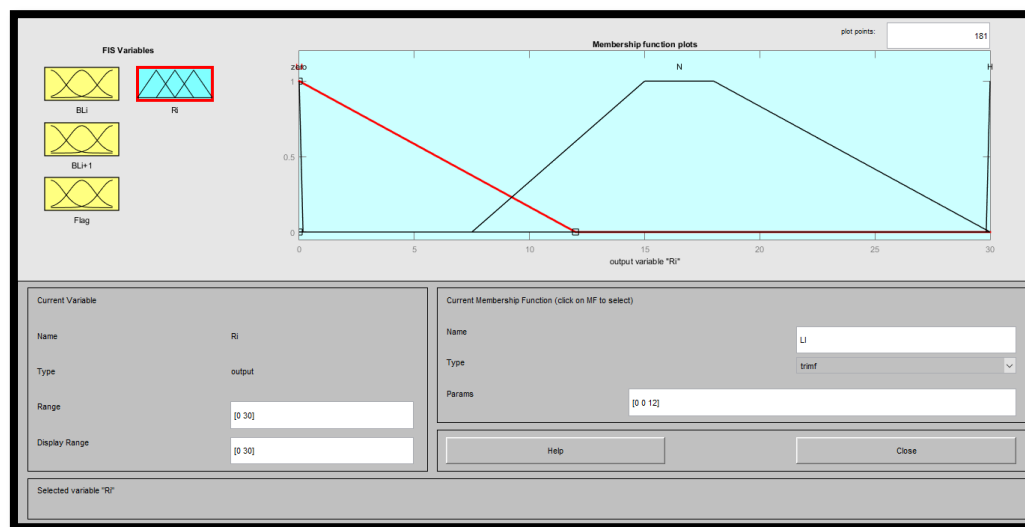
Εικόνα 56: Παρουσίαση της δεύτερης μεταβλητής εισόδου

Στην **Εικόνα 57** γίνεται η παρουσίαση του εύρους τιμών και του διαγράμματος των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά τη λειτουργία της μηχανής επικόλλησης ετικετών στα μπουκάλια.



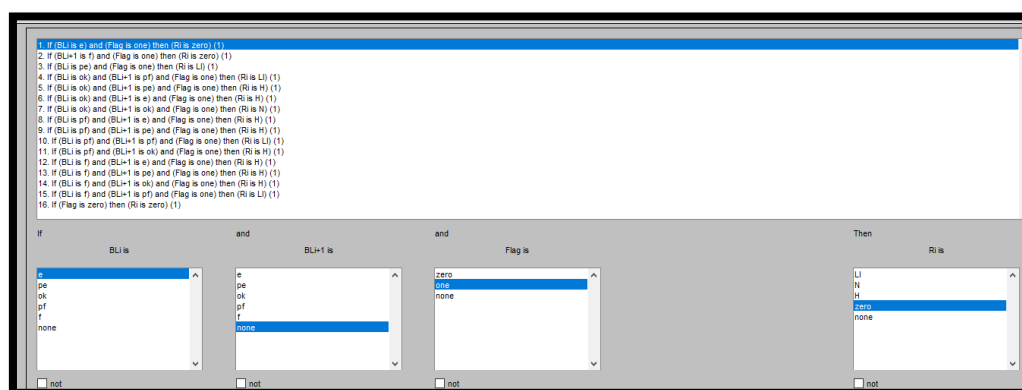
Εικόνα 57: Παρουσίαση της τρίτης μεταβλητής εισόδου του ελεγκτή

Στην **Εικόνα 58** παρουσιάζεται το εύρος τιμών της μεταβλητής εξόδου καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της. Η μεταβλητή εξόδου αφορά το ρυθμό παραγωγής της μηχανής του αντίστοιχου υποσυστήματος.



Εικόνα 58: Παρουσίαση της μεταβλητής εξόδου

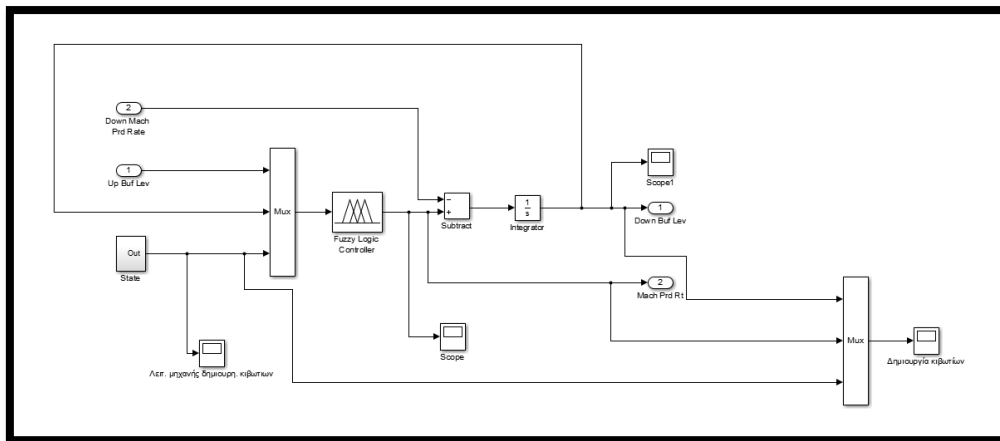
Τέλος στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι δεκαέξι κανόνες ελέγχου που εφαρμόζονται και ειδικότερα οι ασαφείς κανόνες If και Then. Με βάση αυτούς τους κανόνες καθορίζεται η λειτουργία του συστήματος παραγωγής και ο ρυθμός παραγωγής.



Εικόνα 59: Οι ασαφείς κανόνες του ελεγκτή ασαφούς λογικής

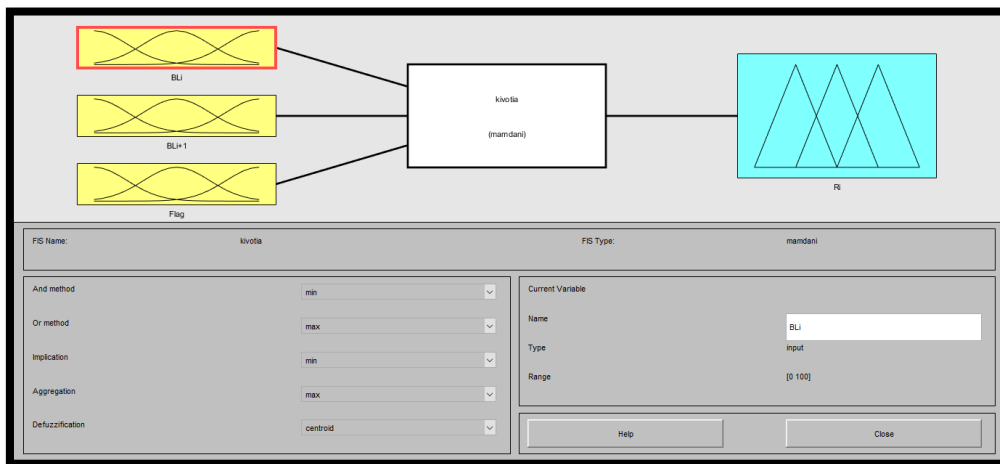
4.2.6 Το υποσύστημα μηχανής δημιουργίας κιβωτίων

Στην εικόνα που ακολουθεί, παρουσιάζεται το υποσύστημα της μηχανής δημιουργίας χαρτοκιβωτίων. Το σύστημα αυτό έχει ως εισόδους την ποσότητα χαρτονιών που προορίζονται για επεξεργασία και το ρυθμό παραγωγής της επόμενης μηχανής (του υποσυστήματος που ακολουθεί) και ως εξόδους τη ποσότητα χαρτοκιβωτίων που προκύπτουν από την επεξεργασία και τον ρυθμό παραγωγής της ίδιας της μηχανής. Η λειτουργία του συστήματος επιτηρείται από έναν ελεγκτή ασαφούς λογικής (FuzzyLogicDesigner).



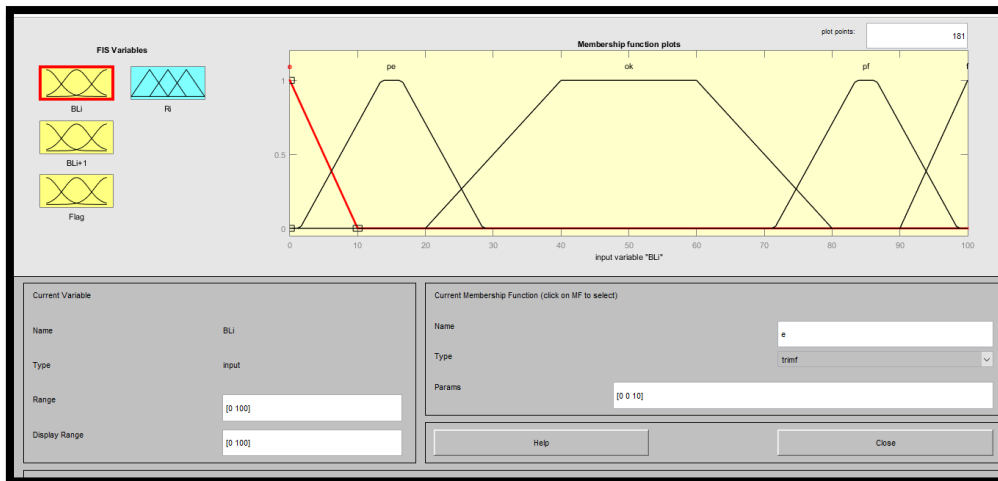
Εικόνα 60: Το σύστημα της μηχανής κατασκευής χαρτοκιβωτίων

Ο ελεγκτής ασαφούς λογικής (FuzzyLogicDesigner) που διαθέτει το υποσύστημα έχει τρεις εισόδους. Οι δύο πρώτες εισόδους αφορούν την ποσότητα των χαρτονιών και την ποσότητα των χαρτοκιβωτίων που προκύπτουν αντίστοιχα. Η τρίτη είσοδος αφορά τη λειτουργία της μηχανής και προκύπτει ως αποτέλεσμα εξόδου από ένα άλλο υποσύστημα χαμηλότερου επιπέδου (βλέπε **Εικόνα 22**). Η έξοδος του ελεγκτή αφορά το ρυθμό παραγωγής της μηχανής. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η δομή του ελεγκτή και ειδικότερα οι εισόδους του, η έξοδος του και οι κανόνες ελέγχου που εφαρμόζονται.

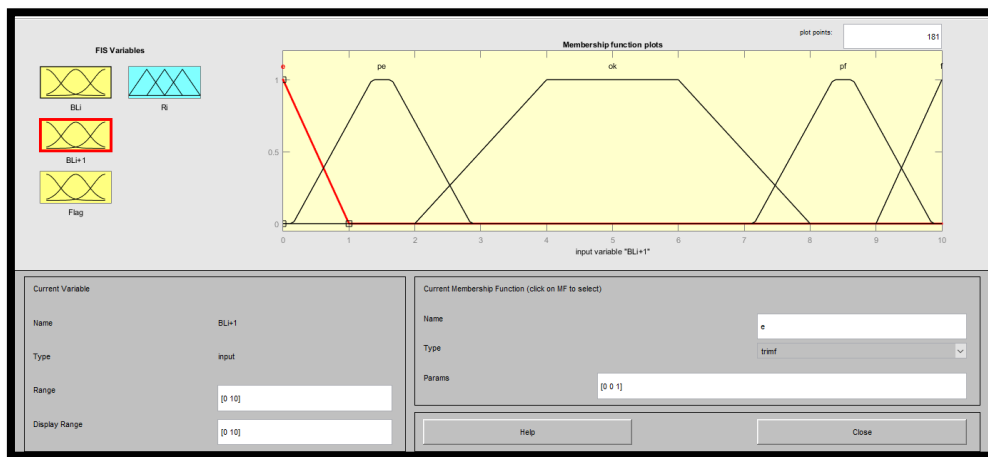


Εικόνα 61: Ο ελεγκτής ασαφούς λογικής του συστήματος

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται το εύρος τιμών της κάθε μεταβλητής εισόδου καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων τους. Στην **Εικόνα 62** παρουσιάζονται το εύρος τιμών και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά την ποσότητα των χαρτονιών πριν την επεξεργασία του. Στην **Εικόνα 63** παρουσιάζονται το εύρος τιμών και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά τη ποσότητα χαρτοκιβωτίων που δημιουργούνται μετά την αντίστοιχη επεξεργασία.

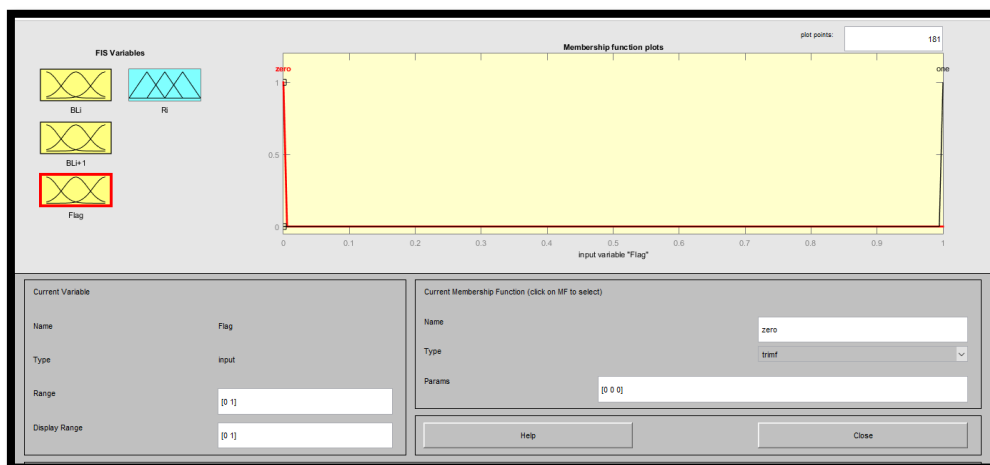


Εικόνα 62: Παρουσίαση της πρώτης μεταβλητής εισόδου



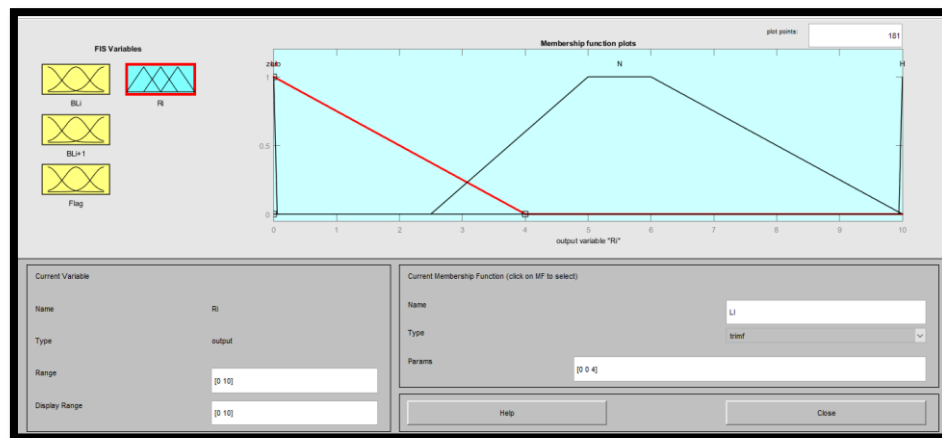
Εικόνα 63: Παρουσίαση της δεύτερης μεταβλητής εισόδου

Στην **Εικόνα 64** γίνεται η παρουσίαση του εύρους τιμών και του διαγράμματος των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά τη λειτουργία της μηχανής του υποσυστήματος.



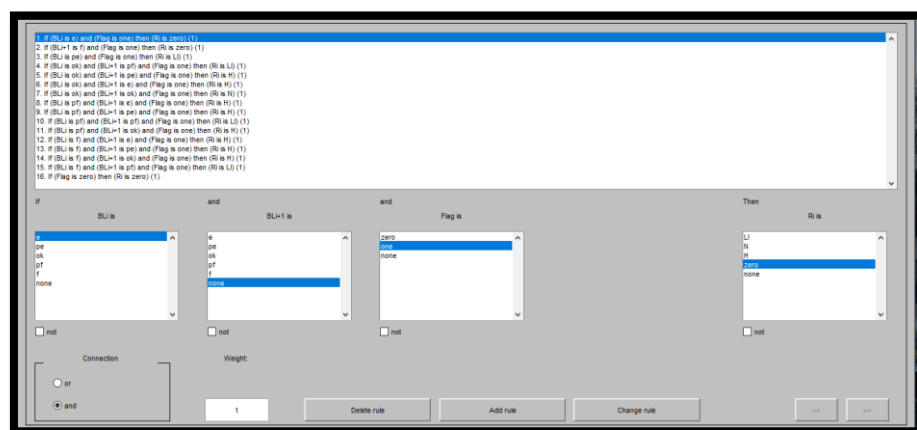
Εικόνα 64: Παρουσίαση της τρίτης μεταβλητής εισόδου

Στην **Εικόνα 65** παρουσιάζεται το εύρος τιμών της μεταβλητής εξόδου καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της. Η μεταβλητή εξόδου αφορά το ρυθμό παραγωγής της μηχανής του αντόστοιχου υποσυστήματος.



Εικόνα 65: Παρουσίαση μεταβλητής εξόδου

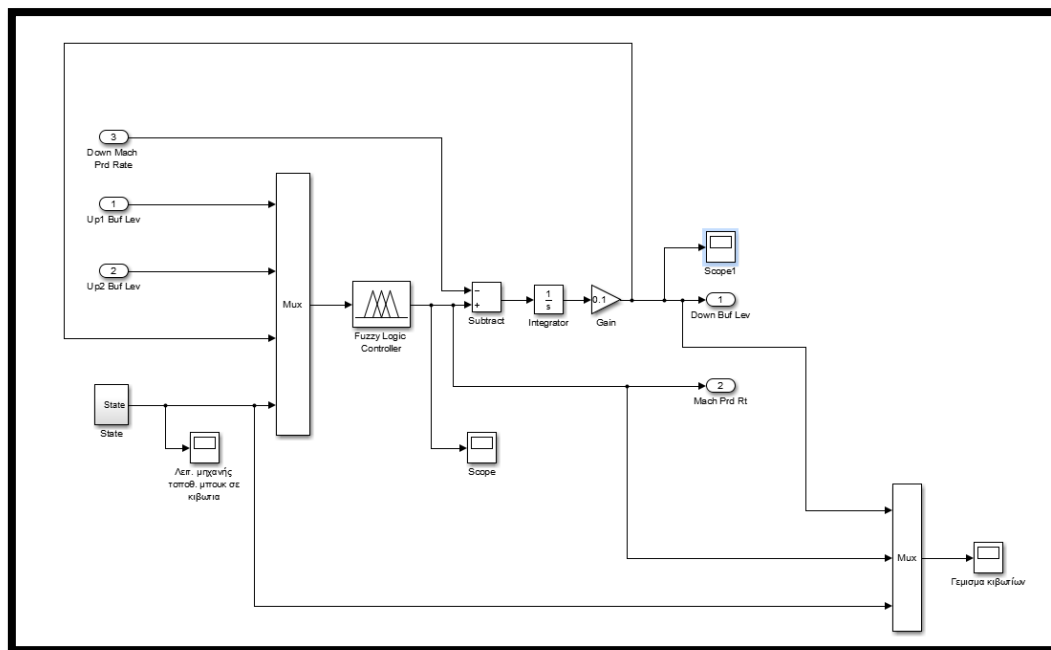
Τέλος στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι δεκαέξι κανόνες ελέγχου που εφαρμόζονται και ειδικότερα οι ασαφείς κανόνες If και Then. Με βάση αυτούς τους κανόνες καθορίζεται η λειτουργία του συστήματος παραγωγής και ο ρυθμός παραγωγής.



Εικόνα 66: Οι ασαφείς κανόνες ελέγχου του ελεγκτή ασαφούς λογικής

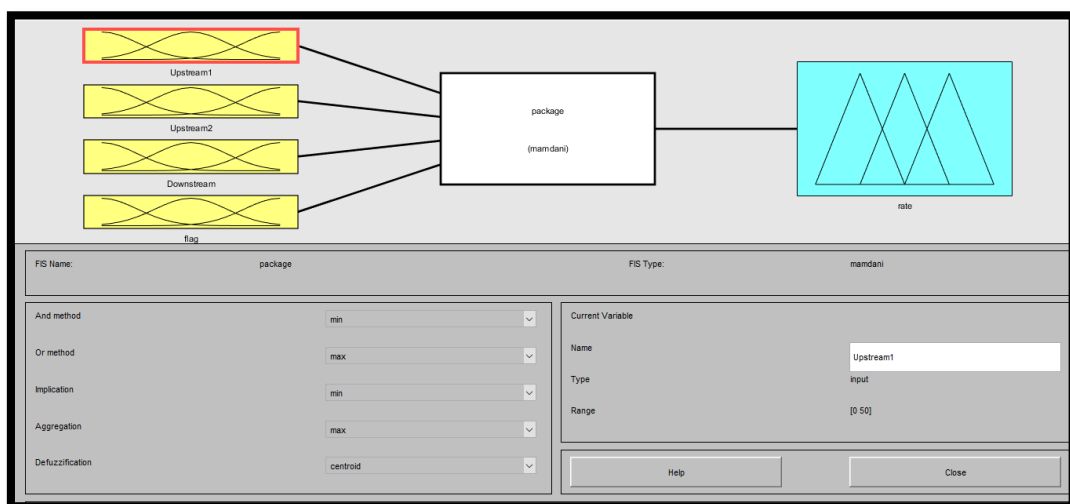
4.2.7 Το υποσύστημα μηχανής γεμίσματος κιβωτίων

Στην εικόνα που ακολουθεί, παρουσιάζεται το υποσύστημα της μηχανής γεμίσματος κιβωτίων με μπουκάλια. Το σύστημα αυτό έχει ως εισόδους την ποσότητα των προς παράδοση μπουκαλιών, την ποσότητα των χαρτοκιβωτίων που έχουν κατασκευαστεί στο προηγούμενο στάδιο παραγωγής και το ρυθμό παραγωγής της επόμενης μηχανής (του υποσυστήματος που ακολουθεί) και ως εξόδους τη ποσότητα των γεμισμένων κιβωτίων και τον ρυθμό παραγωγής της ίδιας της μηχανής του συστήματος παραγωγής. Το συγκεκριμένο σύστημα λειτουργεί στα πρότυπα της συναρμολόγησης, λαμβάνει ως εισόδους δύο διαφορετικά προϊόντα και δημιουργεί ένα τελικό προϊόν. Σαφώς, η λειτουργία του συστήματος αυτού επιτηρείται από έναν ελεγκτή ασαφούς λογικής (FuzzyLogicDesigner).



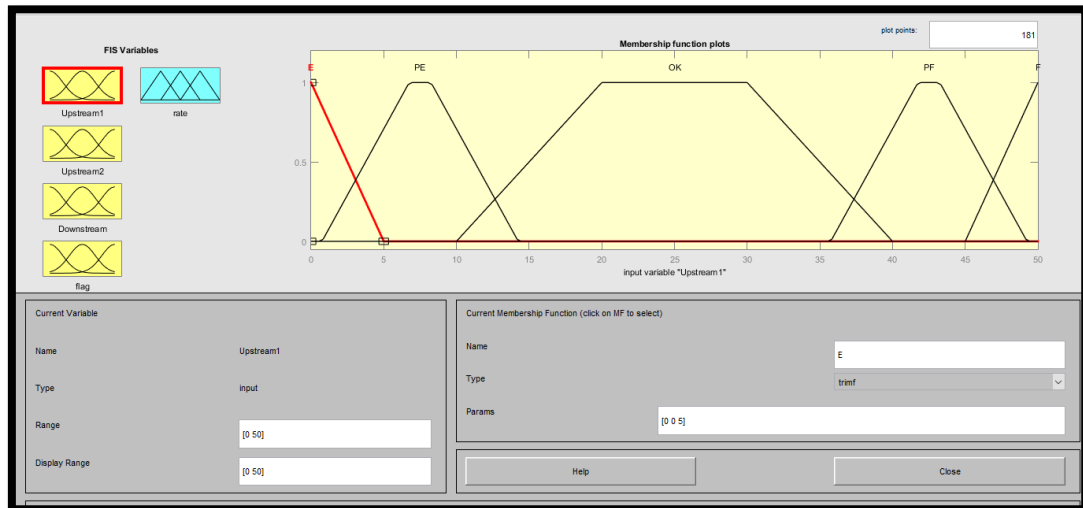
Εικόνα 67: Το σύστημα της μηχανής γεμίσματος κιβωτίων με μπουκάλια

Ο συγκεκριμένος ελεγκτής ασαφούς λογικής (FuzzyLogicDesigner) που διαθέτει το υποσύστημα έχει τέσσερις εισόδους. Οι δύο πρώτες εισόδους αφορούν την ποσότητα των προς παράδοση μπουκαλιών, και την ποσότητα των κατασκευασμένων χαρτοκιβωτίων αντίστοιχα. Η τρίτη είσοδος αφορά την ποσότητα των γεμάτων κιβωτίων μετά την επεξεργασία της μηχανής γεμίσματος και η τέταρτη είσοδος αφορά την μεταβλητή της λειτουργίας της μηχανής, η οποία προκύπτει ως αποτέλεσμα εξόδου από ένα άλλο υποσύστημα χαμηλότερου επιπέδου (βλέπε **Εικόνα 22**). Η έξοδος του ελεγκτή αφορά το ρυθμό παραγωγής της μηχανής. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η δομή του ελεγκτή και ειδικότερα οι εισόδοι του, η έξοδος του και οι κανόνες ελέγχου που εφαρμόζονται.

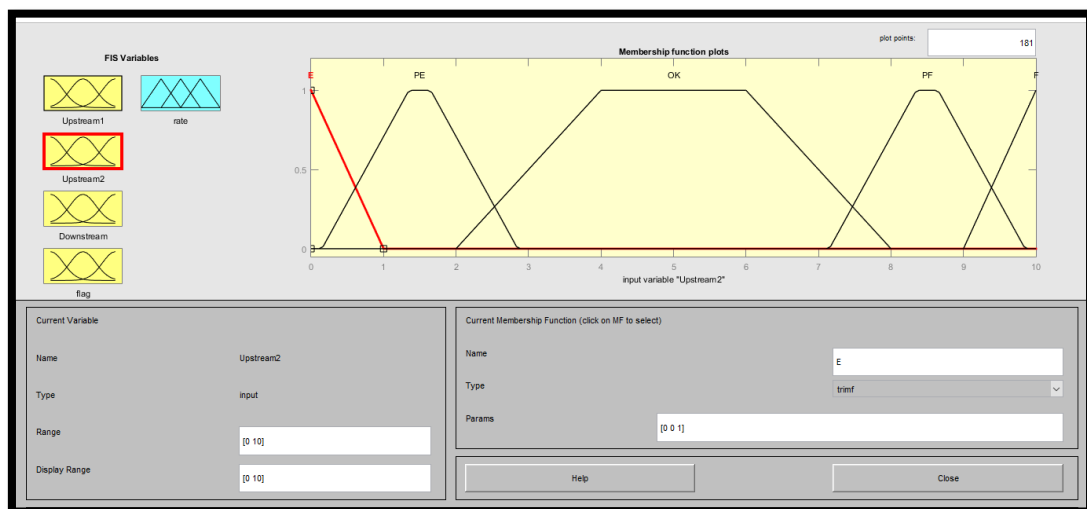


Εικόνα 68: Ο ελεγκτής ασαφούς λογικής του συστήματος

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται το διάστημα τιμών των δύο μεταβλητών εισόδου καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων τους. Στην **Εικόνα 69** παρουσιάζονται το εύρος τιμών καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά την ποσότητα των μπουκαλιών που προορίζονται για παράδοση. Στην **Εικόνα 70** παρουσιάζονται το εύρος τιμών καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά για τη ποσότητα των χαρτοκιβωτίων που προορίζονται να γεμίσουν με μπουκάλια.

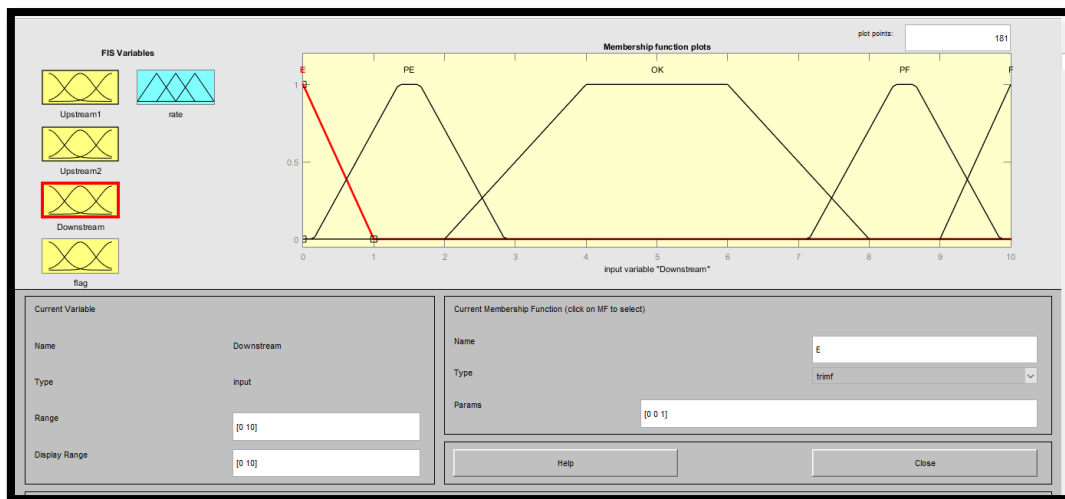


Εικόνα 69: Παρουσίαση της πρώτης μεταβλητής εισόδου



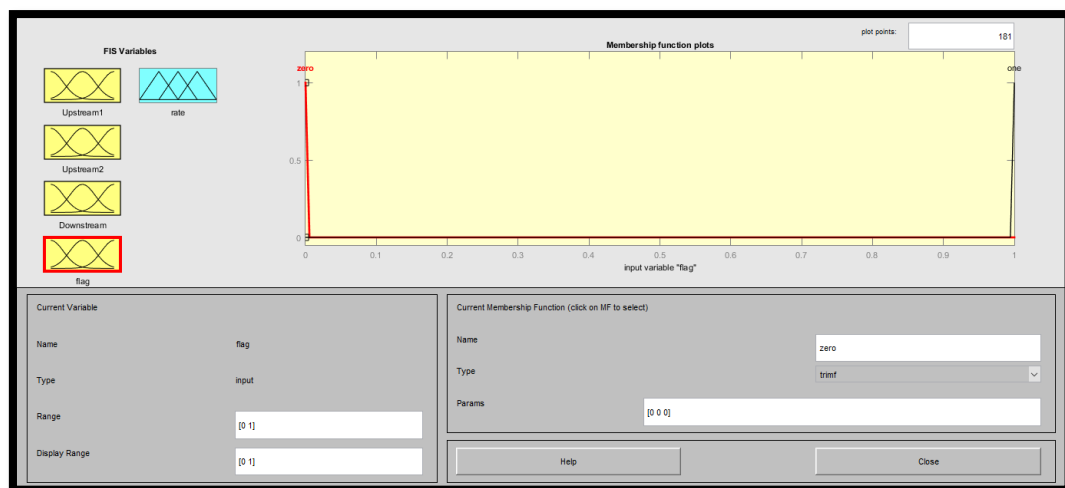
Εικόνα 70: Παρουσίαση της δεύτερης μεταβλητής εισόδου

Στην **Εικόνα 71** γίνεται η παρουσίαση του διαστήματος τιμών καθώς και των διαγραμμάτων των ασαφών συνόλων της τρίτης μεταβλητής εισόδου, η οποία αφορά την ποσότητα των γεμάτων χαρτοκιβωτίων.



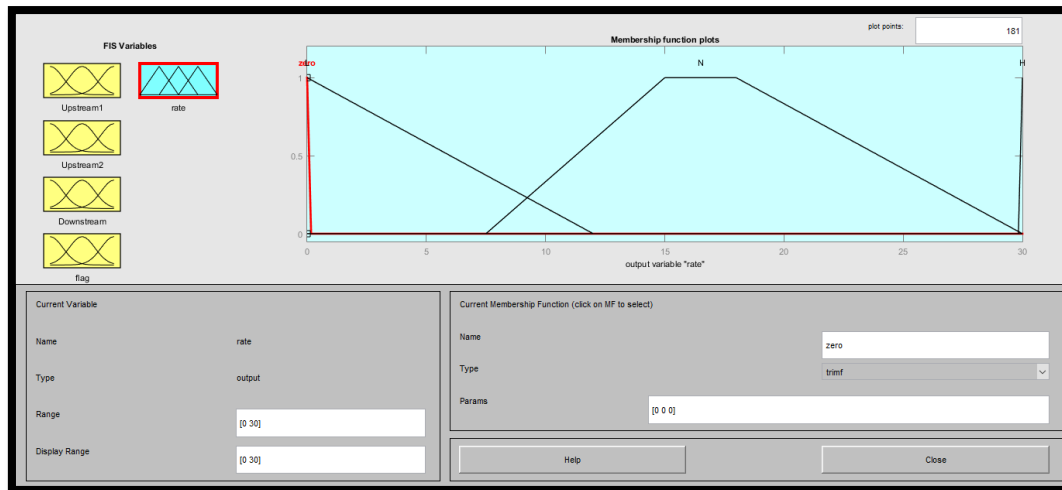
Εικόνα 71: Παρουσίαση για της τρίτης μεταβλητής εισόδου

Στην **Εικόνα 72** γίνεται η παρουσίαση του εύρους τιμών και του διαγράμματος των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά τη λειτουργία της μηχανής πλήρωσης χαρτοκιβωτίων.



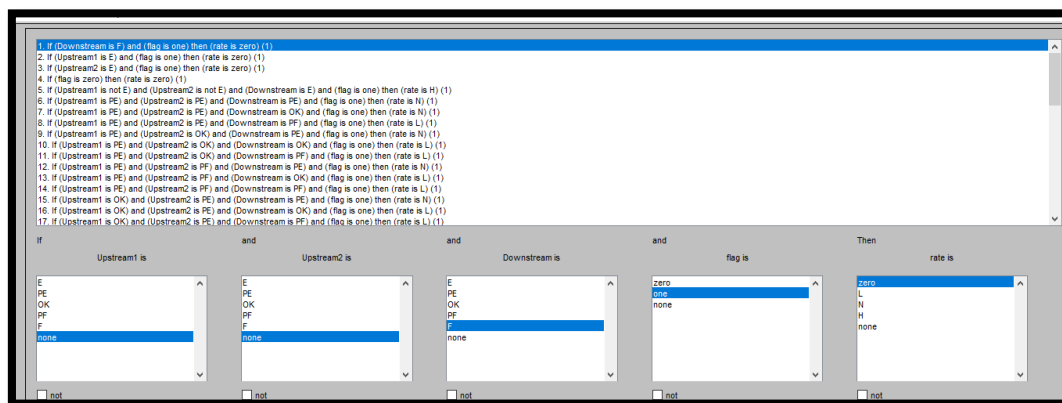
Εικόνα 72: Παρουσίαση της μεταβλητής για τη λειτουργία της μηχανής

Στην **Εικόνα 73** παρουσιάζονται το εύρος τιμών της μεταβλητής εξόδου καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της. Η μεταβλητή εξόδου αφορά το ρυθμό παραγωγής της μηχανής του αντίστοιχου υποσυστήματος.



Εικόνα 73: Παρουσίαση της μεταβλητής εξόδου

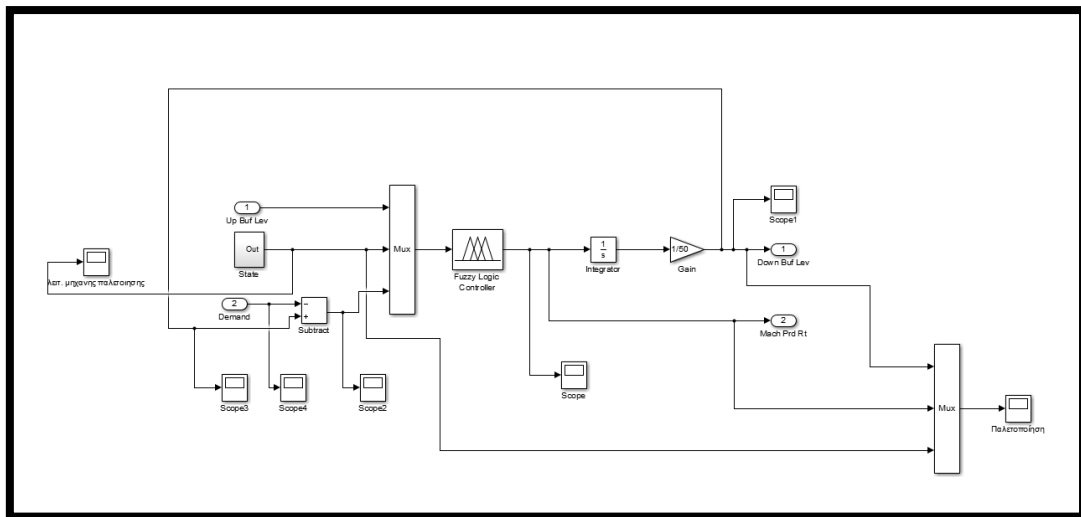
Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι ορισμένοι κανόνες ελέγχου που εφαρμόζονται και ειδικότερα οι ασαφείς κανόνες If και Then. Με βάση αυτούς τους κανόνες καθορίζεται η λειτουργία του συστήματος παραγωγής και ο ρυθμός παραγωγής.



Εικόνα 74: Οι ασαφείς κανόνες του ελεγκτή ασαφούς λογικής

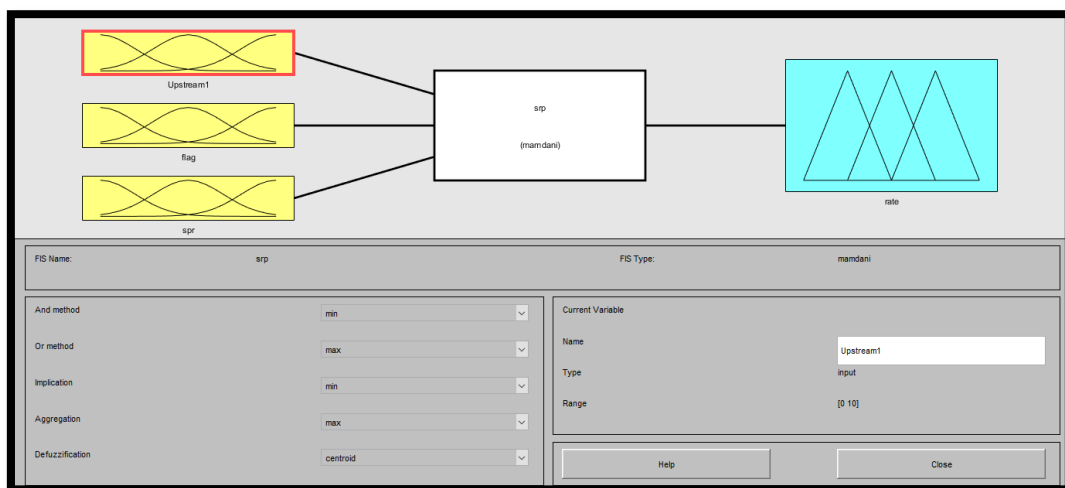
4.2.8 Το υποσύστημα μηχανής παλετοποίησης

Στην εικόνα που ακολουθεί, παρουσιάζεται το υποσύστημα στο οποίο πραγματοποιείται η διαδικασία της παλετοποίησης, δηλαδή η τοποθέτηση των γεμάτων κιβωτίων σε μία παλέτα. Το σύστημα αυτό έχει ως εισόδους την ποσότητα των προς παράδοση κιβωτίων, τη ζήτηση (τη ζητούμενη ποσότητα των παλετών) και ως εξόδους τη ποσότητα των γεμάτων παλετών και τον ρυθμό παραγωγής. Σαφώς, η λειτουργία του συστήματος αυτού επιτηρείται από έναν ελεγκτή ασαφούς λογικής (FuzzyLogicDesigner).



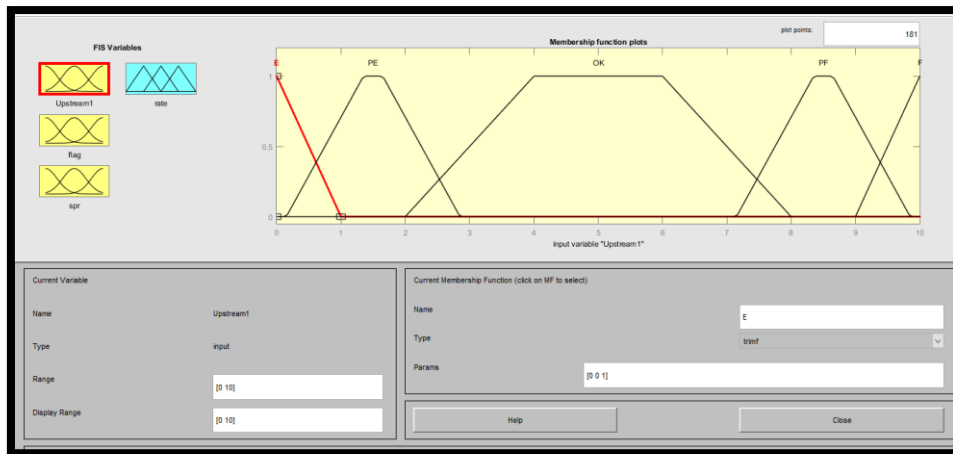
Εικόνα 75: Παρουσίαση του συστήματος παλετοποίησης

Ο συγκεκριμένος ελεγκτής ασαφούς λογικής (FuzzyLogicDesigner) που διαθέτει το υποσύστημα έχει τρεις εισόδους. Η πρώτη είσοδος αφορά την ποσότητα των προς παράδοση κιβωτίων. Η δεύτερη είσοδος αφορά την μεταβλητή της λειτουργίας της μηχανής, η οποία προκύπτει ως αποτέλεσμα εξόδου από ένα άλλο υποσύστημα χαμηλότερου επιπέδου (βλέπε **Εικόνα 22**). Η τρίτη είσοδος προκύπτει από τον υπολογισμό του πλεονάσματος της παραγωγής, το οποίο ουσιαστικά είναι η διαφορά μεταξύ της πραγματικής παραγωγής και της ζήτησης. Η έξοδος του ελεγκτή δείχνει το ρυθμό παραγωγής του συστήματος. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η δομή του ελεγκτή και ειδικότερα οι εισοδοί του, η έξοδος του και οι κανόνες ελέγχου που εφαρμόζονται.

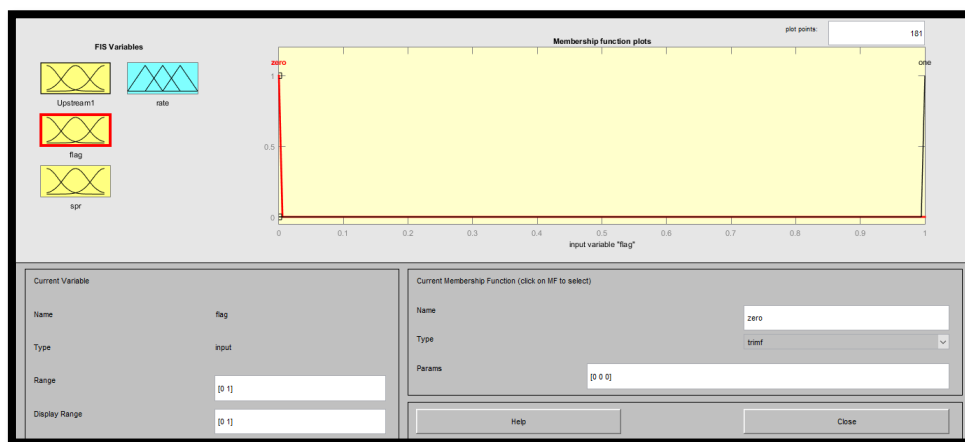


Εικόνα 76: Ο ελεγκτής ασαφούς λογικής του συστήματος παλετοποίησης

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται το εύρος τιμών της κάθε μεταβλητής εισόδου καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων τους. Στην **Εικόνα77** παρουσιάζονται το εύρος τιμών και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά την ποσότητα των προς παράδοση κιβωτίων. Στην **Εικόνα 78** γίνεται η παρουσίαση του εύρους τιμών και του διαγράμματος των ασαφών συνόλων της μεταβλητής που αφορά τη λειτουργία της μηχανής του υποσυστήματος.

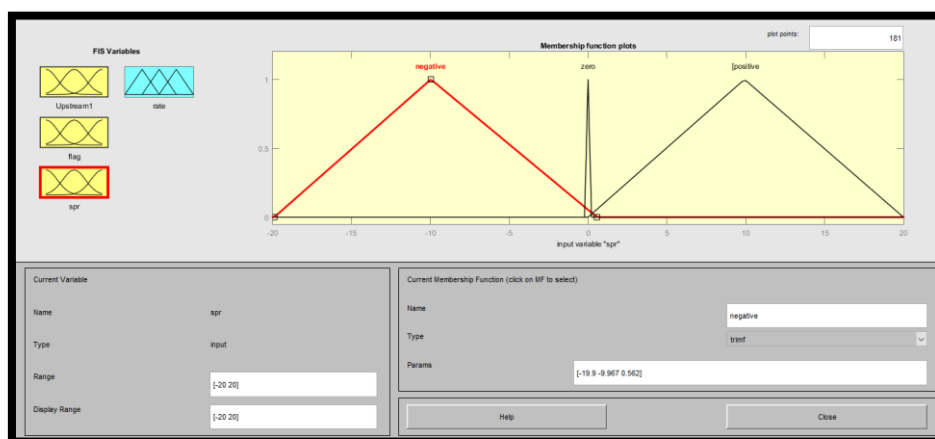


Εικόνα 77: Παρουσίαση της πρώτης μεταβλητής εισόδου



Εικόνα 78: Παρουσίαση της δεύτερης μεταβλητής εισόδου

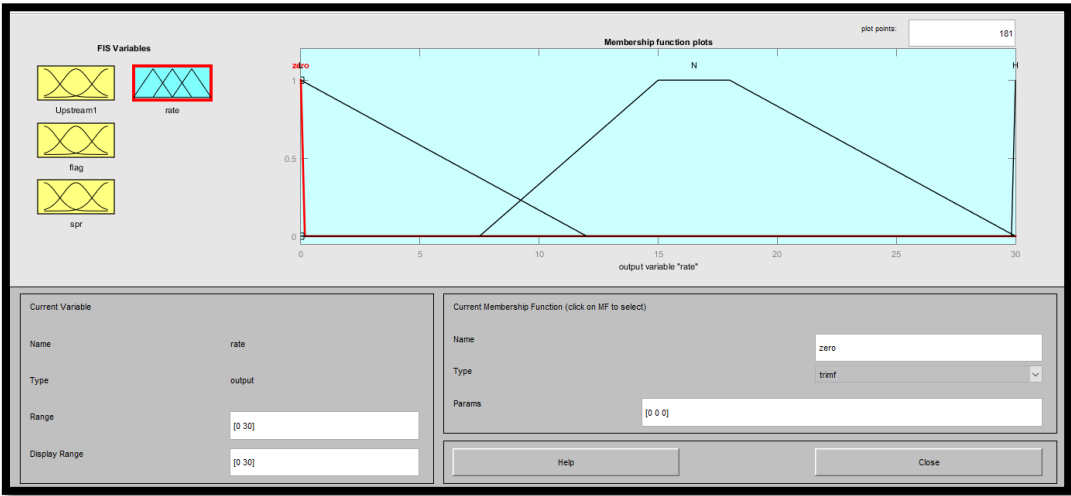
Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζεται το εύρος τιμών και τα διαγράμματα των συνόλων του πλεονάσματος της παραγωγής σε σχέση με τη μεταβαλλόμενη ζήτηση.



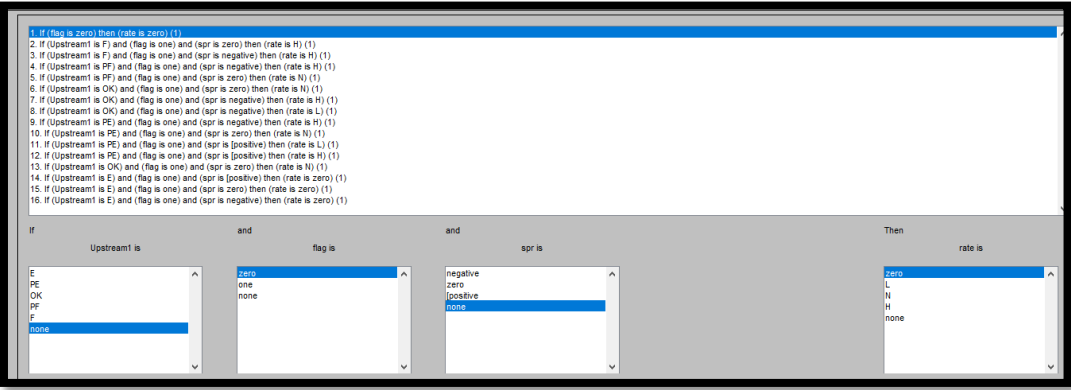
Εικόνα 79: Παρουσίαση της τρίτης μεταβλητής εισόδου

Στην **Εικόνα 80** παρουσιάζονται το εύρος των τιμών της μεταβλητής εξόδου καθώς και τα διαγράμματα των ασαφών συνόλων της. Η μεταβλητή εξόδου αφορά το ρυθμό παραγωγής της μηχανής του αντίστοιχου υποσυστήματος. Στην **Εικόνα81** παρουσιάζονται οι κανόνες

ελέγχου που εφαρμόζονται και ειδικότερα οι ασαφείς κανόνες If και Then. Με βάση αυτούς τους κανόνες καθορίζεται η λειτουργία του συστήματος παραγωγής και ο ρυθμός παραγωγής.



Εικόνα 80: Παρουσίαση της μεταβλητής εξόδου



Εικόνα 81: Οι ασαφείς κανόνες του ελεγκτή ασαφούς λογικής

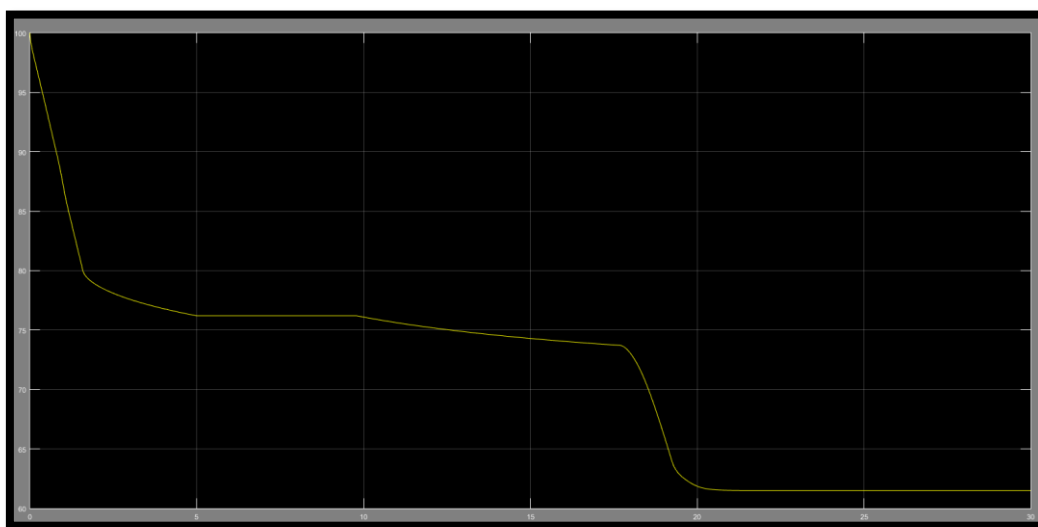
5 Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της λειτουργίας του δικτύου παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε υποσύστημα θα παρουσιαστούν τα διαγράμματα τα οποία θα αφορούν:

- τη λειτουργία της μηχανής του αντίστοιχου υποσυστήματος,
- τη τελική ποσότητα των τελικού προϊόντος που εξέρχεται από το αντίστοιχο υποσύστημα,
- το ρυθμό παραγωγής του αντίστοιχου υποσυστήματος.

5.1 Παρουσίαση αποτελεσμάτων του υποσυστήματος της μηχανής φιλτραρίσματος

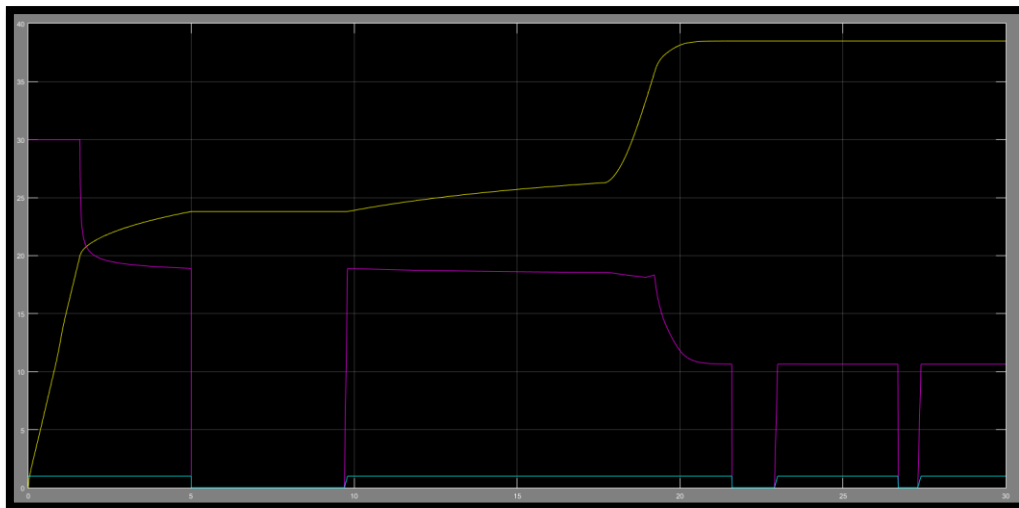
Η μηχανή του συστήματος αυτού τροφοδοτείται συνεχώς από μία μεγάλη δεξαμενή, της οποίας η ποσότητα της ελαιολάδου στη δεξαμενή αυτή παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 82: Η ποσότητα ελαιολάδου της μεγάλης δεξαμενής

Η δεξαμενή σε αρχική κατάσταση είναι γεμάτη. Με την έναρξη της προσομοίωσης, δηλαδή με την έναρξη του συστήματος, η ποσότητα μειώνεται και λίγο μετά τη μέση του ορισμένου χρονικού διαστήματος προσομοίωσης σταθεροποιείται.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, με πράσινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία της λειτουργίας της μηχανής, με κίτρινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία της τελικής ποσότητας του φιλτραρισμένου ελαιολάδου που αποθηκεύεται σε μία ενδιάμεση δεξαμενή και με ροζ χρώμα η πορεία του ρυθμού παραγωγής της μηχανής φιλτραρίσματος.



Εικόνα 83: Διάγραμμα προσομοίωσης λειτουργίας υποσυστήματος φιλτραρίσματος ελαιολάδου

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρείται ότι όταν η μηχανή δεν λειτουργεί (δηλαδή η πράσινη γραμμή είναι στο μηδέν), επηρεάζεται η ποσότητα του παραχθέν προϊόντος και ο ρυθμός παραγωγής. Με αποτέλεσμα, ο ρυθμός παραγωγής να μηδενιστεί. Η παραχθείσα ποσότητα εξαρτάται κυρίως από το αν λειτουργεί η μηχανή και είναι ανάλογη του ρυθμού παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα, όταν ο ρυθμός παραγωγής είναι ο βέλτιστος, η παραχθείσα ποσότητα ελαιολάδου αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό. Ενώ όταν ο ρυθμός, είτε είναι σταθερός είτε μειώνεται, επηρεάζει ανάλογα και την παραχθείσα ποσότητα.

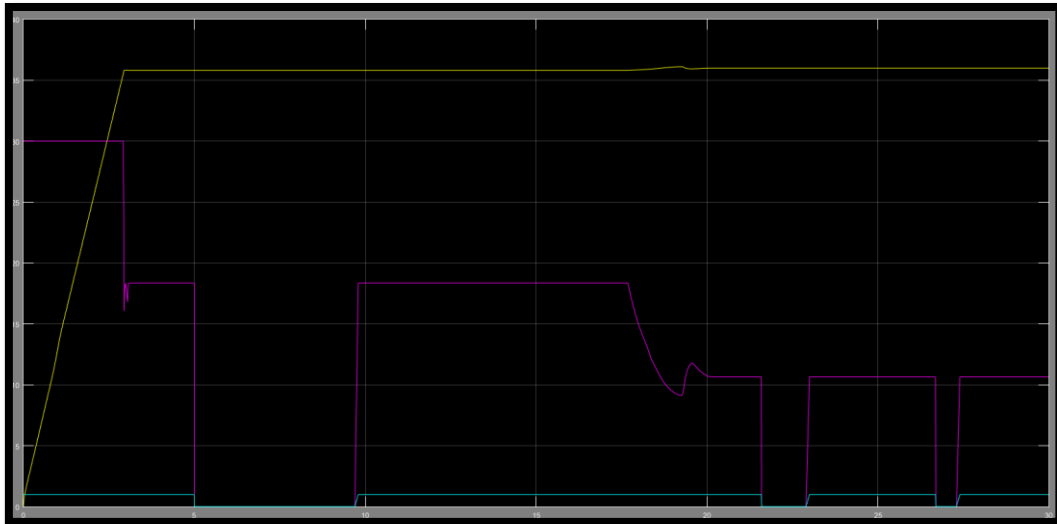
5.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων του υποσυστήματος της μηχανής καθαρισμού μπουκαλιών

Η μηχανή του συστήματος καθαρισμού των μπουκαλιών τροφοδοτείται συνεχώς με σταθερή ποσότητα δοχείων που προορίζονται για απολύμανση, όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 84: Η ποσότητα μπουκαλιών για τη τροφοδοσία του συστήματος

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, με πράσινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία της λειτουργίας της μηχανής, με κίτρινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία της τελικής ποσότητας των μπουκαλιών που έχουν επεξεργασθεί και με ροζ χρώμα η πορεία του ρυθμού παραγωγής της μηχανής καθαρισμού των μπουκαλιών.



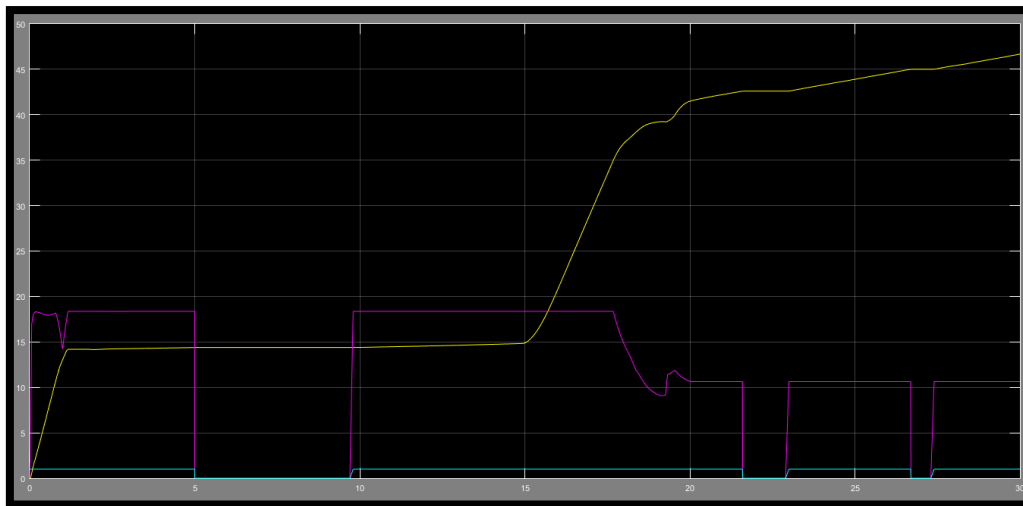
Εικόνα 85: Διάγραμμα προσομοίωσης λειτουργίας υποσυστήματος καθαρισμού μπουκαλιών

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρείται ότι η ποσότητα των απολυμανσμένων μπουκαλιών, στην αρχή αυξάνεται και στη συνέχεια παραμένει σχετικά σταθερή και σε υψηλά επίπεδα ανεξαρτήτου ρυθμού παραγωγής. Ο κύριος λόγος είναι η σταθερή ροή εισερχόμενων μπουκαλιών προς επεξεργασία.

5.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων του υποσυστήματος της μηχανής πληρωσης ελαιολάδου

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, με πράσινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία της λειτουργίας της μηχανής, με κίτρινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία της τελικής ποσότητας των γεμάτων μπουκαλιών και με ροζ χρώμα η πορεία του ρυθμού παραγωγής της μηχανής πλήρωσης των μπουκαλιών.

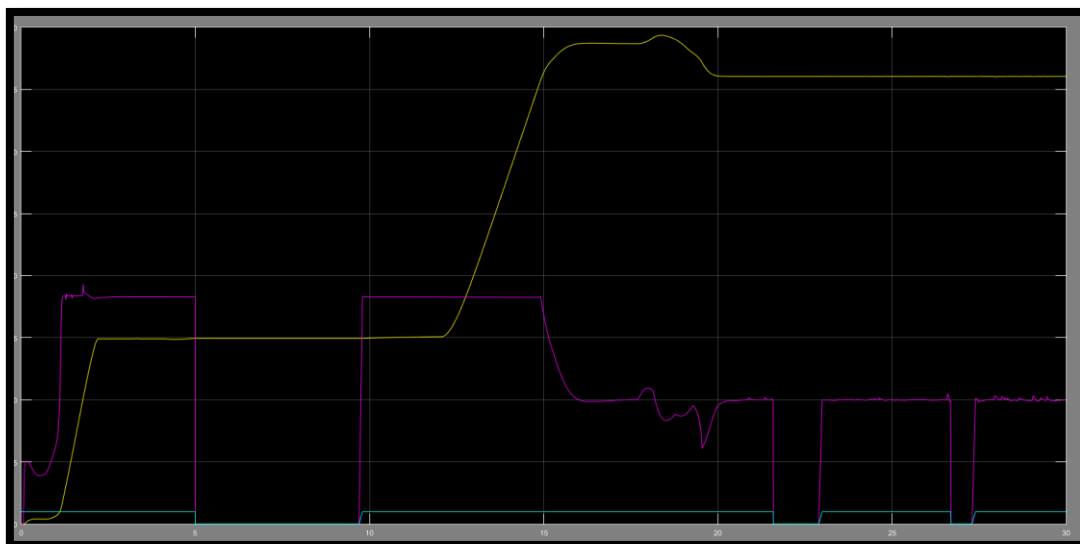
Με βάση το παρακάτω διάγραμμα, παρατηρείται ότι όταν η μηχανή δεν λειτουργεί (δηλαδή η πράσινη γραμμή είναι στο μηδέν), επηρεάζονται η ποσότητα του παραχθέν προϊόντος (στη συγκεκριμένη περίπτωση τα γεμάτα μπουκάλια) και ο ρυθμός παραγωγής. Η παραχθείσα ποσότητα των γεμάτων μπουκαλιών και ο ρυθμός παραγωγής επηρεάζονται από τις ποσότητες των αντίστοιχων προϊόντων που δέχεται ως είσοδους το υποσύστημα αυτό. Δίotti το υποσύστημα πλήρωσης μπουκαλιών πρόκειται για ένα σύστημα συναρμολόγησης, το οποίο δέχεται δύο προϊόντα και δημιουργεί ένα τελικό προϊόν.



Εικόνα 86: Διάγραμμα προσομοίωσης λειτουργίας υποσυστήματος γεμίσματος μπουκαλιών

5.4 Παρουσίαση αποτελεσμάτων του υποσυστήματος της μηχανής πωματισμού μπουκαλιών

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, με πράσινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία της λειτουργίας της μηχανής, με κίτρινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία της τελικής ποσότητας των μπουκαλιών στα οποία έχει γίνει πωματισμός και με ροζ χρώμα η πορεία του ρυθμού παραγωγής της μηχανής πωματισμού των μπουκαλιών.



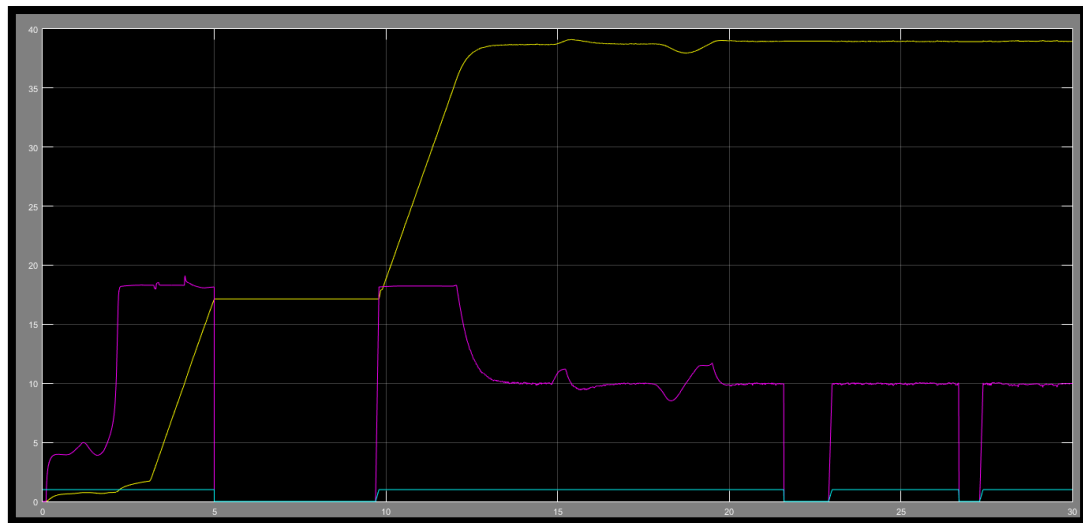
Εικόνα 87: Διάγραμμα προσομοίωσης λειτουργίας υποσυστήματος πωματισμού μπουκαλιών

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρείται ότι όταν η μηχανή δεν λειτουργεί (δηλαδή η πράσινη γραμμή είναι στο μηδέν), επηρεάζονται η ποσότητα του παραχθέν προϊόντος και ο ρυθμός παραγωγής. Με αποτέλεσμα, ο ρυθμός παραγωγής να μηδενίζεται. Η παραχθείσα ποσότητα εξαρτάται κυρίως από το αν λειτουργεί η μηχανή και είναι ανάλογη του ρυθμού παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα, όταν ο ρυθμός παραγωγής είναι ο μεγάλος, η παραχθείσα

ποσότητα αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό. Ενώ όταν ο ρυθμός, είτε είναι σταθερός είτε μειώνεται, επηρεάζει ανάλογα και την παραχθείσα ποσότητα. Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι η μορφή της πορείας της παραχθείσας ποσότητας και του ρυθμού παραγωγής είναι παρόμοια με ανάλογες διακυμάνσεις.

5.5 Παρουσίαση αποτελεσμάτων του υποσυστήματος της μηχανής επικόλλησης ετικέτας

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, με πράσινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία της λειτουργίας της μηχανής, με κίτρινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία της τελικής ποσότητας των μπουκαλιών στα οποία έχει γίνει επικόλληση της ετικέτας και με ροζ χρώμα η πορεία του ρυθμού παραγωγής της μηχανής επικόλλησης της ετικέτας στα μπουκάλια.

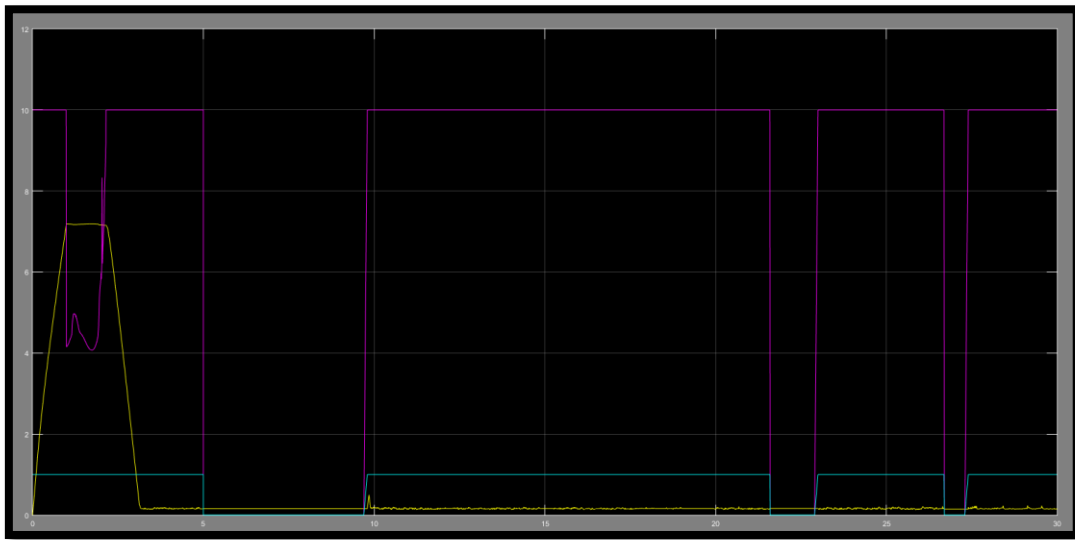


Εικόνα 88: Διάγραμμα προσομοίωσης λειτουργίας υποσυστήματος επικόλλησης ετικέτας

Με βάση το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρείται ότι όταν η μηχανή δεν λειτουργεί (δηλαδή η πράσινη γραμμή είναι στο μηδέν), επηρεάζεται ο ρυθμός παραγωγής με αποτέλεσμα, ο ρυθμός παραγωγής να μηδενίζεται. Ενώ η παραχθείσα ποσότητα προϊόντων παραμένει σταθερή. Γενικότερα, η παραχθείσα ποσότητα προϊόντων εξαρτάται κυρίως από το αν λειτουργεί η μηχανή και είναι ανάλογη του ρυθμού παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα, όταν ο ρυθμός παραγωγής είναι ο μεγάλος, η παραχθείσα ποσότητα ελαιόλαδου αυξάνεται με γρήγορο ρυθμό. Ενώ όταν ο ρυθμός, είτε είναι σταθερός είτε μειώνεται, επηρεάζει ανάλογα και την παραχθείσα ποσότητα. Η πορεία της παραχθείσας ποσότητας προϊόντων και του ρυθμού παραγωγής έχουν παρόμοια μορφή στο παραπάνω διάγραμμα.

5.6 Παρουσίαση αποτελεσμάτων του υποσυστήματος της μηχανής κατασκευής χαρτοκιβωτίων

Η μηχανή του συστήματος τροφοδοτείται συνεχώς με σταθερή ποσότητα χαρτονιών που προορίζονται να επεξεργαστούν και να δημιουργηθούν χαρτοκιβώτια. Στο διάγραμμα που ακολουθεί, με πράσινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία της λειτουργίας της μηχανής, με κίτρινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία της τελικής ποσότητας των χαρτοκιβωτίων που έχουν δημιουργηθεί και με ροζ χρώμα η πορεία του ρυθμού παραγωγής της μηχανής κατασκευής χαρτοκιβωτίων.



Εικόνα 89: Διάγραμμα προσομοίωσης λειτουργίας υποσυστήματος κατασκευής κιβωτίων

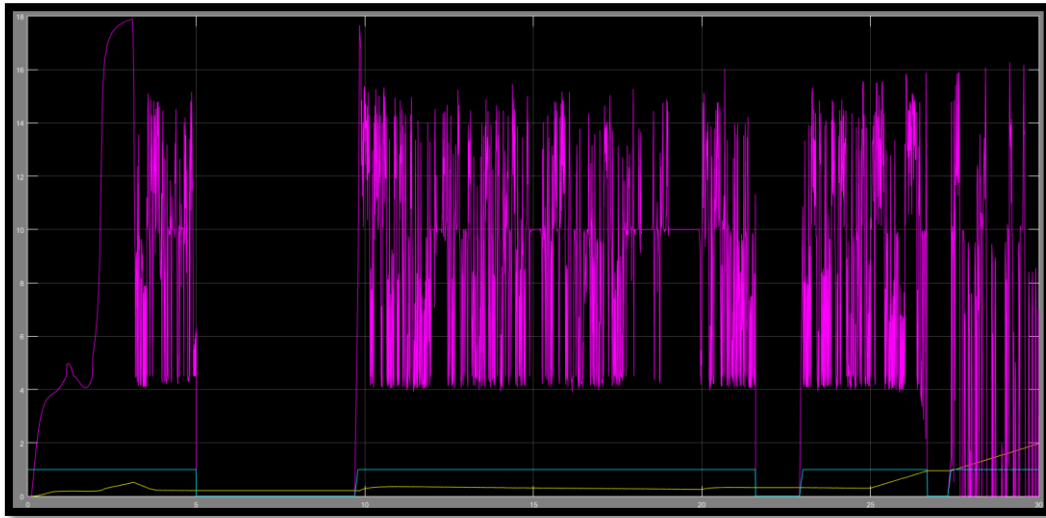
Με βάση το παραπάνω διάγραμμα, παρατηρείται ότι όταν η μηχανή δεν λειτουργεί (δηλαδή η πράσινη γραμμή είναι στο μηδέν), επηρεάζεται ο ρυθμός παραγωγής με αποτέλεσμα, ο ρυθμός παραγωγής να μηδενίζεται.

5.7 Παρουσίαση αποτελεσμάτων του υποσυστήματος της μηχανής γεμίσματος κιβωτίων

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, με πράσινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία της λειτουργίας της μηχανής, με κίτρινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία της τελικής ποσότητας των γεμάτων κιβωτίων και με ροζ χρώμα η πορεία του ρυθμού παραγωγής της μηχανής πλήρωσης των κιβωτίων.

Με βάση το παρακάτω διάγραμμα, παρατηρείται ότι όταν η μηχανή δεν λειτουργεί (δηλαδή η πράσινη γραμμή είναι στο μηδέν), επηρεάζεται ο ρυθμός παραγωγής και πιο συγκεκριμένα μηδενίζεται. Η παραχθείσα ποσότητα των γεμάτων κιβωτίων είναι σε χαμηλά επίπεδα γιατί επηρεάζεται από τις ποσότητες των αντίστοιχων προϊόντων που δέχεται ως είσοδο το

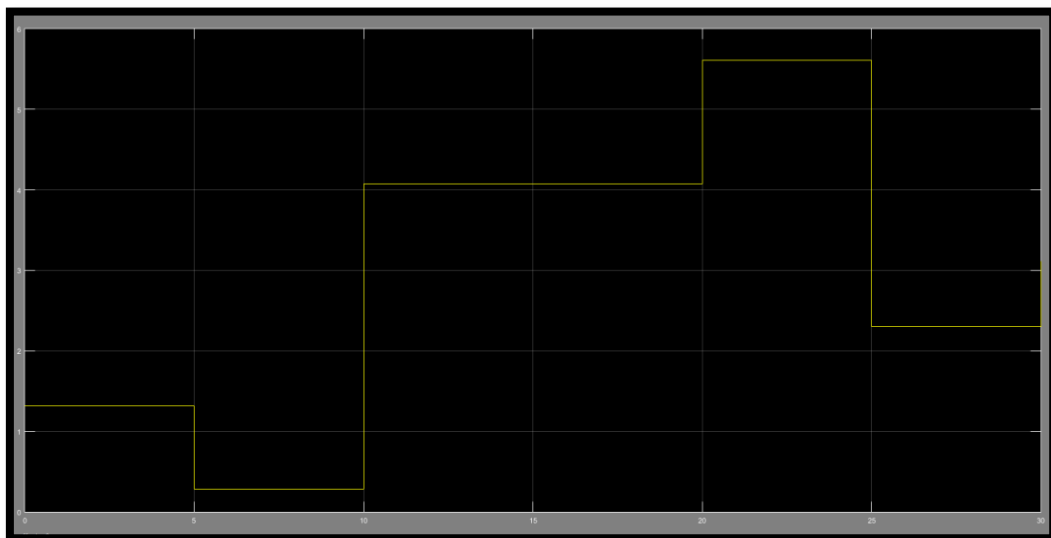
υποσύστημα αυτό. Δίότι το υποσύστημα πλήρωσης κιβωτιών πρόκειται για ένα σύστημα συναρμολόγησης, το οποίο δέχεται δύο προϊόντα και δημιουργεί ένα τελικό προϊόν. Πιο συγκεκριμένα, ένα γεμάτο κιβώτιο αποτελείται από δέκα μπουκάλια.



Εικόνα 90:Διάγραμμα προσομοίωσης λειτουργίας υποσυστήματος μηχανής γεμίσματος κιβωτιών

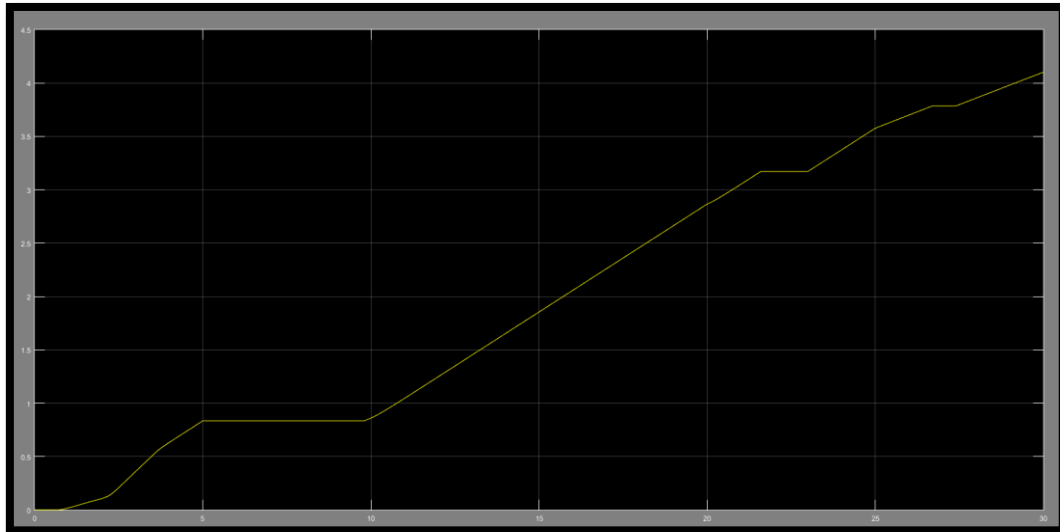
5.8 Παρουσίαση αποτελεσμάτων του υποσυστήματος της μηχανής παλετοποίησης

Το υποσύστημα αυτό είναι το πιο σημαντικό για το δίκτυο παραγωγής, δίότι με βάση τις εισόδους που δέχεται, καθορίζονται και όλα τα υπόλοιπα στάδια της παραγωγής. Η πιο σημαντική είσοδος του υποσυστήματος είναι η μεταβαλλόμενη ζήτηση, η οποία με τη σειρά της καθορίζει την παραγωγή και το ρυθμό παραγωγής. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η πορεία της ζήτησης.



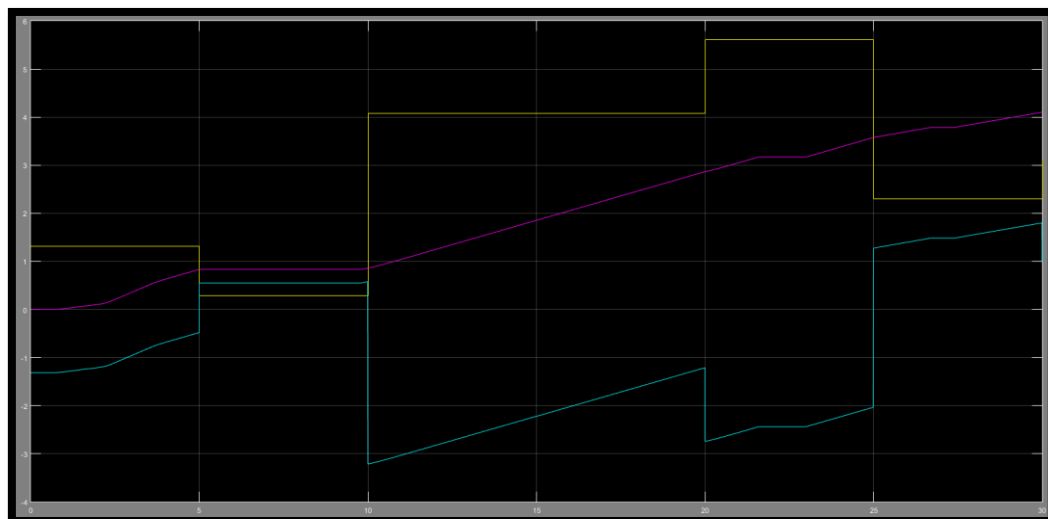
Εικόνα 91: Η πορεία της ζήτησης

Στη συνέχεια παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα η πορεία της παραχθείσας ποσότητας παλετών (αποτελούμενες με 50 κιβώτια μπουκαλιών η κάθε μία παλέτα) . Με την πάροδο του χρόνου μεγαλώνει η παραγωγή λόγω της αυξημένης ζήτησης όπως φαίνεται στο διάγραμμα.



Εικόνα 92: Η πορεία της παραγωγής

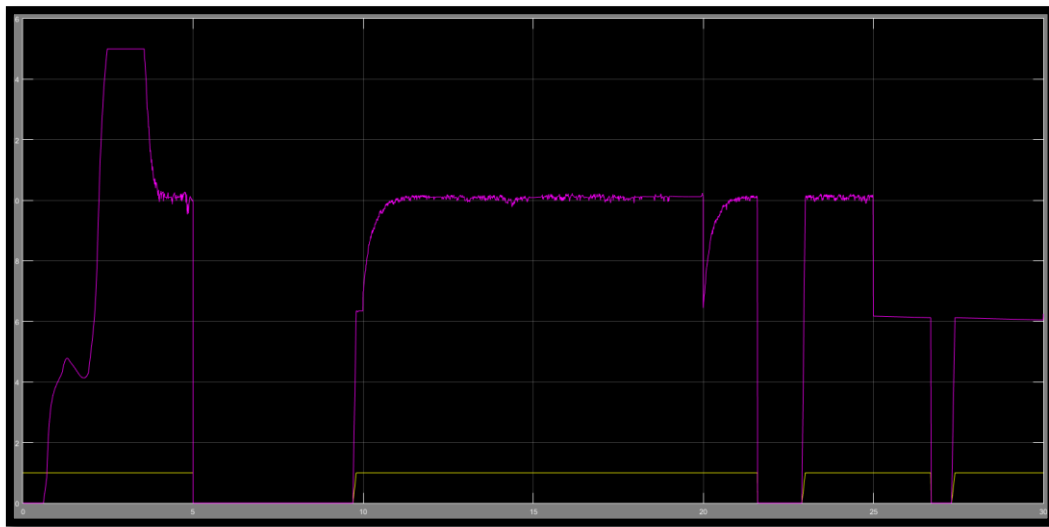
Από τα διαγράμματα της ζήτησης και της παραχθείσας ποσότητας φαίνεται ότι στην αρχή υπάρχει έλλειμα στην παραγωγή και πρέπει να καλυφθεί η διαφορά μεταξύ της ζήτησης και της παραγωγής. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζονται η πορεία της ζήτησης και της παραγωγής καθώς και η πορεία του αντίστοιχου πλεονάσματος ή διαφορετικά ελλείματος παραγωγής. Με κίτρινη γραμμή συμβολίζεται η ζήτηση, μεροζ συμβολίζεται η παραχθείσα ποσότητα και με την πράσινη συμβολίζεται το πλεονάσμα-ελλείμμα παραγωγής.



Εικόνα 93: Πορεία ζήτησης- παραγωγής-πλεονάσματος παραγωγής

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, με κίτρινο χρώμα παρουσιάζεται η πορεία της λειτουργίας της μηχανής και με ροζ χρώμα η πορεία του ρυθμού παραγωγής της μηχανής παλετοποίησης. Με

βάση το παρακάτω διάγραμμα, παρατηρείται ότι όταν η μηχανή δεν λειτουργεί (δηλαδή η κίτρινη γραμμή είναι στο μηδέν), επηρεάζεται ο ρυθμός παραγωγής και πιο συγκεκριμένα μηδενίζεται.



Εικόνα 94: Διάγραμμα προσομοίωσης λειτουργίας υποσυστήματος μηχανής παλετοποίησης

5.9 Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε η προσομοίωση και ο προγραμματισμός ενός συστήματος παραγωγής μεταβαλλόμενης ζήτησης. Η εφαρμογή της προσομοίωσης βασίστηκε στη θεωρία της ασαφούς λογικής και για την κατασκευή του συστήματος χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα της Simulink και ο Fuzzy Logic Designer της Matlab. Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνεται ότι οι ασαφείς ελεγκτές, οι οποίοι έχουν τοποθετηθεί στο σύστημα, ανταποκρίνονται στις μεταβολές της ζήτησης, βελτιώνοντας με αυτό τον τρόπο της απόδοτικότητας του συστήματος παραγωγής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το πρόγραμμα της Simulink και ο Fuzzy Logic Designer της Matlab μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή προσομοιωτών συστημάτων παραγωγής. Οι πολυάριθμες δυνατότητες της Matlab καθώς και του Simulink προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα στο τομέα της προσομοίωσης.

Βιβλιογραφία

- [1] Α. Σκρέτης, “Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ : ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ,” ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, 2019.
- [2] “Ελαιόλαδο.” https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/olive-oil_el (accessed Dec. 10, 2023).
- [3] “Οι τύποι του ελαιόλαδου, τα χαρακτηριστικά και η ποιότητά τους | www.olivemagazine.gr.” <https://www.olivemagazine.gr/dokimazoume/afieromata/poioi-einai-oi-typoi-elaioladou-ta-charaktiristika-kai-i-poiotita-tous/> (accessed Dec. 10, 2023).
- [4] “Έρευνα – Ποιοτικές Κατηγορίες Ελαιολάδων | Olive Epitome.” <https://www.oliveepitome.com/katigories-elaioladwn/> (accessed Dec. 10, 2023).
- [5] “Στην πέμπτη θέση της παραγωγής ελαιολάδου η Ελλάδα, με ετήσια μείωση 18,2% - selfservice.gr | Σελφ σέρβις.” <https://selfservice.gr/stin-pebti-thesi-tis-paragogis-elaioladou-i-ellada-me-etisia-meiosi-182/> (accessed Dec. 10, 2023).
- [6] Χ. Τσιλιγιάννης, “ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΛΑΔΟΥ ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ,” ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ, 2022.
- [7] “Οι εξαγωγές και η δυναμική του ελληνικού ελαιόλαδου – Ένωση Αγρινίου.” <https://www.e-ea.gr/2022/02/oi-exagoges-kai-h-dynamiki-tou-ellhnik/> (accessed Dec. 10, 2023).
- [8] “Ποια είναι η διαδικασία συσκευασίας και τυποποίησης της ελιάς και του ελαιολάδου; - Tahipack.” <https://www.tahipack.gr/poia-einai-i-diadikasia-syskeyasias-kai-typopoiisis-tis-elias-kai-toy-elaioladoy/> (accessed Dec. 10, 2023).
- [9] Σ. Κατσίβας, “« ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ » « ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ »,» ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ, 2013.
- [10] N. C. Tsourveloudis, E. Dretoulakis, and S. Ioannidis, “Fuzzy work-in-process inventory control of unreliable manufacturing systems,” *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 127, no. 1–2, pp. 69–83, Aug. 2000, doi: 10.1016/S0020-0255(00)00030-X.
- [11] N. Tsourveloudis and S. Ioannidis, “Optimized Fuzzy Scheduling of Manufacturing Systems,” no. May, pp. 196–201, 2011, doi: 10.5220/0001184401960201.
- [12] S. Ioannidis and N. Tsourveloudis, “Fuzzy Techniques in Scheduling of Manufacturing Systems,” *Fuzzy Appl. Ind. Eng.*, pp. 427–452, May 2006, doi: 10.1007/3-540-33517-X_18.