



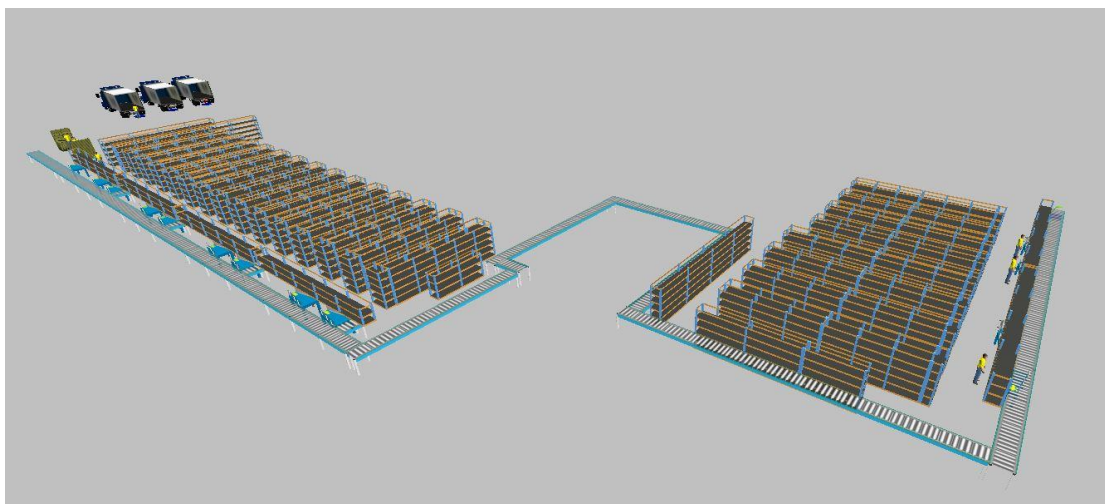
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ &

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΩΝ (PICKING) ΜΕΓΑΛΗΣ ΦΑΡΜΑΚΑΠΟΘΗΚΗΣ, ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FLEXSIM



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Γ. ΤΡΙΚΚΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΣΤΑΥΡΟΣ ΠΟΝΗΣ

ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, Φεβρουάριος 2018

.....

Κωνσταντίνος Γ. Τρίκκας

Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

©2018 – All rights reserved

Υπεύθυνη Δήλωση Εναντίον Λογοκλοπής

Έχω διαβάσει και κατανοήσει τους κανόνες για τη λογοκλοπή και τον τρόπο σωστής αναφοράς των πηγών που περιέχονται στον Οδηγό συγγραφής Διπλωματικών εργασιών. Δηλώνω ότι, από όσα γνωρίζω, το περιεχόμενο της παρούσας Διπλωματικής εργασίας είναι προϊόν δικής μου δουλειάς και υπάρχουν αναφορές σε όλες τις πηγές που χρησιμοποίησα.

Κωνσταντίνος Γ. Τρίκκας

Ευχαριστίες

Με την παρούσα Διπλωματική Εργασία ολοκληρώνονται οι σπουδές μου ως προπτυχιακού φοιτητή της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, Σταύρο Πόνη, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα πραγματικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει ένας Μηχανολόγος Μηχανικός Παραγωγής. Επίσης, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για όλες τις γνώσεις και την εμπειρία που μου μετέδωσε.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, που μου στάθηκε αρωγός καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Ο ρυθμός με τον οποίο εξελίσσεται και μεταβάλλεται πλέον η αγορά δημιουργεί την ανάγκη για εργαλεία και μεθόδους που θα συμβάλλουν στην ορθή και γρήγορη λήψη αποφάσεων. Ένα τέτοιο εργαλείο είναι η μέθοδος της προσομοίωσης η οποία αναλύεται στην παρούσα εργασία. Η προσομοίωση αναφέρεται στην πιστή σχεδίαση του μοντέλου ενός συστήματος, με σκοπό την εκτέλεση πειραμάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων, μέσω υπολογιστή.

Στα πλαίσια της εργασίας, δημιουργήθηκε ένα πιστό μοντέλο του συστήματος συλλογής παραγγελιών (picking) μεγάλης ελληνικής φαρμακαποθήκης, το οποίο εκτελέσθηκε και αξιοποιήθηκε με την χρήση του λογισμικού Flexsim.

Στόχος της εργασίας είναι η ανάδειξη της αξίας της προσομοίωσης μέσω ενός ρεαλιστικού προβλήματος, η αναλυτική επεξήγηση του τρόπου λειτουργίας του λογισμικού Flexsim αλλά και η εξαγωγή χρήσιμων και εύστοχων συμπερασμάτων, ικανά για πιθανή χρήση από την εταιρεία.

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε, περιέχει επτά σταθμούς συλλογής όπου απασχολούνται δώδεκα εργαζόμενοι και δύο θέσεις συσκευασίας με δύο εργαζομένους. Η παραμετροποίηση και η φόρτιση του μοντέλου βασίστηκε στα στοιχεία που προσέφερε η εταιρεία.

Το τελικό μοντέλο αποτυπώνει πλήρως την λειτουργικότητα του συστήματος συλλογής και προσφέρεται για την εξαγωγή ποικίλων συμπερασμάτων. Στα πλαίσια της εργασίας, τα συμπεράσματα επικεντρώθηκαν στην κατανομή του χρόνου και την φόρτιση των εργαζομένων και των σταθμών.

Παρατηρήθηκε ότι η κατανομή των εργαζομένων στους σταθμούς δεν είναι ανάλογη με τον φόρτο εργασίας αυτών και πως η αλλαγή θέσης εργασίας ενός μόνο εργαζομένου βελτιώνει σημαντικά την λειτουργία της αποθήκης. Προτάθηκε επίσης στην εταιρεία μία αλλαγή στον τρόπο αποθήκευσης των προϊόντων, με γνώμονα μια ABC ανάλυση που πραγματοποιήθηκε. Σύμφωνα με αυτή, τα πιο συχνά κινούμενα προϊόντα να τοποθετούνται κοντά στις θέσεις συλλογής ώστε να επιταχύνεται η συλλογή τους. Η αλλαγή αυτή προκάλεσε την μείωση του απαιτούμενου χρόνου συλλογής κατά 10%.

Abstract

Today's rapid development of the market creates the need to acquire the necessary tools and methods in order to make decisions that are not only right but also fast. Such a tool is the simulator-based method that is going to be presented in this Diploma Thesis. This simulation is focusing on the precise design of a model, aiming to perform experiments and to draw conclusions with the use of a computer.

In this thesis, an accurate system for the collection of orders (picking) of a large Greek drugstore, was created, implemented and utilized using the Flexsim software.

The aim of the thesis is to highlight the value of simulation through a realistic problem, the detailed analysis of the way that Flexsim software works, as well as the extraction of useful and meaningful conclusions able to be used any company.

The model that was developed includes seven collection stations with a total of twelve employees and two packing positions with two employees. The parameterization and charge of the model were based on the data provided by the company.

The final model fully reflects the functionality of the collection system and can successfully provide us with a variety of conclusions. In the context of this project, the conclusions focused on the distribution of time and workload of both employees and stations.

Furthermore, it has been observed that the distribution of employees in the stations is not proportional to their workload and that the change of job position of a single employee improves significantly the operation of the warehouse. It was also suggested to the company that a possible change was made, in the way products are stored, based on an ABC analysis performed. According to this, the most often moving products should be placed near the collection points to speed up their collection. This change resulted in the reduction of the required collection time by 10%.

Πίνακας Περιεχομένων

Υπεύθυνη Δήλωση Εναντίον Λογοκλοπής	5
Ευχαριστίες	7
Περίληψη	9
Πίνακας Περιεχομένων	13
Κατάλογος Εικόνων	16
Κατάλογος Διαγραμμάτων	19
Κατάλογος Πινάκων	20
1 Εισαγωγή στην Προσομοίωση Διακριτών Γεγονότων	21
1.1 Εισαγωγικές έννοιες	21
1.1.1 Χαρακτηριστικά των συστημάτων	21
1.1.2 Χαρακτηριστικά των Μοντέλων	22
1.1.3 Προσομοίωση	24
1.2 Σύντομη ιστορική αναδρομή προσομοίωσης	27
1.3 Προσομοίωση Διακριτών Γεγονότων	30
1.3.1 Έλεγχος χρόνου προσομοίωσης	30
1.3.2 Χαρακτηριστικά μοντέλου προσομοίωσης	31
1.3.3 Τακτικές προσέγγισης προσομοίωσης	32
1.4 Εφαρμογή της προσομοίωσης διακριτών γεγονότων στη σύγχρονη αποθήκη	34
2 Το Λογισμικό Προσομοίωσης Flexsim	37
2.1 Αντικείμενα του Flexsim	38
2.1.1 Fixed Resources	38
2.1.2 Task Executors	41
2.2 Σύνδεση αντικειμένων	42
2.3 Χαρακτηριστικά και ιδιότητες αντικειμένων	42
2.3.1 Κοινές Καρτέλες Ιδιοτήτων	42
2.3.2 Ειδικές Καρτέλες Ιδιοτήτων	46
2.4 Εργαλεία του Flexsim	49
2.4.1 Λίστα – Pick List	49
2.4.2 Βοηθητικοί πίνακες – Global Table	50
2.4.3 Έλεγχος Πειραμάτων Προσομοίωσης – Simulation Experiment Control	51
2.5 Αναφορές (Reports) του Flexsim	53
2.5.1 Συνολική Αναφορά	54
Περίληπτική Αναφορά	55
Αναφορά Κατάστασης	58
Σύγκριση Αντικειμένων	59
Χρονική Απόκριση Αντικειμένου	60
Οικονομική Αναφορά	62
Διάγραμμα Gantt Αντικειμένου	64
Αναφορά ενός Αντικειμένου	66

Διάγραμμα Gantt	69
Πίνακες Δεδομένων	70
2.6 Λόγοι Επιλογής του FlexSim	73
3 Ο Κλάδος των Φαρμακαποθηκών στην Ελλάδα.....	75
3.1 Γενικά Στοιχεία.....	75
3.2 Ζήτηση.....	76
3.2.1 Οικονομικές Συνθήκες	76
3.2.2 Δημογραφικά Στοιχεία.....	78
3.2.3 Σοβαρές Ασθένειες	80
3.3 Προσφορά.....	80
3.4 Αγορά (Ελλάδα – Ευρώπη)	81
3.4.1 Ελληνική Αγορά.....	81
3.4.2 Ευρωπαϊκή Αγορά.....	83
3.5 Συμπεράσματα – Το Μέλλον του Κλάδο	84
4 Η Σύγχρονη Αποθήκη	87
4.1 Η εξέλιξη του ρόλου της αποθήκης	87
4.2 Είδη αποθήκης.....	89
4.3 Διαδικασίες Αποθήκευσης	90
4.3.1 Έμμεσα Οφέλη Αποθήκης στην Αγορά.....	94
4.4 Ιδιαιτερότητες Φαρμακαποθηκών	94
4.5 Η Αξία του Picking στην σύγχρονη Αποθήκη	97
4.5.1 Pickers to goods	99
4.5.2 Goods to pickers	101
4.5.3 Αυτόματα συστήματα συλλογής	102
5 Μελέτη Περίπτωσης.....	105
5.1 Εταιρικό Προφίλ.....	105
5.1.1 Όραμα και στόχοι.....	105
5.1.2 Οργανόγραμμα	105
5.2 Συλλογή Παραγγελιών στην Εξεταζόμενη Αποθήκη	106
5.2.1 Καθημερινοί πελάτες.....	106
6 Ανάπτυξη Μοντέλου Προσομοίωσης.....	109
6.1 Πηγή Παραγγελιών	110
6.1.1 Ετικέτες – Labels	113
6.1.2 Σημείο Έναρξης Συλλογής Παραγγελίας.....	119
6.2 Ταινία Μεταφοράς	120
6.3 Συλλογή από θέσεις Picking.....	124
6.3.1 Συνδυαστές – Θέση Εκκίνησης Συλλογής	124
6.3.2 Ράφια Συλλογής	132
6.3.3 Εργαζόμενοι – Pickers.....	135
6.4 Συσκευασία.....	138
6.5 Συνολική Αποτίμηση Πιστότητας Προσομοιωτικού Μοντέλου	140
7 Εκτέλεση Προσομοίωσης – Ανάλυση Σεναρίων και Αποτελέσματα	143
7.1 Εκτέλεση Σεναρίου I - Υφιστάμενης Κατάστασης (Baseline).....	144
7.1.1 Παρουσίαση Μετρούμενων Μεγεθών	144
7.1.2 Ανάλυση Αποτελεσμάτων.....	148

7.2	Εκτέλεση Σεναρίου II - Αλλαγή Θέσης Εργασίας	149
7.3	Εκτέλεση Σεναρίου III – Αλλαγή Θέσης Αποθήκευσης Προϊόντων	152
7.3.1	Πρόταση Αναδιοργάνωσης Θέσεων Αποθήκευσης	154
7.3.2	Αποτελέσματα Σεναρίου III.....	156
7.4	Εκτέλεση Σεναρίου IV – Ταυτόχρονη Εφαρμογή των Σεναρίων II και III.....	159
8	Συμπεράσματα –Μελλοντικές Ενέργειες.....	163
8.1	Προτάσεις για το Μέλλον	163
8.2	Προσωπική Εμπειρία	164
9	Βιβλιογραφικές Αναφορές	165
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α		167

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.2-1: Διάγραμμα Κύκλου Δραστηριοτήτων	29
Εικόνα 2.2-1: Συνδέσεις Αντικειμένων	42
Εικόνα 2.3-1: Γενική Καρτέλα	43
Εικόνα 2.3-2: Καρτέλα Στατιστικής	43
Εικόνα 2.3-3: Καρτέλα Εναυσμάτων	44
Εικόνα 2.3-4: Καρτέλα Ροής	44
Εικόνα 2.3-5: Καρτέλα Ετικετών	45
Εικόνα 2.3-6: Καρτέλα Επεξεργασίας	46
Εικόνα 2.3-7: Καρτέλα Διάταξης	46
Εικόνα 2.3-8: Καρτέλα Συνδυαστή	47
Εικόνα 2.3-9: Καρτέλα Ουράς	47
Εικόνα 2.3-10: Καρτέλα Πηγής	48
Εικόνα 2.3-11: Καρτέλα Task Executors	48
Εικόνα 2.3-12: Καρτέλα Ραφιού	49
Εικόνα 2.4-1: Pick List	50
Εικόνα 2.4-2: Global Table	50
Εικόνα 2.4-3: Έλεγχος Πειραμάτων Προσομοίωσης	51
Εικόνα 2.4-4: Tree Node	52
Εικόνα 2.4-5: Performance measures	52
Εικόνα 2.4-6: Αποτελέσματα Προσομοίωσης	53
Εικόνα 2.5-1: Καρτέλα Statistics	53
Εικόνα 2.5-2: Reports and Statistics	54
Εικόνα 2.5-3: Flexsim Chart	55
Εικόνα 2.5-4: Summary Report	56
Εικόνα 2.5-5: Objects Comparison	59
Εικόνα 2.5-6: Objects Comparison Chart	60
Εικόνα 2.5-7: Object Time Plot	61
Εικόνα 2.5-8: Object Time Plot Chart	61
Εικόνα 2.5-9: Financial Report	62
Εικόνα 2.5-10: Total Financial Report	63
Εικόνα 2.5-11: Detailed Financial Report	64
Εικόνα 2.5-12: Object Gantt	65
Εικόνα 2.5-13: Object Gantt Chart	66
Εικόνα 2.5-14: Single Object Report	67

Εικόνα 2.5-15: Single Object Report – State Chart.....	68
Εικόνα 2.5-16: Single Object Report - Staytime Histogram	69
Εικόνα 2.5-17: Flowitem Gantt	69
Εικόνα 2.5-18: Flowitem Gantt Chart.....	70
Εικόνα 2.5-19: Database Table	71
Εικόνα 2.5-20: Model Documentation Tab	72
Εικόνα 2.5-21: Option Tab	73
Εικόνα 3.5-1: SWOT Ανάλυση	84
Εικόνα 4.2-1: Η αποθήκη στην εφοδιαστική αλυσίδα.....	90
Εικόνα 4.3-1: Επιμερισμός λειτουργικού κόστους αποθήκης.....	91
Εικόνα 4.3-2: Cross - Docking.....	92
Εικόνα 4.3-3: Διαδικασίες Αποθήκης.....	93
Εικόνα 4.5-1: Αλληλεξάρτηση Παραγόντων Picking	98
Εικόνα 4.5-2: Picker to goods picking.....	99
Εικόνα 4.5-3: Goods to picker	101
Εικόνα 4.5-4: Πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα συλλογής	102
Εικόνα 5.1-1: Οργανόγραμμα Εταιρείας	106
Εικόνα 5.2-1: Χώρος συλλογής φαρμάκων	107
Εικόνα 5.2-2: Χώρος συλλογής παραφαρμάκου	107
Εικόνα 6.1-1: Source_Paraggelies – Βασική Καρτέλα	111
Εικόνα 6.1-2: Κατανομή Άφιξης Παραγγελιών	112
Εικόνα 6.1-3: Ομοίμορφη Κατανομή Γραμμών / Παραγγελία.....	112
Εικόνα 6.1-4: Source_Paraggelies - Καρτέλα Εναυσμάτων.....	114
Εικόνα 6.1-5: Global Table - Πίνακας Κωδικών	117
Εικόνα 6.1-6: Γραμμές και Ποσότητες Παραγγελιών	118
Εικόνα 6.1-7: Source_Paraggelies - Γενική Καρτέλα	119
Εικόνα 6.1-8: Source_Paraggelies - Καρτέλα Ροής.....	120
Εικόνα 6.2-1: Ταινία Μεταφοράς	121
Εικόνα 6.2-2: Βασική Καρτέλα Μεταφορικής Ταινίας.....	121
Εικόνα 6.2-3: Ταινία Μεταφοράς - Τμήμα Παραφαρμάκου	122
Εικόνα 6.2-4: Συλλογή Παραφαρμάκου - Κατανομή Καλαθιών 1.....	123
Εικόνα 6.2-5: Συλλογή Παραφαρμάκου - Κατανομή Καλαθιών 2.....	124
Εικόνα 6.3-1: Βασική Καρτέλα Συνδυαστή	125
Εικόνα 6.3-2: Γενική Καρτέλα Συνδυαστή.....	126
Εικόνα 6.3-3: Παράθυρο Αποστολής Μηνύματος	128
Εικόνα 6.3-4: Καρτέλα Καθορισμού Ποσοτήτων Συνδυαστή	130

Εικόνα 6.3-5: Καρτέλα Ροής Συνδυαστή	132
Εικόνα 6.3-6: Βασική Καρτέλα Ραφιών.....	133
Εικόνα 6.3-7: Καρτέλα Διαστάσεων Ραφιού	134
Εικόνα 6.3-8: Επιλογή Μεταφορέα	135
Εικόνα 6.3-9: Βασική Καρτέλα Εργαζομένου.....	136
Εικόνα 6.3-10: Καρτέλα Εναυσμάτων Εργαζομένου.....	137
Εικόνα 6.4-1: Βασική Καρτέλα Θέσης Συσκευασίας	139
Εικόνα 7.2-1: Κατανομή Δημοτικότητας Προϊόντων.....	153

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 3.2-1: Σύσταση ΑΕΠ (%).....	77
Διάγραμμα 3.2-2: Συνολική Χρηματοδότηση για Δαπάνες Υγείας 2009-2015 (€ εκατ.).....	78
Διάγραμμα 3.2-3: Δείκτης Γήρανσης (%).....	79
Διάγραμμα 3.2-4: Εξέλιξη Προσδόκιμου Επιβίωσης 1960 – 2030	79
Διάγραμμα 3.3-1: Αριθμός Φαρμακαποθηκών στην Ελλάδα	80
Διάγραμμα 3.3-2: Περιθώριο Κέρδους (%) Ανεξάρτητες Εταιρείες - Συνεταιρισμοί	81
Διάγραμμα 4.5-1: Κατανομή χρόνου ricker	98
Διάγραμμα 7.1-1: Μέση κατανομή χρόνου εργαζομένων.....	145
Διάγραμμα 7.1-2: Ποσοστό χρησιμοποίησης Σταθμών	147
Διάγραμμα 7.2-1: Χρησιμοποίηση Σταθμών - Σενάριο II	152
Διάγραμμα 7.3-1: Μέση Κατανομή Χρόνου Εργαζομένων - Σενάριο III	157
Διάγραμμα 7.3-2: Ποσοστό Χρησιμοποίησης Σταθμών - Σενάριο III.....	158
Διάγραμμα 7.4-1: Χρησιμοποίηση Σταθμών - Σενάριο IV	161

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1-1: 20 Μεγαλύτερες Φαρμακαποθήκες σε κύκλο εργασιών το 2015.....	76
Πίνακας 5.2-1: Κατανομή Προϊόντων στους Σταθμούς	110
Πίνακας 6.1-1: Προϊόντα / Γραμμή	113
Πίνακας 6.1-2: Κατανομή Κωδικών στους Σταθμούς.....	114
Πίνακας 6.1-3: Κώδικας Δημιουργίας Ετικετών	115
Πίνακας 6.3-1: Κώδικας Αποστολής Μηνύματος	127
Πίνακας 6.3-2: Κώδικας για Ανάγνωση Παραγγελιών.....	138
Πίνακας 6.4-1: Κώδικας Υπολογισμού Χρόνου Συσκευασίας	139
Πίνακας 7.1-1: Κατανομή χρόνου εργαζομένων	145
Πίνακας 7.1-2: Πλήθος προϊόντων ανά σταθμό.....	147
Πίνακας 7.1-3: Μπλοκαρισμένοι σταθμοί επί του συνολικού χρόνου – Σενάριο I.....	148
Πίνακας 7.2-1: Μέση Κατανομή Χρόνου Εργαζομένων - Σενάριο II.....	150
Πίνακας 7.2-2: Αποτελέσματα Αλλαγής Θέσης Εργαζομένου.....	151
Πίνακας 7.3-1: Κινητικότητα Κωδικών	153
Πίνακας 7.3-2: Πίνακας Δημιουργίας Ετικετών II	155
Πίνακας 7.3-3: Κατανομή Χρόνου Εργαζομένων II.....	157
Πίνακας 7.3-4: Μέσο αποτέλεσμα Σεναρίου III	158
Πίνακας 7.3-5: Χρόνος Μπλοκαρισμένων Θέσεων Συλλογής III.....	159
Πίνακας 7.4-1: Κατανομή Χρόνου Εργαζομένων - Σενάριο IV	159
Πίνακας 7.4-2: Αποτελέσματα Σεναρίου IV.....	160

1 Εισαγωγή στην Προσομοίωση Διακριτών Γεγονότων

1.1 Εισαγωγικές έννοιες

Η συνεχής εξέλιξη και η πολυπλοκότητα των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα σε όλα τα επίπεδα μιας σύγχρονα οργανωμένης κοινωνίας, δημιουργούν την ανάγκη για μοντελοποίηση των διαδικασιών αυτών. Η αξία της μοντελοποίησης έγκειται στην απλουστευτική και αφαιρετική παρουσίαση των γεγονότων η οποία ευνοεί την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με πιθανές μεταβολές χωρίς να απαιτείται η εφαρμογή τους.

1.1.1 Χαρακτηριστικά των συστημάτων

Η κάθε κατάσταση η οποία μελετάται, αποτελεί το προς μελέτη σύστημα. Ως **σύστημα (system)** ορίζεται *ένα σύνολο οντοτήτων (ανθρώπων ή μηχανών) που αλληλεπιδρούν και συνεργάζονται για την επίτευξη κάποιοι στόχου.*

Η μελέτη ενός συστήματος αφορά τόσο την ανάλυσή του, όταν πρόκειται για ήδη υπάρχον σύστημα, όσο και την σύνθεσή του όταν πρόκειται για σύστημα που βρίσκεται στο στάδιο της σχεδίασης. Με τον όρο ανάλυση ενός συστήματος εννοείται ο καθορισμός της εξόδου του για δεδομένη είσοδο. Η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιείται όταν είναι γνωστά τα στοιχεία του και επιδιώκεται να διαπιστωθεί η λειτουργικότητά του και να προσδιορισθούν η αξιοπιστία του, η ευαισθησία του, κτλ. Η σύνθεση ενός συστήματος αναφέρεται στον σχεδιασμό της λειτουργίας ενός συστήματος και των παραμέτρων του, όταν είναι δεδομένες οι εισοδοι και οι αντίστοιχες έξοδοι (Μοντελοποίηση και Προσομοίωση, Ρουμελιώτης, 2001).

Κάθε σύστημα ακολουθεί μία βασική δομή, η οποία μπορεί να διαφοροποιείται κατά περίπτωση, αλλά διατηρεί τα κύρια χαρακτηριστικά και συστατικά της. Ένα σύστημα αποτελείται από οντότητες. **Οντότητα (entity)** είναι κάθε αντικείμενο το οποίο μπορεί να μελετηθεί σε ένα σύστημα. Οι οντότητες μπορεί να αποτελούν επιμέρους υποσυστήματα ενός συστήματος και να αναλυθούν ξεχωριστά. Κάθε οντότητα διακρίνεται από τα **χαρακτηριστικά (attributes)** της. Στο εσωτερικό ενός συστήματος εκτελούνται **δραστηριότητες (activities)**, δηλαδή ενέργειες οι οποίες συμβάλουν στην επεξεργασία των εισόδων και τη δημιουργία των εξόδων. Κάθε δραστηριότητα καταναλώνει **πόρους (resources)**, δηλαδή αγαθά που διακινούνται εντός του συστήματος.

Τα συστήματα διακρίνονται σε κατηγορίες με βάση τις μεταβολές στην κατάσταση τους, τη σχέση τους με το περιβάλλον (οτιδήποτε αλληλοεπιδρά με το σύστημα) και την δυνατότητα να προβλεφθεί η συμπεριφορά τους.

Η μεταβολή της κατάστασης τους, διακρίνει τα συστήματα σε δύο κατηγορίες, τα συνεχή και τα διακριτά.

Στα **συνεχή (continuous)** συστήματα οι μεταβολές της κατάστασης είναι κατά κύριο λόγο ομαλές. Οι δραστηριότητες δηλαδή, μεταβάλλουν συνεχώς την κατάσταση του συστήματος και όχι μόνο όταν τελειώσουν (Pidd 1992).

Στα **διακριτά (discrete)** συστήματα οι μεταβολές είναι κυρίως ασυνεχείς, πράγμα που σημαίνει, ότι η κατάσταση του συστήματος αλλάζει μόλις τελειώσει η δραστηριότητα (Law 1991).

Η σχέση του συστήματος με το περιβάλλον του το διακρίνει σε ανοικτό ή κλειστό. **Ανοικτό** είναι ένα σύστημα που αναπτύσσει εξωγενείς δραστηριότητες. Ενώ **κλειστό** είναι το σύστημα που δεν αναπτύσσει καμία εξωγενή δραστηριότητα. Τέλος ένα σύστημα που αντιδρά στις αλλαγές του περιβάλλοντος ονομάζεται **προσαρμοζόμενο**, ενώ εάν δεν αντιδρά ονομάζεται **μη προσαρμοζόμενο**.

Η τελευταία κατηγοριοποίηση των συστημάτων, όπως έχει αναφερθεί, αφορά τη συμπεριφορά και τον τρόπο αντίδρασης των συστημάτων. Η κατάσταση ενός συστήματος μεταβάλλεται και επηρεάζεται όταν συμβαίνουν συγκεκριμένες δραστηριότητες. Οι δραστηριότητες αυτές που επηρεάζουν το σύστημα και συμβαίνουν στο εσωτερικό του, ονομάζονται **ενδογενείς**, ενώ αυτές που συμβαίνουν στο περιβάλλον του συστήματος αλλά παρόλα αυτά έχουν επίδραση στην κατάστασή του, ονομάζονται **εξωγενείς**. Όταν τα αποτελέσματα μιας δραστηριότητας μπορούν να προβλεφθούν, η δραστηριότητα ονομάζεται **προσδιοριζόμενη**, ενώ όταν η έκβαση είναι τυχαία και ορίζεται από ένα εύρος πιθανών αποτελεσμάτων ονομάζεται **στοχαστική**.

1.1.2 Χαρακτηριστικά των Μοντέλων

Η ανάλυση και η επεξεργασία των συστημάτων αποτελεί μία ιδιαίτερα σύνθετη και επίπονη διαδικασία, κυρίως λόγω της πολυπλοκότητας που τα χαρακτηρίζει. Η μεγάλη ανάγκη για την επεξεργασία και μελέτη των συστημάτων οδήγησε στη δημιουργία των μοντέλων που τα απεικονίζουν υπό διαφορετικές οπτικές (views/perspectives) και σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας (level of abstraction). Ένα μοντέλο είναι η απλουστευμένη συνήθως αναπαράσταση ενός συστήματος ώστε αυτό να μπορεί να μελετηθεί. Ορισμός που μπορεί να δοθεί για το μοντέλο συστήματος είναι μεταξύ πολλών ο εξής:

Μοντέλο είναι το σύνολο των πληροφοριών ενός συστήματος που έχει συγκεντρωθεί με σκοπό την μελέτη του συστήματος.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι βασικοί λόγοι για τους οποίους η μοντελοποίηση είναι η κύρια μέθοδος ανάλυσης συστημάτων.

- Ευνοείται και διευκολύνεται η κατανόηση του συστήματος, καθώς υπάρχει η δυνατότητα να διατηρηθούν μόνο οι πληροφορίες που ενδιαφέρουν για την κάθε περίπτωση.
- Με τη χρήση μοντέλου μπορούν να προβλεφθούν τα αποτελέσματα μίας δραστηριότητας, καθώς το μοντέλο μπορεί να επιταχύνει τις μεταβολές, χωρίς να απαιτείται να παρέλθει το πραγματικό χρονικό διάστημα.
- Με τη χρήση κατάλληλου μοντέλου είναι πιο εύκολο να γίνουν αντιληπτές οι ιδέες και οι προτάσεις του εκάστοτε μελετητή.
- Η μοντελοποίηση επιτρέπει την προσέγγιση και τη μελέτη συστημάτων όταν η πραγματική προσέγγιση είναι δύσκολη ή και αδύνατη.
- Παρέχεται η δυνατότητα πειραματισμού και δοκιμής νέων ιδεών, χωρίς οι αστοχίες τους να επιφέρουν βλάβες στο πραγματικό σύστημα.
- Τόσο κατά τη σχεδίαση νέων συστημάτων, όσο και στα ήδη υπάρχοντα, είναι δυνατή η αλλαγή σχεδίων με στόχο τη βελτίωση της απόδοσης χωρίς να απαιτείται υψηλό κόστος ή πραγματική εφαρμογή των προς δοκιμή σχεδίων.

Τα μοντέλα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Τα **φυσικά** και τα **μαθηματικά** μοντέλα. Τα φυσικά μοντέλα με την σειρά τους μπορούν να είναι **στατικά** ή **δυναμικά**. Η αναπαράσταση ενός πλοίου η οποία κοσμεί ένα μουσείο είναι ένα στατικό μοντέλο. Η δημιουργία μίας μικρογραφίας ενός πλοίου συμπεριλαμβανομένης της μηχανής ή άλλης δύναμης πρόωσης ώστε να μελετηθεί η πλεύση του, είναι ένα φυσικό δυναμικό μοντέλο. Την ίδια διάκριση ακολουθούν και τα μαθηματικά μοντέλα. Μία σχέση ισορροπίας μεταξύ δύο μεταβλητών, αποτελεί ένα στατικό μαθηματικό μοντέλο. Εν αντιθέσει, μία εξίσωση περιγραφής της κίνησης ενός σώματος σε συνάρτηση με τον χρόνο είναι ένα δυναμικό μαθηματικό μοντέλο.

Τα μαθηματικά μοντέλα έχουν ακόμα ένα επίπεδο διαχωρισμού. Διακρίνονται σε αναλυτικά και αριθμητικά μοντέλα. Τα **αναλυτικά μαθηματικά** μοντέλα είναι αυτά των οποίων είναι γνωστές όλες οι συναρτήσεις οι οποίες περιγράφουν τις δραστηριότητες τους. Επειδή όμως κάτι τέτοιο συμβαίνει σπάνια, τα ποιο συνηθισμένα μαθηματικά μοντέλα είναι τα **αριθμητικά μοντέλα**, τα οποία αποτελούνται από αριθμητικά δεδομένα, τα οποία έχουν συλλεχθεί με εμπειρικό τρόπο, μαζί με τις σχέσεις που τα συνδέουν.

Τα **αριθμητικά δυναμικά μαθηματικά μοντέλα** είναι αυτά για τα οποία χρησιμοποιούνται μέθοδοι προσομοίωσης. Ένα τέτοιου είδους μοντέλο είναι και αυτό που αναλύεται στην παρούσα εργασία με την χρήση προγράμματος προσομοίωσης μοντέλων σε υπολογιστή.

1.1.3 Προσομοίωση

Η μελέτη των συστημάτων επιτυγχάνεται μέσω των μοντέλων, με τη χρήση της μεθόδου της προσομοίωσης. Η προσομοίωση είναι η ανάπτυξη ενός προτύπου – μοντέλου, με την υποστήριξη ενός προγράμματος σε υπολογιστή, που περιγράφει το σύστημα και τις μεταβλητές του και δίνει την δυνατότητα να εκτελούνται πειράματα καταγράφοντας την εξέλιξη του, στην πάροδο του χρόνου.

Ένας ορισμός για την προσομοίωση είναι ο εξής:

Η **προσομοίωση (simulation)** είναι η πιστή σχεδίαση του μοντέλου ενός πραγματικού ή θεωρητικού συστήματος το οποίο εκτελείται δυναμικά με την υποστήριξη ηλεκτρονικού υπολογιστή και μελετάται ως προς τα αποτελέσματα της εκτέλεσης με τη χρήση στατιστικών και άλλων εργαλείων/μεθόδων (Fishwick 1994).

Η δημιουργία ενός μοντέλου προσομοίωσης είναι μία πειραματική διαδικασία, η μεθοδολογία της οποίας αλλάζει ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε συστήματος. Με λίγα λόγια η προσομοίωση είναι ο πειραματισμός με το μοντέλο ο οποίος αντικαθιστά τον πειραματισμό με το ίδιο το σύστημα. Ο πειραματισμός αυτός έχει αξία καθώς εξυπηρετεί συγκεκριμένους σκοπούς, ως ακολούθως (Μοντελοποίηση και Προσομοίωση, Ρουμελιώτης, 2001):

- **Εκτίμηση.** Γίνεται προσπάθεια να προσδιοριστεί πόσο καλό είναι το προτεινόμενο σύστημα, δηλαδή, πόσο καλά ανταποκρίνεται στη σχεδίασή του, όταν κριθεί με βάση συγκεκριμένα και προκαθορισμένα κριτήρια.
- **Σύγκριση.** Συγκρίνονται διαφορετικές σχεδιάσεις του προτεινόμενου συστήματος ως προς την επίτευξη συγκεκριμένης λειτουργίας. Μπορούν επίσης να συγκριθούν μεταξύ τους διαφορετικές προτεινόμενες λειτουργίες του συστήματος.
- **Πρόβλεψη.** Γίνεται μία εκτίμηση της απόδοσης του συστήματος κάτω από τις προβλεπόμενες συνθήκες λειτουργίας.
- **Ανάλυση Ευαισθησίας.** Συστήματα τα οποία εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες οι συνθήκες δεν αντιδρούν με την ίδια ευαισθησία σε μεταβολές αυτών των παραγόντων οι συνθηκών. Καθορίζονται έτσι οι παράγοντες που επηρεάζουν περισσότερο τη λειτουργία του συστήματος.
- **Βελτιστοποίηση.** Καθορίζονται οι συνδυασμοί των παραμέτρων που οδηγούν στην καλύτερη δυνατή απόκριση του συστήματος.
- **Λειτουργικές σχέσεις.** Προσδιορίζονται οι λειτουργικές σχέσεις ανάμεσα στους σημαντικότερους παράγοντες ή συνθήκες που επηρεάζουν τη λειτουργία του συστήματος (Μοντελοποίηση και Προσομοίωση, Ρουμελιώτης, 2001).

Όπως έχει αναφερθεί τα μοντέλα προσομοίωσης είναι μαθηματικά δυναμικά αριθμητικά μοντέλα, τα οποία όμως δεν επιλύονται για την εύρεση μοναδικών λύσεων, αντίθετα εκτελούνται για διάφορες τιμές μεταβλητών και αξιοποιούνται τα αποτελέσματα τους. Κάθε μοντέλο αποτελείται από τα **συστατικά**, τις **μεταβλητές**, τις **παραμέτρους**, τις **λειτουργικές σχέσεις**, τους **περιορισμούς** και τις **συναρτήσεις των κριτηρίων**.

Η δημιουργία ενός τέτοιου μοντέλου είναι μία δύσκολη διαδικασία καθώς οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν, έτσι ώστε η αποτύπωση του συστήματος να είναι αποδοτική, είναι πολλοί και συχνά αντικρουόμενοι. Ένα απλό μοντέλο αποτελείται από πολλές σταθερές και λίγες μεταβλητές. Όσο λιγότερες είναι όμως οι μεταβλητές, τόσο πιο περιορισμένες είναι οι δυνατότητες του μοντέλου. Η εξάρτηση και η σύνδεση των μεταβλητών μεταξύ τους κάνει το μοντέλο πιο πολύπλοκο. Επίσης μια παραδοχή για γραμμικό μοντέλο θα το απλοποιούσε σαφώς αλλά δεν θα απέδιδε τόσο πιστά την πραγματικότητα και την λειτουργία του συστήματος. Τέλος οι ισχυρές υποθέσεις και ο περιορισμός των ελευθεριών απλοποιεί το μοντέλο αλλά και πάλι το απομακρύνει από την πιστή παρουσίαση του συστήματος. Όπως γίνεται σαφές η ρεαλιστικότητα και η απλότητα του μοντέλου είναι δύο αντικρουόμενοι στόχοι που πρέπει να ικανοποιήσει ο σχεδιαστής ενός μοντέλου προσομοίωσης.

Ένα καλό μοντέλο επιτυγχάνει να περιγράψει ορθότερα το σύστημα, βοηθά και συμβάλει στην κατανόηση των λειτουργιών του και ευνοεί την εξαγωγή και ανάλυση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Προσπαθώντας να καταγραφούν τα κοινά χαρακτηριστικά των καλών μοντέλων προσομοίωσης προκύπτουν τα εξής:

- Ένα καλό μοντέλο είναι εύκολα κατανοητό από τους χρήστες του. Περιορίζεται στους σκοπούς για τους οποίους έχει δημιουργηθεί και παράγει αποτελέσματα τα οποία είναι εύκολα αναγνώσιμα και κατανοητά.
- Ο χρήστης ενός καλού μοντέλου μπορεί εύκολα να μεταβάλλει το μοντέλο ακολουθώντας συγκεκριμένα βήματα, χωρίς να απαιτείται η συμβολή του σχεδιαστή για μικρές μεταβολές.
- Ένα καλό μοντέλο έχει την δυνατότητα να εξελίσσεται ανάλογα με το επίπεδο λεπτομέρειας που ο χρήστης επιθυμεί να αναλύσει.

Άμεση συνέπεια όλων των παραπάνω είναι η προσομοίωση να βρίσκει εφαρμογή σε μία τεράστια γκάμα δραστηριοτήτων οι οποίες ξεπερνούν τα όρια της παραγωγής και του εργοστασίου και βρίσκουν εφαρμογή σε πολλές δομές της σύγχρονης κοινωνίας.

Οι βασικές εφαρμογές της προσομοίωσης σε ένα γενικότερο πλαίσιο αναφέρονται παρακάτω:

- Σχεδιασμός και ανάλυση παραγωγικών και αποθηκευτικών συστημάτων

- Αξιολόγηση απαιτήσεων υπολογιστών σε software και hardware
- Αξιολόγηση νέων πολεμικών όπλων και τακτικών
- Θέσπιση πολιτικής παραγγελιοληψίων σε αποθηκευτικές μονάδες
- Σχεδιασμός συστημάτων και πρωτοκόλλων επικοινωνίας
- Σχεδιασμός και δημιουργία δικτύων μεταφορών (αεροδρόμια, λιμάνια, τρένα)
- Αξιολόγηση ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών σε σημεία δημόσιου ενδιαφέροντος
- Ανάλυση οικονομικών μοντέλων

Βήματα οργάνωσης και εκτέλεσης προσομοίωσης

1. *Εντοπισμός του προβλήματος.* Αναλυτική και λεπτομερής καταγραφή των προβλημάτων του προς μελέτη συστήματος, σε περίπτωση βελτίωσης υπάρχοντος συστήματος. Αναλυτική και λεπτομερής καταγραφή των απαιτήσεων για προς σχεδίαση σύστημα.
2. *Διατύπωση του προβλήματος.* Ορισμός των ακριβή ορίων του συστήματος και του προβλήματος που θα μελετηθεί. Διατύπωση των στόχων της μελέτης αλλά και των μεγεθών αναφοράς με τα οποία θα συγκριθούν τα αποτελέσματα που θα προκύψουν. Τέλος σε αυτό το στάδιο ορίζονται οι λοιπές λεπτομέρειες που αφορούν την μελέτη, όπως το χρονικό πλαίσιο του έργου, τα άτομα τα οποία θα έρθουν σε επαφή με το προγραμματιστικό περιβάλλον κλπ.
3. *Συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων του πραγματικού συστήματος.* Δεδομένα σχετικά με τις προδιαγραφές του συστήματος, με τις μεταβλητές εισόδου αλλά και την απόδοση του υπάρχοντος συστήματος. Ορισμός την στατιστικής κατανομής που περιγράφει όσο το δυνατόν καλύτερα την είσοδο κάθε στοχαστικής μεταβλητής.
4. *Ανάπτυξη του μοντέλου.* Σχεδίαση δισδιάστατου διαγράμματος που αποτυπώνει τις σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων και τις ροές εντός του συστήματος. Μετατροπή των εννοιολογικών αυτών μοντέλων σε κατάλληλη μορφή λογισμικού προσομοίωσης. Έλεγχος ότι το μοντέλο προσομοίωσης λειτουργεί όπως πρέπει. Ο έλεγχος ορθής λειτουργίας επιτυγχάνεται με την μεταβολή των εισόδων εντός των επιτρεπτών ορίων και τον λογικό έλεγχο των αποτελεσμάτων.
5. *Επικύρωση του μοντέλου.* Σύγκριση των αποτελεσμάτων του μοντέλου με τις συνθήκες του φυσικού συστήματος, με τα αποτελέσματα του φυσικού συστήματος. Με αυτό τον τρόπο καταγράφεται εάν το μοντέλο αναπαριστά ικανοποιητικά το πραγματικό σύστημα. Εκτίμηση του επιπέδου εμπιστοσύνης που πρέπει να έχει ο τελικός χρήστης στα αποτελέσματα των πειραμάτων. Είναι σύνηθες σε τέτοιας φύσεως έργα, να γίνεται μία αναλυτική παρουσίαση της δομής του μοντέλου προσομοίωσης προτού γίνουν

γνωστά τα αποτελέσματα και οι αναλύσεις που προέκυψαν ώστε να ενισχυθεί η εμπιστοσύνη σε αυτά.

6. *Αρχειοθέτηση δεδομένων.* Αρχειοθέτηση όλων των παραμέτρων, των μεταβλητών και των αποτελεσμάτων για μελλοντική χρήση.
7. *Σχεδιασμός πειράματος.* Για κάθε ζητούμενο σενάριο προσομοίωσης θα πρέπει να ληφθούν αποφάσεις σχετικά με την συνολική χρονική διάρκεια της προσομοίωσης, τη χρονική διάρκεια της μεταβατικής περιόδου και τον αριθμό των επαναλήψεων της προσομοίωσης.
8. *Εκτέλεση της προσομοίωσης.* Εκτέλεση του πειράματος όταν όλες οι παράμετροι και οι μεταβλητές είναι ικανοποιητικά ορισμένες.
9. *Αναφορά και τεκμηρίωση αποτελεσμάτων.* Μετά το πέρας της εκτέλεσης των επαναλήψεων της μοντελοποίησης γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα πρέπει να είναι τεκμηριωμένα και να είναι εμφανής η ευαισθησία τους στην αλλαγή των εισόδων. Τα αποτελέσματα επίσης πρέπει να είναι στα επιτρεπτά όρια που έχουν οριστεί. Σημαντικό είναι να γίνεται αναφορά και στα ενδιάμεσα αποτελέσματα και όχι μόνο του τελικού.
10. *Διατήρηση και συντήρηση του έργου.* Ένα σωστό μοντέλο προσομοίωσης πρέπει να μπορεί να εξελίσσεται. Οπότε ο κορμός παραμένει ίδιος και στο μέλλον μπορούν να προστεθούν επιπλέον λειτουργίες.

1.2 Σύντομη ιστορική αναδρομή προσομοίωσης

Η εποχή πριν τους υπολογιστές (1777-1945)

Η πρώτη αναφορά στην προσομοίωση γίνεται το 1777 με το πείραμα της βελόνας του Buffon (Buffon's needle problem). Το πρόβλημα αυτό, αυτό ήταν ένα μαθηματικό μοντέλο μέσω του οποίου στόχευε να υπολογίσει τον αριθμό π μέσα από επαναλαμβανόμενες προσπάθειες δηλαδή πειράματα. Το πείραμα ήταν να πετάξει βελόνες συγκεκριμένου σε ένα επίπεδο με ισαπέχουσες παράλληλες γραμμές και να υπολογίσει την πιθανότητα να περάσει η βελόνα. Στην συνέχεια, με την πιθανότητα που έχει υπολογιστεί πειραματικά και την χρήση μαθηματικών, σκόπευε να υπολογίσει τον αριθμό π . Η λύση την οποία δημοσίευσε ο Buffon περιείχε ένα λάθος το οποίο και διόρθωσε ο Laplace και από τότε η λύση αυτή είναι γνωστή ως Buffon-Laplace solution.

Κάποια χρόνια αργότερα, ο στατιστικολόγος William Gosset που εργαζόταν στην ζυθοποιία Guinness, άρχισε να εφαρμόζει τις γνώσεις του στην στατιστική τόσο στο ζυθοποιείο όσο και στις δικές του καλλιέργειες. Το έντονο ενδιαφέρον του για τις καλλιέργειες τον οδήγησε σε σκέψεις και παραδοχές άγνωστες για την εποχή. Θεώρησε ότι δεν πρέπει να σχεδιάζονται

πειράματα μόνο για να αυξηθεί ή ποσότητα παραγωγής, αλλά και για να δημιουργηθούν ισχυρότεροι σπόροι κριθαριού που δεν θα επηρεάζονται από το έδαφος και το κλίμα. Ο Guinness για να αποφύγει τις διαρροές μίας πρωτοποριακής ιδέας για την εποχή, απαγόρευσε στον Gosset κάθε δημοσίευση, ανεξαρτήτου περιεχομένου. Για τον λόγο αυτό ο Gosset δημοσίευε με το ψευδώνυμο Student. Αυτός είναι και ο λόγος που το μεγαλύτερο επίτευγμά του έγινε γνωστό ως «Κατανομή Student».

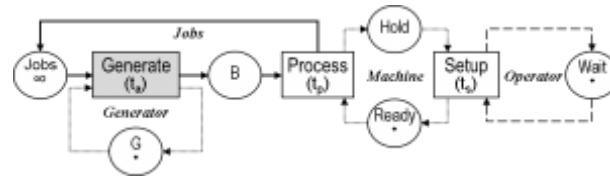
Το γεγονός αυτό, αποτέλεσε ιστορικό ορόσημο για την εφαρμογή της προσομοίωσης στον τομέα του βιομηχανικού ελέγχου αλλά και στην ανάπτυξη τεχνικών και μεθόδων βασισμένες στην προσομοίωση οι οποίες καλύπτουν αποτελεσματικότερα τις ανάγκες.

Η περίοδος της διαμόρφωσης (1945-1970)

Στα μέσα τις δεκαετίας του 40, δύο γεγονότα οδήγησαν στην απότομη εξέλιξη του τομέα της προσομοίωσης. Το πρώτο ήταν προφανώς η δημιουργία των πρώτων υπολογιστών για συγκεκριμένους σκοπούς όπως για παράδειγμα ο ENIAC. Το δεύτερο σημαντικό γεγονός ήταν η ενασχόληση σημαντικών επιστημόνων της εποχής, όπως ο Stanislaw Ulam και ο John Von Neumann με την μέθοδο Monte Carlo χρησιμοποιώντας τους σύγχρονους για την εποχή υπολογιστές. Αντικείμενο της μελέτης τους ήταν τα προβλήματα διάχυσης νετρονίων κατά τον σχεδιασμό και ανάπτυξη της βόμβας υδρογόνου. Μάλιστα οι ερευνητές αυτοί ήταν παρόντες στο Manhattan Project.

Το 1960 ο Keith Douglas Tocher, καθηγητής επιχειρησιακής έρευνας στο πανεπιστήμιο του Southampton, ανέπτυξε το πρώτο πρόγραμμα προσομοίωσης γενικής χρήσης. Το πρόγραμμα αυτό ήταν εργαλείο για την προσομοίωση μίας βιομηχανίας που αποτελείται από ένα σύνολο μηχανών. Οι κάθε μηχανή μπορούσε να βρίσκεται σε τέσσερις διαφορετικές καταστάσεις, απασχολημένη, αδρανής, μη διαθέσιμη και χαλασμένη. Η σύνδεση και η αλληλουχία των ενεργειών και της κατάστασης κάθε μηχανής έδινε μία συνολική εικόνα την παραγωγής.

Ο Tocher μεταξύ των πολλών που προσέφερε στον κλάδο της προσομοίωσης, εμπνεύστηκε και το Διάγραμμα Κύκλου Δραστηριοτήτων - Activity Cycle Diagram. Το διάγραμμα αυτό ήταν μία εξαιρετικά καινοτόμα για την εποχή, αναπαράσταση της αλληλουχίας των δραστηριοτήτων σε ένα σύστημα και για τον λόγο αυτό αποτέλεσε επί μακρόν το βασικό εργαλείο διδασκαλίας της προσομοίωσης στην Μεγάλη Βρετανία.



Εικόνα 1.2-1: Διάγραμμα Κύκλου Δραστηριοτήτων

Μία ακόμα σημαντική προσωπικότητα, που άφησε το στίγμα της στον κλάδο της προσομοίωσης, είναι ο Geoffrey Gordon. Το 1960 έγινε Διευθυντής Ανάπτυξης Προσομοίωσης της IBM και μέσα στον επόμενο χρόνο παρουσίασε το General Purpose Simulation System (GPSS) το οποίο είχε σχεδιαστεί για την διευκόλυνση της προσομοίωσης μοντέλων και της μελέτης σύνθετων συστημάτων, όπως για παράδειγμα ο έλεγχος της κυκλοφορίας στους αστικούς άξονες, οι τηλεφωνικές κλίσεις, οι κρατήσεις αεροπορικών εισιτηρίων, η επεξεργασία χάλυβα κλπ.. Ο Gordon γνωρίζοντας ότι ένα αμιγώς προγραμματιστικό περιβάλλον θα δυσκόλευε τους μηχανικούς να το χρησιμοποιήσουν, εστίασε στην δημιουργία φιλικών προς τον χρήστη διεπαφών, πράγμα που πέτυχε, με αποτέλεσμα να γίνει από τις δημοφιλέστερες γλώσσες προσομοίωσης στις ΗΠΑ.

Ένα άλλο πρόγραμμα που εμφανίστηκε το 1963 ήταν το SIMSCRIPT. Το πρόγραμμα αυτό ήταν βασισμένο στην γλώσσα προγραμματισμού FORTRAN και στόχευε σε άτομα που δεν είχαν εξοικείωση με τους υπολογιστές. Το SIMSCRIPT εξελισσόταν συνεχώς και με την πάροδο των νέων εκδόσεων έπαψε να βασίζεται στην FORTRAN. Η έκδοση SIMSCRIPT II είχε αναπτύξει δικιά της γλώσσα προγραμματισμού και μάλιστα 5 επιπέδων, ένα σημαντικό επίτευγμα για το τότε επίπεδο του προγραμματισμού. Ένας από τους σημαντικούς συντελεστές του SIMSCRIPT ήταν ο Philip Kiviat ο οποίος προερχόταν από το Cornell University όπου και είχε αναπτύξει ένα άλλο πρόγραμμα προσομοίωσης, το General Activity Simulation Program (GASP). Η RAND Corporation ανέπτυξε τα επόμενα χρόνια τα δύο προγράμματα SIMSCRIPT και GASP.

Παράλληλα με τις παραπάνω εξελίξεις που λάμβαναν χώρα στην Αμερική, το Βασιλικό Νορβηγικό κέντρο πληροφορικής ανέπτυξε μία σημαντική γλώσσα προγραμματισμού. Οι ερευνητές Kristen Nygaard και Ole Johan Dahl εξέλιξαν την ALGOL 60 και δημιούργησαν μία πιο πλήρη γλώσσα, την SIMULA, η οποία έμελλε να είναι μία ανακάλυψη σταθμός για την ιστορία του προγραμματισμού, καθώς ως η πρώτη αντικειμενοστραφής γλώσσα, άλλαξε τον τρόπο προγραμματισμού. Η γλώσσα αυτή, όπως υποδηλώνει το όνομα της, χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση διακριτών συμβάντων.

Το 1967 οργανώθηκε το πρώτο Winter Simulation Conference (WSC) το οποίο μέχρι και σήμερα αποτελεί το κορυφαίο διεθνές φόρουμ για την διάδοση των νέων εφευρέσεων στον κλάδο της προσομοίωσης.

1.3 Προσομοίωση Διακριτών Γεγονότων

Η προσομοίωση αναφέρεται στην μελέτη ενός συστήματος που εξελίσσεται με τον χρόνο και είναι προφανές πως υπάρχουν πάρα πολλά παραδείγματα για τέτοιου είδους συστήματα. Τα συστήματα αυτά όμως χωρίζονται σε δύο κατηγορίες τις οποίες θα αναλυθούν μέσα από δύο παραδείγματα.

Υποθέτουμε ότι θέλουμε να προσομοιώσουμε τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε μία περιοχή για μία δεδομένη χρονική περίοδο. Αν θεωρήσουμε ένα από μοντέλο με δύο μόνο μεταβλητές, τον χρόνο και την θερμοκρασία που επικρατεί, τότε η γραφική παράσταση της σχέσης που τις συνδέει θα ήταν μία συνεχής και ομαλή γραμμή στην οποία για κάθε χρονική στιγμή θα αντιστοιχούσε μία θερμοκρασία. Το παραπάνω παράδειγμα αποτελεί ένα συνεχές μοντέλο προσομοίωσης.

Αντίθετα αν θέλουμε να προσομοιώσουμε την λειτουργία μίας αποθήκης, παρατηρούμε ότι οι παραγγελίες που καταφθάνουν μειώνουν το απόθεμα, η αναπλήρωση όμως του οποίου γίνεται μαζικά και σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές. Αν χαραχθεί η σχέση του αποθέματος με τον χρόνο, παρατηρείτε ότι η καμπύλη δεν είναι ομαλή αλλά είναι ένα σύνολο από οριζόντιες γραμμές σε διαφορετικό ύψος. Το παραπάνω παράδειγμα αποτελεί ένα διακριτό μοντέλο προσομοίωσης.

Τα **διακριτά συστήματα** ορίζονται ως εξής:

Στα διακριτά συστήματα, η κατάσταση αλλάζει μόνο σε διακριτά χρονικά σημεία, που σηματοδοτούν την πραγματοποίηση ενός γεγονότος. Μεταξύ δυο τέτοιων διαδοχικών σημείων, θεωρούμε ότι η κατάσταση του συστήματος παραμένει σταθερή. (Seila et al., 2003)

1.3.1 Έλεγχος χρόνου προσομοίωσης

Η προσομοίωση αποτελεί ένα μοντέλο του συστήματος στο οποίο μελετώνται οι χρονικές μεταβολές της κατάστασης του συστήματος. Θα πρέπει λοιπόν, κατά την προσομοίωση, να χρησιμοποιήσουμε κάποιο μηχανισμό, ο οποίος θα καταγράφει την πάροδο του χρόνου και θα ελέγχει αυτές τις μεταβολές (Nance 1981).

Οι μηχανισμοί βασίζονται στα γεγονότα που συμβαίνουν κατά την προσομοίωση. Με τον όρο **γεγονός** εννοείται *μία αλλαγή της κατάστασης του συστήματος η οποία λαμβάνει χώρα σε κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.*

Υπάρχουν δύο βασικοί μηχανισμοί ελέγχου του χρόνου:

- **Μηχανισμός επόμενου γεγονότος.** Ο μηχανισμός αυτός ορίζει ως επόμενη χρονική στιγμή την στιγμή κατά την οποία θα συμβεί κάποιο επόμενο γεγονός και άρα το ρολόι της προσομοίωσης μεταβαίνει απευθείας σε αυτή την στιγμή, προσπερνώντας όλες τις ενδιάμεσες στις οποίες δεν συνέβη κάποιο γεγονός. Η μέθοδος αυτή απαιτεί να είναι γνωστή η αλληλουχία και η χρονική στιγμή εμφάνισης των γεγονότων.
- **Μηχανισμός σταθερού διαστήματος.** Το ρολόι της προσομοίωσης ανεβαίνει κατά ένα σταθερό ποσό το οποίο συνήθως είναι μικρό. Όλα τα γεγονότα που συμβαίνουν στο μεσοδιάστημα δύο διαδοχικών χρονικών στιγμών, θεωρείται ότι συμβαίνουν κατά την δεύτερη χρονική στιγμή.

1.3.2 Χαρακτηριστικά μοντέλου προσομοίωσης

Κατά πλειοψηφία, τα μοντέλα προσομοίωσης διακριτών γεγονότων υπακούουν στην παρακάτω δομή και σύσταση

- **Κατάσταση συστήματος,** το σύνολο των μεταβλητών κατάστασης που είναι απαραίτητες για την περιγραφή του συστήματος σε μία χρονική στιγμή
- **Ρόλοι προσομοίωσης,** η μεταβλητή του επιστρέφει τον τρέχοντα χρόνο της προσομοίωσης
- **Λίστα γεγονότων,** η λίστα που καθορίζει την χρονική αλληλουχία των γεγονότων
- **Στατιστικοί μετρητές,** οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση στατικών μετρήσεων για την απόδοση του συστήματος
- **Ρουτίνα αρχικοποίησης,** είναι ένα υποπρόγραμμα που αρχικοποιεί το μοντέλο της προσομοίωσης τη χρονική στιγμή μηδέν
- **Ρουτίνα γεγονότων,** ένα πρόγραμμα που ενημερώνει την κατάσταση του συστήματος κάθε φορά που εμφανίζεται ένας συγκεκριμένος τύπος γεγονότων
- **Ρουτίνα βιβλιοθήκης,** είναι ένα σύνολο από υποπρογράμματα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τυχαίων δειγμάτων από κατανομές πιθανοτήτων που έχουν καθοριστεί για το συγκεκριμένο μοντέλο
- **Γεννήτρια αναφορών,** έναν υποπρόγραμμα που πραγματοποιεί υπολογισμούς των επιθυμητών μεγεθών απόδοσης του συστήματος και τα παρουσιάζει σε μορφή αναφοράς μετά το τέλος της προσομοίωσης
- **Κύριο πρόγραμμα,** είναι το πρόγραμμα που καλεί τη ρουτίνα χρονισμού για να καθορίσει το επόμενο γεγονός και μετά μεταβιβάζει τον έλεγχο στην αντίστοιχη ρουτίνα γεγονός που θα ενημερώσει την κατάσταση του συστήματος. Ελέγχει επίσης αν

πρέπει να τερματιστεί η προσομοίωση και ενεργοποιεί τη γεννήτρια αναφορών όταν η προσομοίωση τερματιστεί.

1.3.3 Τακτικές προσέγγισης προσομοίωσης

Ο κάθε σχεδιαστής της προσομοίωσης έχει την ελευθερία να προσεγγίσει το μοντέλο με όποιον τρόπο θεωρεί πιο αποδοτικό. Παρόλα αυτά τέσσερις είναι οι επικρατέστεροι τρόποι προσέγγισης ενός συστήματος, όπως έχουν διαμορφωθεί με τα χρόνια, η **προσομοίωση διεργασιών**, η **προσομοίωση γεγονότων**, η **προσομοίωση δραστηριοτήτων** και η **μέθοδος των τριών φάσεων**.

Όλες οι μέθοδοι θεωρούνται εξίσου ικανές στη μοντελοποίηση συστημάτων, αλλά κάποιες από αυτές είναι καταλληλότερες για συγκεκριμένους τύπους συστημάτων ή/και μοντέλων (Martinez, 1996).

- **Προσέγγιση Διεργασιών – process based approach** : Αυτή η μεθοδολογία βασίζεται στην εκτέλεση διεργασιών που περιγράφουν την προσομοίωση ανεξάρτητων στοιχείων ή τμημάτων του μοντέλου. Το πρόγραμμα προσομοιώνει τη λογική ροή μίας οντότητας του μοντέλου μέσα στο σύστημα. Όταν η κίνηση της οντότητας σταματήσει, ο μηχανισμός ροής του χρόνου αυξάνει τον χρόνο της προσομοίωσης στη χρονική στιγμή που αντιστοιχεί στην επόμενη κίνηση μίας άλλης οντότητας. Πιο συγκεκριμένα, οι διεργασίες επικοινωνούν μεταξύ τους με τη χρήση σημάτων που προσομοιώνουν την επίδραση του ενός στοιχείου του μοντέλου πάνω σε άλλο. Κάθε τμήμα του μοντέλου έχει τη δική του χρονική λίστα γεγονότων, τα οποία εκτελούνται από το τμήμα σε χρονική σειρά. Η γενική χρονική λίστα, την οποία διαχειρίζεται το πρόγραμμα ελέγχου, περιέχει τα σήματα διατμηματικής επικοινωνίας, επίσης σε χρονολογική σειρά. Η ροή ή κίνηση των οντοτήτων του συστήματος περιγράφει όλες τις καταστάσεις στις οποίες μπορεί να περιέλθει ένα αντικείμενο του συστήματος. Οι οντότητες υπόκεινται σε μία διαδικασία κατά τη διάρκεια της οποίας προσπαθούν να δεσμεύουν, να χρησιμοποιούν και να αποδεσμεύουν μέσα παραγωγής. Η προσομοίωση διεργασιών είναι κατάλληλη για συστήματα, όπου οι οντότητες μπορούν να διαφοροποιηθούν στη βάση των διαφορετικών ιδιοτήτων που κάθε μία κατέχει. Αντίστοιχα, τα μέσα παραγωγής πρέπει έχουν λίγες ιδιότητες, περιορισμένο αριθμό καταστάσεων (π.χ. αδρανής, απασχολημένος, μη διαθέσιμος) και να μην αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους
- **Προσέγγιση συμβάντων – event based approach** : Το σύστημα περιγράφεται στη βάση συγκεκριμένων γεγονότων, κάθε ένα από τα οποία αντιστοιχεί σε μία ξεχωριστή ρουτίνα γεγονότων. Η μεθοδολογία στηρίζεται στην αύξηση του χρόνου της προσομοίωσης όταν συμβαίνει κάποιο επόμενο γεγονός. Η πραγματοποίηση ενός

γεγονότος απελευθερώνει ένα ή περισσότερα μέσα παραγωγής που με τη σειρά τους προκαλούν τον προγραμματισμό και την εκτέλεση και άλλων ρουτινών. Τότε, η ρουτίνα γεγονότων επαναπροσδιορίζει τις διαθέσιμες οντότητες του συστήματος και προγραμματίζει χρονικά τις δραστηριότητες στις οποίες μπορούν να συμμετάσχουν. Θεωρείται αποδοτική μέθοδος και συχνά συνδυάζεται με την προσομοίωση δραστηριοτήτων ή και διεργασιών. Ακόμη κι αν εφαρμόζεται η προσομοίωση διεργασιών, η εκτέλεση της προσομοίωσης γίνεται στη λογική του προγραμματισμού και της διαχείρισης γεγονότων.

- **Προσέγγιση δραστηριοτήτων - activity based approach** : Είναι επίσης γνωστή και ως η μεθοδολογία των δύο φάσεων. Η φιλοσοφία της μεθόδου βασίζεται στο ότι ο αναλυτής θα πρέπει να αναγνωρίζει τα αντικείμενα (οντότητες) του συστήματος, τις δραστηριότητες που αυτά εκτελούν και τις προϋποθέσεις που πρέπει να ικανοποιηθούν για να πραγματοποιηθεί η εκτέλεσή τους. Έτσι το πρόγραμμα της προσομοίωσης αποτελείται από ανεξάρτητες λειτουργικές μονάδες οι οποίες αναμένουν την ενεργοποίησή τους. Ο έλεγχος των κριτηρίων γίνεται σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές και καθορίζεται εάν ένα γεγονός μπορεί να πραγματοποιηθεί ή όχι. Εάν το γεγονός πραγματοποιηθεί, τότε η κατάσταση του συστήματος μεταβάλλεται. Η προσομοίωση δραστηριοτήτων μοντελοποιεί ικανοποιητικά συστήματα στα οποία τα διάφορα συστατικά μέρη (components) αλληλοεπιδρούν έντονα μεταξύ τους και καθορίζονται από πολύπλοκες αρχικές συνθήκες (π.χ. πολλές οντότητες με πλήθος ιδιοτήτων και καταστάσεων που πρέπει να συνεργαστούν σε δυναμικό περιβάλλον).
- **Προσέγγιση τριών φάσεων – three phase approach** : Η μέθοδος είναι εξέλιξη της προσομοίωσης δραστηριοτήτων και βελτιώνει την αποδοτικότητά της. Διαχωρίζει δύο ειδών δραστηριότητες, αυτές που θα πραγματοποιηθούν σε κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή (δραστηριότητες B) και αυτές που θα πραγματοποιηθούν όταν συμβεί κάποια άλλη δραστηριότητα (δραστηριότητες C). Ο χρόνος πραγματοποίησης των ανεξάρτητων δραστηριοτήτων δεν καθορίζεται επακριβώς από το μοντέλο ούτε πρέπει να είναι γνωστός πριν από την εκκίνηση της προσομοίωσης. Ο χρόνος πολλές φορές υπολογίζεται από την εκτέλεση ενός άλλου γεγονότος. Κάθε μία από τις τρεις φάσεις πραγματοποιεί μία συγκεκριμένη λειτουργία. Η πρώτη φάση ελέγχει τους χρόνους πραγματοποίησης των γεγονότων και αναζητά εκείνες τις δραστηριότητες που θα συμβούν στον τρέχοντα χρόνο της προσομοίωσης. Η δεύτερη φάση εξασφαλίζει ότι όλες οι δραστηριότητες που πρέπει να εκτελεστούν την τρέχουσα χρονική στιγμή της προσομοίωσης εκτελούνται σωστά. Μετά ακολουθεί η τρίτη φάση όπου ελέγχεται εάν οι εξαρτημένες δραστηριότητες μπορούν να πραγματοποιηθούν, δηλ. εάν ικανοποιούνται τα κριτήρια της πραγματοποίησής τους. Όταν καμία δραστηριότητα δεν

μπορεί να πραγματοποιηθεί πια, ο μηχανισμός ροής του χρόνου αυξάνει τον χρόνο της προσομοίωσης και άλλος ένας κύκλος τριών φάσεων ξεκινά μέχρι και την ολοκλήρωση της προσομοίωσης. Η μέθοδος θεωρείται καλύτερη σε σχέση με την προσομοίωση δραστηριοτήτων, γιατί ο έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων γίνεται μόνο για τις δραστηριότητες C, για τις οποίες και έχει νόημα να γίνει. Συνεπώς, ο μηχανισμός της προσομοίωσης δεν αναλώνεται σε άσκοπους ελέγχους των B δραστηριοτήτων και η απόδοση του συστήματος αυξάνεται.

1.4 Εφαρμογή της προσομοίωσης διακριτών γεγονότων στη σύγχρονη αποθήκη

Η μέθοδος της προσομοίωσης αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο στα χέρια του σχεδιαστή ή του μελετητή ενός συστήματος. Παρόλα αυτά δεν δίνει πάντα τις επιθυμητές λύσεις σε κάθε σύστημα. Σκοπός της προσομοίωσης είναι να αναλύσει διεργασίες εντός του συστήματος και να παράγει αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα αυτά συνήθως είναι αριθμοί (ποσότητες και χρόνοι) οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της απόδοσης ενός συστήματος όπως μία παραγωγική μονάδα ή μία αποθήκη. Όταν σε ένα σύστημα τα γεγονότα και η λειτουργίες είναι απλές χωρίς απρόβλεπτες διακοπές ή μεταβολές, τότε η προσομοίωση δεν μπορεί να προσφέρει πολλά καθώς τα αποτελέσματα μπορούν να υπολογιστούν με απλούς υπολογισμούς. Σε περιπτώσεις όμως που οι δραστηριότητες είναι πολύπλοκες είτε λόγω ιδιαίτερων κατανομών που διέπουν τις μεταβλητές είτε άλλων παραγόντων που επηρεάζουν το σύστημα, η προσομοίωση ενδείκνυται σαν μέσω επίλυσης προβλημάτων. Ο βασικός παράγοντας που επηρεάζει την πολυπλοκότητα είναι ο παράγοντας τύχη. Μεγαλύτερη εξάρτηση των μεταβλητών από την τύχη οδηγεί σε πιο πολύπλοκο σύστημα.

Μία αποθήκη αποτελεί ένα πολύ πολύπλοκο σύστημα αν ληφθεί υπόψιν πως όλες οι ενέργειες εντός της αποθήκης δεν ακολουθούν κάποια σταθερή σειρά εμφάνισης. Οι παραγγελίες φτάνουν σε διάφορες χρονικές στιγμές, οι ποσότητες των παραγγελιών δεν είναι σταθερές, κάθε παραγγελία περιέχει διαφορετικό συνδυασμό προϊόντων. Κατά συνέπεια η μελέτη μια αποθήκης με την μέθοδο της προσομοίωσης πρέπει να αποτελεί προτεραιότητα για τον μάνατζερ και στον σχεδιαστή.

Η κατασκευή μίας σύγχρονης αποθήκης, συμπεριλαμβανομένου του εξοπλισμού, αποτελεί μία σημαντική επένδυση για κάθε εταιρεία. Μια αποθήκη δεν προσφέρει κάποια αξία στο τελικό προϊόν. Εντός της αποθήκης οι μόνες εργασίες που εκτελούνται είναι οι μεταφορές προϊόντων σε θέσεις. Αυτό συνεπάγεται κόστος για την εταιρεία. Στόχος μίας καλά σχεδιασμένης αποθήκης είναι να μειώσει το κόστος αυτό. Το βασικό για αυτό είναι ο αρχικά

σωστός σχεδιασμός της. Λάθη στον σχεδιασμό της αποθήκης μειώνουν την λειτουργικότητα της και αυξάνουν το κόστος. Μία αποθήκη που λειτουργεί ικανοποιητικά για μικρό φόρτο εργασίας δεν σημαίνει ότι θα κάνει το ίδιο και για μεγαλύτερα φορτία.

Η προσομοίωση δίνει λύση σε μία σειρά από προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπίσει μία αποθήκη τα βασικά από τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Εντοπισμός των σημείων συμφόρησης (bottlenecks) σε μία ταινία μεταφοράς.** Σε κάθε ταινία μεταφοράς υπάρχουν σημεία συμφόρησης τα οποία επηρεάζουν την απόδοση του συστήματος. Τα σημεία αυτά μπορεί να αλλάζουν συνεχώς θέση ανάλογα με την δυναμική του συστήματος αλλά μπορεί να μην μπορούν να εντοπιστούν από τους υπευθύνους. Υπάρχουν πολλοί τρόποι οι οποίοι μπορούν να βελτιώσουν την κατάσταση όπως για παράδειγμα η τοποθέτηση μία επιπλέον ταινίας. Η αξιολόγηση κάθε πιθανής λύσης δεν μπορεί να ελεγχθεί φυσικά και για αυτό είναι απαραίτητη η προσομοίωση του συστήματος.
- **Αντιμέτωπιση της συσσώρευσης περιπτώσεων προϊόντων.** Η νέα τάση των επιχειρήσεων είναι να ελαχιστοποιούν το απόθεμα έτσι ώστε να μειώνουν τα χρήματα που δεσμεύουν. Έτσι και μία αποθήκη που λειτουργεί σαν αντιπρόσωπος ενός προϊόντος και όχι σαν 3rd party warehouse, μπορεί να βελτιώσει τις ποσότητες των αποθεμάτων που διατηρεί χωρίς βέβαια να κινδυνεύσει να μείνει από απόθεμα. Η χρυσή τομή μπορεί να προκύψει μέσα από δοκιμές με την χρήση της προσομοίωσης.
- **Αξιολόγηση νέων ιδεών.** Η προσομοίωση χρησιμοποιείται συχνά για να προσδιορίσει τον αντίκτυπο που θα έχουν τυχών αλλαγές στην λειτουργία της αποθήκης. Η δοκιμή των ιδεών είναι πολύ πιο γρήγορη και οικονομική από την δοκιμή των νέων ιδεών στο πραγματικό σύστημα. Επίσης αν δεν υπάρχουν ιστορικά δεδομένα για την αποθήκη, η προσομοίωση μπορεί να παράσχει μία ανάλυση ευαισθησίας σχετικά με τον αντίκτυπο που θα έχουν οι αλλαγές στο σύστημα.
- **Διαδικασίες που συμμετέχουν άνθρωποι.** Σε μία αποθήκη εργάζονται άνθρωποι, η απόδοση των οποίων επηρεάζει την λειτουργία της αποθήκης. Η απόδοση και οι λογικές επιλογές του κάθε ανθρώπου είναι μεταβλητές που δύσκολα μπορούν να προβλεφθούν. Τα σύγχρονα μοντέλα προσομοίωσης παρέχουν την δυνατότητα ρεαλιστικής αναπαράστασης ενός ανθρώπου και των αναγκών του.
- **Ανάπτυξη συγκεκριμένης λογικής για την μεταφορά των προϊόντων εντός του συστήματος.** Η σύγχρονη τεχνολογία δίνει την δυνατότητα οι ταινίες μεταφοράς να ακολουθούν προκαθορισμένη λογική. Αλλαγή ταχύτητας, φωτοκύτταρα και άλλες προηγμένες λειτουργίες είναι αδύνατο να μελετηθούν στο σύνολο χωρίς την χρήση της προσομοίωσης.

2 Το Λογισμικό Προσομοίωσης Flexsim

Το Flexsim είναι ένα λογισμικό τρισδιάστατης προσομοίωσης τα οποίο έχει σχεδιαστεί για την μοντελοποίηση συστημάτων και διαδικασιών. Οι διαδικασίες που μπορούν να μοντελοποιηθούν με το Flexsim περιλαμβάνουν την παραγωγή, την συσκευασία, την αποθήκευση, την διαχείριση υλικών, γενικότερα τμήματα της εφοδιαστικής αλυσίδας και πληθώρα άλλων διαδικασιών. Το Flexsim παρέχει μία μεγάλη γκάμα εργαλείων τα οποία επιτρέπουν τρισδιάστατα μοντέλα πραγματικής κλίμακας και στατιστικές αναφορές για κάθε σημείο ή φάση της προσομοίωσης. Κατά συνέπεια είναι ένα πρόγραμμα που προσφέρει τα αποτελέσματα του με δύο τρόπους, τόσο οπτικά μέσω της 3D οθόνης, όσο και μέσα από τις στατιστικές αναφορές.

Η μοντελοποίηση στο Flexsim επιτυγχάνεται σε 4 βήματα. Το πρώτο βήμα είναι η σχεδιαστική αναπαράσταση του συστήματος το οποίο μοντελοποιείται το οποίο περιλαμβάνει όλα τα αντικείμενα που συμμετέχουν στην επεξεργασία. Το δεύτερο βήμα είναι ο ορισμός των σχέσεων που διέπουν αυτά τα αντικείμενα, του τρόπου που συνεργάζονται καθώς και της ροής των αντικειμένων εντός του συστήματος. Το τρίτο βήμα είναι ο καθορισμός των παραμέτρων και των λεπτομερειών του συστήματος, όπως οι χρόνοι επεξεργασίας, οι ταχύτητες των μεταφορικών ταινιών, τις στάσεις και τις λοιπές λεπτομέρειες που χαρακτηρίζουν το σύστημα. Το τέταρτο και τελευταίο βήμα είναι οι μετρήσεις οι οποίες ο σχεδιαστές επιθυμεί να καταγράψει κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης. Μετά κι από αυτό, το μοντέλο είναι έτοιμο για εκτέλεση και ο χρήστης παρακολουθεί στην οθόνη του την εξέλιξη του μοντέλου τρισδιάστατα.

Στην συνέχεια αναφέρονται κάποιες από τις διαδικασίες που μπορούν να μοντελοποιηθούν με το Flexsim.

- Διαδικασίες και συστήματα παραγωγής
- Διαχείριση υλικών
- Συσκευασία
- Διαδικασίες αποθήκευσης
- Συλλογή προϊόντων
- Διαδικασίες χύτευσης
- Υψηλής ταχύτητας εμφιάλωση
- Τηλεφωνικά κέντρα
- Παραγωγή και συσκευασία τροφίμων
- Παραγωγή και αποθήκευση καυσίμων

- Συστήματα ASRS
- Κέντρα διανομής και Logistics

2.1 Αντικείμενα του Flexsim

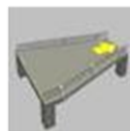
Στην βιβλιοθήκη του Flexsim υπάρχουν αντικείμενα που έχουν σχεδιαστεί να εκτελούν συγκεκριμένες διεργασίες και να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Τα περισσότερα αντικείμενα του Flexsim έχουν σχεδιαστεί να ανήκουν σε δύο γενικότερες κατηγορίες. Τις πηγές (fixed resources) και τους διεκπεραιωτές (task executers). Στην συνέχεια θα αναφέρονται ως FR και TE αντίστοιχα.

Τα FR είναι σταθερά αντικείμενα τα οποία αναπαριστούν μία συγκεκριμένη φάση της διαδικασίας όπως για παράδειγμα ένας σταθμός επεξεργασίας ή ένας χώρος αποθήκευσης. Τα αντικείμενα διέρχονται μέσα από το FR ώστε να υποστούν την προκαθορισμένη επεξεργασία και στην συνέχεια μεταβαίνουν στο επόμενο συνδεδεμένο αντικείμενο αν υπάρχει.

Τα TE είναι αντικείμενα τα οποία χρησιμοποιούνται στο μοντέλο σαν κινούμενες πηγές. Μπορεί να αναπαριστούν κάποιον εργαζόμενο που η παρουσία του είναι απαραίτητη για την εκτέλεση κάποιας διεργασίας ή για την μεταφορά ενός αντικειμένου από μία θέση σε μία άλλη.

2.1.1 Fixed Resources

Συνδυαστής – Combiner



Ο συνδυαστής χρησιμοποιείται για να ενώνει διαφορετικές ροές αντικειμένων εντός του μοντέλου. Έχει την δυνατότητα να συνδυάσει προϊόντα μόνιμα ή προσωρινά ώστε να χωριστούν σε κάποιο επόμενο σημείο του μοντέλου. Ο συνδυαστής θεωρεί το αντικείμενο που εισέρχεται από την πρώτη είσοδο ως το αντικείμενο που θα περιέχει όλα τα υπόλοιπα που εισέρχονται από τις άλλες εισόδους. Συνεπώς για να προχωρήσει η διαδικασία πρέπει να υπάρχει αποκλειστικά και απαραίτητα ένα αντικείμενο από την πρώτη είσοδο. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να καθορίσει την ποσότητα των αντικειμένων που θα εισέρχονται από την δεύτερη είσοδο και έπειτα. Μόνο όταν όλα τα αντικείμενα εισέλθουν θα προχωρήσει το μοντέλο στην επόμενη διεργασία. Επίσης μπορεί να οριστεί χρόνος προετοιμασίας και επεξεργασίας.

Ταινία μεταφοράς – Conveyor & Merge Sort

Conveyor

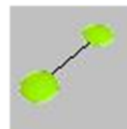


Η ταινία μεταφοράς χρησιμοποιείται για να μεταφέρει αντικείμενα εντός του μοντέλου μέσα από ένα προκαθορισμένο δρόμο. Η ακριβή διαδρομή μπορεί να οριστεί από τον χρήστη. Υπάρχει δυνατότητα τόσο για ευθεία όσο και για καμπύλα τμήματα. Επίσης μπορεί να οριστεί η ταχύτητα μεταφοράς του κάθε τμήματος. Υπάρχουν δύο είδη μεταφορικής ταινίας. Οι σωρευτικές και οι μη σωρευτικές. Οι σωρευτικές λειτουργούν ως ραουλόδρομοι, δηλαδή επιτρέπουν την κίνηση των προϊόντων ανεξάρτητα με το τι συμβαίνει στον υπόλοιπο διάδρομο. Οι μη σωρευτικές, σταματούν την κίνηση των προϊόντων σε όλο το μήκος τους όταν κάτι απρόοπτο συμβεί σε κάποιο σημείο. Επίσης μπορεί να υπάρχουν πολλές εισοδοί, τα προϊόντα όμως θα εισέρχονται από την αρχή της ταινίας.

Merge Sort

Είναι μη συμβατική ταινία μεταφοράς η οποία επιτρέπει την είσοδο προϊόντων από πολλαπλά σημεία κατά μήκος του. Η άλλη διαφοροποίηση είναι ότι ένα αντικείμενο δεν έχει διαθέσιμη έξοδο την στιγμή που θα φτάσει στο τέλος της ταινίας επανακυκλοφορεί από την αρχή της.

Κόμβος Ροής – Flow Node



Ο Κόμβος Ροής χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει καθυστέρηση κατά την μεταφορά ενός αντικειμένου από μία θέση σε μία άλλη. Αυτό χρησιμεύει στην αναπαράσταση κάποιων καθυστερήσεων που συμβαίνει στο πραγματικό σύστημα και πρέπει να συμπεριληφθεί στο μοντέλο.

Επεξεργαστής – Processor



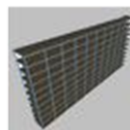
Ο επεξεργαστής χρησιμοποιείται για να προσομοιώσει την όποια επεξεργασία υφίστανται τα αντικείμενα στο μοντέλο. Το FR αυτό προσομοιώνει την κάθε επεξεργασία ως χρονική καθυστέρηση μετάβασης στην επόμενη θέση. Ένας επεξεργαστής μπορεί να επεξεργάζεται περισσότερα από ένα αντικείμενα ταυτόχρονα. Ο χρήστης μπορεί να ορίσει χρόνο προετοιμασίας και επεξεργασίας.

Ουρά – Queue



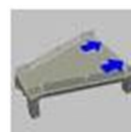
Η ουρά εισάγεται στον μοντέλο για να αποθηκεύει τα προϊόντα όταν το επόμενο αντικείμενο επεξεργασίας δεν είναι διαθέσιμο να δεχτεί νέο προϊόν. Μπορεί να επιλεγεί από τον χρήστη ποιος κανόνας προτεραιότητας θα εφαρμόζεται. Σαν προεπιλογή είναι το FIFO. Υπάρχει η δυνατότητα να σχηματίζονται παρτίδες προϊόντων πριν την έξοδο από την ουρά.

Ράφια – Racks



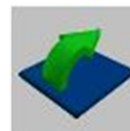
Τα ράφια χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των αντικειμένων που διακινούνται κυρίως σε μοντέλα αποθηκών. Ο χρήστης μπορεί να ορίσει πλήθος και αριθμό ραφιών και επιπέδων. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα να οριστεί σε ποια συγκεκριμένη θέση θα αποθηκεύεται το κάθε προϊόν. Τα ράφια μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν επιδαπέδιο μέσο αποθήκευσης. Τέλος ο χρήστης μπορεί να ορίσει τον ελάχιστο χρόνο παραμονής ενός αντικειμένου στο ράφι. Το αντικείμενο θα είναι διαθέσιμο προς έξοδο μόνο μετά το πέρασ του χρονικού αυτού διαστήματος.

Διαχωριστής – Separator



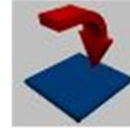
Ο διαχωριστής χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει μία ροή αντικειμένων σε επιμέρους. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με το ξεπακετάρισμα που έχει κάνει ο συνδυαστής, είτε με την δημιουργία αντιγράφων της εισερχόμενης ροής. Μπορεί να ορισθεί απαιτούμενος χρόνος για την εκτέλεση του διαχωρισμού, όπως και μπορεί να επιλεγεί η συμμετοχή εργαζόμενου.

Πηγή – Source



Η πηγή δημιουργεί και εισάγει στο μοντέλο τα αντικείμενα που διακινούνται εντός του και υφίστανται επεξεργασία. Κάθε πηγή παράγει ένα μόνο είδος αντικειμένου, κατά συνέπεια σε ένα μοντέλο απαιτούνται τόσες πηγές όσα και τα είδη των προς επεξεργασία αντικειμένων. Η πηγή προσδίδει χαρακτηριστικά στο αντικείμενο, όπως χρώμα ή κωδικό που αντιπροσωπεύει του είδος του. Ο χρήστης ορίζει την συχνότητα με την οποία παράγει η πηγή προϊόντα. Συνήθως χρησιμοποιείται κάποια στατιστική κατανομή.

Έξοδος – Sink



Χρησιμοποιείται για να καταστρέψει αντικείμενα τα οποία έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο επεξεργασίας στο μοντέλο. Όταν ένα αντικείμενο εισέλθει στην έξοδο δεν μπορεί να ανακτηθεί.

2.1.2 Task Executors

Εργαζόμενος – Operator



Ο εργαζόμενος μπορεί να κληθεί σε κάθε FR το οποίο για να εκτελέσει την δραστηριότητα του απαιτεί την παρουσία εργαζομένου. Ο εργαζόμενος παραμένει στο αντικείμενο μέχρι να κληθεί από κάποια άλλη θέση. Ο χρήστης μπορεί να ορίσει την σειρά προτεραιότητας που θα ακολουθεί ο εργαζόμενος για να επιλέξει σε ποια δραστηριότητα θα πάει. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μεταφορά προϊόντων από μία θέση σε μία άλλη.

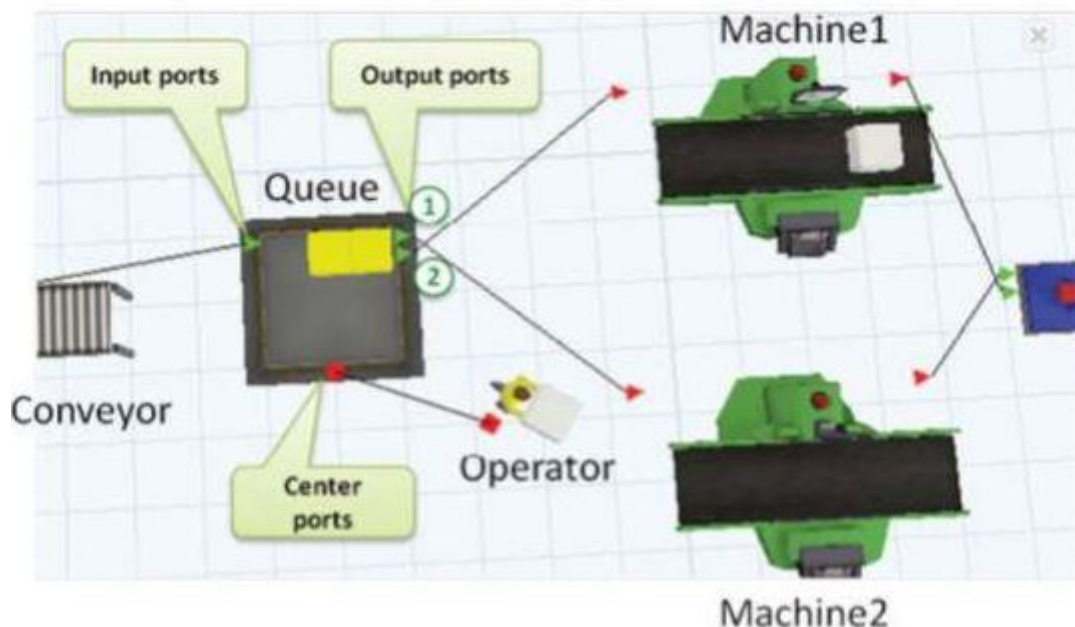
Ανελκυστήρας – Elevator



Ο ανελκυστήρας είναι ένας τύπος μεταφοράς ο οποίος μεταφέρει αντικείμενα από ένα ύψος σε ένα άλλο. Λειτουργεί αυτόματα χωρίς την παρουσία εργαζομένου. Μπορεί να ορισθεί ο χρόνος φόρτωσης αλλά και η ταχύτητά του.

2.2 Σύνδεση αντικειμένων

Για τα παραπάνω αντικείμενα η μεταξύ τους σύνδεση έχει σκοπό τη δημιουργία διόδων (ports) από το ένα στο άλλο, ώστε να μπορούν να διακινηθούν και να επεξεργαστούν τα αντικείμενα ροής.



Εικόνα 2.2-1: Συνδέσεις Αντικειμένων

Ένα αντικείμενο, ανεξάρτητα με την κατηγορία όπου ανήκει, μπορεί να δέχεται απεριόριστο αριθμό συνδέσεων, με τις αντίστοιχες βέβαια επιδράσεις στη λογική του. Οι συνδέσεις μεταξύ των Fixed Resources δημιουργούν τις διόδους μεταφοράς, οι συνδέσεις μεταξύ Fixed Resources και Task Executors δημιουργούν διόδους επικοινωνίας για τον τρόπο παραλαβής, μεταφοράς και απόθεσης των αντικειμένων ροής από κάποιο Fixed Resource σε κάποιο άλλο. Συνδέσεις μεταξύ Task Executors γίνονται με σκοπό τον συντονισμό πολλών FR που πρέπει να εξυπηρετηθούν από 1 ή περισσότερα TE.

2.3 Χαρακτηριστικά και ιδιότητες αντικειμένων

Κάθε αντικείμενο του Flexsim διέπεται από χαρακτηριστικά τα οποία διαχειρίζεται ο χρήστης μέσω ενός συνόλου καρτελών. Κάποιες καρτέλες είναι κοινές για όλα τα αντικείμενα ενώ κάποιες άλλες είναι μοναδικές για το κάθε αντικείμενο του Flexsim. Με αυτό τον τρόπο θα παρουσιαστούν και αναλυθούν οι καρτέλες των αντικειμένων στο ακόλουθο κεφάλαιο.

2.3.1 Κοινές Καρτέλες Ιδιοτήτων

Γενική Καρτέλα – General Tab

Η καρτέλα αυτή υπάρχει σε όλα τα αντικείμενα του Flexsim και αφορά την εμφάνιση και τις συνδέσεις του αντικειμένου.

Επιλογή της 2D και 3D εμφάνισης και απεικόνισης του αντικειμένου στο μοντέλο. Υπάρχουν προεπιλογές αλλά ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ελεύθερα

General

Appearance

3D Shape: fs3d\procsr_color.3ds

Shape Factors: [Edit] [Reset]

2D Shape: ***

3D Texture: ***

Color: [Green]

Flags

Show Name

Show Ports

Show 2D Shape

Show 3D Shape

Show Contents

Scale Contents

Protected

Position, Rotation, and Size

X	0.00	RX	0.00	SX	4.00
Y	7.00	RY	0.00	SY	3.00
Z	0.00	RZ	0.00	SZ	2.06

Ports

Input Ports: 1: Queue5

Central Ports

Output Ports

[Properties] [Rank ^] [Rank v] [Delete]

Check boxes για εμφάνιση ή μη χαρακτηριστικών του αντικειμένου

Θέση, κλίση και μέγεθος στο σύστημα αναφοράς XYZ

Input: Είσοδοι

Output: Έξοδοι

Central: Task executers

Εικόνα 2.3-1: Γενική Καρτέλα

Καρτέλα Στατιστικής – Statistic Tab

Στην καρτέλα αυτή παρουσιάζονται τα βασικά στατιστικά μεγέθη κάθε αντικειμένου, όπως αυτά καταγράφηκαν στο πιο πρόσφατο 'τρέξιμο' της προσομοίωσης.

Το πλήθος των προϊόντων που έχουν εισέρθει (input) και εξέρθει (output) μέχρι την δεδομένη χρονική στιγμή. TTD: Η συνολική απόσταση που διανύθηκε (Αφορά TE).

Statistics

Throughput

Input: 990.00 Output: 983.00

Total Travel Distance: []

State

Current: releasing [Chart...]

Record data for Content and Staytime charts

Content

Current: 7.00

Minimum: 0.00

Maximum: 10.00

Average: 5.65

Content History Size: 100.00 [Chart...]

Staytime

Minimum: 0.00

Maximum: 100.00

Average: 58.27

Lower Bound: 0.00

Upper Bound: 100.00

Divisions: 20.00

Display Confidence

Interval %: 95.00 [Chart...]

Παρούσα, ελάχιστη, μέγιστη και μέση ποσότητα αντικειμένων ροής.

Η κατάσταση τη δεδομένη στιγμή. Διάγραμμα κατάστασης σε όλη την διάρκεια.

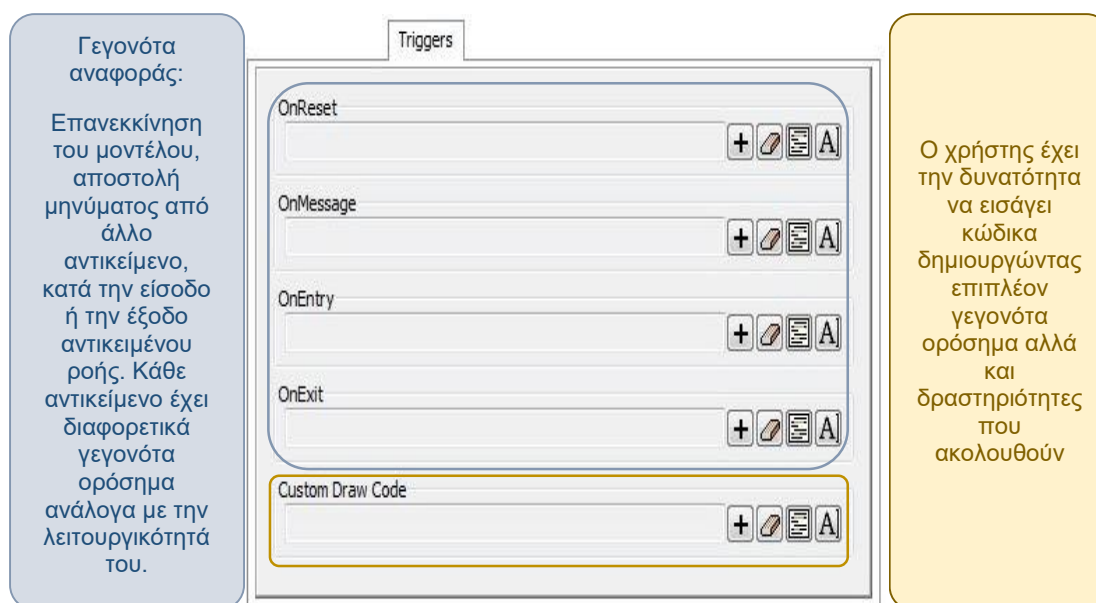
Ελάχιστος, μέγιστος και μέσος χρόνος παραμονής.

Καθορισμός κλίμακας αξόνων και αξιοπιστίας διαγράμματος πλήθους/χρόνου

Εικόνα 2.3-2: Καρτέλα Στατιστικής

Καρτέλα Εναυσμάτων – Trigger Tab

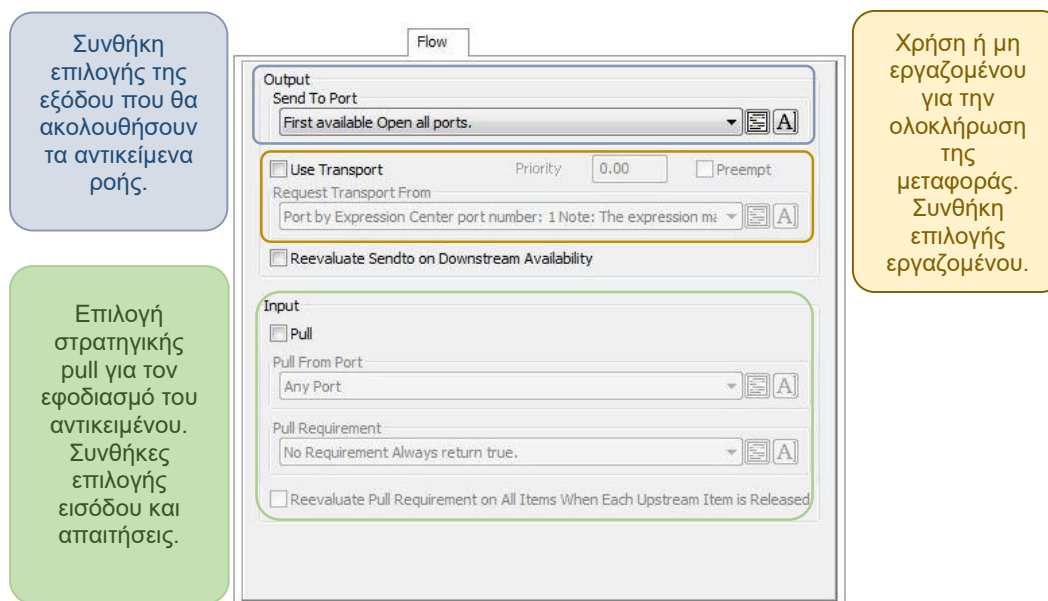
Σε αυτή την καρτέλα ο χρήστης ορίζει τι θα ακολουθήσει μετά από κάποιο γεγονός ορόσημο.



Εικόνα 2.3-3: Καρτέλα Εναυσμάτων

Καρτέλα Ροής – Flow Tab

Η καρτέλα αυτή υπάρχει σε όλα τα FR αντικείμενα και ορίζει το που και με ποιόν τρόπο θα μεταφερθούν τα αντικείμενα ροής μετά το πέρας της επεξεργασίας.



Εικόνα 2.3-4: Καρτέλα Ροής

Καρτέλα Ετικετών – Label Tab

Οι ετικέτες χρησιμοποιούνται για αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων και πληροφοριών από και προς τα αντικείμενα και τα αντικείμενα ροής. Οι πληροφορίες και τα δεδομένα συμβάλουν στην ρεαλιστική αναπαράσταση των δραστηριοτήτων που πρέπει να ακολουθήσει κάθε μοντέλο ροής.

Όνομα και τιμή αριθμητικών και αλφαριθμητικών ετικετών

Labels

current_sku	1020304.00
batch_count	4.00
newstringlabel	some text
mylabeltable	0.00

Add Number Label
Add Text Label

Tree View
Label Table

Delete
Duplicate

Προσθήκη, διαγραφή, αντιγραφή ετικετών

Εικόνα 2.3-5: Καρτέλα Ετικετών

2.3.2 Ειδικές Καρτέλες Ιδιοτήτων

Καρτέλα Επεξεργασίας – Process Tab (Συνδιαστής, Διαχωριστής, Επεξεργαστής)

Καθορισμός βασικών χρονικών μεγεθών για την εργασία που εκτελείτε στο αντικείμενο.

Συνθήκη καθορισμού setup time. Πλήθος εργαζομένων αν απαιτείται

ProcessTimes

Setup

Time
No Setup Time (return zero) [A]

Use Operator (s) for Setup Number of Setup Operators: 1.00

Use Setup Operator(s) for both Setup and Process

Process

Time
By Expression Expression: 10 Note: The expression may be a con [A]

Use Operator (s) for Process Number of Process Operators: 1.00

Pick Operator

Port by Expression Center port number: 1 Note: The expression may l [A]

Priority: 0.00 Preempt

Συνθήκη επιλογής εργαζομένου εάν απαιτείται. Καθορισμός προτεραιότητας εργασίας

Συνθήκη καθορισμού χρόνου κύριας εργασίας. Πλήθος εργαζομένων αν απαιτείται

Εικόνα 2.3-6: Καρτέλα Επεξεργασίας

Καρτέλα Διάταξης – Layout Tab (Μεταφορική Ταινία)

Στην καρτέλα αυτή καθορίζεται η γεωμετρική διάταξη της μεταφορικής ταινίας

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά και είδος μεταφορικής ταινίας (Ευθύ ή καμπύλο)

Layout

Conveyor Section Edit Table

Initial Z Rotation: 15.00 [A] Add Straight Add Curved Delete Add Table to MTEI

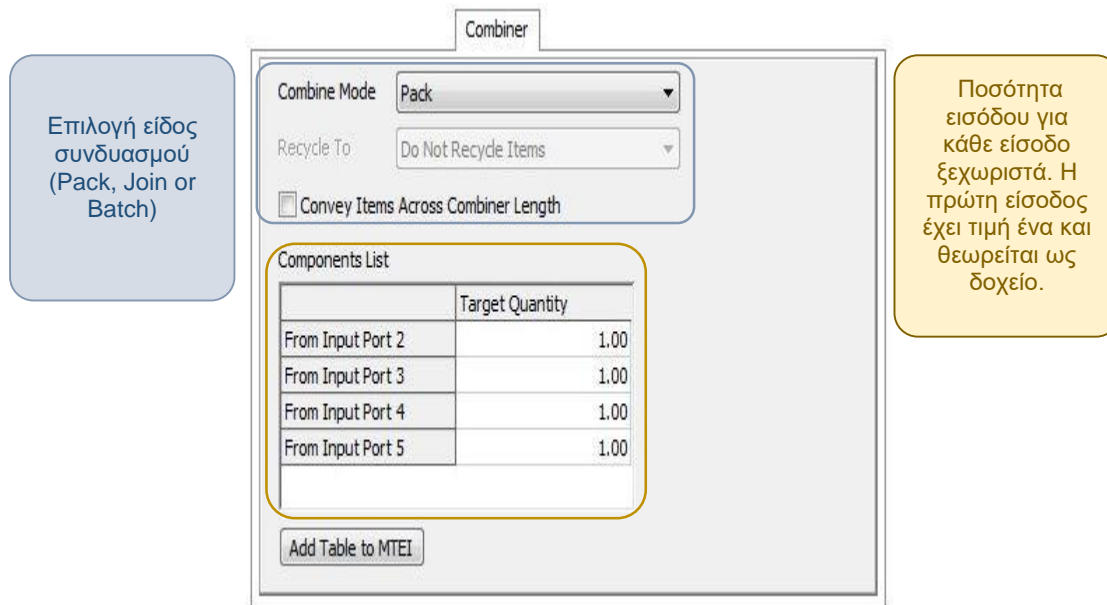
type: 1=straight, 2=curved

	type	length	rise	angle	radius	nroflags
	1.00	3.00	0.00	0.00	5.00	2.00
	2.00	0.00	1.00	45.00	3.00	2.00
	1.00	8.00	-1.00	0.00	0.00	2.00

Εικόνα 2.3-7: Καρτέλα Διάταξης

Καρτέλα Συνδυαστή – Combiner Tab

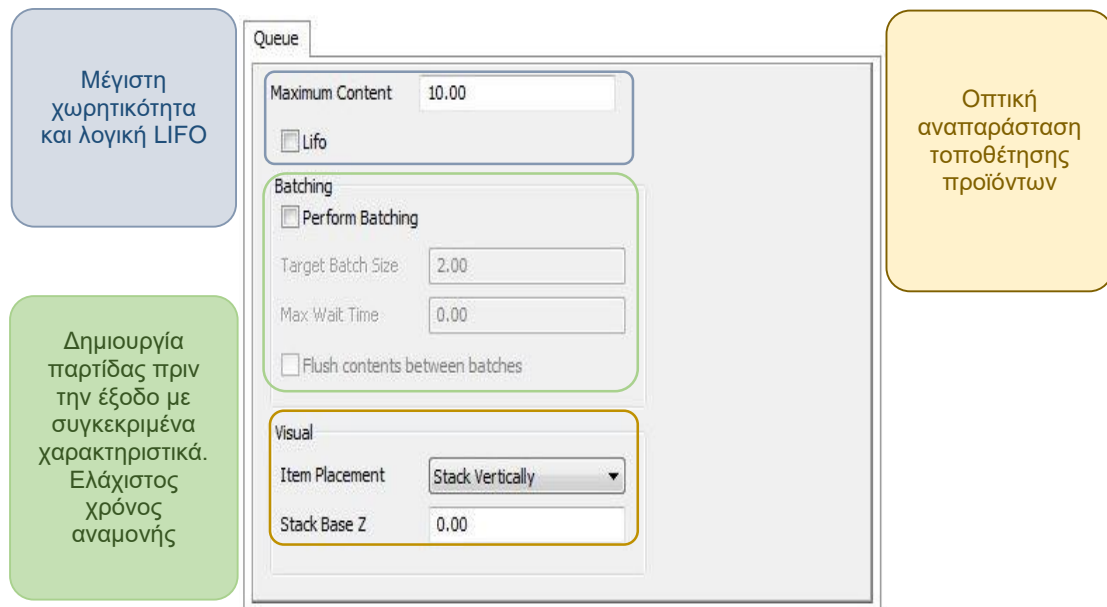
Στην καρτέλα αυτή ο χρήστης ορίζει τα βασικά μεγέθη για την λειτουργία ενός συνδυαστή.



Εικόνα 2.3-8: Καρτέλα Συνδυαστή

Καρτέλα Ουράς – Queue Tab

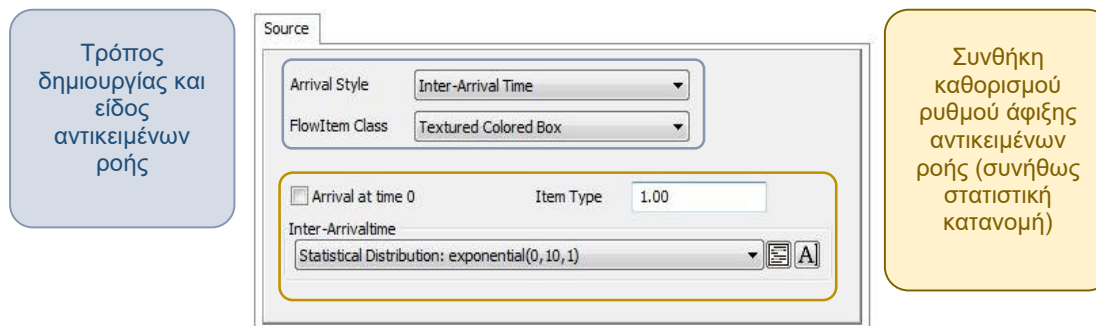
Η ουρές αποτελούν βασικό σχεδιαστικό εργαλείο καθώς χρησιμοποιούνται σχεδόν πριν από κάθε αντικείμενο.



Εικόνα 2.3-9: Καρτέλα Ουράς

Καρτέλα Πηγής – Source Tab

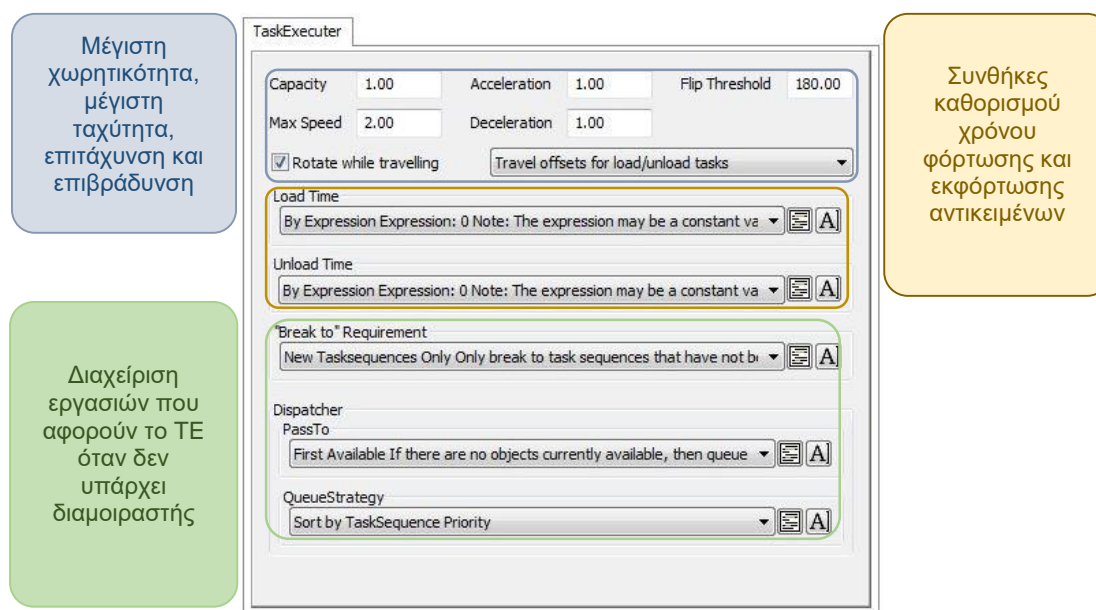
Η πηγή είναι το αντικείμενο που εφοδιάζει το μοντέλο με τα αντικείμενα ροής, συνεπώς ο ακριβής σχεδιασμός της είναι απαραίτητος για την ρεαλιστικότητα του μοντέλου.



Εικόνα 2.3-10: Καρτέλα Πηγής

Καρτέλα Task Executer

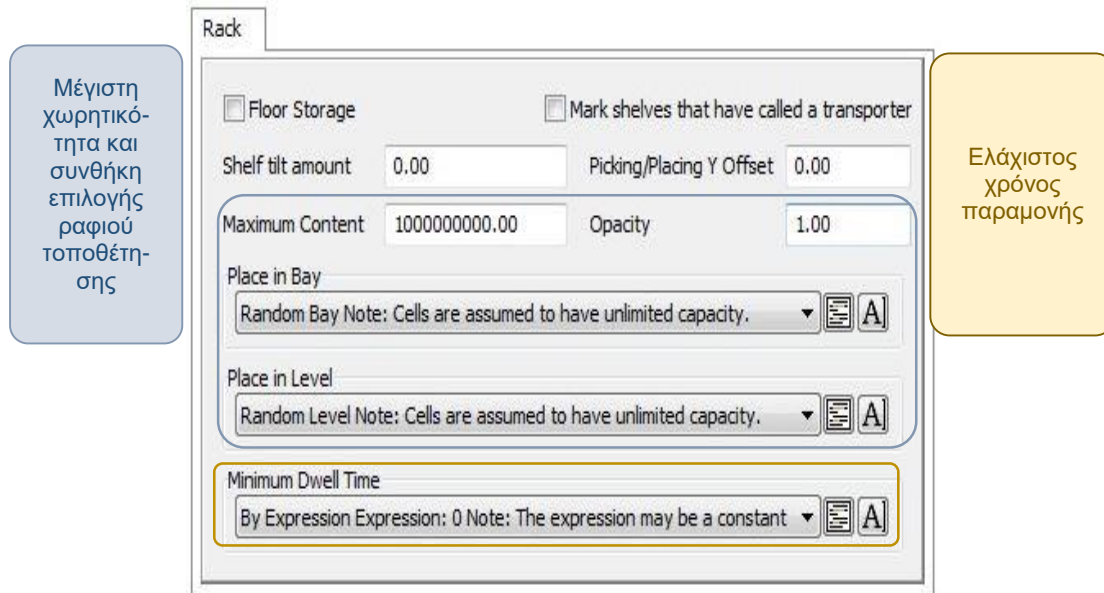
Η καρτέλα αυτή εμφανίζεται τόσο στους εργαζομένους όσο και στα παλετοφόρα και ορίζει βασικά μεγέθη που αφορούν την απόδοσή τους στο μοντέλο.



Εικόνα 2.3-11: Καρτέλα Task Executors

Καρτέλα Ραφιού – Rack Tab

Στην καρτέλα αυτή ορίζονται οι βασικές πληροφορίες τόσο για την γεωμετρία όσο και για τον τρόπο αποθήκευσης ενός ραφιού.



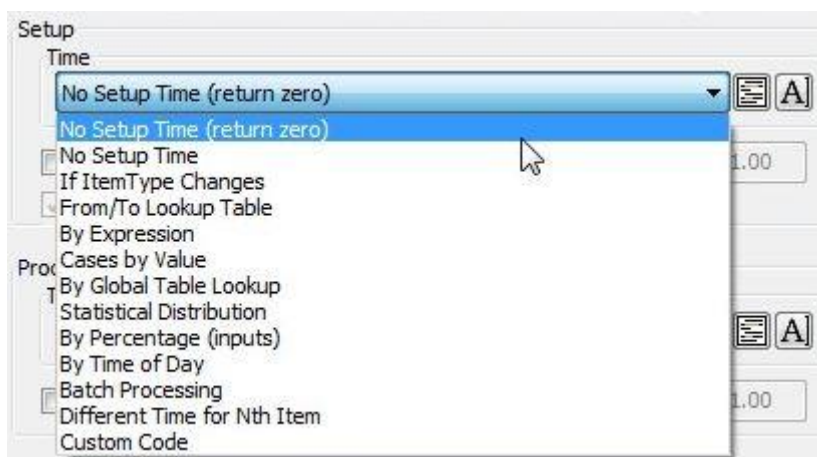
Εικόνα 2.3-12: Καρτέλα Ραφιού

2.4 Εργαλεία του Flexsim

Το Flexsim είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης το οποίο σχεδιάστηκε για να διευκολύνει τον μελετητή τόσο στο να δημιουργήσει ένα αντιπροσωπευτικό μοντέλο για το σύστημα που μελετάει, όσο στο να εξάγει ασφαλή και σωστά συμπεράσματα από την μελέτη προσομοίωσης που εκτέλεσε. Για αυτό τον λόγο υπάρχουν στο περιβάλλον του Flexsim εργαλεία τα οποία έχουν σχεδιαστεί με σκοπό να διευκολύνουν το χρήστη. Τέτοιου είδους εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην εν λόγω εργασία θα αναλυθούν παρακάτω.

2.4.1 Λίστα – Pick List

Οι λίστες είναι προσχεδιασμένες επιλογές, τις οποίες μπορεί να χρησιμοποιήσει ο χρήστης και να καλύψει εύκολα και γρήγορα κάποια ανάγκη του μοντέλου. Πίσω από κάθε επιλογή μιας τέτοιας λίστας υπάρχει ήδη γραμμένος κώδικας από τους προγραμματιστές του Flexsim και ο οποίος εκτελεί αυτό που περιγράφει με μία φράση η γραμμή της λίστας. Ο κώδικας αυτός μπορεί να τροποποιηθεί και σαφώς ο χρήστης μπορεί να πληκτρολογήσει κώδικα από την αρχή εάν δεν βρεθεί καμία επιλογή που να καλύπτει την ανάγκη του. Στην φωτογραφία φαίνεται μία λίστα η οποία προσφέρεται για την επιλογή της συνθήκης που θα ορίζει τον χρόνο προετοιμασίας μιας διεργασίας (setup time).



Εικόνα 2.4-1: Pick List

2.4.2 Βοηθητικοί πίνακες – Global Table

Οι πίνακες αυτοί χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση δεδομένων. Ο χρήστης έχει την ευχέρεια να δημιουργήσει και να χρησιμοποιήσει όσους πίνακες χρειάζεται, συνδυάζοντας όποια δεδομένα επιθυμεί. Οι πίνακες αυτοί μπορούν να επικοινωνούν με όλα τα αντικείμενα μέσω συγκεκριμένων εντολών και να ανταλλάζουν δεδομένα. Τα δεδομένα σε αυτούς του πίνακες διαχειρίζονται όπως και σε ένα αρχείο Excel και επίσης ο χρήστης μπορεί να εισάγει δεδομένα απευθείας από φύλλο Excel.

Ένας τέτοιος πίνακας παρουσιάζεται παρακάτω.

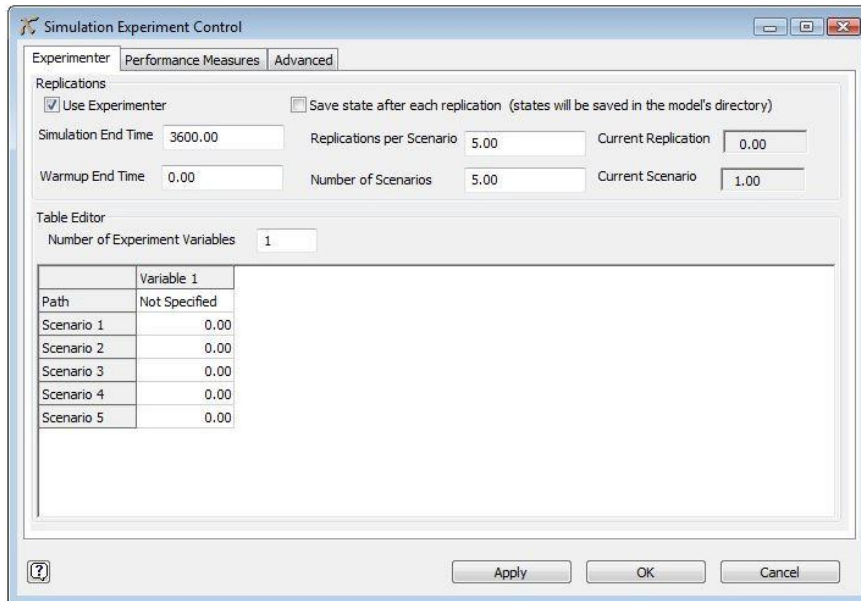
	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5
Row 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Row 2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Row 3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Row 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Row 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Row 6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Row 7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Row 8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Row 9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Row 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Row 11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Row 12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Row 13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Row 14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Row 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Εικόνα 2.4-2: Global Table

2.4.3 Έλεγχος Πειραμάτων Προσομοίωσης – Simulation Experiment Control

Το εργαλείο αυτό προσφέρει την δυνατότητα να γίνουν στο ίδιο μοντέλο προσομοιώσεις διαφορετικών σεναρίων. Για το κάθε σενάριο ο χρήστης μπορεί να μεταβάλλει και να ορίσει:

- Την διάρκεια της κάθε επανάληψης
- Το πλήθος των επαναλήψεων που θα εκτελεστούν
- Οι τιμές των μεταβλητών του μοντέλου



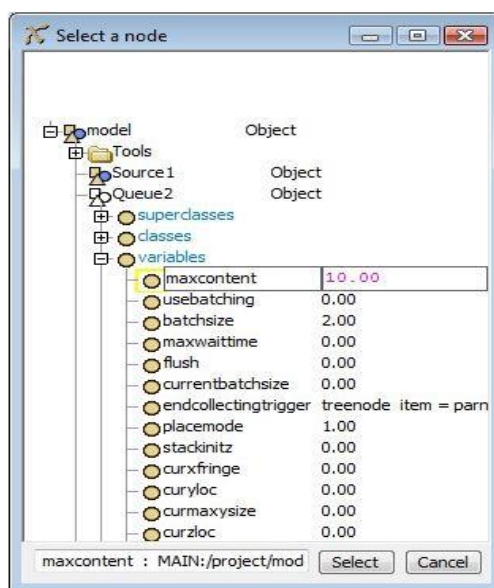
Εικόνα 2.4-3: Έλεγχος Πειραμάτων Προσομοίωσης

- Use experimenter – Η επιλογή αυτή ενεργοποιεί την λειτουργία των σεναρίων. Με την επιλογή του **Experimenter...** από την καρτέλα **Statistics** (Εικόνα 2.5-1: Καρτέλα Statistics).
- Save state after each replication – Με αυτή την επιλογή, αποθηκεύεται η κατάσταση του μοντέλου μετά το πέρας κάθε επανάληψης και μπορεί να ανακληθεί από τον χρήστη.
- Simulation End Time – Ο χρήστης καθορίζει την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.
- Warmup End Time - Με αυτή την επιλογή ορίζεται ένα χρονικό διάστημα, μετά το πέρας του οποίου θα μηδενιστούν τα στατιστικά αλλά όχι τα δεδομένα της προσομοίωσης.
- Replications per Scenario – Αριθμός επαναλήψεων σεναρίου
- Number of Scenarios – Αριθμός σεναρίων που θα εκτελεστούν

Μεταβλητές (Variables)

Μέσω αυτού του πίνακα ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την μεταβλητή ή τις μεταβλητές με τις οποίες επιθυμεί να πειραματιστεί κατά την εκτέλεση των σεναρίων. Από την γραμμή Path, επιλέγεται το χαρακτηριστικό με το οποίο θα πειραματιστεί ο προγραμματιστής μεταβάλλοντας την τιμή του μέσω του παραπάνω πίνακα. Κάθε στήλη αντιστοιχεί σε διαφορετικό χαρακτηριστικό και κάθε γραμμή σε διαφορετικό σενάριο.

Η επιλογή της μεταβλητής γίνεται μέσω του δέντρου των αντικειμένων που συμμετέχουν στο μοντέλο όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.4-4: Tree Node.

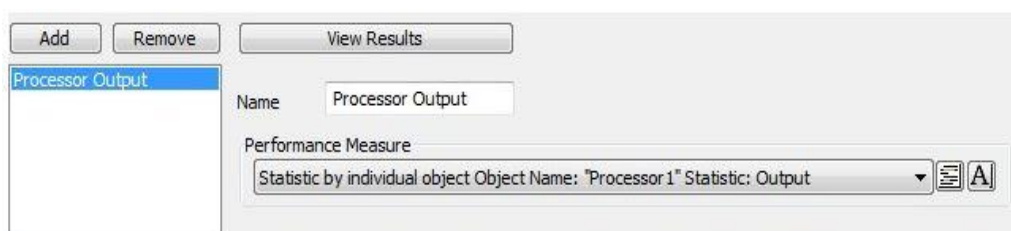


Εικόνα 2.4-4: Tree Node

Σημειώνεται ότι η μεταβλητή πρέπει να έχει αποκλειστικά αριθμητική τιμή.

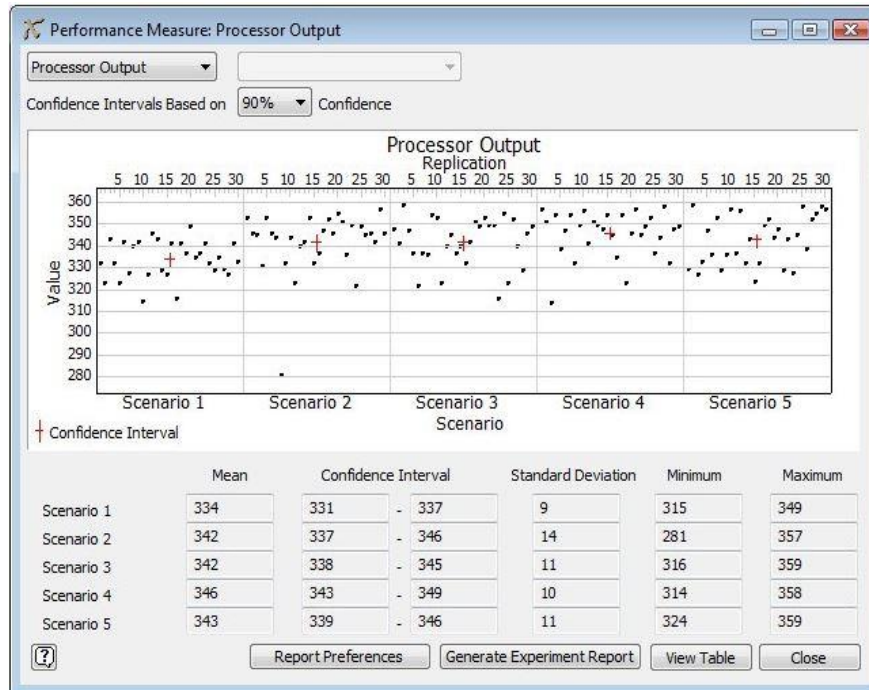
Μέτρηση σεναρίων – Performance Measures

Μέσω της καρτέλας Performance Measure, ο χρήστης ορίζει το χαρακτηριστικό του μοντέλου που τον ενδιαφέρει η μεταβολή του κατά την εκτέλεση των σεναρίων. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί να είναι διαφόρων ειδών και επιλέγεται από την διαθέσιμη λίστα



Εικόνα 2.4-5: Performance measures

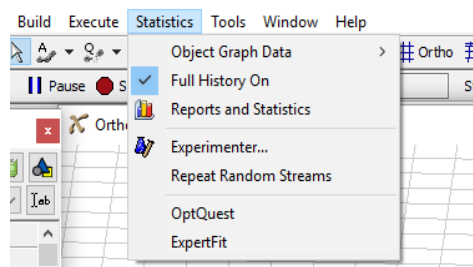
Μετά το πέρας της εκτέλεσης των σεναρίων τα αποτελέσματα του χαρακτηριστικού που επιλέχθηκε παραπάνω εμφανίζονται με τρόπο όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.4-6: Αποτελέσματα Προσομοίωσης.



Εικόνα 2.4-6: Αποτελέσματα Προσομοίωσης

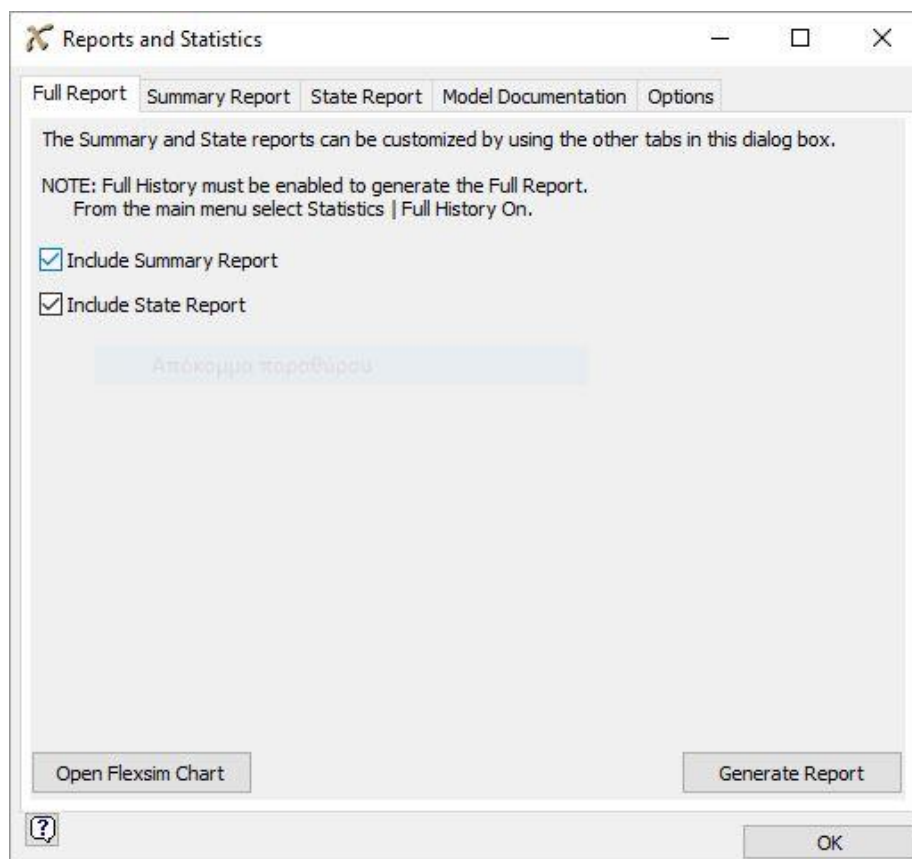
2.5 Αναφορές (Reports) του Flexsim

Το πρόγραμμα προσομοίωσης Flexsim, προσφέρει ένα πλήρες εργαλείο δημιουργίας αναφορών που αφορούν όλα τα χαρακτηριστικά των αντικειμένων και των αντικειμένων ροής που συμμετέχουν στο εκάστοτε μοντέλο. Για να συλλέξει και να διατηρήσει το πρόγραμμα τα απαραίτητα στοιχεία για την εξαγωγή αναφορών, πρέπει να ενεργοποιηθεί από τον χρήστη η ανάλογη εντολή. Από την γραμμή εργαλείων του Flexsim πρέπει ο χρήστης να επιλέξει την εντολή **Full History On**, μέσω της καρτέλας **Statistics**, όπως φαίνεται στο σχήμα.



Εικόνα 2.5-1: Καρτέλα Statistics

Αφού επιλεγεί αυτή η εντολή, ο χρήστης μπορεί να τρέξει το μοντέλο. Κατά την διάρκεια του «τρεξίματος», αποθηκεύονται σε μία βάση δεδομένων όλα τα χαρακτηριστικά και τα στοιχεία όλων των μεταβλητών και των αντικειμένων του μοντέλου, καθ' όλη την διάρκεια της προσομοίωσης. Μετά το πέρας της προσομοίωσης, ο χρήστης επιλέγει από την καρτέλα **Statistics** την εντολή **Reports and Statistics**.



Εικόνα 2.5-2: Reports and Statistics

Στο παράθυρο που ανοίγει μετά την επιλογή της παραπάνω εντολής, υπάρχουν 5 καρτέλες οι οποίες θα αναλυθούν εκτενώς στην συνέχεια.

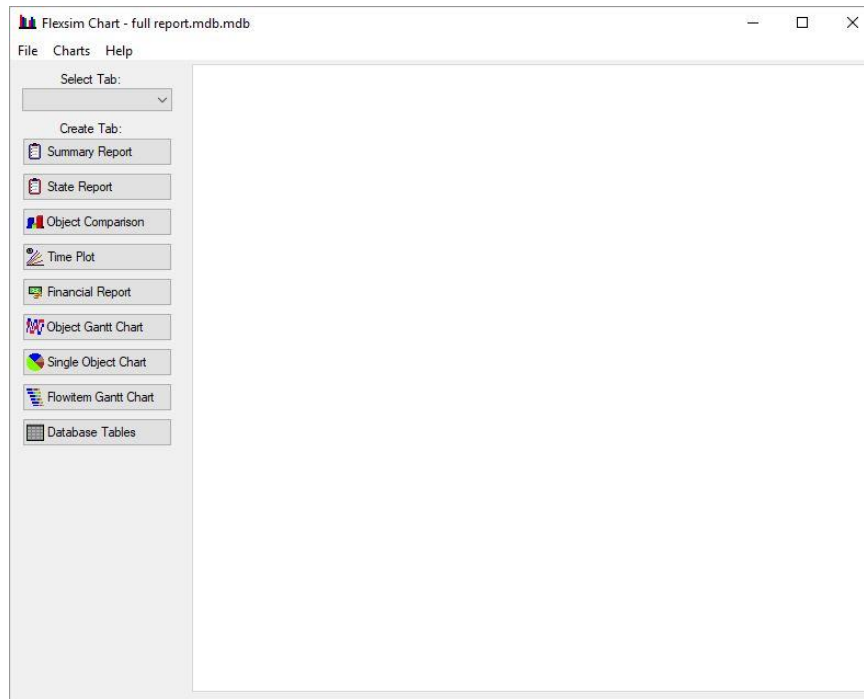
2.5.1 Συνολική Αναφορά

Η πρώτη καρτέλα είναι η επιλογή πλήρους αναφοράς του μοντέλου. Στην καρτέλα αυτή όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.5-2: Reports and Statistics υπάρχουν οι επιλογές **Generate Report** και **Open Flexsim Chart**.

Η πρώτη επιλογή δημιουργεί μία βάση δεδομένων με την χρήση της Access στην οποία καταχωρούνται όλα τα δεδομένα της προσομοίωσης. Η βάση αυτή ανανεώνεται κάθε φορά που επιλέγεται αυτή η εντολή, εκτός και αν ο χρήστης την αποθηκεύσει με διαφορετικό όνομα και επιλέξει διαφορετικό αρχείο για την νέα εκτέλεση. Συνεπώς με την εντολή αυτή, ο χρήστης

καλείται να επιλέξει ένα αρχείο το οποίο έχει δημιουργήσει ο ίδιος για να αποθηκευτούν τα δεδομένα.

Με την επιλογή **Open Flexsim Chart**, εμφανίζεται το υποπρόγραμμα **Flexsim Chart** στο οποίο υπάρχουν όλα τα εργαλεία με τα οποία ο χρήστης διαχειρίζεται και επεξεργάζεται τις αναφορές που επιθυμεί να εξάγει από το μοντέλο.



Εικόνα 2.5-3: Flexsim Chart

Οι δύο πρώτες επιλογές (Summary Report, State Report) προσφέρουν τις ίδιες πληροφορίες με τις ομώνυμες καρτέλες του παραθύρου **Reports and Statistics** οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω.

Περιληπτική Αναφορά

Οι πληροφορίες που εμφανίζονται σε αυτή την επιλογή ταυτίζονται με αυτές που προσφέρει η δεύτερη καρτέλα του **Reports and Statistics**.

Flexsim Chart - full report.mdb.mdb

File Charts Help

Select Tab:
SummaryReport

Create Tab:
Summary Report
State Report
Object Comparison
Time Plot
Financial Report
Object Gantt Chart
Single Object Chart
Flowitem Gantt Chart
Database Tables

Summary Report

Model Stop Time: 3600,00

Object	Class	stats	content	stats	contentmin	stats	contentmax	stats
/Source1	Source	0,00	0,00	0,00	1,00			
/Queue2	Queue	10,00	0,00	10,00	9,77			
/Combiner3	Combiner	1,00	0,00	2,00	0,56			
/Source4	Source	0,00	0,00	0,00	1,00			
/Queue5	Queue	2,00	0,00	10,00	2,72			
/Queue6	Queue	0,00	0,00	1,00	0,24			
/Rack7	Rack	0,00	0,00	1,00	0,00			
/Operator9	Operator	0,00	0,00	3,00	0,65			
/Operator10	Operator	1,00	0,00	1,00	0,26			
/Sink11	Sink	1,00	1,00	1,00	0,00			

Εικόνα 2.5-4: Summary Report

Στην πρώτη στήλη αναφέρεται το όνομα του κάθε αντικειμένου που συμμετέχει στο μοντέλο. Η δεύτερη στήλη χαρακτηρίζει το είδος του κάθε αντικειμένου. Όλες οι επόμενες στήλες αναφέρονται στις μεταβλητές, τα χαρακτηριστικά και τις τιμές αυτών που αφορούν τον αναλυτή. Το πρόγραμμα διαθέτει μία μεγάλη λίστα από μεγέθη τα οποία καταγράφονται κατά την εκτέλεση και μπορεί να ενδιαφέρουν τον κάθε αναλυτή. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει ποια από αυτά επιθυμεί να εμφανιστούν στην αναφορά του. Σημειώνεται ότι στην μορφή που φαίνεται παραπάνω μπορούν να εμφανιστούν μόνο μέχρι 32 στήλες. Εάν ο χρήστης επιθυμεί περισσότερες μπορεί να εξαγάγει την αναφορά σε αρχείο Excel. Οι επιλογές αυτές είναι συνολικά για όλα τα αντικείμενα που υπάρχουν στην εργαλειοθήκη του Flexsim, παρόλα αυτά δεν έχουν φυσική σημασία όλες οι μεταβλητές σε όλα τα αντικείμενα.

Οι επιλογές που έχει ο χρήστης αναφέρονται και αναλύονται σύντομα στην συνέχεια.

- Current Content: Πλήθος αντικειμένων ροής που βρίσκονται εντός του αντικειμένου κατά την χρονική στιγμή που διακόπηκε η προσομοίωση.
- Minimum Content: Η ελάχιστη τιμή του πλήθους των αντικειμένων ροής στο εν λόγω αντικείμενο καθ' όλη την διάρκεια της προσομοίωσης.
- Maximum Content: Η μέγιστη τιμή του πλήθους των αντικειμένων ροής στο εν λόγω αντικείμενο καθ' όλη την διάρκεια της προσομοίωσης.
- Average Content: Η μέση τιμή του πλήθους των αντικειμένων ροής στο εν λόγω αντικείμενο καθ' όλη την διάρκεια της προσομοίωσης.
- Input: Αριθμός αντικειμένων ροής που εισήχθησαν.

- Output: Αριθμούς αντικειμένων ροής που εξήχθησαν.
- Maximum Staytime: Μέγιστος χρόνος παραμονής (Αναφέρεται σε ράφια)
- Minimum Staytime: Ελάχιστος χρόνος παραμονής (Αναφέρεται σε ράφια)
- Average Staytime: Μέσος χρόνος παραμονής (Αναφέρεται σε ράφια)
- Current State: Η κατάσταση που βρίσκεται το αντικείμενο την στιγμή που σταμάτησε η προσομοίωση (Πιθανές καταστάσεις: Idle, Processing, Block, Generating, Empty).
- Time in Current State: Ο χρόνος από την τελευταία αλλαγή κατάστασης.
- Idle Time: Ο χρόνος που το αντικείμενο βρίσκεται σε αδράνεια.
- Processing Time: Ο χρόνος που το αντικείμενο εκτελεί κάποια επεξεργασία.
- Blocked Time: Ο χρόνος που το αντικείμενο βρίσκεται μπλοκαρισμένο και δεν μπορεί να εκτελέσει την δραστηριότητα του.
- Generating Time: Ο χρόνος που δημιουργούνται αντικείμενα ροής (Αναφέρεται σε πηγές)
- Empty Time: Ο χρόνος που το αντικείμενο είναι άδειο.
- Time Collecting: Ο χρόνος που πραγματοποιεί συλλογή αντικειμένων ροής (Αναφέρεται σε Operators)
- Releasing Time:
- Waiting for Operator: Ο χρόνος που το αντικείμενο περιμένει τους εργαζομένους που απαιτούνται για να εκτελέσει την εκάστοτε δραστηριότητα.
- Waiting for transporter: Ο χρόνος που το αντικείμενο περιμένει μεταφορέα για να παραλάβει το αντικείμενο ροής από αυτό.
- Time Broken Down: Ο χρόνος που το αντικείμενο άλλαξε την προκαθορισμένη σειρά δραστηριοτήτων.
- Schedules Down Time: Ο χρόνος που άλλαξε η σειρά των δραστηριοτήτων λόγω προκαθορισμένων γεγονότων.
- Unscheduled Down Time: Ο χρόνος που άλλαξε η σειρά των δραστηριοτήτων λόγω μη προκαθορισμένων γεγονότων.
- Conveying Time: Ο χρόνος που μεταφέρονται αντικείμενα ροής εντός του αντικειμένου (Αναφέρεται σε ταινίας μεταφοράς).
- Empty Travel Time: Ο χρόνος που ταξιδεύει χωρίς να μεταφέρει αντικείμενα ροής (Αναφέρεται σε Operators και Transporters).
- Loaded Travel Time: Ο χρόνος που ταξιδεύει μεταφέροντας αντικείμενα ροής (Αναφέρεται σε Operators και Transporters).
- Empty Offset Time: Ο χρόνος που ταξιδεύει χωρίς να μεταφέρει αντικείμενα ροής εκτός των προκαθορισμένων ορίων διαδρομής (Αναφέρεται σε Operators και Transporters).

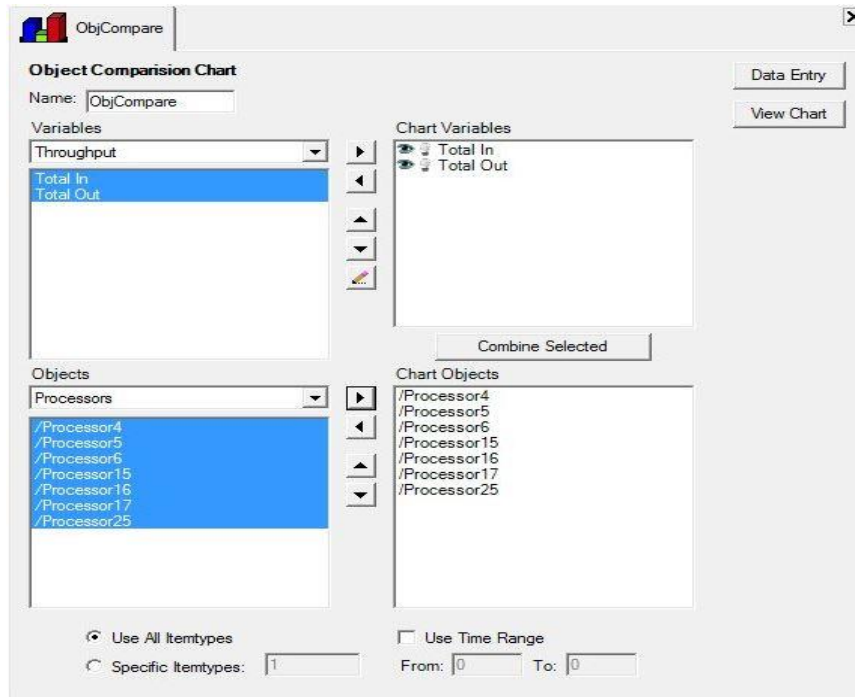
- Loaded Offset Time: Ο χρόνος που ταξιδεύει μεταφέροντας αντικείμενα ροής εκτός των προκαθορισμένων ορίων διαδρομής (Αναφέρεται σε Operators και Transporters).
- Loading Time: Ο χρόνος που «φορτώνει» αντικείμενα ροής (Αναφέρεται σε Operators και Transporters).
- Unloading Time: Ο χρόνος που «ξεφορτώνει» αντικείμενα ροής (Αναφέρεται σε Operators και Transporters).
- Setup Time: Ο χρόνος Setup
- Time Utilized: Ο χρόνος που χρησιμοποιήθηκε κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης.
- X, Y, Z Location: Γεωγραφικές συντεταγμένες
- X, Y, Z Size: Διαστάσεις
- X, Y, Z Rotation: Γωνία ως προς τους άξονες

Αναφορά Κατάστασης

Στο report αυτό ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει ποιες καταστάσεις των αντικειμένων τον ενδιαφέρουν κατά την διάρκεια της προσομοίωσης. Υπάρχει η δυνατότητα να εμφανίζεται ο χρόνος στον οποίο βρίσκεται το αντικείμενο σε αυτή την κατάσταση, τόσο σαν απόλυτος αριθμός όσο και σαν ποσοστό επί του συνολικού χρόνου προσομοίωσης. Τα κύρια χαρακτηριστικά που μετρούνται είναι ίδια και έχουν αναλυθεί στις επιλογές του Summary Report. Παρόλα αυτά υπάρχουν και κάποιες επιπλέον επιλογές οι οποίες αναφέρονται σε συγκεκριμένα αντικείμενα, όπως για παράδειγμα ο χρόνος που επιταχύνει ένας Operator ή ο χρόνος που ένας Combiner συνδυάζει ροές αντικειμένων. Και σε αυτή την περίπτωση τα αποτελέσματα, μπορούν να παρουσιαστούν, εάν αποτελούνται από μέχρι 32 στήλες, στο περιβάλλον του Flexsim αλλιώς σε φύλο Excel.

Σύγκριση Αντικειμένων

Η αναφορά αυτή προσφέρει την δυνατότητα να συγκριθούν δύο ή περισσότερα αντικείμενα ως προς συγκεκριμένες μεταβλητές. Τα αποτελέσματα συνδυάζονται σε κοινά διαγράμματα όπου η κάθε μεταβλητή έχει διαφορετικό χρώμα και τοποθετούνται διαδοχικά τα γραφήματα κάθε αντικειμένου.

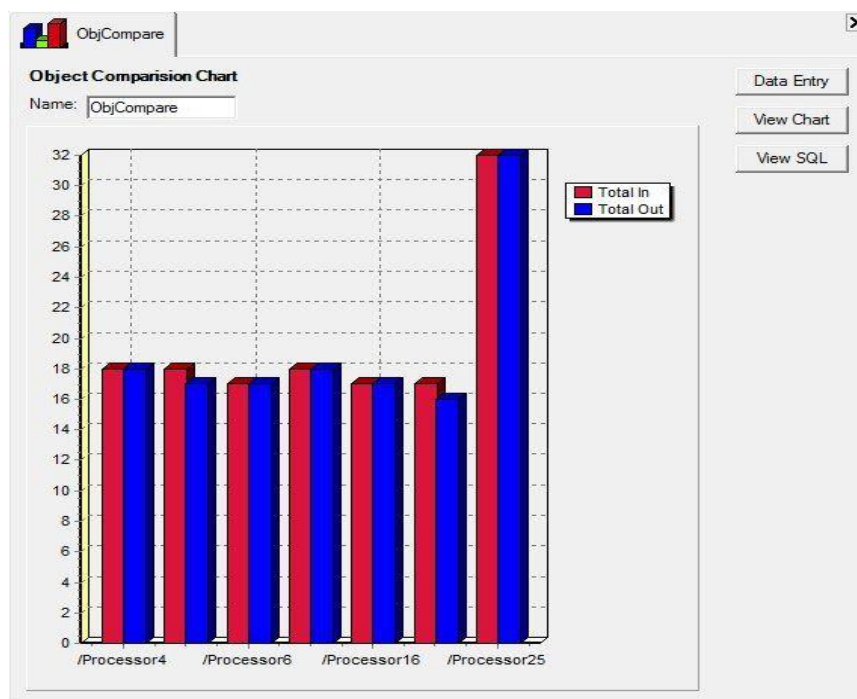


Εικόνα 2.5-5: Objects Comparison

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.5-5: Objects Comparison, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μέσω της διαθέσιμης λίστας τα χαρακτηριστικά που επιθυμεί να χρησιμοποιήσει στην σύγκριση (Variables) και με το βέλος να τα προσθέσει ώστε να εμφανιστούν στο διάγραμμα (Chart Variables). Στην συνέχεια με την ανάλογη διαδικασία επιλέγει από τα διαθέσιμα αντικείμενα (Objects) αυτά που θέλει να συγκρίνει (Chart Objects).

Σημειώνεται ότι μπορεί να επιλεγεί σύγκριση σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα της προσομοίωσης (Time Range) ή στο σύνολο αυτής.

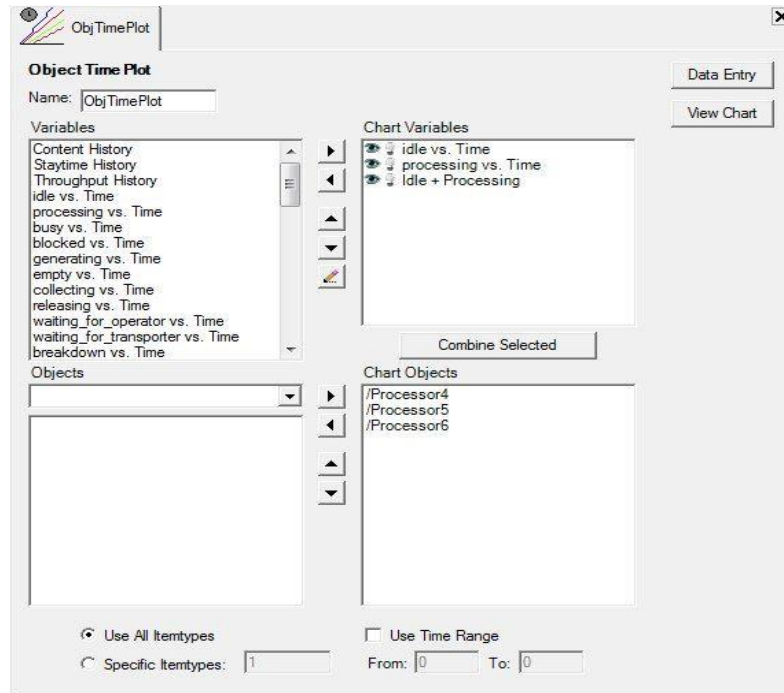
Τα αποτελέσματα της σύγκρισης εμφανίζονται ως εξής



Εικόνα 2.5-6: Objects Comparison Chart

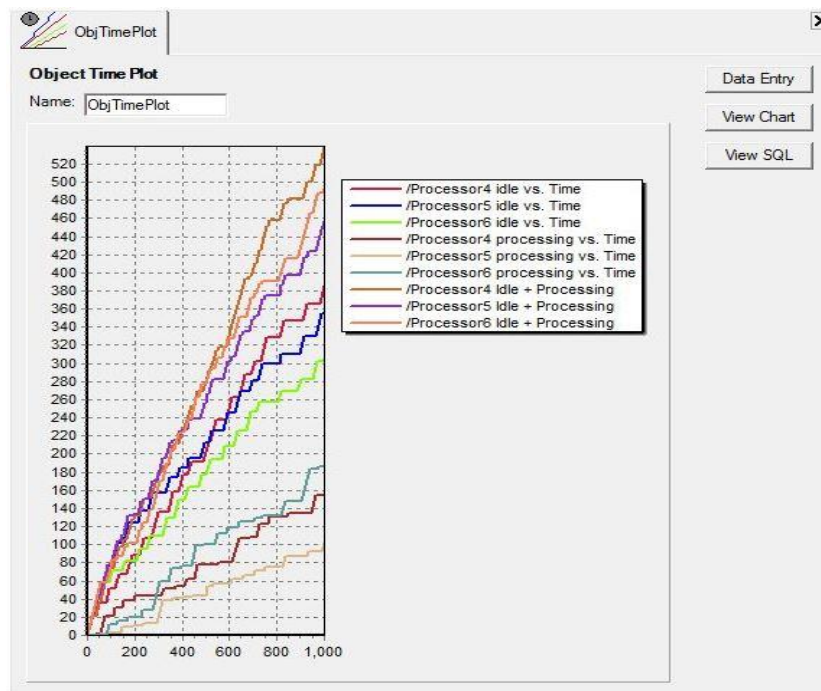
Χρονική Απόκριση Αντικειμένου

Το Report αυτό δείχνει την μεταβολή της τιμής μία μεταβλητής ή ενός χαρακτηριστικού συναρτήσεως του χρόνου. Με την ίδια διαδικασία με παραπάνω, ο χρήστης επιλέγει τις μεταβλητές και τα χαρακτηριστικά τα οποία επιθυμεί να παρουσιάσει και τα προσθέτει. Στην συνέχεια επιλέγει τα αντικείμενα για τα οποία επιθυμεί την αναφορά. Σημειώνεται ότι δεν είναι διαθέσιμες όλες οι μεταβλητές για αυτό το διάγραμμα καθώς κάποιες μεταβλητές δεν έχει νόημα να εξετασθούν ως προς το χρόνο, λόγω της φύσης τους.



Εικόνα 2.5-7: Object Time Plot

Το γράφημα που προκύπτει έχει την μορφή που φαίνεται στο ;;. Ο ένας άξονας έχει τιμές από μηδέν ως την συνολική διάρκεια της προσομοίωσης. Ο δεύτερος άξονας έχει τιμές από μηδέν ως την μέγιστη τιμή από τα χαρακτηριστικά που συμμετέχουν στο διάγραμμα. Για κάθε χρονική στιγμή της προσομοίωσης αναφέρεται η αντίστοιχη τιμή του κάθε χαρακτηριστικού.

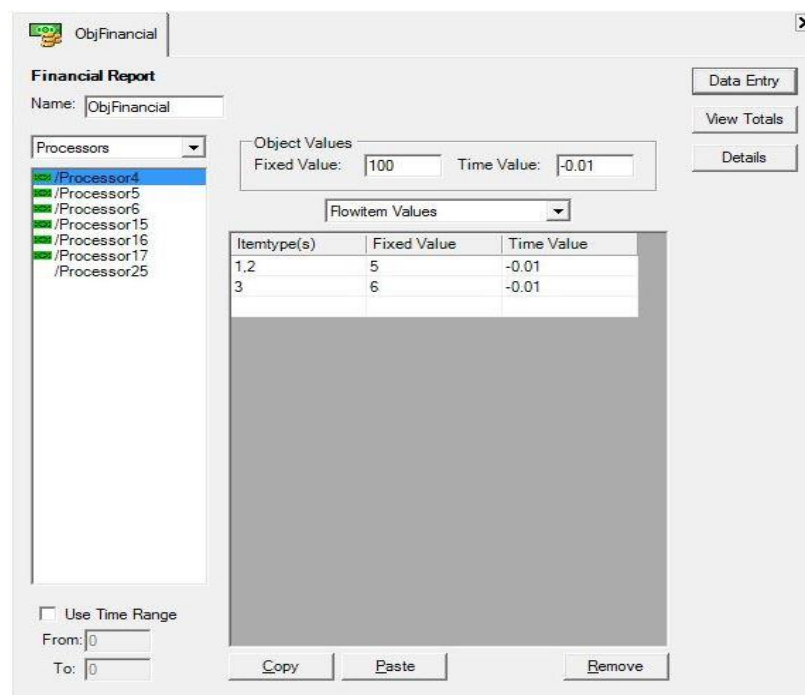


Εικόνα 2.5-8: Object Time Plot Chart

Το κάθε χαρακτηριστικό που αναφέρεται σημειώνεται με διαφορετικό χρώμα. Στην Εικόνα 2.5-8: Object Time Plot Chart για παράδειγμα βλέπουμε ότι την χρονική στιγμή 400, το αντικείμενο Processor 4 έχει διανύσει περίπου 60 μονάδες χρόνου σε αδράνεια.

Οικονομική Αναφορά

Το Flexsim δίνει την δυνατότητα οικονομικής προσέγγισης των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Ο χρήστης μπορεί να ορίσει τα οικονομικά χαρακτηριστικά που διέπουν το μοντέλο, δίνοντας θετικές τιμές σε όσα υποδηλώνουν κέρδος και αρνητικές σε όσα υποδηλώνουν κόστος. Υπάρχουν διάφορες επιλογές για το πως θα κατανεμηθεί το κέρδος ή το κόστος σε κάθε αντικείμενο η δραστηριότητα. Μπορεί τα ποσά να είναι σταθερά (Fixed Value) ή ανάλογα του χρόνου (Time Value). Επίσης μπορεί να προστεθεί διαφορετική τιμή για κάθε πιθανή κατάσταση που μπορεί να βρεθεί ένα αντικείμενο κατά την προσομοίωση αλλά και για κάθε αντικείμενο ροής που διατρέχει το μοντέλο. Με όλες τις παραπάνω παραμέτρους, μπορεί να δημιουργηθεί ένα μοντέλο που θα προσεγγίζει ρεαλιστικά την οικονομική πλευρά του συστήματος που μελετάται.



Εικόνα 2.5-9: Financial Report

Τα οικονομικά μεγέθη για κάθε αντικείμενο αποτελούνται από 5 κατηγορίες.

- Object Fixed Total – Σταθερό ποσό που αντιστοιχεί στο κάθε αντικείμενο
- Object Time Total – Ποσό που μεταβάλλεται συναρτήσει του χρόνου
- Item Fixed Total – Σταθερό ποσό που αντιστοιχεί στα αντικείμενα ροής που διέρχονται από το κάθε αντικείμενο

- Item Time Total – Ποσό που μεταβάλλεται συναρτήσει του χρόνου και αντιστοιχεί στα αντικείμενα ροής που διέρχονται από το κάθε αντικείμενο.
- State Total – Το συνολικό ποσό που προκύπτει από τα επιμέρους ποσά των καταστάσεων που βρίσκεται το αντικείμενο κατά την προσομοίωση.

Προφανώς υπάρχει η δυνατότητα τα παραπάνω στοιχεία να υπολογιστούν για το σύνολο του μοντέλου ή για κάθε αντικείμενο που συμμετέχει ξεχωριστά (Εικόνα 2.5-10: Total Financial Report και Εικόνα 2.5-11: Detailed Financial Report αντίστοιχα)

Financial Report	
Name:	ObjFinancial
Model Total:	\$1,048.39
Object Totals	
Object Fixed Total:	\$600.00
Object Time Total:	(\$60.00)
Item Fixed Total:	\$546.00
Item Time Total:	(\$37.61)
State Total:	\$0.00

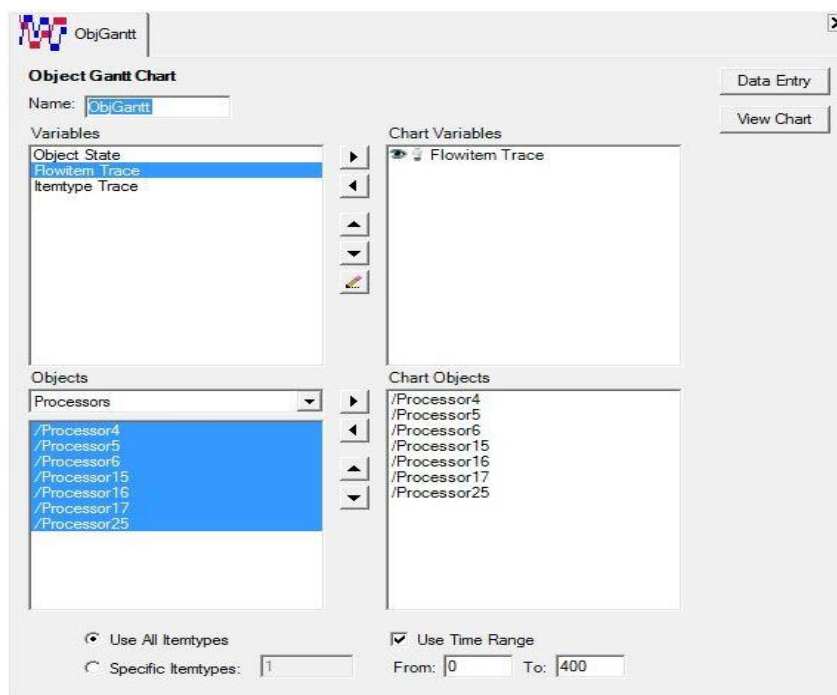
Εικόνα 2.5-10: Total Financial Report

Financial Report		
Name: ObjFinancial		
/Processor4: \$175.85		
Object Fixed Total:		\$100.00
Object Time Total:		(\$10.00)
Item Fixed Total:		\$92.00
Item Time Total:		(\$6.15)
State Total:		\$0.00
Individual Itemtypes:		
Itemtype(s)	Fixed Total	Time Total
1,2	\$80.00	(\$5.25)
3	\$12.00	(\$0.89)
/Processor5: \$175.69		
Object Fixed Total:		\$100.00
Object Time Total:		(\$10.00)
Item Fixed Total:		\$92.00
Item Time Total:		(\$6.31)
State Total:		\$0.00

Εικόνα 2.5-11: Detailed Financial Report

Διάγραμμα Gantt Αντικείμενου

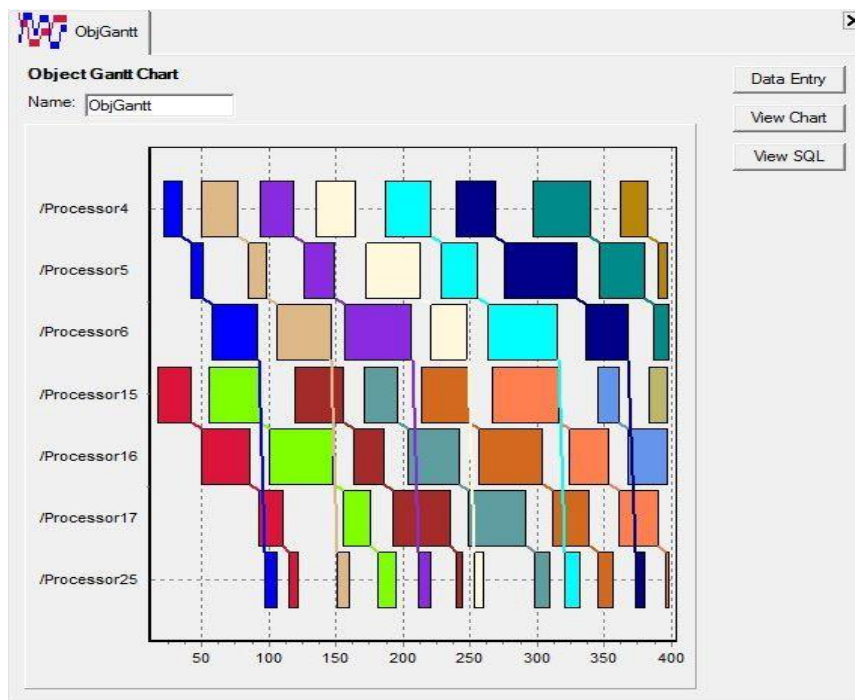
Η επιλογή Object Gantt Chart χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση δεδομένων που μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου. Σε κάθε αντικείμενο αντιστοιχεί μία οριζόντια μπάρα στην οποία αναπαρίστανται τα δεδομένα που αντιστοιχούν στο κάθε αντικείμενο. Η οριζόντια μπάρα χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα τα οποία αντιστοιχούν σε στις μεταβλητές που μελετώνται. Μία μπάρα μπορεί να αναφέρεται στον χρόνο παραμονής ενός αντικειμένου ροής στο αντικείμενο ή στον χρόνο που το αντικείμενο βρίσκεται σε μία συγκεκριμένη κατάσταση.



Εικόνα 2.5-12: Object Gantt

Σε αυτό το Report αναλύονται 3 είδη μεταβλητών:

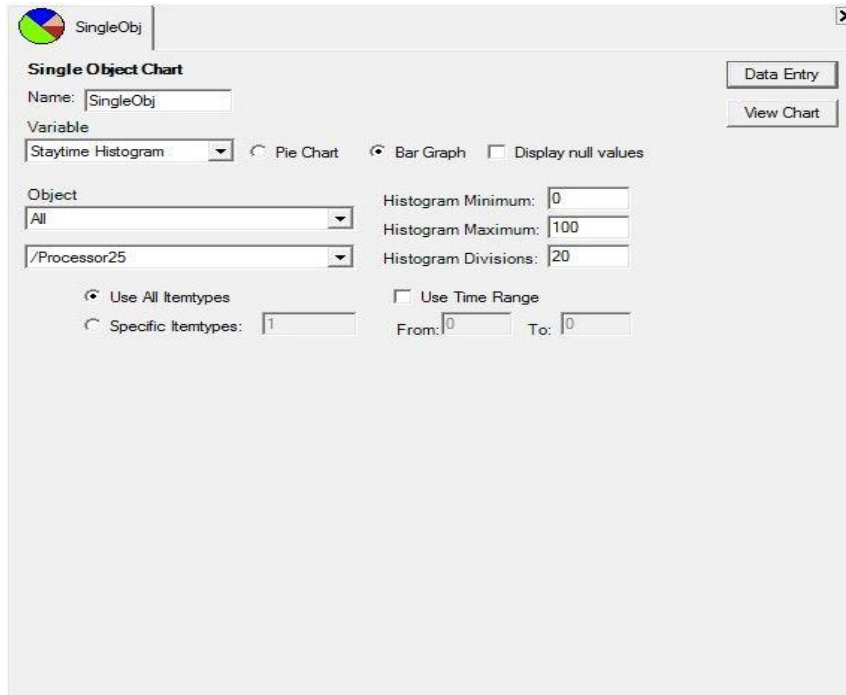
- **Object State:** Η μεταβλητή αυτή δημιουργεί ένα διάγραμμα Gantt που εμφανίζει την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το αντικείμενο σε κάθε χρονική στιγμή κατά την διάρκεια της προσομοίωσης. Για να είναι οπτικά ευδιάκριτο, η κάθε κατάσταση έχει διαφορετικό χρώμα, το οποίο μπορεί να αλλάξει από τον χρήστη.
- **Flowitem Trace:** Η μεταβλητή αυτή δημιουργεί ένα διάγραμμα Gantt που δείχνει το πλήθος των αντικειμένων ροής που ταξιδεύουν μέσω των αντικειμένων. Ο χρόνος παραμονής του κάθε αντικειμένου ροής στο αντικείμενο, αντιστοιχεί σε μία μπάρα με μήκος ανάλογο του χρόνου. Εάν ένα αντικείμενο ροής μεταβεί σε άλλο αντικείμενο τότε στο διάγραμμα εμφανίζεται μία μπάρα ίδιου χρώματος στην ευθεία του νέο αντικειμένου και συνδέεται με την προηγούμενη με μία λεπτή γραμμή.
- **Itemtype Trace:** Η μεταβλητή αυτή δημιουργεί ένα διάγραμμα Gantt το οποίο παρουσιάζει την διαδοχή των τύπων αντικειμένων ροής (Itemtype) στο αντικείμενο που μελετάται, συναρτήσει του χρόνου.



Εικόνα 2.5-13: Object Gantt Chart

Αναφορά ενός Αντικειμένου

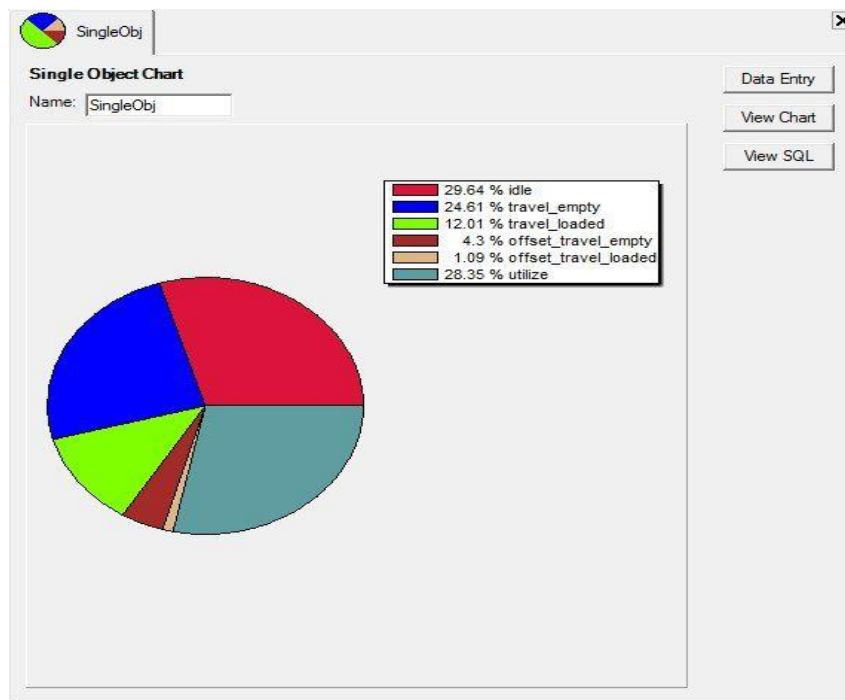
Το Report αυτό χρησιμοποιείται είτε με την μορφή πίτας είτε με την μορφή διαγράμματος με μπάρες. Σε αυτά παρουσιάζονται οι τιμές κάποιας συγκεκριμένης μεταβλητής ενός αντικειμένου. Τα δεδομένα που αναπαρίστανται σε αυτό το Report μπορεί να είναι ο χρόνος παραμονής των αντικειμένων ροής στο αντικείμενο, ο χρόνος που δαπανά το αντικείμενο στις διάφορες καταστάσεις ή η ποσότητα αντικειμένων ροής που διέρχονται από το αντικείμενο



Εικόνα 2.5-14: Single Object Report

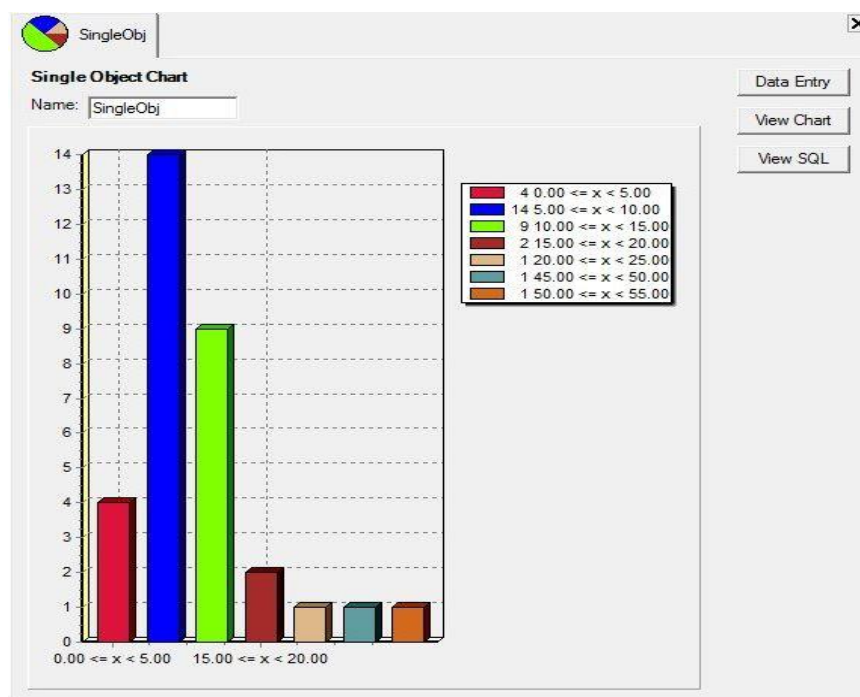
Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.5-14: Single Object Report ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ένα μόνο από τα αντικείμενα που συμμετέχουν στο μοντέλο μέσα από την επιλογή Object. Οι μεταβλητή που θα αναπαρασταθεί στο διάγραμμα επιλέγεται πάλι από τον χρήστη από το πεδίο Variable. Οι επιλογές είναι τρεις:

- State Chart, η οποία επιστρέφει το ποσοστό επί του συνολικού χρόνου κατά το οποίο το αντικείμενο βρέθηκε σε κάθε μία από τις πιθανές καταστάσεις.



Εικόνα 2.5-15: Single Object Report – State Chart

- Staytime Histogram, η οποία αναφέρεται στον χρόνο παραμονής των αντικειμένων ροής στο αντικείμενο. Οι χρόνοι παραμονής που παρατηρήθηκαν κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης χωρίζονται σε κλάσεις, σύμφωνα με την ελάχιστη και την μέγιστη τιμή των μετρήσεων που επιθυμεί ο χρήστης να συμπεριλάβει στο μοντέλο του. Η τιμή της κάθε κλάσης, είναι το πλήθος των αντικειμένων ροής που παρέμειναν στο αντικείμενο για χρόνο που περιέχεται στις τιμές της κλάσης.



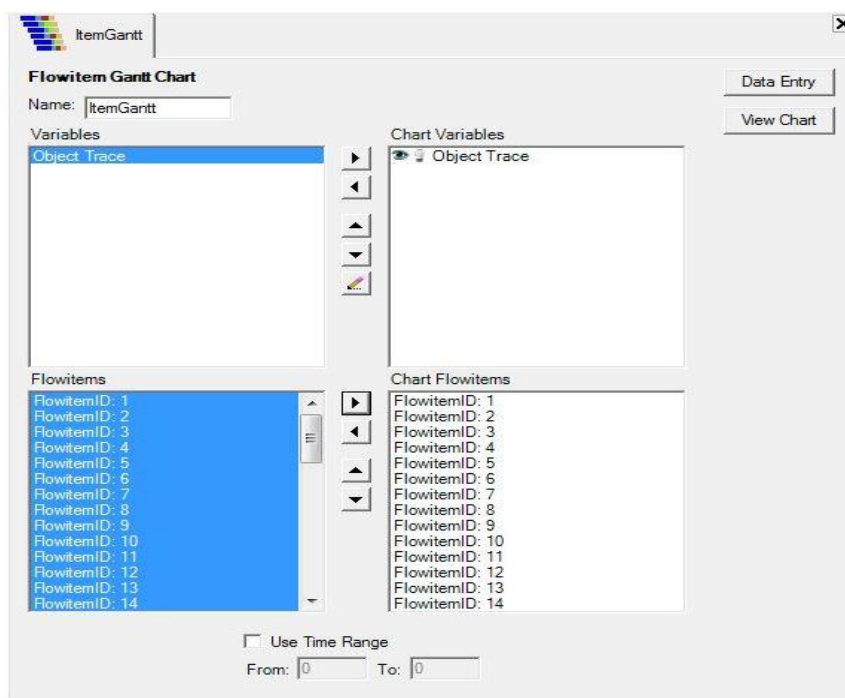
Εικόνα 2.5-16: Single Object Report - Staytime Histogram

- Content Histogram, η οποία αναφέρεται στο πλήθος των αντικειμένων ροής που διέρχονται από το αντικείμενο. Οι τιμές του πλήθους των αντικειμένων ροής χωρίζονται σε κλάσεις, ανάλογα με την ελάχιστη και μέγιστη τιμή που ορίζει ο χρήστης (Histogram Minimum and Maximum). Συνεπώς η τιμή κάθε κλάσης ισούται με τις φορές που το πλήθος των αντικειμένων ροής που βρίσκονταν στο αντικείμενο, ήταν αριθμός που ανήκει στην κλάση.

Τέλος όπως και σε προηγούμενες κατηγορίες Report, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αν επιθυμεί οι τιμές που εμφανίζει να προέρχονται από το συνολικό διάστημα της προσομοίωσης ή κάποιο συγκεκριμένο επιμέρους.

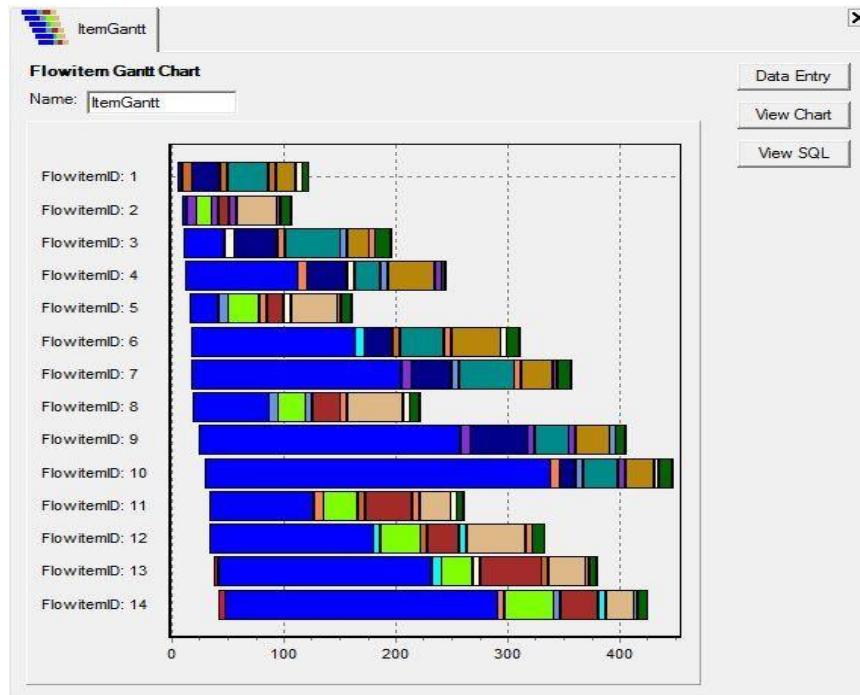
Διάγραμμα Gantt

Αυτό το είδος αναφοράς χρησιμοποιείται για να καταγραφούν τα αντικείμενα από τα οποία διέρχεται ένα αντικείμενο ροής και πόσο χρόνο παραμένει στο καθένα (Object Trace). Στο διάγραμμα που παράγεται, αντιστοιχεί μία οριζόντια μπάρα για κάθε αντικείμενο ροής που διακινήθηκε κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης. Κάθε μπάρα αποτελείται από επιμέρους κουτάκια το χρώμα των οποίων αντιστοιχεί και σε ένα διαφορετικό αντικείμενο. Στα περισσότερα μοντέλα τα αντικείμενα ροής είναι πάρα πολλά και είναι σχεδόν αδύνατο να παρασταθούν με αυτό τον τρόπο. Παρόλα αυτά σε περιπτώσεις που το πλήθος των αντικειμένων ροής το επιτρέπει, είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο.



Εικόνα 2.5-17: Flowitem Gantt

Στην Εικόνα 2.5-18: Flowitem Gantt Chart παρατηρείται ένα διάγραμμα όπως αναφέρεται παραπάνω. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα υπάρχουν 14 αντικείμενα ροής τα οποία είναι τοποθετημένα στον ένα άξονα. Στον άλλο άξονα βρίσκεται ο χρόνος. Το κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε κάποιο συγκεκριμένο αντικείμενο του μοντέλου.



Εικόνα 2.5-18: Flowitem Gantt Chart

Πίνακες Δεδομένων

Η τελευταία επιλογή αναφοράς είναι οι πίνακες. Το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα να εμφανίσει ο χρήστης τους πίνακες δεδομένων που έχει χρησιμοποιήσει κατά την δημιουργία του μοντέλου, αλλά και τα στοιχεία που αφορούν τα αποτελέσματα τις προσομοίωσης.

The screenshot shows a window titled 'Tables' with a sub-window 'View Database Tables'. A dropdown menu is set to 'Movement'. Below it is a table with the following data:

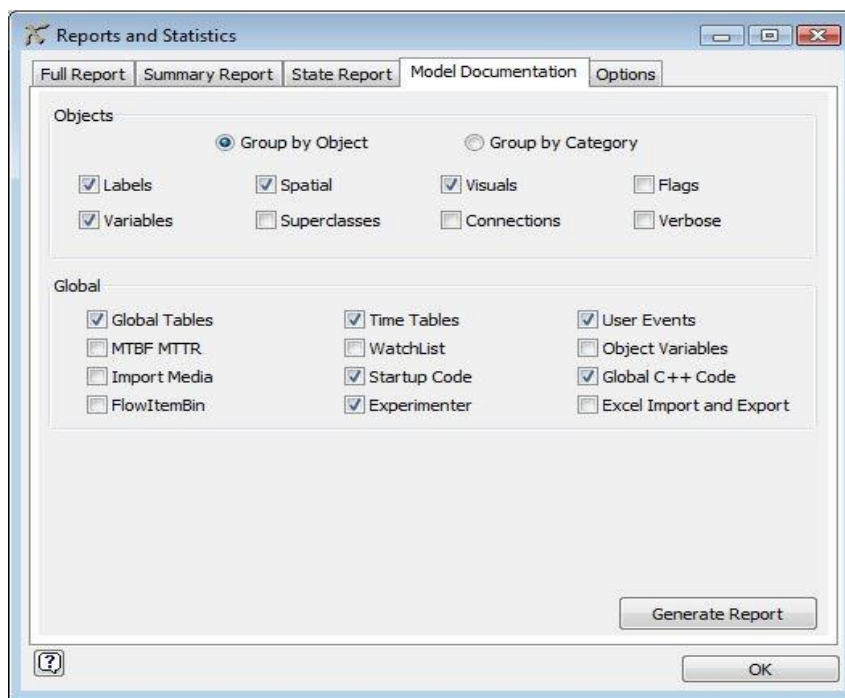
RecordNum	ItemID	Time	Source	Target	ItemType
1	1	5.002015112	NULL	/Source2	1
2	1	5.002015112	/Source2	/Queue3	2
3	2	9.049722427	NULL	/Source2	1
4	2	9.049722427	/Source2	/Queue3	2
5	1	9.305686417	/Queue3	/Operator8	2
6	3	10.69422948	NULL	/Source2	1
7	3	10.69422948	/Source2	/Queue3	2
8	4	12.00752882	NULL	/Source2	1
9	4	12.00752882	/Source2	/Queue3	1
10	2	13.35339373	/Queue3	/Operator10	2
11	5	16.22331387	NULL	/Source2	1
12	5	16.22331387	/Source2	/Queue3	2
13	6	16.68578340	NULL	/Source2	1
14	6	16.68578340	/Source2	/Queue3	2
15	7	16.79194837	NULL	/Source2	1
16	7	16.79194837	/Source2	/Queue3	2
17	1	17.05383988	/Operator8	/Processor15	2
18	8	17.99931494	NULL	/Source2	1
19	8	17.99931494	/Source2	/Queue3	2
20	2	21.10154719	/Operator10	/Processor4	2
21	9	23.85147976	NULL	/Source2	1
22	9	23.85147976	/Source2	/Queue3	3
23	10	29.48546498	NULL	/Source2	1
24	10	29.48546498	/Source2	/Queue3	3
25	11	33.38572203	NULL	/Source2	1
26	11	33.38572203	/Source2	/Queue3	1

Εικόνα 2.5-19: Database Table

Οι διαθέσιμες επιλογές είναι οι κινήσεις, οι αλλαγές κατάστασης, τα αντικείμενα, οι ομάδες, ο χρόνος, το Summary Report και το State Report. Αυτά τα στοιχεία δίνει την δυνατότητα να εμφανιστούν σε πίνακα. Στην Εικόνα 2.5-19: Database Table φαίνονται σε πίνακα όλες οι κινήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά την εκτέλεση της προσομοίωσης.

Model Documentation Tab

Η καρτέλα αυτή δίνει την δυνατότητα δημιουργίας ενός αρχείου μορφής (.txt) το οποίο θα περιέχει όλες τις πληροφορίες του μοντέλου. Ο χρήστης απλώς καλείται να επιλέξει ποιες από τις διαθέσιμες πληροφορίες επιθυμεί να συμπεριληφθούν στην αναφορά.



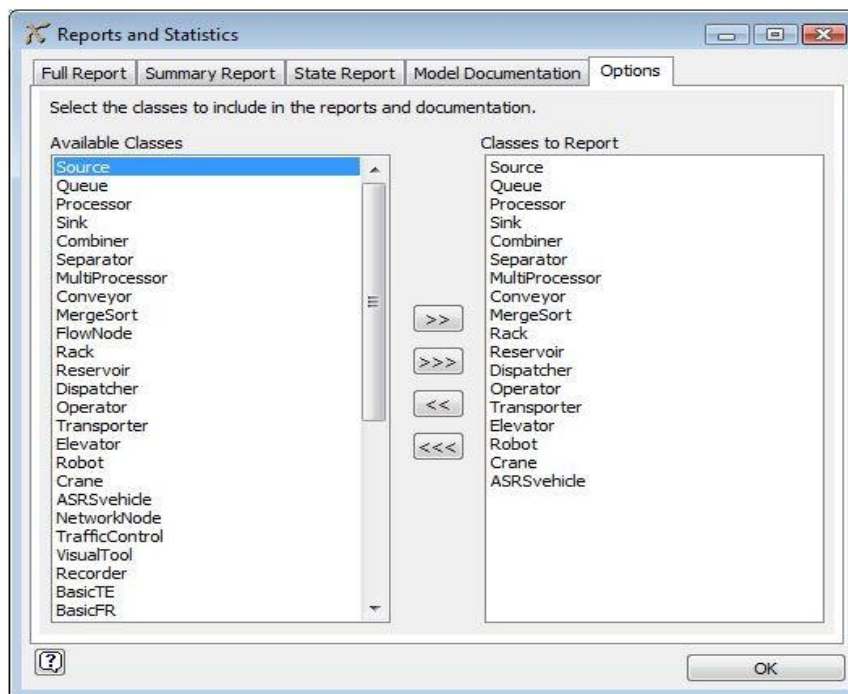
Εικόνα 2.5-20: Model Documentation Tab

Objects – Αυτή επιλογή επιτρέπει στον σχεδιαστή να επιλέξει ποια χαρακτηριστικά του μοντέλου επιθυμεί να συμπεριληφθούν στο μοντέλο. Εάν επιλεγεί το «Group by Object», τότε τα χαρακτηριστικά κάθε αντικειμένου θα είναι ομαδοποιημένα. Εάν επιλεγεί το «Group by Category», όλα τα χαρακτηριστικά θα ταξινομηθούν ανά είδος. Σημειώνεται ότι για να εμφανιστούν στην αναφορά οι κώδικες που έχουν συνταχθεί κατά την μοντελοποίηση πρέπει να επιλεγεί το κουτί «Verbose».

Στην περιοχή Global είναι σαφές πως ο χρήστης επιλέγει ποια από τα διαθέσιμα Global επιθυμεί να συμπεριληφθούν στην αναφορά.

Καρτέλα Επιλογών

Σε αυτή την καρτέλα ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει ποιες κατηγορίες αντικειμένων θα συμμετέχουν στην αναφορά.



Εικόνα 2.5-21: Option Tab

Όπως είναι εύκολα κατανοητό στην αριστερή στήλη (Available Classes) βρίσκονται όλα τα διαθέσιμα είδη αντικειμένων που διαθέτει το πρόγραμμα. Ο χρήστης με την χρήση των βέλων μπορεί να μεταφέρει στην δεξιά στήλη (Classes to Report) όσα από τα είδη των αντικειμένων επιθυμεί να συμπεριληφθούν στην αναφορά.

2.6 Λόγοι Επιλογής του FlexSim

Το Flexsim είναι ένα ολοκληρωμένο εργαλείο προσομοίωσης και ανάλυσης συστημάτων, το οποίο βοηθά τους σχεδιαστές και τους μηχανικούς να λαμβάνουν τις σωστές αποφάσεις σχετικά με την διαχείριση του συστήματός τους. Το Flexsim παρέχει την δυνατότητα ενός τρισδιάστατου μοντέλου απεικόνισης του φυσικού μοντέλου, με πολύ εξελιγμένα γραφικά και πληθώρα οπτικών επιλογών. Με αυτό τον τρόπο διευκολύνει τον χρήστη τόσο κατά το στήσιμο του μοντέλου, όσο και κατά την εξήγηση των αποτελεσμάτων στο κοινό, καθώς μία ρεαλιστική τρισδιάστατη απεικόνιση είναι πάντα πιο πειστική από ένα σύνολο πινάκων.

Το Flexsim είναι εργαλείο 'what if' ανάλυσης καθώς παρέχει ποσοτικά αποτελέσματα για κάθε πιθανή λύση που δοκιμάζεται μέσω του Flexsim. Η ρεαλιστική τρισδιάστατη εικόνα και οι εκτενείς αναφορές που προσφέρονται από το πρόγραμμα σε κάθε σημείο της προσομοίωσης

δίνουν την δυνατότητα εντοπισμού των προβλημάτων και αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων γρήγορα, αποτελεσματικά και οικονομικά.

Εξετάζοντας τεχνικά το Flexsim, είναι ένα λογισμικό προσομοίωσης διακριτών γεγονότων, δηλαδή χρησιμοποιείτε για να προσομοιώσει συστήματα που αλλάζουν κατάσταση σε διακριτά σημεία του χρόνου. Τα αντικείμενα που χρησιμοποιούνται μπορούν να βρίσκονται σε κατάσταση χρήσης, αναμονής, αδράνειας ή να είναι εκτός λειτουργίας. Δίνεται η δυνατότητα αναπαράστασης ανθρώπινου δυναμικού, λαμβάνοντας υπόψιν τις ιδιαιτερότητες. Τα αντικείμενα ροής μπορεί να είναι οτιδήποτε επιλέξει ο χρήστης και γενικά η κάθε λειτουργία που συμβαίνει σε μονάδες παραγωγής και αποθήκευσης μπορεί να μοντελοποιηθεί, είτε εύκολα μέσω των προεπιλογών είτε με περισσότερη εργασία από τον χρήστη.

Είναι ένα ευέλικτο εργαλείο που χρησιμοποιείτε σε ένα μεγάλο εύρος βιομηχανιών όπως η General Mills, η DHL, η FedEx, η NASA και πολλές άλλες.

Συνοψίζοντας, το Flexsim μπορεί να μοντελοποιήσει και προσομοιώσει τρία είδη προβλημάτων:

- Προβλήματα Υπηρεσιών – Ικανοποίηση αναγκών των αιτημάτων των πελατών. Μείωση χρόνου, αύξηση απόδοσης, μείωση κόστους.
- Προβλήματα Παραγωγικής Διαδικασίας – Παραγωγή σωστού προϊόντος, στον σωστό χρόνο με το μικρότερο κόστος.
- Προβλήματα Αποθήκευσης και Μεταφορών – Τοποθέτηση του σωστού προϊόντος, στην σωστή θέση με το μικρότερο κόστος.

Το πρόβλημα που αναλύεται στην παρούσα εργασία είναι πρόβλημα τοποθέτησης και συλλογής προϊόντων για τις ανάγκες του συστήματος συλλογής παραγγελιών μίας μεγάλης φαρμακαποθήκης. Κατά συνέπεια το Flexsim καλύπτει πλήρως τις ανάγκες αυτής της εργασίας. Σημαντικό ρόλο έχει και η τρισδιάστατη απεικόνιση η οποία καθιστά πιο εύκολα κατανοητά τα αποτελέσματα της μελέτης.

Η έκδοση του προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε είναι η Flexsim 4.5

3 Ο Κλάδος των Φαρμακαποθηκών στην Ελλάδα

Ο κλάδος των φαρμακαποθηκών αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της ελληνικής οικονομίας με ουσιαστική συμβολή στο ΑΕΠ αλλά και στην απασχόληση χιλιάδων εργαζομένων. Αναλυτικότερες πληροφορίες θα αναφερθούν στη συνέχεια.

Πριν ξεκινήσουμε την ανάλυση του κλάδου των φαρμακαποθηκών, καλό θα ήταν να δοθεί ένας ορισμός για το τι είναι ακριβώς μία φαρμακαποθήκη.

Ως **φαρμακαποθήκη** ορίζεται *κάθε επιχείρηση χονδρικού εμπορίου φαρμάκων και παραφαρμακευτικών προϊόντων που λειτουργεί ως μεσάζων μεταξύ παραγωγικών ή και εισαγωγικών επιχειρήσεων και φαρμακείων. Μια φαρμακαποθήκη δηλαδή προμηθεύεται φάρμακα και παραφαρμακευτικά προϊόντα από τις φαρμακοβιομηχανίες και τα διανέμει στα φαρμακεία* (ΣΤΟΧΑΣΙΣ Σύμβουλοι Επιχειρήσεων ΑΕ, 2012).

3.1 Γενικά Στοιχεία

Οι φαρμακαποθήκες στην Ελλάδα αποτελούνται από ανεξάρτητες εταιρείες και από προμηθευτικούς συνεταιρισμούς που προκύπτουν από την συνεργασία φαρμακείων καλύπτοντας τις ανάγκες που θα κάλυπτε μια φαρμακαποθήκη για τον ανεφοδιασμό τους. Σύμφωνα με στοιχεία της κλαδικής μελέτης για τις φαρμακαποθήκες που δημοσιεύθηκε το 2017 και αφορά το έτος 2012 - 2016 από τον IOBE με τίτλο «Η Φαρμακευτική αγορά στην Ελλάδα: Γεγονότα και Στοιχεία 2015-2016», το 2015 - 2016 στην Ελλάδα δραστηριοποιούνταν 126 επιχειρήσεις, οι 26 από τις οποίες ήταν συνεταιριστικές.

Όσον αφορά την απασχόληση, ο κλάδος απασχολούσε περίπου 2500 εργαζομένους μόνιμης απασχόλησης .

Στην Ελλάδα οι 126 φαρμακαποθήκες είναι ένας μεγάλος αριθμός αναλογικά με το μέγεθος και τον πληθυσμό της χώρας. Μάλιστα η Ελλάδα είναι δεύτερη σε πανευρωπαϊκό επίπεδο σε πλήθος φαρμακαποθηκών ανά κάτοικο. Το γεγονός αυτό δείχνει την υπερπροσφορά και τον μεγάλο ανταγωνισμό που υπάρχει στην αγορά. Ο ανταγωνισμός αυτός οδηγεί τις επιχειρήσεις στο να δουλεύουν με πολύ μικρά περιθώρια κέρδους λόγω εκπτώσεων και υψηλού λειτουργικού κόστους (ΣΤΟΧΑΣΙΣ Σύμβουλοι Επιχειρήσεων ΑΕ, 2012).

Σύμφωνα με άρθρο της Ιστοσελίδας www.farmakeutikoskosmos.gr το οποίο βασίζεται στην 8^η έκδοση της κλαδικής μελέτης της ICAP για τις φαρμακαποθήκες, για το έτος 2016 στην Ελληνική αγορά δραστηριοποιούνται 100 ανεξάρτητες επιχειρήσεις και 40 συνεταιριστικές, ενώ ο συνολικός κύκλος εργασιών υπολογίζεται στα €3,35 δις για την περίοδο 2016-2017.

Πίνακας 3.1-1: 20 Μεγαλύτερες Φαρμακαποθήκες σε κύκλο εργασιών το 2015

ΟΙ 20 ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΕΣ ΦΑΡΜΑΚΑΠΟΘΗΚΕΣ (ΒΑΣΕΙ ΚΥΚΛΟΥ ΕΡΓΑΣΙΩΝ) ΤΟ 2015									
	ΕΠΩΝΥΜΙΑ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ	ΚΥΚΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 2015	ΚΥΚΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ 2014	ΜΕΤΑΒΟΛΗ 2015/2014 (%)	ΚΕΡΔΗ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ 2015	ΚΕΡΔΗ ΠΡΟ ΦΟΡΩΝ 2014	ΜΕΤΑΒΟΛΗ 2015/2014 (%)	ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ ΚΑΘΑΡΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ 2015 (%)	ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ ΚΑΘΑΡΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ 2014 (%)
1	ΣΥ.ΦΑ. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΣΥΝ.Π.Ε.	196.053.590	198.697.638	-1,33	743.834	2.097.306	-64,53	0,38	1,86
2	ΠΕΙ.ΦΑ.ΣΥΝ.ΠΕ	146.955.130	146.776.685	0,12	1.846.546	1.584.205	16,56	1,26	1,08
3	ΠΡΟ.ΣΥ.Φ.Α.Π.Ε	127.338.059	123.225.195	3,34	944.537	1.381.566	-31,63	0,74	1,12
4	ΦΑΡΜΑΣΕΡΒΙΣ ΑΕ	123.684.616	113.267.349	9,20	2.379.044	2.490.046	-4,46	1,92	2,20
5	ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ "ΥΠΤΑΦΑΡΜ" ΑΕ	121.946.435	82.899.269	47,13	4.650.953	6.092.678	-23,66	3,81	7,35
6	ΣΥΝ.ΦΑ. ΛΑΙΜΟΥ ΑΕ	115.070.474	113.621.887	1,27	1.277.051	1.402.876	-8,97	1,11	1,23
7	ΛΙΑ ΦΑΡΜ ΑΕΕ ΦΑΡΜΑΚΩΝ	110.707.992	112.787.715	-1,84	276.965	692.009	-59,98	0,25	0,61
8	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΦΑΡΜΑΚΑΠΟΘΗΚΗ ΑΕ	85.457.246	82.108.712	4,08	1.294.242	993.304	30,30	1,51	1,21
9	ΠΑΦΑΡΜ - ΑΦΟΙ ΠΑΠΑΖΟΓΛΟΥ ΑΕ	85.369.290	85.871.934	-0,59	1.181.296	558.398	111,55	1,38	0,65
10	ΣΥΔΙΑΣ Κ. ΑΕ	64.416.587	56.330.188	14,36	1.641.236	1.486.425	10,41	2,55	2,64
11	ΣΥ.ΦΑ.Κ. ΣΥΝ.Π.Ε.	63.907.074	64.896.423	-1,52	919.091	125.470	632,52	1,04	0,19
12	ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ ΑΕ	63.358.479	61.108.119	3,36	538.307	700.005	-23,10	0,85	1,15
13	ALFA PHARM ΑΕ	62.179.396	58.873.611	5,62	354.538	460.467	-23,01	0,57	0,78
14	ΣΑΡΑΝΤΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ ΑΕ	57.039.636	54.801.540	4,08	1.888.410	971.352	94,41	3,31	1,77
15	ΦΑΡΜΑΛΟΥΣ ΑΕ	52.863.307	58.870.865	-10,20	-473.089	-343.239	-37,83	-0,89	-0,58
16	ΣΥ.ΦΑ.ΝΟ.Π.Π.Ε.	52.448.117	52.525.598	-0,15	268.431	807.985	-66,78	0,51	1,54
17	PHARMA GROUP ΜΕΙΣΣΗΝΙΑΣ ΑΕ	51.292.070	48.397.845	5,98	748.938	894.578	-16,28	1,46	1,85
18	ΝΕΟΦΑΡΜ ΑΕ	50.894.000	52.924.000	-3,84	485.000	875.000	-44,57	0,95	1,65
19	ΣΥ.Φ.ΦΑ.Σ.ΔΥ.Μ. ΣΥΝ.Π.Ε.	42.602.272	43.210.316	-1,41	1.395.511	571.859	144,83	3,28	1,32
20	ΜΑΡΑΓΚΟΣ Β. ΑΕ	40.399.662	37.325.783	8,24	1.261.186	1.257.671	0,28	3,12	3,37

Οι αλλαγές που οδήγησαν σε περιορισμούς στον τρόπο συνταγογράφησης φαρμάκων και ο έντονος ανταγωνισμός που αναφέρθηκε, καθιστούν τον κλάδο ιδιαίτερα ευάλωτο στις μεταβολές του οικονομικού περιβάλλοντος. Σημαντικό ρόλο στην βιωσιμότητα των φαρμακαποθηκών παίζει και ο περιορισμός της χρηματοδότησης από μεριάς των τραπεζών η οποία έχει οδηγήσει σε περιορισμένη ρευστότητα λόγω της μεγάλης εξάρτησης των φαρμακαποθηκών από τις τράπεζες (ΣΤΟΧΑΣΙΣ Σύμβουλοι Επιχειρήσεων ΑΕ, 2012).

Τέλος σημαντικό όπλο για μία φαρμακαποθήκη αποτελεί το δίκτυο μεταφορών και διανομής της. Για τον λόγο αυτό τα προηγούμενα χρόνια πολλές φαρμακαποθήκες ίδρυσαν θυγατρικές ή αγόρασαν μικρές τοπικές εταιρείες, για να ενισχύσουν το δίκτυο τους σε επαρχιακές πόλεις. Συνεπώς οι εταιρείες που έχουν ενισχυμένο δίκτυο διανομών και έχουν περιορισμένη έκθεση σε πιστοληπτικούς κινδύνους, βρίσκονται με ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι προηγούμενων μεγάλων παικτών της αγοράς (ΣΤΟΧΑΣΙΣ Σύμβουλοι Επιχειρήσεων ΑΕ, 2012).

3.2 Ζήτηση

Η ζήτηση των φαρμάκων και παραφαρμακευτικών προϊόντων επηρεάζεται κυρίως από τις οικονομικές συνθήκες, τα δημογραφικά στοιχεία και τις σοβαρές ασθένειες.

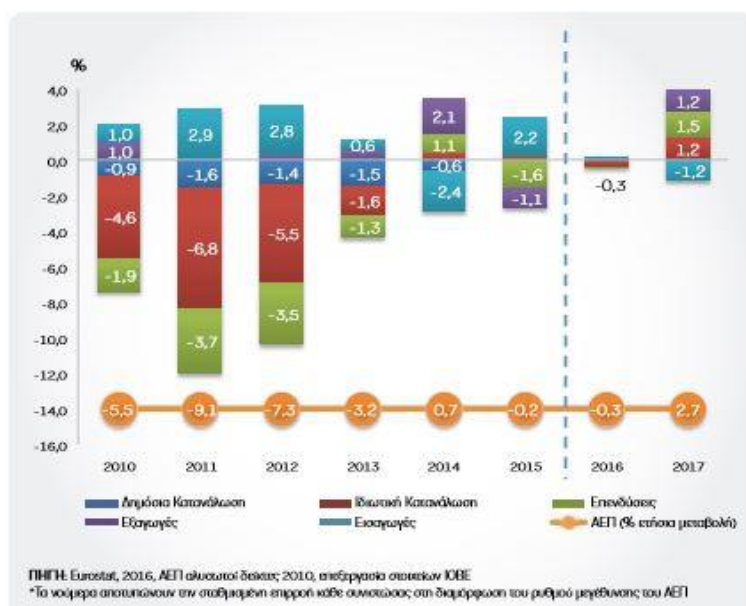
3.2.1 Οικονομικές Συνθήκες

Η βαθιά ύφεση, η αύξηση της ανεργίας, καθώς και η αύξηση της φορολογίας έχουν οδηγήσει σε μείωση του διαθέσιμου εισοδήματος των νοικοκυριών και της ιδιωτικής κατανάλωσης, με αρνητικές επιπτώσεις στην εμπορία των παραφαρμακευτικών προϊόντων. Η ζήτηση για

φαρμακευτικά προϊόντα αν και παρουσιάζεται ανελαστική, λόγω της ευαίσθητης φύσης του προϊόντος, επηρεάζεται από τη μείωση της φαρμακευτικής δαπάνης, στο πλαίσιο της δημοσιονομικής προσαρμογής.

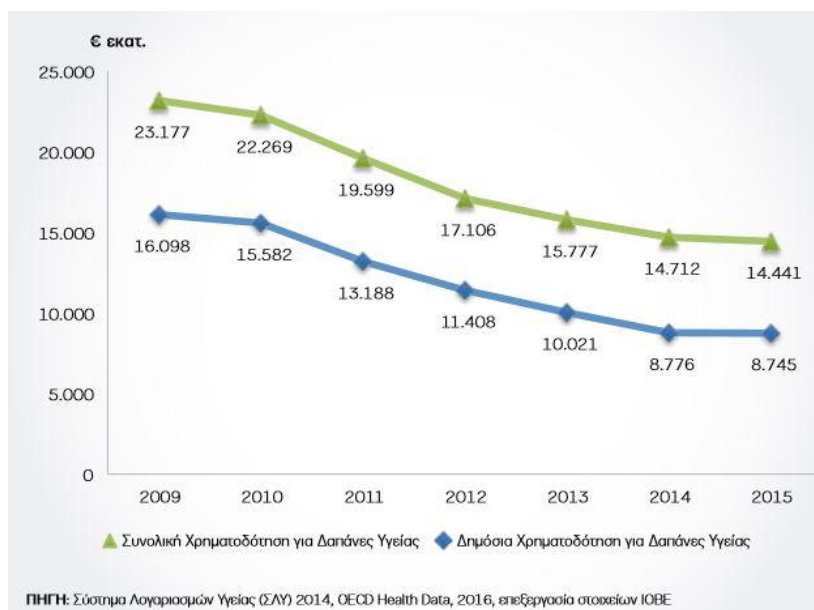
Όπως φαίνεται στο **Error! Reference source not found.** η συνεχή συρρίκνωση του ΑΕΠ τα τελευταία χρόνια συνεπάγεται και την μείωση της ιδιωτικής κατανάλωσης γεγονός που έχει άμεση συνέπεια την μείωση της ζήτησης των παραφαρμακευτικών κυρίως προϊόντων (Η Φαρμακευτική αγορά στην Ελλάδα: Γεγονότα και Στοιχεία 2015-2016, IOBE 2017)

Διάγραμμα 3.2-1: Σύσταση ΑΕΠ (%)



Σημαντικός παράγοντας στην αγορά φαρμάκων είναι η δημόσια χρηματοδότηση για φάρμακα. Λόγω της οικονομικής κρίσης και των μνημονίων, οι ελληνικές κυβερνήσεις έχουν μειώσει σημαντικά τα χρήματα του προϋπολογισμού που προορίζουν για την χρηματοδότηση φαρμάκων. Χαρακτηριστικές ενδείξεις του φαινομένου αυτού είναι τα ακόλουθα μεγέθη. Το 2009 η **συνολική δαπάνη** για την υγεία ήταν €23,1 δις ενώ το 2015 ήταν €14,4 δις. Τις ίδιες χρονικές περιόδους η **δημόσια δαπάνη** για την υγεία ήταν €16 δις και €8,7 δις αντίστοιχα. Γίνεται εύκολα κατανοητό τι επίδραση έχει στην αγορά φαρμάκων ο περιορισμός της δημόσιας δαπάνης. Στο **Error! Reference source not found.** φαίνεται αναλυτικά η μεταβολή της χρηματοδότησης για δαπάνες υγείας κατά την παραπάνω περίοδο (Η Φαρμακευτική αγορά στην Ελλάδα: Γεγονότα και Στοιχεία 2015-2016, IOBE 2017).

Διάγραμμα 3.2-2: Συνολική Χρηματοδότηση για Δαπάνες Υγείας 2009-2015 (€ εκατ.)



Πολύ ενδιαφέρον στοιχείο που προκύπτει από την ίδια έρευνα είναι πως η Δημόσια κατά Κεφαλήν Δαπάνη (ΔΚΔ) ανέρχεται στα €183 με τον αντίστοιχο Ευρωπαϊκό μέσο όρο να είναι €285. Το 2009 η ΔΚΔ στην Ελλάδα ήταν €460 με τον αντίστοιχο Ευρωπαϊκό μέσο όρο να είναι €291.

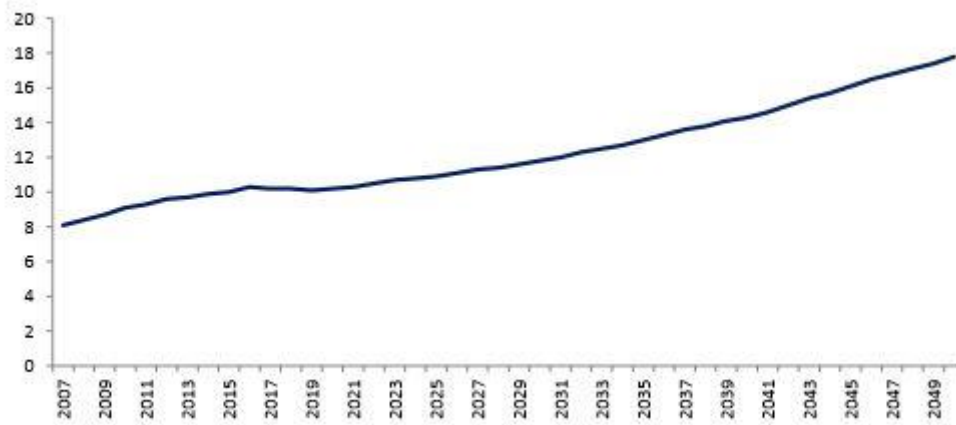
Τέλος αξίζει να σημειωθεί πως η Ιδιωτική κατά Κεφαλή Δαπάνη στην Ελλάδα είναι €166 με τον Ευρωπαϊκό μέσο όρο να είναι €131.

3.2.2 Δημογραφικά Στοιχεία

Η εκτιμώμενη ανοδική πορεία του δείκτη γήρανσης του πληθυσμού, σε συνδυασμό με την αύξηση του προσδόκιμου ζωής προβλέπεται να επιδράσουν θετικά στον εξεταζόμενο κλάδο.

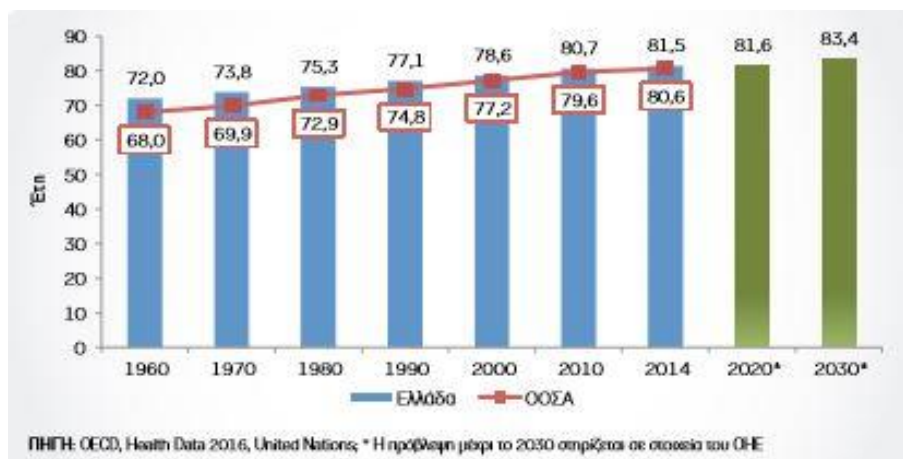
Ο δείκτης γήρανσης αποτυπώνει το ποσοστό των υπερηλίκων (70+) στο σύνολο του πληθυσμού. Σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ ο δείκτης γήρανσης πρόκειται να έχει σταθερά ανοδική πορεία για τα επόμενα χρόνια στην Ελλάδα όπως φαίνεται και στο **Error! Reference source not found.** (ΣΤΟΧΑΣΙΣ Σύμβουλοι Επιχειρήσεων ΑΕ, 2012)

Διάγραμμα 3.2-3: Δείκτης Γήρανσης (%)



Το άλλο δημογραφικό χαρακτηριστικό που δείχνει ότι θα τονώσει την ζήτηση των φαρμάκων είναι η αύξηση του προσδόκιμου ζωής. Το προσδόκιμο ζωής στις αναπτυγμένες χώρες αυξάνεται συνεχώς και μάλιστα το προσδόκιμο ζωής στην Ελλάδα είναι υψηλότερο από την μέση τιμή των χωρών του ΟΟΣΑ. Πιο συγκεκριμένα από το 1960 μέχρι το 2014 το προσδόκιμο ζωής στην Ελλάδα έχει αυξηθεί από τα 72 στα 81,5 έτη. Αναλυτικά η αύξηση στο πέρασμα των χρόνων φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Η Φαρμακευτική αγορά στην Ελλάδα: Γεγονότα και Στοιχεία 2015-2016, IOBE 2017).

Διάγραμμα 3.2-4: Εξέλιξη Προσδόκιμου Επιβίωσης 1960 – 2030



3.2.3 Σοβαρές Ασθένειες

Τα κρούσματα σοβαρών ασθενειών όπως το AIDS, η κατάθλιψη και η παχυσαρκία, προβλέπεται ότι θα παρουσιάσουν αύξηση τα επόμενα χρόνια. Επανεμφάνιση ασθενειών που είχαν εκλείψει (ελονοσία, φυματίωση, κλπ.) και προέρχονται κυρίως από χώρες της Ασίας και της Αφρικής. Πιο συγκεκριμένα:

- Το 2009, ο αριθμός των ατόμων – φορέων AIDS/HIV που ζούσαν στην Ελλάδα ανερχόταν σε 8.800. Το 2011, τα κρούσματα του συγκεκριμένου ιού σημείωσαν πολύ μεγάλη αύξηση και ο συνολικός αριθμός των ατόμων – φορέων AIDS/HIV καταγράφηκε σε 11.340.
- Το 2020, η κατάθλιψη αναμένεται να είναι η δεύτερη, σε συχνότητα εμφάνισης, ασθένεια στις δυτικές κοινωνίες. Εκτιμάται ότι, στην Ελλάδα, το 25% των ανδρών και το 33% των γυναικών πάσχουν από ήπια έως σοβαρής μορφής κατάθλιψη.
- Η χώρα μας καταλαμβάνει μία από τις πρώτες θέσεις στην Ευρώπη όσον αφορά στα παχύσαρκα παιδιά. Ειδικότερα, υπολογίζεται ότι την τελευταία δεκαετία, το ποσοστό των παχύσαρκων παιδιών στη χώρα έχει σημειώσει αύξηση μεγαλύτερη του 50%

3.3 Προσφορά

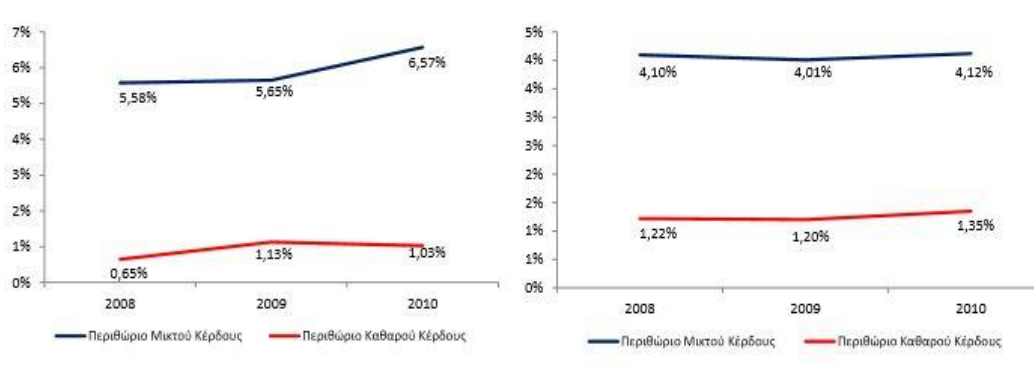
Στον **Error! Reference source not found.** αναφέρονται οι 20 μεγαλύτερες φαρμακαποθήκες με βάση τον τζίρο τους το έτος 2015. Στην λίστα αυτή υπάρχουν τόσο ανεξάρτητες εταιρείες όσο και συνεταιρισμοί. Συγκεκριμένα για το έτος 2015 υπολογίζει τις φαρμακαποθήκες στις 126 με τις 100 από αυτές να είναι ανεξάρτητες εταιρείες και τις 26 συνεταιρισμοί. Στο **Error! Reference source not found.** φαίνεται η πορεία του πλήθους των φαρμακαποθηκών, οι οποίες κατά την περίοδο της οικονομικής κρίσης φαίνεται να έχουν διατηρηθεί (Η Φαρμακευτική αγορά στην Ελλάδα: Γεγονότα και Στοιχεία 2015-2016, IOBE 2017).

Διάγραμμα 3.3-1: Αριθμός Φαρμακαποθηκών στην Ελλάδα



Ένα οικονομικό στοιχείο που αξίζει να αναφερθεί είναι πως το περιθώριο κέρδους των φαρμακαποθηκών είναι πολύ μικρό, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω. Το περιθώριο κέρδους όπως αυτό υπολογίστηκε για τα έτη 2008 – 2009 – 2010 για ανεξάρτητες εταιρείες και για συνεταιρισμούς παρουσιάζεται παρακάτω (ΣΤΟΧΑΣΙΣ Σύμβουλοι Επιχειρήσεων ΑΕ, 2012).

Διάγραμμα 3.3-2: Περιθώριο Κέρδους (%) Ανεξάρτητες Εταιρείες - Συνεταιρισμοί

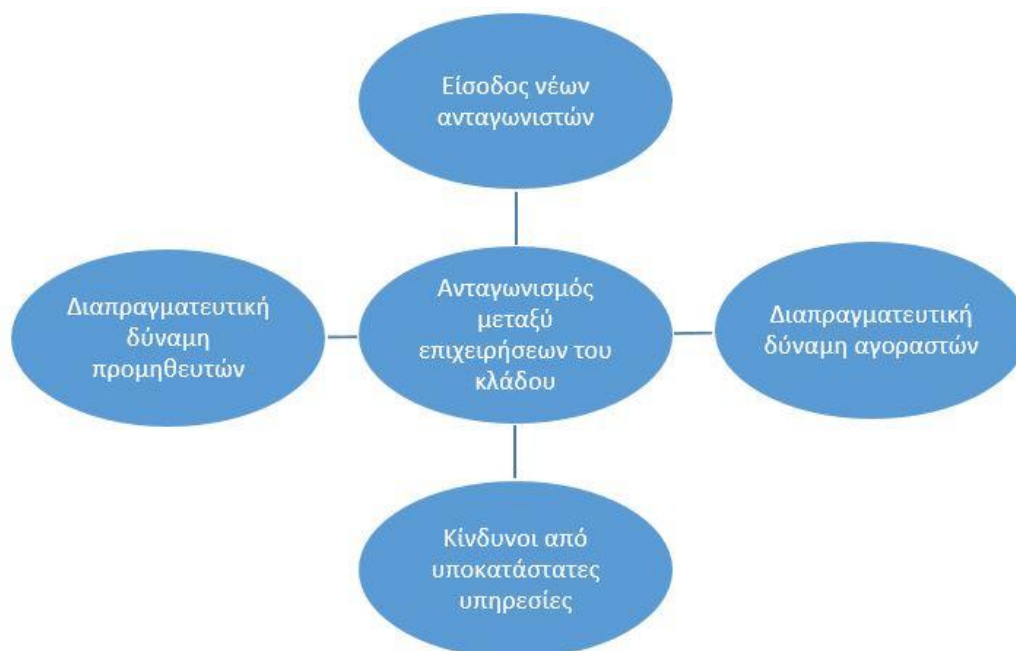


3.4 Αγορά (Ελλάδα – Ευρώπη)

3.4.1 Ελληνική Αγορά

Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό της εγχώρια αγοράς φαρμάκου είναι ότι παρόλο που οι ανεξάρτητες εταιρείες αποτελούν το 72% του συνόλου των φαρμακαποθηκών, ο κύκλος εργασιών τους αποτελεί το 45% του συνολικού (ΣΤΟΧΑΣΙΣ Σύμβουλοι Επιχειρήσεων ΑΕ, 2012).

Στην συνέχεια θα γίνει μία σύντομη ανάλυση της εγχώριας αγοράς βασιζόμενοι στην μέθοδο των 5 δυνάμεων Porter.



Περιορισμένη κρίνεται η δυνατότητα **εισόδου νέων ανταγωνιστών** στην αγορά λόγω:

- του χαμηλού περιθωρίου μικτού κέρδους
- των υψηλών απαιτούμενων κεφαλαίων κίνησης
- του διευρυσμένου δικτύου διανομής που πρέπει να αναπτυχθεί, λόγω της διασποράς και του πλήθους των φαρμακείων
- των υψηλών επισφαλειών

Ο **ανταγωνισμός μεταξύ των επιχειρήσεων** του κλάδου είναι ιδιαίτερα **έντονος** και προσδιορίζεται από:

- το μεγάλο αριθμό επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στον κλάδο
- την επαναφορά των εκπτώσεων από τις αρχές του έτους, που ακολούθησε τη μείωση του ποσοστού κέρδους των φαρμακαποθηκών σε 5,12% που πραγματοποιήθηκε το 2011

Κίνδυνος από υποκατάστατες υπηρεσίες δεν υπάρχει στον εξεταζόμενο κλάδο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι φαρμακευτικές εταιρείες, κυρίως με σκοπό την προστασία των προϊόντων τους από πιθανές εξαγωγές που θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν από τις φαρμακαποθήκες, διανέμουν μέσω τρίτων (3PL) ή οι ίδιες συγκεκριμένα προϊόντα τους απευθείας στα φαρμακεία, χωρίς τη μεσολάβηση φαρμακαποθηκών.

Οι **προμηθευτές** των φαρμακαποθηκών είναι κατά κύριο λόγο, οι **φαρμακοβιομηχανίες**, το μεγάλο μέγεθος των οποίων τους προσδίδει **σημαντική διαπραγματευτική δύναμη**.

Τα φαρμακεία αποτελούν τους κύριους **πελάτες** των φαρμακαποθηκών. Ο μεγάλος αριθμός τους, σε συνδυασμό με τις εξελίξεις που πραγματοποιήθηκαν το 2011 (κλείσιμο μεγάλων φαρμακαποθηκών, καθυστέρηση εισπράξεων των φαρμακείων από το δημόσιο) έχουν **περιορίσει τη διαπραγματευτική τους δύναμη**. Ωστόσο, η άρση της απαγόρευσης των εκπτώσεων (Ιανουάριος 2012) βελτίωσε τη διαπραγματευτική τους θέση, σε σχέση με τη δυνατότητά τους όσον αφορά στον τρόπο πληρωμής (ΣΤΟΧΑΣΙΣ Σύμβουλοι Επιχειρήσεων ΑΕ, 2012).

3.4.2 Ευρωπαϊκή Αγορά

Στην Ευρωπαϊκή αγορά δραστηριοποιούνται 2019 φαρμακαποθήκες με συνολικό κύκλο εργασιών €136 δις (ΣΤΟΧΑΣΙΣ Σύμβουλοι Επιχειρήσεων ΑΕ, 2012)

Στις χώρες της Ευρώπης, κάθε φαρμακαποθήκη εξυπηρετεί κατά μέσο όρο 234 φαρμακεία και 757.867 άτομα. Στην Ελλάδα μία φαρμακαποθήκη αντιστοιχεί σε 81 φαρμακεία και 79.310 άτομα. Η απόκλιση αυτή προκύπτει λόγω του μεγάλου αριθμού φαρμακαποθηκών που δραστηριοποιούνται στην εγχώρια αγορά αναλογικά με τον πληθυσμό της.

Στις χώρες της Ευρώπης τα τελευταία χρόνια υπάρχει μία προσπάθεια ανάπτυξης διαφορετικών μοντέλων διανομής των φαρμάκων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα εξής:

- Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση των απευθείας πωλήσεων από τις φαρμακευτικές εταιρείες στα φαρμακεία. Ειδικότερα, το 2007 υλοποιήθηκε στο Ην. Βασίλειο το «απευθείας μοντέλο διανομής» (DTP - Direct to Pharmacy distribution model) στο πλαίσιο του οποίου, οι φαρμακευτικές εταιρείες παραδίδουν τα φάρμακα απευθείας στα φαρμακεία, χρησιμοποιώντας έναν ή περισσότερους χονδρεμπόρους ως παρόχους υπηρεσιών logistics.
- Ένα άλλο μοντέλο που καθιερώθηκε στο Ην. Βασίλειο μετά το μοντέλο του DTP είναι το μοντέλο Reduced Wholesale Arrangement (RWA). Βάσει του συγκεκριμένου μοντέλου, οι φαρμακευτικές εταιρείες επιλέγουν χονδρεμπόρους για τη διάθεση των προϊόντων τους.
- Σύμφωνα με μελέτη του Institute for Pharmaco-economic Research (IPF), η ανάπτυξη των παραπάνω εναλλακτικών μοντέλων διανομής (DTP και RWA) στο Ην. Βασίλειο, σε συνδυασμό με τη μείωση των περιθωρίων κέρδους έχουν επηρεάσει σημαντικά την εν λόγω αγορά του χονδρεμπορίου φαρμακευτικών προϊόντων, με αποτέλεσμα τον περιορισμό του ρυθμού ανάπτυξής της, τα τελευταία χρόνια.

Τέλος αναφέρονται οι τρεις σημαντικότεροι ευρωπαϊκοί όμιλοι φαρμακαποθηκών (ΣΤΟΧΑΣΙΣ Σύμβουλοι Επιχειρήσεων ΑΕ, 2017).

- **Celesio:** Γερμανικός όμιλος, δραστηριοποιείται σε 27 χώρες, απασχολεί 47.000 άτομα, τα έσοδά του το 2010 ξεπέρασαν τα €23 δις.
- **Alliance Boots:** Γαλλικός όμιλος, δραστηριοποιείται σε 25 χώρες, απασχολεί 115.500 άτομα, τα έσοδα το 2010 ξεπέρασαν τα €20 δις.
- **Phoenix:** Γερμανικός όμιλος, δραστηριοποιείται σε 23 χώρες, απασχολεί 23.200 άτομα, τα έσοδά του το 2010 ξεπέρασαν τα €21 δις.

3.5 Συμπεράσματα – Το Μέλλον του Κλάδο

Ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την καταγραφή των συμπερασμάτων για την μελλοντική πορεία του κλάδου είναι η SWOT ανάλυση που παρουσιάζεται παρακάτω. Σε αυτή αναφέρονται επιγραμματικά τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία του κλάδου, καθώς και οι ευκαιρίες και οι απειλές που υπάρχουν στο περιβάλλον (ΣΤΟΧΑΣΙΣ Σύμβουλοι Επιχειρήσεων ΑΕ, 2012).



Εικόνα 3.5-1: SWOT Ανάλυση

Σύμφωνα με στελέχη του χώρου και τον Πανελλήνιο Σύλλογο Φαρμακαποθηκάρων (ΠΣΦ), το μέλλον των φαρμακαποθηκών στην Ελλάδα θα είναι δύσκολο.

Ο τζίρος για το ερχόμενο έτος υπολογίζεται να είναι κάτω από τα €4 δις, κυρίως λόγω των οριζόντιων μειώσεων στις τιμές των φαρμάκων και της σχεδόν μηδενικής στήριξης από πλευράς των τραπεζών. Οι παράγοντες που θα δυσκολέψουν ακόμα περισσότερο τον κλάδο, είναι η μείωση της ποσότητας των προϊόντων που διακινούνται μέσω των φαρμακαποθηκών λόγω του κρατικού μονοπωλίου στα ακριβά φάρμακα αλλά και λόγω της απελευθέρωσης της

διανομής των μη συνταγογραφούμενων φαρμάκων. Τέλος σημαντικό ρόλο θα παίξει η ραγδαία μείωση των εξαγωγών από τα €1,1 δις το 2004 σε μόλις €0,4 δις το 2015 η οποία μειώνει ακόμα περισσότερο το ήδη μικρό περιθώριο κέρδους.

Ένα χαρακτηριστικό στοιχείο του κλάδου είναι πως οι ιδιωτικές φαρμακαποθήκες έχουν αυξήσει σταδιακά το μερίδιο αγοράς τους έναντι των συνεταιριστικών, από 48% το 2006 σε 60% σήμερα. Αυτό το γεγονός οφείλεται κυρίως στις αυξήσεις κεφαλαίων στις οποίες οδηγήθηκαν οι ιδιώτες όταν οι τράπεζες μείωσαν των δανεισμό, δίνοντας έτσι την δυνατότητα για μεγαλύτερη πιστοδότηση την φαρμακείων, κάτι που οι συνεταιρισμοί δεν μπορούν εύκολα να κάνουν.

Σύμφωνα με υψηλόβαθμα στελέχη του κλάδου, για να μπει ξανά ο κλάδος σε τροχιά ανάπτυξης, πρέπει να γίνουν οι εξής κινήσεις στο άμεσο μέλλον.

- ανάκτηση των φαρμάκων υψηλού κόστους, καθώς στα επόμενα 10 χρόνια θα αποτελούν το 60% της φαρμακευτικής δαπάνης (σήμερα κατέχουν το 25% περίπου)
- ανάπτυξη νέων προϊόντων στη λογική του private label
- παράλληλες εισαγωγές, με ανάπτυξη δικού τους portfolio προϊόντων και εισαγωγές φαρμάκων που βρίσκονται σε έλλειψη
- συγχωνεύσεις ή/και εξαγορές για την επίτευξη μεγαλύτερων επιχειρηματικών σχημάτων
- ανάπτυξη νέων υπηρεσιών προς τα φαρμακεία αλλά και προς την πολιτεία
- προάσπιση του δικαιώματος των παράλληλων εξαγωγών, σε συνδυασμό με την υιοθέτηση ενός κώδικα δεοντολογίας από πλευράς τους.

4 Η Σύγχρονη Αποθήκη

Η αποθήκη πρέπει να θεωρείτε ως ένα προσωρινό μέρος για την αποθήκευση των αποθεμάτων και ως ένας ρυθμιστικός παράγοντας στην εφοδιαστική αλυσίδα. Η αποθήκη εξυπηρετεί την εξισορρόπηση της ζήτησης με την προσφορά ενός προϊόντος. Συνεπώς πρωταρχικός της στόχος είναι να διευκολύνει την διακίνηση των αγαθών από τους παραγωγούς στους καταναλωτές ώστε να ικανοποιείτε η ζήτηση έγκαιρα και με οικονομικά συμφέρον τρόπο (Van Den Berg 2013).

4.1 Η εξέλιξη του ρόλου της αποθήκης

Οι αποθήκες στο παρελθόν θεωρούνταν κυρίως σας παράγοντας επιπρόσθετου κόστους και σπάνια σαν παράγοντας επιπρόσθετης αξίας. Η ραγδαία αύξηση της εισαγωγής αγαθών από τις χώρες της Ανατολής, η ανάπτυξη του ηλεκτρονικού εμπορίου αλλά και οι αυξανόμενες απαιτήσεις από τους καταναλωτές σημείωσαν σημαντικές αλλαγές στον τρόπο που αντιλαμβάνεται η αγορά την αξία της αποθήκης. Οι αποθήκες πλέον θεωρούνται ζωτικής σημασίας κρίκος της εφοδιαστικής αλυσίδα. Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποίησε η Motorola το 2013:

Όλο και λιγότεροι οργανισμοί πλέον θεωρούν την αποθήκη σαν ένα απλό δεσμό μεταξύ της παραγωγής τους και του καταναλωτή ο οποίος επιφέρει μόνο επιπλέον κόστος. Η μετάβαση σε πολυεπίπεδα και σύνθετα δίκτυα εφοδιαστικής αλυσίδα δημιουργεί την ανάγκη για αυτή την αναγνώριση καθώς καθοδηγείτε από την μεγάλη μεταβλητότητα που χαρακτηρίζει πλέον τις αγορές, τους συνεχώς εξελισσόμενους κανονισμούς, την αλλαγή στα δημογραφικά χαρακτηριστικά των καταναλωτών αλλά και στις ανάγκες αυτών. Οι αποθήκες σήμερα μπορούν να προσφέρουν συγκριτικό πλεονέκτημα και να οδηγήσουν σε αειφόρο ανάπτυξη.

Η πίεση παραμένει στους μάνατζερ οι οποίοι καλούνται να αυξήσουν την παραγωγικότητα και την ποιότητα, μειώνοντας το κόστος και διατηρώντας μικρότερα αποθέματα.

Ο ρόλος της εφοδιαστικής αλυσίδα είναι να παραδώσει το σωστό προϊόν, στην σωστή ποσότητα, στον σωστό πελάτη, στο σωστό μέρος, την σωστή στιγμή, στην σωστή ποιότητα και στην σωστή τιμή. Η αποθήκη παίζει έναν σημαντικό ρόλο σε αυτό. Η αποστολή του σωστού προϊόντος στην σωστή ποσότητα έγκειται στην σωστή συλλογή παραγγελιών και διανομή. Η αποστολή στον σωστό πελάτη, την σωστή στιγμή και στο σωστό μέρος έγκειται στην ορθή σήμανση του προϊόντος και την φόρτωσή του στο σωστό όχημα. Η αποθήκη ωστόσο δεσμεύεται και για την διατήρηση του προϊόντος όπως το παρέλαβε χωρίς φθορές και αλλοιώσεις. Τέλος η διαμόρφωση της τιμής εναπόκειται σε σωστά σχεδιασμένες διαδικασίες που δεν προσθέτουν κόστος στο τελικό προϊόν.

Για τους παραπάνω λόγους η συμμετοχή της αποθήκης στην αποστολή της παραγγελίας είναι μεγάλη. Το γεγονός αυτό όμως επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους. Στο παρελθόν, που οι αποθήκες λειτουργούσαν μόνο σαν χώροι τοποθέτησης προϊόντων, στόχος ήταν να καλύπτουν την ανάγκη για το κάθε προϊόν όποτε αυτή δημιουργείται οπότε λειτουργούσε η αποθήκη σαν απλός ρυθμιστής της προσφοράς. Επειδή όμως δεν ήταν εύκολο να υπολογιστεί το απόθεμα λόγω της πολυπλοκότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας, σε συνδυασμό ότι η πληροφορία κινούταν πολύ αργά, οδηγούσε τις επιχειρήσεις να διατηρούν πολύ μεγαλύτερο απόθεμα από αυτό που είχαν ανάγκη. Στο παρελθόν επειδή το κόστος της γης ήταν σχετικά φθηνό, θεωρούταν λογικό να διατηρούνται μεγάλες ποσότητες αποθέματος και πρώτων υλών από τις επιχειρήσεις. Ένας ακόμα παράγοντας που οδηγούσε στην διατήρηση μεγάλων αποθεμάτων, ήταν το γεγονός ότι οι αλλαγές στο πρόγραμμα παραγωγής ήταν κοστοβόρες πράγμα που οδηγούσε τους παραγωγούς σε πολύ μικρή ευελιξία. Για να καλυφθεί η ζήτηση παρήγαγαν μεγάλες ποσότητες και τις αποθήκευαν.

Στην σημερινή αγορά, το κόστος της γης, των κτηρίων, της εργασίας και της ενέργειας σε συνδυασμό με τις νέες νοοτροπίες όπως το Just in Time, Efficient consumer response και Quick response, οι εταιρείες στοχεύουν σε ολοένα και μικρότερο απόθεμα και γρηγορότερη ανανέωσή του. Νέες τεχνικές που εφαρμόζονται στις επιχειρήσεις έχουν αυτόν τον στόχο. Οι επιχειρήσεις λειτουργούν πλέον με την λογική “pull” αντί για “push” που συνέβαινε στο παρελθόν. Αυτό σημαίνει ότι η ποσότητα παραγωγής ρυθμίζεται από την ζήτηση που προκύπτει από τους καταναλωτές, έτσι ώστε να καλύπτονται όσο το δυνατόν με το λιγότερο απόθεμα, οι ανάγκες τους. Συχνά λέγεται ότι η ονομασία εφοδιαστική αλυσίδα δεν αντικατοπτρίζει πλέον την λειτουργία της αγοράς και ότι μία πιο παραστατική έκφραση θα ήταν αλυσίδα ζήτησης.

Στο παρελθόν, οι επιχειρήσεις παρήγαγαν προϊόντα τα οποία έδιναν στον λιανέμπορο με σκοπό να πουλήσει όσα περισσότερα μπορεί. Οι εταιρείες δημιουργούσαν μεγάλες αποθήκες σε πολλές περιοχές ώστε να διανέμουν τα προϊόντα τους απευθείας στο κατάστημα. Περί το 1980, όταν οι λιανέμποροι άρχισαν να οργανώνονται και να δημιουργούν δικό τους δίκτυο διανομής, η κατάσταση άλλαξε.

Το γεγονός αυτό άλλαξε τον τρόπο λειτουργίας των αποθηκών, δημιουργήθηκαν αποθήκες μεγαλύτερες, με περισσότερων λειτουργιών και σε σημαντικότερα σημεία οι οποίες είτε λειτουργούσαν από τους λιανέμπορους είτε ήταν ανεξάρτητες επιχειρήσεις. Οι χώροι αυτοί συνέχισαν να αναπτύσσονται με την Tesco να είναι η πρώτη εταιρεία που φτιάχνει ένα κέντρο διανομής 1,2 εκατ. τετραγωνικών μέτρων στο Ηνωμένο Βασίλειο. Τέλος η τάση για ανάθεση της παραγωγής των δυτικών σε ασιατικές χώρες, οδήγησαν στην ανάγκη για διατήρηση υψηλού επιπέδου αποθέματος όσο αναφορά κυρίως την σωστή απαιτούμενη ποσότητα,

λαμβάνοντας υπόψιν το χρονικό διάστημα που απαιτείτε για την αποστολή των προϊόντων από την Ασία στην Ευρώπη ή την Αμερική.

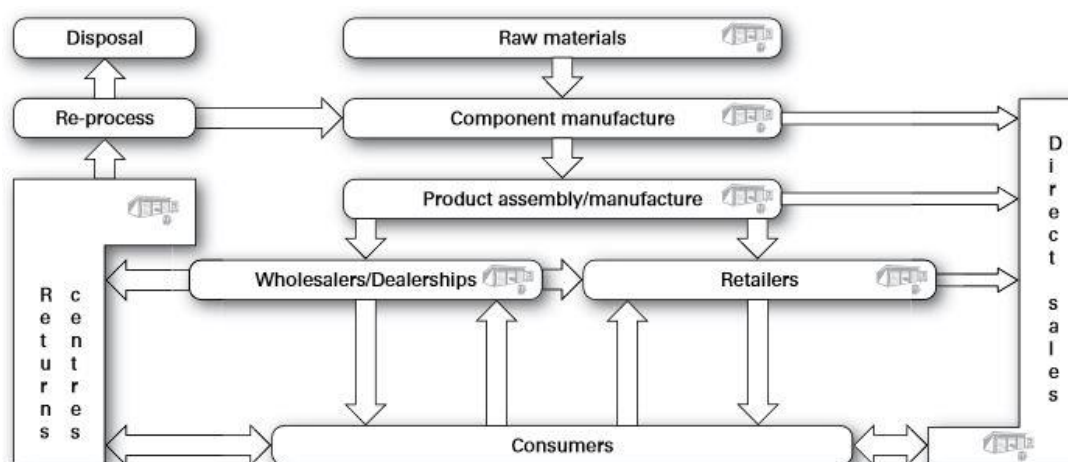
4.2 Είδη αποθήκης

Υπάρχουν πολλά είδη αποθήκης τα οποία εξυπηρετούν τις ανάγκες της σημερινής εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα είδη και οι ρόλοι που εξυπηρετεί μία αποθήκη θα αναλυθούν στην συνέχεια.

1. **Αποθήκη πρώτων υλών:** Στις αποθήκες αποθηκεύονται πρώτες ύλες και εξαρτήματα είτε κοντά στον χώρο παραγωγής τους, είτε κοντά στην παραγωγή που θα χρησιμοποιηθούν. Η αποθήκευση των πρώτων υλών γίνεται για να διασφαλιστεί η συνέχεια στην παραγωγή.
2. **Αποθήκες ενδιάμεσων σταθμών, προσαρμοσμένης, προσαρμογής και καθυστέρησης:** Σε αυτές τις αποθήκες αποθηκεύονται προσωρινά τα προϊόντα στα διάφορα στάδια της παραγωγής. Επίσης σε αυτά τα κέντρα προσαρμόζεται το προϊόν πριν την τελική αποστολή στον πελάτη. Οι ενέργειες καθυστέρησης και προσαρμοσμένης μεταξύ άλλων μπορεί να είναι ειδική συσκευασία, αλλαγή ονομασίας του προϊόντος, συναρμολόγηση σε υπολογιστή, προϊόντα για διαφημιστικούς σκοπούς και άλλες ενέργειες μη ρουτίνας.
3. **Αποθήκη έτοιμων προϊόντων:** Εκεί αποθηκεύονται τα έτοιμα προς πώληση προϊόντα για λογαριασμό του παραγωγού, του χονδρεμπόρου ή του λιανέμπορου. Προσφέρουν ένα στοκ ασφαλείας για τις επιχειρήσεις δίνοντάς τους την δυνατότητα να δραστηριοποιηθούν με άλλα προϊόντα.
4. **Αποθήκες συνένωσης και διέλευσης:** Στις αποθήκες αυτές καταφθάνουν προϊόντα από διαφορετικές πηγές και συνδυάζονται σκοπό την τελικά αποστολή στον πελάτη. Επίσης μπορεί να είναι Just in Time κέντρα που με την άφιξη του εμπορεύματος περνάει κατευθείαν στην γραμμή παραγωγής. Μπορεί να είναι αποθήκες ενοποίησης μικρών παραγγελιών που συγχωνεύονται ώστε να διανεμηθούν στα καταστήματα λιανικής.
5. **Κέντρα μεταφόρτωσης:** Σε αυτά τα κέντρα καταφθάνουν μεγάλες παραγγελίες και αυτές είτε μεταφορτώνονται απευθείας είτε “σπάνε” σε μικρότερες ποσότητες ώστε να διανεμηθούν αποτελεσματικότερα στους πελάτες.
6. **Cross-docking center:** Θεωρούνται το μέλλον της αποθήκης. Η γρήγορη ανταπόκριση στις ανάγκες των καταναλωτών και των λιανεμπόρων, απαιτεί γρήγορη μεταφορά αγαθών κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτή η μέθοδος διανομής απαιτεί τα προϊόντα να καταφθάνουν στο κέντρο σαφώς ορισμένα ώστε γρήγορα να

διαμορφώνονται άμεσα οι παραγγελίες και να αποστέλλονται χωρίς καθόλου χάσιμο χρόνου.

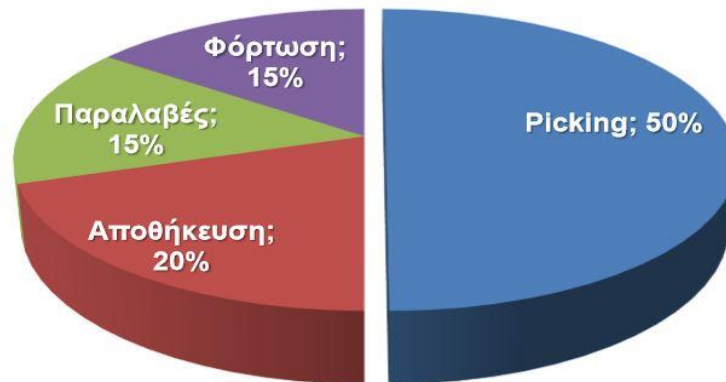
7. **Κέντρα ταξινόμησης:** Τα κέντρα αυτά συνήθως χρησιμοποιούνται από εταιρείες διακίνησης δεμάτων ή επιστολών. Τα προϊόντα συλλέγονται από πολλά διαφορετικά μέρη, ομαδοποιούνται και επαπρωθούν στα επόμενα επιμέρους κέντρα διανομής.
8. **Κέντρα εκπλήρωσης:** Πολλά τέτοια κέντρα αναπτύχθηκαν παράλληλα με την ανάπτυξη του ηλεκτρονικού εμπορίου. Αυτά τα κέντρα ειδικεύονται στην εκπλήρωση πολλών διαφορετικών μικρών παραγγελιών.
9. **Κέντρα αντίστροφης εφοδιαστικής αλυσίδας:** Στα κέντρα αυτά γίνεται συλλογή για επαναχρησιμοποίηση προϊόντων. Η περιβαλλοντική συνείδηση που έχουν αναπτύξει την τελευταία δεκαετία πολλές επιχειρήσεις οδήγησε στην δημιουργία πολλών τέτοιων κέντρων η λειτουργία των οποίων παρέχει και επιπλέον ταμειακές ροές στις επιχειρήσεις που εκμεταλλεύονται τις φιλικές προς το περιβάλλον νομοθετικές ρυθμίσεις



Εικόνα 4.2-1: Η αποθήκη στην εφοδιαστική αλυσίδα

4.3 Διαδικασίες Αποθήκευσης

Στην ενότητα αυτή θα αναφερθούν οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό μίας αποθήκης. Για να επιτευχθεί βελτίωση της απόδοσης μίας αποθήκης απαιτείται η απλοποίηση των διαδικασιών. Όλες οι διεργασίες είναι σημαντικές, χωρίς να σημαίνει όμως πως η μεταβολή όλων θα επιφέρει το ίδιο αποτέλεσμα. Σημαντικό στοιχείο είναι το πως διανέμεται το λειτουργικό κόστος μια αποθήκης στις επιμέρους δραστηριότητες.



Εικόνα 4.3-1: Επιμερισμός λειτουργικού κόστους αποθήκης

Όπως φαίνεται η συλλογή παραγγελιών κατέχει το κατά πολύ μεγαλύτερο ποσοστό.

Παραλαβή

Η παραλαβή των προϊόντων είναι μία ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία. Πρέπει για γίνει επιβεβαίωση για το αν τα προϊόντα έχουν φτάσει στην σωστή ποσότητα και στην σωστή κατάσταση και στη χρονική διάρκεια που έχει οριστεί. Αυτό αποτελεί το πρώτο στάδιο μίας αλληλουχίας αποθηκευτικών διαδικασιών και είναι πολύ σημαντικό να γίνονται αυστηροί έλεγχοι. Για τον αποτελεσματικότερο έλεγχο, οι επιχειρήσεις συμφωνούν από πριν για την ακριβή παλετοποίηση και συσκευασία των προϊόντων ώστε να είναι εύκολο να καταμετρηθούν.

Μεταξύ των παραπάνω στην ευρύτερη διαδικασία της παραλαβής υπάρχουν επιμέρους διαδικασίες όπως η προετοιμασία της παραλαβής, η οποία αναφέρεται στην επικοινωνία της αποθήκης με τον αποστολέα με σκοπό την συμφωνία στον χρόνο της παράδοσης.

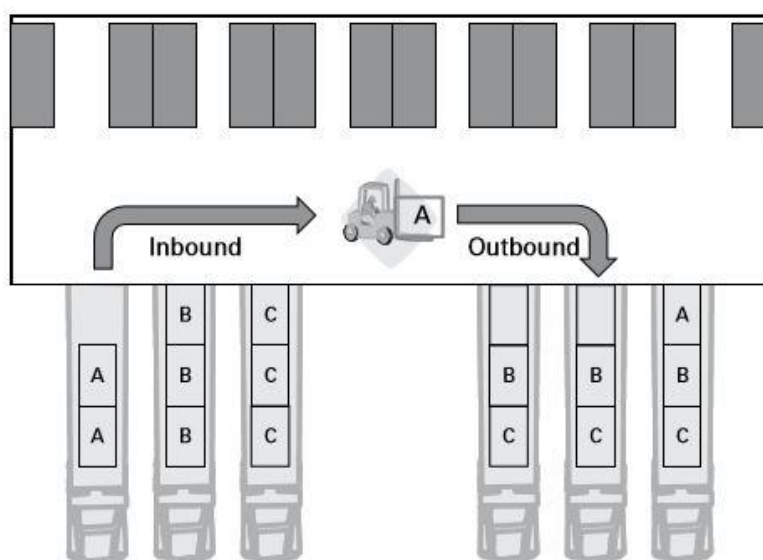
Μετά την άφιξη της παραγγελίας ακολουθεί η εκφόρτωση του φορτηγού. Η διαδικασία αυτή μπορεί σε πολλές περιπτώσεις να είναι χρονοβόρα, γεγονός που δυσκολεύει ιδιαίτερα την αποθήκη καθώς δεσμεύονται τόσο προσωπικό όσο και ράμπες.

Έλεγχος

Αμέσως μετά την εκφόρτωση, θα ήταν ιδανικό για την αποθήκη, τα προϊόντα να μεταφέρονται είτε στις θέσεις αποθήκευσης αν πρόκειται να αποθηκεύουν είτε σε θέσεις προς αποστολή αν είναι cross-docking αποθήκη. Παρόλα αυτά επειδή οι αποθήκες δεν γνωρίζουν αν τα προϊόντα είναι στην προβλεπόμενη ποιότητα, πρέπει να προχωρήσουν σε ποιοτικό έλεγχο. Ο έλεγχος συνήθως διενεργείται με δειγματοληψία.

Cross – Docking

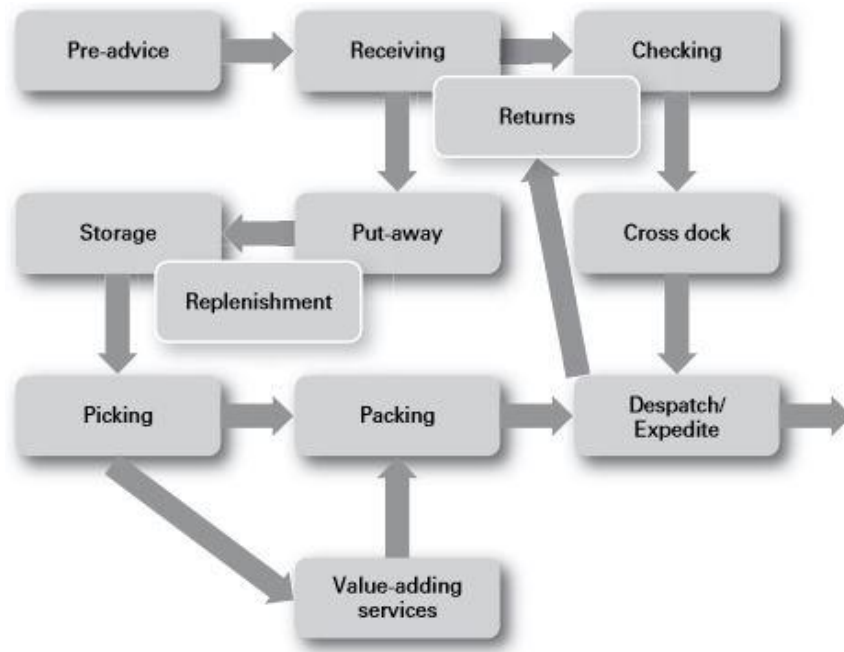
Στόχος των αποθηκών είναι να αυξήσουν τον ρυθμό ανανέωσης του αποθέματος και να μειώσουν την ποσότητα του αποθέματος που διατηρούν. Το cross – docking είναι μία διαδικασία κατά την οποία τα εμπορεύματα που καταφθάνουν μεταφέρονται κατευθείαν στις ράμπες αποστολής. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται και η συμβολή των παραγωγών στο πως στέλνουν τα προϊόντα στην αποθήκη. Τα προϊόντα πρέπει να έχουν εμφανείς ετικέτες ώστε να γίνεται γρήγορα ο διαχωρισμός τους από τους υπαλλήλους της αποθήκης.



Εικόνα 4.3-2: Cross - Docking

Τοποθέτηση Προϊόντος

Μετά την άφιξη του προϊόντος στην αποθήκη, οι υπεύθυνοι πρέπει να αποφασίσουν που θα τοποθετηθεί. Αν αφορά διαδικασία cross – docking αναφέρθηκε παραπάνω τι συμβαίνει. Εάν το προϊόν θα αποθηκευτεί για κάποιο διάστημα στην αποθήκη γεννάτε το ζήτημα του που θα αποθηκευτεί. Συνήθως στις αποθήκες υπάρχουν προκαθορισμένες θέσεις για κάθε προϊόν. Για την σωστή επιλογή όμως της θέσεις απαιτούνται πληροφορίες όπως οι διαστάσεις του προς αποθήκευση φορτίου, τα αποτελέσματα της ανάλυσης ABC σχετικά με την κινητικότητα του προϊόντος, τα δεδομένα των παραγγελιών της εταιρείας και άλλοι παράμετροι οι οποίοι πρέπει να συνυπολογιστούν για να επιλεγεί η σωστή θέση.



Εικόνα 4.3-3: Διαδικασίες Αποθήκης

Συλλογή παραγγελιών (Picking)

Η συλλογή των παραγγελιών είναι ίσως η σημαντικότερη δραστηριότητα εντός της επιχείρησης, για λόγους που θα αναλυθούν εκτενέστερα σε επόμενο κεφάλαιο. Η συλλογή παραγγελιών είναι η συλλογή των σωστών προϊόντων στις σωστές ποσότητες από τα ράφια ώστε να διαμορφωθούν οι παραγγελίες του κάθε πελάτη και να αποσταλούν.

Αναπλήρωση

Για να διασφαλιστεί η ομαλή και αποδοτική συλλογή παραγγελιών πρέπει να υπάρχει το απαραίτητο απόθεμα όταν αυτό χρειαστεί. Η διαδικασία που μεριμνά για αυτό είναι η αναπλήρωση. Η έλλειψη αποθέματος οδηγεί σε καθυστερήσεις που μεταφράζονται σε κόστος αλλά και πτώση του επιπέδου εξυπηρέτησης της αποθήκης. Η αναπλήρωση μπορεί να χαρακτηριστεί ως ανάποδο picking και είναι μία διαδικασία χρονοβόρα και κοστοβόρα για την οποία απαιτείται αξιόλογος αριθμός προσωπικού.

Διανομή

Ο χρόνος μεταξύ της στιγμής λήψης της παραγγελίας και την αποστολή της συνεχώς ελαττώνεται καθώς εισάγονται νέα συστήματα και μέθοδοι. Η διανομή αποτελείται από το πακετάρισμα, δηλαδή την τοποθέτηση της παραγγελίας στο μέσο συσκευασίας που συνήθως είναι παλέτες, με τρόπο ώστε να φτάσει με ασφάλεια στον προορισμό χωρίς να επηρεαστεί από το ταξίδι και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Συνήθως χρησιμοποιείται τύλιγμα του φορτίου με μεμβράνες. Επίσης είναι σημαντικό να είναι σε εμφανή θέση τα χαρακτηριστικά του

φορτίου, όπως αποστολέας, παραλήπτης, περιεχόμενα κλπ. Στην συνέχεια φορτώνεται στο φορτηγό. Τα εμπορεύματα φορτώνονται με συγκεκριμένη λογική ώστε να ευνοείται η εκφόρτωση σε επόμενο σταθμό. Τέλος τυπώνονται τα απαραίτητα δικαιολογητικά έγγραφα και το εμπόρευμα αναχωρεί από τον χώρο της αποθήκης.

4.3.1 Έμμεσα Οφέλη Αποθήκης στην Αγορά

Η αποθήκη όπως αναφέρθηκε, πέραν από την αποθήκευση προϊόντων έχει μεγάλη συμβολή στην ευρύτερη ομαλή λειτουργία της αγοράς καθώς εξυπηρετεί τους παρακάτω σκοπούς.

1. **Αποθήκευση εμπορευμάτων:** Η βασική λειτουργία της αποθήκης είναι η αποθήκευση προϊόντων που βρίσκονται σε πλεονάζουσες ποσότητες ώστε να είναι διαθέσιμα όταν υπάρξει ανάγκη.
2. **Σταθεροποίηση τιμών:** Εκτελώντας την βασική της λειτουργία, η αποθήκη εξισορροπεί την ζήτηση και την προσφορά του εκάστοτε προϊόντος με αποτέλεσμα να σταθεροποιείται η τιμή του.
3. **Μείωση ρίσκου:** Όταν τα εμπορεύματα αποθηκεύονται, εκτίθενται σε πολλούς κινδύνους όπως κλοπή, φθορά, πυρκαγιά κλπ. Οι αποθήκες είναι κατασκευασμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να προστατεύουν τα προϊόντα από αυτούς τους κινδύνους. Ο κάτοχος εναποθέτει την ευθύνη των εμπορευμάτων του στον υπεύθυνο της αποθήκης ο οποίος είναι υπόλογος για όποια απώλεια η ζημιά.
4. **Χρηματοδότηση:** Τα εμπορεύματα τα οποία βρίσκονται αποθηκευμένα σε μία αποθήκη έχουν συγκεκριμένη αξία. Η αξία αυτή των αποθεμάτων μπορεί να λειτουργήσει σαν εγγύηση από τους επιχειρηματίες (τόσο αυτού που παραδίδει τα εμπορεύματά του για αποθήκευση όσο και του ιδιοκτήτη της αποθήκης) για χορήγηση δανείων.
5. Η σύγχρονη αποθήκη εξυπηρετεί και άλλες λειτουργίες όπως είναι η αποστολή παραγγελιών σύμφωνα με τις εντολές του εκάστοτε πελάτη, παίρνει δείγματα και 'σπάει' μεγάλα φορτία σε μικρότερα και γενικά συμβάλει στην ανάπτυξη της αγοράς.

4.4 Ιδιαιτερότητες Φαρμακαποθηκών

Μέχρι πριν κάποια χρόνια θεωρείτο πως ο τρόπος αποθήκευσης και διανομής των φαρμάκων δεν είχε καμία επίδραση στην ποιότητα του. Σήμερα όμως είναι αποδεδειγμένο ότι και στο στάδιο αυτό υπάρχουν εξωγενείς παράγοντες που μπορούν να επιδράσουν σημαντικά στην ποιότητα ενός φαρμάκου. Έτσι για τη σωστή λειτουργία μιας φαρμακαποθήκης επιβάλλεται η ανάπτυξη και η εφαρμογή ενός Συστήματος Διασφάλισης Ποιότητας καθώς πρόβλημα στην ποιότητα ενός φαρμάκου μπορεί να επιφέρει αντίθεραπείας μικρές ή μεγάλες βλάβες στην ζωή των ασθενών που θα λάβουν το συγκεκριμένο φάρμακο. Για αυτό το λόγο οι

φαρμακαποθήκες χαρακτηρίζονται από κάποιες ιδιαιτερότητες όσον αφορά τις συνθήκες και τον τρόπο αποθήκευσης φαρμάκων και παραφαρμακευτικών προϊόντων.

Οι φαρμακαποθήκες για να εκτελούν με τρόπο σωστό τις παραπάνω προβλεπόμενες λειτουργίες μίας αποθήκης, πρέπει να διαθέτουν κατ' ελάχιστο τους παρακάτω χώρους:

- **Χώρος υποδοχής:** Στο χώρο αυτό γίνεται η αρχική παραλαβή των προϊόντων.
- **Χώρος αποθήκευσης:** Είναι ο κύριος χώρος της αποθήκης ο οποίος ελέγχεται ως προς τη θερμοκρασία και την υγρασία του.
- **Χώρος ετοιμασίας των παραγγελιών:** Στο χώρο αυτό γίνεται η προετοιμασία και η τελική εκτέλεση παραγγελιών.
- **Ψυγεία – καταψύκτες:** Είναι χώροι-ψυγεία για φύλαξη προϊόντων που απαιτούν ειδικές συνθήκες αποθήκευσης σε ό,τι αφορά τη θερμοκρασία. Η θερμοκρασία αυτών των χώρων πρέπει να παραμένει σταθερή και να παρακολουθείται με χρήση θερμομέτρων. Επίσης, πρέπει να υπάρχει αναπληρωματική γεννήτρια για τα ψυγεία καθώς και εφεδρικές ψυκτικές μονάδες.
- **Χώροι αποθήκευσης ειδικών προϊόντων:** Είναι χώροι απομονωμένοι για την φύλαξη ειδικών ομάδων προϊόντων όπως τα ναρκωτικά.
- **Χώρος αποθήκευσης επιστρεφόμενων:** Είναι χώρος όπου αποθηκεύονται τα επιστρεφόμενα προϊόντα μέχρις ότου ελεγχθούν από τον υπεύθυνο επιστροφών και καθοριστεί ο περαιτέρω χειρισμός τους.
- **Χώρος αποθήκευσης ανακληθέντων προϊόντων:** Είναι ο χώρος όπου αποθηκεύονται τα προϊόντα που ανακαλούνται.
- **Χώρος ακατάλληλων – προς καταστροφή:** Είναι χώρος όπου αποθηκεύονται τα ακατάλληλα και προς καταστροφή προϊόντα.

Πέρα όμως από τους απαιτούμενους χώρους, επειδή τα φάρμακα είναι ευαίσθητα προϊόντα πρέπει να ακολουθούνται οι παρακάτω διαδικασίες στον τρόπο αποθήκευσης τους

- Τα φάρμακα πρέπει να αποθηκεύονται ξεχωριστά από άλλα εμπορεύματα και σε συνθήκες που καθορίζονται από κατασκευαστή για να αποφευχθεί αλλοίωσή τους από το φως, την υγρασία ή τη θερμότητα.
- Η θερμοκρασία και η υγρασία στους διάφορους χώρους πρέπει να παρακολουθούνται συνεχώς και να καταγράφονται με βαθμονομημένα όργανα ελεγχμένης αξιοπιστίας.
- Πρέπει να είναι γνωστές ή να ζητούνται οι συνθήκες αποθήκευσης για όλα τα προϊόντα.
- Πρέπει να υπάρχουν αρχεία MSDS (Material Safety Data Sheet) για προϊόντα υψηλής δραστηριότητας. Τα συγκεκριμένα αρχεία καθορίζουν την προφύλαξη και το χειρισμό αυτών των προϊόντων.

- Πρέπει να προβλέπεται σύστημα που να εξασφαλίζει ανανέωση αποθεμάτων. Αυτό μπορεί να γίνει με προτεραιότητα εξόδου για παλαιότερα αποθέματα (First In – First Out) ή με προτεραιότητα εξόδου για αποθέματα με κοντινότερη ημερομηνία λήξης (First Expired – First Out).
- Φάρμακα που πρόκειται να λήξουν και Φάρμακα των οποίων η ημερομηνία λήξεως έχει παρέλθει πρέπει να απομακρύνονται εγκαίρως από τα προς διάθεση αποθέματα και να μην διατίθενται προς πώληση ούτε να παρέχονται δωρεάν σε οποιονδήποτε.
- Φάρμακα των οποίων το σφράγισμα έχει παραβιαστεί ή συσκευασία έχει υποστεί φθορές ή υπάρχει υποψία ενδεχόμενης μόλυνσης, πρέπει να αποσύρονται από το προς διάθεση απόθεμα και αν δεν καταστραφούν αμέσως, να διατηρούνται σε ένα σαφώς καθορισμένο χώρο απορρίψεως, ώστε να μην είναι δυνατόν να πωληθούν εκ παραδρομής ή να μολύνουν άλλα εμπορεύματα.
- Τα προϊόντα δεν πρέπει να τοποθετούνται ποτέ απ' ευθείας στο δάπεδο.

Πολλές φαρμακαποθήκες αποτελούν κρίκο της λεγόμενης ψυχρής αλυσίδας (Cold chain). Έτσι αποκαλείται η αλυσίδα της οποίας οι κρίκοι αποτελούνται από όλα τα στάδια της ζωής ενός προϊόντος που πρέπει να αποθηκεύεται σε συνθήκες ψυγείου, δηλαδή 2-8 °C. Σε όλα αυτά τα στάδια η θερμοκρασία πρέπει να διατηρείται στα όρια +2°C ως +8°C και να ελέγχεται και να καταγράφεται.

Για να υλοποιηθεί η ψυχρή αλυσίδα η μεταφορά των προϊόντων πρέπει να γίνεται ή με φορητά ψυγεία από ειδικό υλικό (insulated boxes) ή με αυτοκίνητα ψυγεία (refrigerated vehicles). Ακόμη, στη συσκευασία χρησιμοποιούνται ειδικές παγοκύστες οι οποίες προστατεύονται με πλαστικό ή χαρτόνι και δεν έρχονται σε απευθείας επαφή με το προϊόν. Ένα ακόμα κομμάτι των φαρμακαποθηκών που πρέπει να ικανοποιεί συγκεκριμένες απαιτήσεις είναι αυτό των επιστροφών. Οι επιστροφές των φαρμάκων γίνονται με βάση την κείμενη Νομοθεσία και αφορούν φάρμακα που έχουν λήξει ή πρόκειται να λήξουν και φάρμακα που παρουσιάζουν κάποιο μακροσκοπικό ελάττωμα. Τα επιστρεφόμενα φάρμακα πρέπει να μεταφέρονται αμέσως και να φυλάσσονται σε ειδικό απομονωμένο και κλειδωμένο χώρο όπου και καταγράφονται.

Στη συνέχεια πραγματοποιείται έλεγχος των επιστροφών για να εξεταστεί

- 1) αν το εμπόρευμα είναι στον αρχικό περιέκτη του, ανέπαφο και σε καλή κατάσταση
- 2) αν τα εμπορεύματα έχουν αποθηκευτεί και μεταφερθεί σύμφωνα με τις απαιτούμενες συνθήκες (αυτό δεν είναι πάντα εφικτό)
- 3) αν ο εναπομένων χρόνος ζωής είναι αποδεκτός
- 4) αν υπάρχουν ή όχι ίχνη παραβίασης της συσκευασίας. Με βάση αυτό τον έλεγχο αποφασίζεται για το ποια επιστροφή δεν θα γίνει αποδεκτή, ποια φάρμακα θα

καταστραφούν, ποια θα επιστραφούν στον παραγωγό και ποια θα επαναχρησιμοποιηθούν.

Επιπροσθέτως, είναι απαραίτητο σε κάθε φαρμακαποθήκη να υπάρχει ένα σχέδιο για την ανάκληση κάποιου φαρμάκου που σε κάποιο στάδιο της ζωής του διαπιστώνεται απόκλιση από κάποια ποιοτική προδιαγραφή ή διαφαίνεται κάποιος κίνδυνος από τη χρήση του.

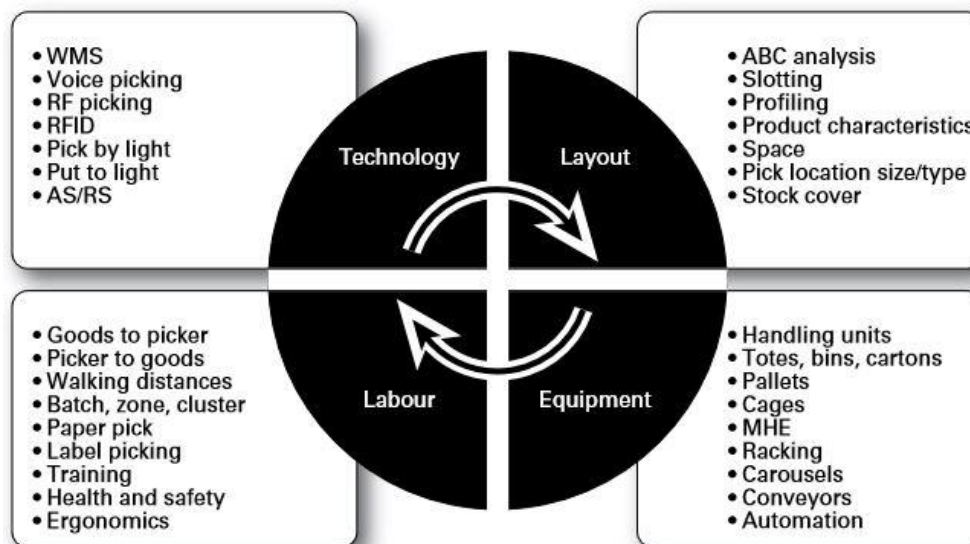
4.5 Η Αξία του Picking στην σύγχρονη Αποθήκη

Η συλλογή παραγγελιών είναι η πιο δαπανηρή δραστηριότητα σε μία αποθήκη και σε συνδυασμό με την έντονη εργασία που απαιτεί την καθιστούν την πιο φλέγουσα δραστηριότητα για έναν μάνατζερ που επιθυμεί να βελτιώσει την λειτουργία της αποθήκης του. Η διαδικασία του picking, πέραν των άλλων είναι και δύσκολο να αυτοματοποιηθεί η να προγραμματιστεί, είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς σε σφάλματα και η απόδοση της έχει σημαντική επίδραση στην ικανοποίηση των πελατών. Τα συνήθη καταγεγραμμένα σφάλματα είναι η παράληψη προϊόντων, λανθασμένες ποσότητες, λάθος κωδικοί. Η συλλογή παραγγελιών θεωρείται η διαδικασία η βελτίωση της οποίας μπορεί να επιφέρει σημαντικές μειώσεις στο κόστος.

Οι τρεις μεταβλητές οι οποίες αντικρούονται είναι η **ταχύτητα**, η **ακρίβεια** και το **κόστος**. Οι μάνατζερ επιδιώκουν ταχύτητα, μεγάλη παραγωγικότητα και υψηλή ακρίβεια με το μικρότερο κόστος. Για την ικανοποίηση αυτών των αναγκών έχουν αναπτυχθεί τα διάφορα συστήματα συλλογής παραγγελιών.

Η διαδικασία συλλογής παραγγελιών έχει σαφώς αλλάξει σε σχέση με το παρελθόν. Παλαιότερα η παραγγελίες αφορούσαν συνήθως μεγάλες ποσότητες και ολόκληρε παλέτες. Πλέον νέες νοοτροπίες όπως το Just in Time αλλά και η στόχευση για μικρότερα αποθέματα, έχουν οδηγήσει σε μικρότερες παραγγελίες με πολύ μεγαλύτερη συχνότητα.

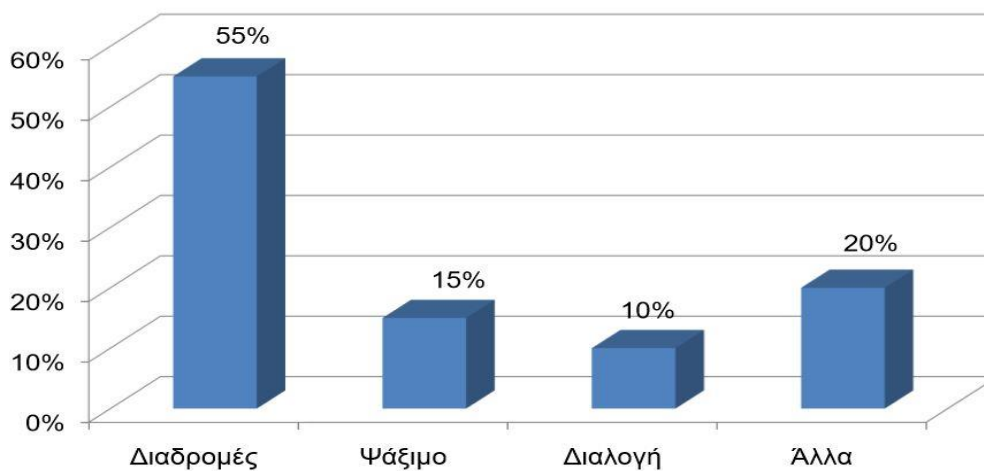
Είναι πολλές οι διαδικασίες, οι παράμετροι και τα μέσα που πρέπει να συνεργαστούν ώστε να επιτευχθεί ικανοποιητικό αποτέλεσμα στην συλλογή παραγγελιών. Στο **Error! Reference source not found.** παρουσιάζονται συνοπτικά τα συστατικά που εμπλέκονται στο picking.



Εικόνα 4.5-1: Αλληλεξάρτηση Παραγόντων Picking

Σύμφωνα με μετρήσεις, ο picker ξοδεύει το 50% του χρόνου εργασίας του στις μετακινήσεις και στις μεταφορές από και προς τις θέσεις που βρίσκονται τα προϊόντα. Συνεπώς αυτή η μεταβλητή είναι ή θα πρέπει να είναι το κύριο μέλημα ενός μάνατζερ που επιθυμεί να βελτιώσει την λειτουργία μιας αποθήκης. Στο απεικονίζεται η συνολική κατανομή του χρόνου.

Διάγραμμα 4.5-1: Κατανομή χρόνου picker



Η διαδικασία συλλογής αποθεμάτων μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες με βάση τον τρόπο που γίνεται η συλλογή των προϊόντων. Αυτές είναι:

- **Picker to goods:** Ο εργαζόμενος κινείται προς τα αποθηκευμένα αγαθά και συλλέγει όσα και όποια απαιτούνται
- **Goods to Picker:** Τα αγαθά περνάνε από τον εργαζόμενο και αυτός από σταθερή θέση επιλέγει ποια και πόσα επιθυμεί για την παραγγελία
- **Αυτόματα Συστήματα Συλλογής**

4.5.1 Pickers to goods

Οι περισσότερες αποθήκες έχουν μικρό βαθμό αυτοματοποίησης και εφαρμόζουν την μέθοδο που ο εργαζόμενος μεταβαίνει στις θέσεις αποθήκευσης και επιλέγει τα προϊόντα. Η τακτική αυτή αναλύεται σε επιμέρους λογικές που διέπουν τον τρόπο συλλογής.



Εικόνα 4.5-2: Picker to goods picking

Συλλογή κατά παραγγελία

Ο εργαζόμενος λαμβάνει την παραγγελία ή μέρος αυτής και μεταφέρεται, είτε με τα πόδια είτε με χειροκίνητο ή μηχανοκίνητο όχημα, εντός της αποθήκης και συλλέγει προϊόντα έως ότου ολοκληρωθεί η παραγγελία. Οι παραγγελίες μπορεί να αποτελούνται από μεμονωμένα αντικείμενα, κιβώτια, παλέτες ή και συνδυασμό αυτών. Η διαδρομή που θα ακολουθήσει είναι προκαθορισμένη ανάλογα με το περιεχόμενο της παραγγελίας και του γνωστοποιείται με οπτικά ή ακουστικά μέσα με την χρήση χαρτιού ή της τεχνολογίας.

Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου, που ακόμα παραμένει η πιο δημοφιλής, είναι ότι χρειάζεται μόνο μία μεταφορά για κάθε προϊόν από τον χώρο αποθήκευσης στον χώρο διανομής. Παρόλα αυτά σε παραγγελίες με μεγάλες αποστάσεις μεταξύ των προϊόντων ή με πολλούς κωδικούς (SKU), η μέθοδος αυτή είναι επίπονη και όχι πολύ αποδοτική καθώς πιθανά να απαιτείτε και επιπλέον άτομο να ελέγχει την ορθότητα των παραγγελιών.

Συλλογή κατά συστάδες

Για να μειωθεί ο συνολικός χρόνος συλλογής, σε πολλές αποθήκες επιλέγεται σε μία διαδρομή ο εργαζόμενος να συλλέγει τα απαραίτητα προϊόντα για περισσότερες από μία παραγγελίες.

Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται μηχανοκίνητα μέσα με πολλαπλές θέσεις ώστε να ξεχωρίζονται τα προϊόντα κάθε παραγγελίας. Επειδή η πολυπλοκότητα της διαδικασίας είναι μεγαλύτερη συνήθως επιλέγονται έμπειροι pickers και κάποιο σύστημα ελέγχου.

Συλλογή κατά παρτίδες

Στην μέθοδο αυτή οι εργαζόμενοι συλλέγουν προϊόντα από διάφορες παραγγελίες ταυτόχρονα, όπως στην συλλογή κατά συστάδες, μόνο που δεν διαχωρίζονται ανά παραγγελία κατά την συλλογή. Τα προϊόντα τοποθετούνται όλα μαζί και σε δεύτερο χρόνο χωρίζονται στις επιμέρους παραγγελίες.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι αρχικά απαιτεί λιγότερα ταξίδια του εργαζομένου για την συλλογή των παραγγελιών και ότι αφού συμμετέχουν δύο άτομα στην συλλογή της παραγγελίας, υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια. Στα αρνητικά είναι προφανώς η μικρή ευελιξία στον χρόνο που δημιουργείτε από την δύο σταδίων εργασία.

Συλλογή κατά ζώνες

Στην μέθοδο αυτή, ο κάθε picker συλλέγει προϊόντα από μία συγκεκριμένη ζώνη εντός της αποθήκης που του έχει ανατεθεί. Η παραγγελία ξεκινάει από την μία άκρη της αποθήκης και διέρχεται από όλες τις ζώνες. Σε αυτές οι εργαζόμενοι διαβάζουν την παραγγελία και αν υπάρχουν προϊόντα από την ζώνη τους τα τοποθετούν και στην συνέχεια μεταφέρουν την παραγγελία στην επόμενη ζώνη, μέχρις ότου η παραγγελία περάσει και από την τελευταία ζώνη. Οι ζώνες πρέπει να χωρίζονται έτσι ώστε να κατανέμεται ανάλογα ο όγκος των προϊόντων που συλλέγονται από κάθε ζώνη.

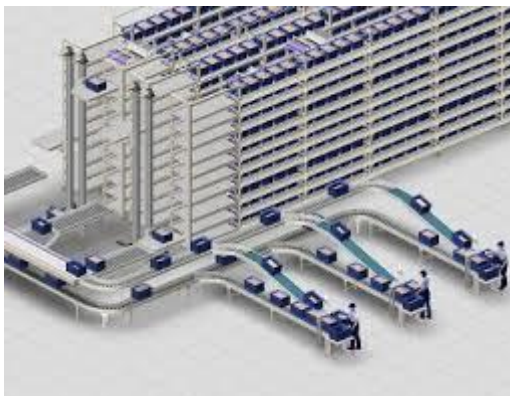
Η μέθοδος αυτή είναι πιο αποτελεσματική σε αποθήκες με μεγάλο αριθμό SKUs και παραγγελιών και όχι πολύ μεγάλο πλήθος προϊόντων ανά κωδικό. Συμβάλει στην μείωση του απαιτούμενου ταξιδιού που εκτελεί ο εργαζόμενος ενώ αυξάνει και την ταχύτητα καθώς μπορούν να συλλέγονται πολλές παραγγελίες ταυτόχρονα.

Συλλογή κατά κύματα

Σε αυτή την μέθοδο οι παραγγελίες συνδυάζονται και εμφανίζονται σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές μέσα στην μέρα. Συνήθως αυτές σχετίζονται με άλλα γεγονότα όπως η άφιξη κάποιου φορτηγού, τα στάδια αναπλήρωσης των ραφιών κλπ. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εξισορροπήσει τον φόρτο εργασίας καθώς ελευθερώνει επιλεκτικά τις παραγγελίες. Το μειονέκτημα είναι ότι απαιτείται ένα δεύτερο βήμα στο οποίο θα συνδυάζονται οι επιμέρους παραγγελίες.

4.5.2 Goods to pickers

Με την χρήση ενός συστήματος που μεταφέρει τα προϊόντα στους εργαζομένους προκύπτουν πολλά οφέλη για την λειτουργία της αποθήκης. Παρόλο που τέτοια συστήματα δομούνται με ποικίλους τρόπους, τα σημαντικότερα οφέλη τους μπορούν να κατηγοριοποιηθούν (Dematic 2009).



Εικόνα 4.5-3: Goods to picker

- **Εξάλειψη χρόνου ταξιδιού του συλλέκτη:** Ο χρόνος ταξιδιού αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό του χρόνου που δαπανά ο εργαζόμενος μέσα στην αποθήκη. Ελαχιστοποιώντας τον χρόνο αυτό, επιτυγχάνεται μεγάλη αύξηση της παραγωγικότητας και μείωση του κόστους. Η παραγγελίες συλλέγονται χωρίς να απαιτείται ο εργαζόμενος να μεταφέρεται εντός της αποθήκης
- **Αλλαγή της νοοτροπίας:** Τα προϊόντα αποθηκεύονται σε στενούς διαδρόμους και εμφανίζονται μόνο όταν υπάρχει ανάγκη. Η θέση τοποθέτησης δεν παίζει πλέον μεγάλο ρόλο,
- **Μείωση του απαιτούμενου χώρου:** Ο τρόπος αποθήκευσης των προϊόντων σε αυτή την μέθοδο μειώνει σημαντικά τον απαιτούμενο χώρο. Εάν σχεδιαστεί μία αποθήκη μεγάλης πυκνότητας τότε μπορεί να επιτευχθεί έως και 50% εξοικονόμηση χώρου.
- **Ασφάλεια προϊόντων:** Όταν τα προϊόντα είναι αποθηκευμένα σε μία αποθήκη μεγάλης πυκνότητας είναι πιο ασφαλή καθώς δεν είναι εύκολα προσεγγίσιμα από το προσωπικό. Αυτά τα συστήματα οδηγούν σε μεγαλύτερη ασφάλεια, μείωση την κλοπών και των φθορών και εξασφάλιση των αρχών προτεραιότητας.
- **Εργονομικοί σταθμοί εργασίας:** Οι σταθμοί εργασίας είναι πιο εργονομικά σχεδιασμένοι. Το ύψος και το εύρος της εργασίας είναι περιορισμένο. Σε πολλές περιπτώσεις δεν απαιτείται η μεταφορά κάποιου κιβωτίου ή αποθηκευτικού μέσου

από εργαζομένους. Οι σταθμοί μπορούν να εξυπηρετήσουν και την είσοδο για άτομα με ειδικές ανάγκες.

- **Ταχύτητα στην επιλογή προϊόντων:** Οι σταθμοί επιτρέπουν μεγάλα ποσοστά παραγωγικότητας. Από την στιγμή που έχει ελαχιστοποιηθεί η μεταφορά των εργαζομένων για την συλλογή και τα προϊόντα προσφέρονται με εργονομικά σχεδιασμένο τρόπο στους υπαλλήλους, επιτυγχάνονται υψηλά ποσοστά απόδοσης. Κατά μέσο όρο εξυπηρετούνται 500 με 1000 γραμμές ανά ώρα.
- **Ακρίβεια:** Η παραλαβή παραγγελιών είναι πιο ακριβής καθώς οι εργαζόμενοι ασχολούνται με ένα SKU την φορά, καθιστώντας το λάθος σχεδόν απίθανο.
- **Συγκεκριμένες ακολουθίες παραγγελιών:** Κατά την συλλογή μίας παραγγελίας καταστρώνεται συγκεκριμένη ροή SKU. Τα στοιχεία μπορούν να παρουσιαστούν ομαδοποιημένα βάσει κάποιο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό τους.
- **Προφίλ παραγγελιών:** Το σύστημα δεν επηρεάζεται από το προφίλ των παραγγελιών. Θα είναι το ίδιο αποδοτικό σε μία παραγγελία μία γραμμής και σε μία με 15 γραμμές.

4.5.3 Αυτόματα συστήματα συλλογής

Η ανάγκη για αυξημένη ταχύτητα, ακρίβεια και παραγωγικότητα οδηγούν τους μάνατζερ πως η αυτοματοποίηση είναι ίσως αναγκαία για την ικανοποίηση των σύγχρονων απαιτήσεων της αγοράς. Η αυτοματοποιημένες διαδικασίες ενδείκνυνται σε αποθήκες που διακινείτε μεγάλος όγκος προϊόντων. Ένα προσεγγιστικό μέγεθος είναι 3000 κιβώτια την ημέρα.



Εικόνα 4.5-4: Πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα συλλογής

Τα βασικά πλεονεκτήματα που προσφέρει είναι:

- Αποτελεσματικότερη χρησιμοποίηση του χώρου, άρα μειωμένος απαιτούμενος χώρος.
- Αποθήκευση προϊόντων χωρίς συγκεκριμένη λογική
- Βελτιωμένος έλεγχος

- Εξοικονόμηση εργασίας και ενέργειας
- Θέρμανση και φωτισμός μόνο σε περιπτώσεις που το απαιτεί η φύση του προϊόντος
- Συνεχή λειτουργία 24/7
- Μείωση ατυχημάτων
- Λιγότερη ανθρώπινη παρέμβαση
- Συντονισμός και κατεύθυνση ροών
- Σταθερά επίπεδα απόδοσης (Gwynne, 2014)

5 Μελέτη Περίπτωσης

Η παρούσα εργασία έχει βασιστεί στον τρόπο λειτουργίας και τα δεδομένα μεγάλης ελληνικής φαρμακαποθήκης.

5.1 Εταιρικό Προφίλ

Η εταιρεία αυτή δραστηριοποιείται στον τομέα της αποθήκευσης και διανομής φαρμάκων και παραφαρμακευτικών ειδών. Αποτελεί μία από τις ιστορικότερες και σημαντικότερες εταιρείες του κλάδου.

5.1.1 Όραμα και στόχοι

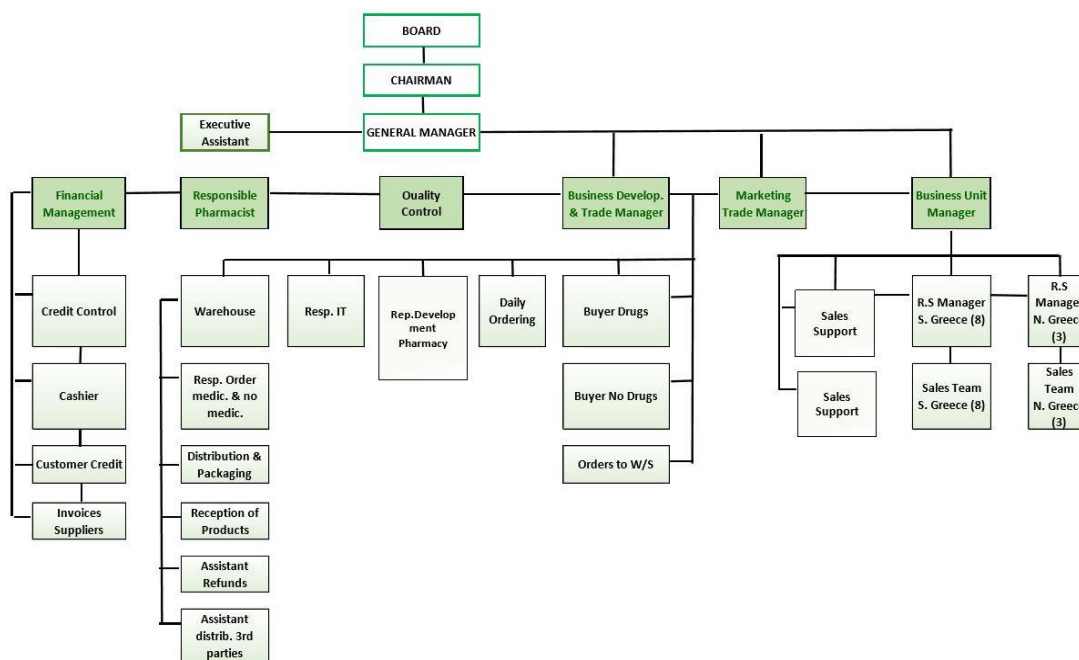
Όραμα της εταιρείας αποτελεί η ποιοτική και έγκαιρη εξυπηρέτηση όλων των συνεργατών της καθώς και η συνεχής ανάπτυξη των υπηρεσιών της. Πιο συγκεκριμένα, η εταιρεία επιθυμεί να προσφέρει:

- Στους πελάτες της, της επάρκεια προϊόντων, συνέπεια παράδοσης και ταχεία εξυπηρέτηση.
- Στους προμηθευτές της, διασφάλισης της ποιοτικής διανομής και προώθησης των προϊόντων τους.
- Στους μετόχους της, διασφάλιση της απόδοσης της επένδυσής τους και ανάπτυξη σε όλο το εύρος της Ελληνικής αγοράς.
- Στο ανθρώπινο δυναμικό της, ασφάλεια, διαρκή εκπαίδευση, δυνατότητα εξέλιξης και σύγχρονο δυναμικό εργασιακό περιβάλλον.

Στόχος της εταιρείας είναι η διαφοροποίηση της φαρμακαποθήκης από παθητικό προμηθευτή σε ενεργό συνεργάτη του φαρμακείου και των φαρμακευτικών αντιπροσώπων.

5.1.2 Οργανόγραμμα

Στο Σχήμα 5.1.1. παρουσιάζεται το οργανόγραμμα της εταιρείας.



Εικόνα 5.1-1: Οργανόγραμμα Εταιρείας

5.2 Συλλογή Παραγγελιών στην Εξεταζόμενη Αποθήκη

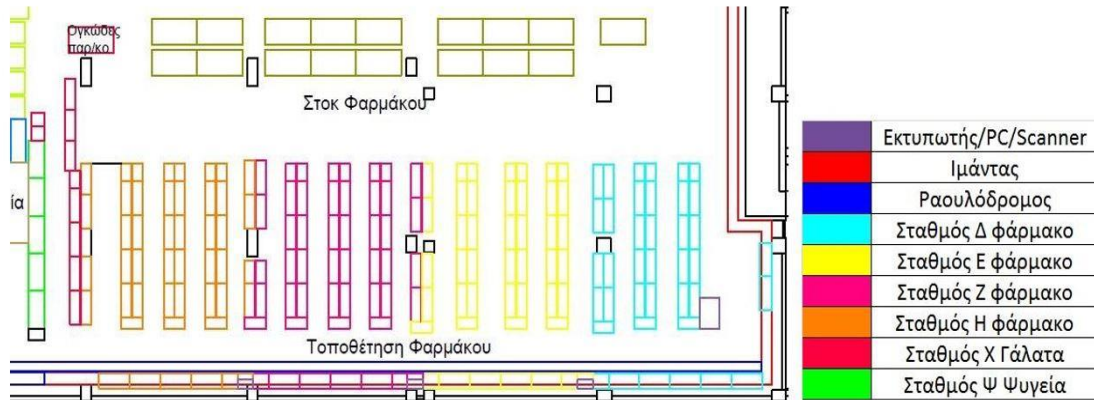
Στην παρούσα εργασία, θα μελετηθεί η συλλογή παραγγελιών από τα ράφια συλλογής της εταιρείας, με την χρήση του ραουλόδρομου. Η διαδικασία αυτή είναι η σημαντικότερη που εκτελείται στην αποθήκη, καθώς απασχολεί τους περισσότερους εργαζομένους, διακινεί ένα μεγάλο πλήθος προϊόντων και το μεγαλύτερο πλήθος κωδικών. Από την διάταξη του ραουλόδρομου συλλέγονται οι παραγγελίες των καθημερινών πελατών, δηλαδή των φαρμακείων.

Η μέθοδος που χρησιμοποιεί η αποθήκη για την συλλογή των προϊόντων είναι η **Pickers to order**.

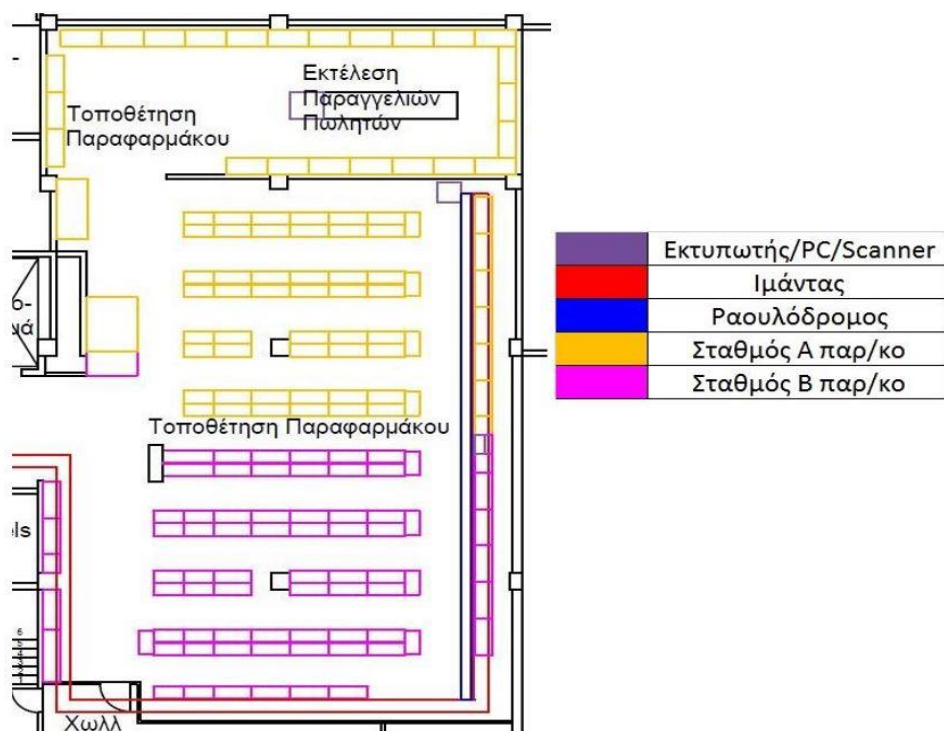
Ο κύριος όγκος των παραγγελιών εκτελείται με την λογική της **συλλογής κατά ζώνες** καθώς κάθε εργαζόμενος είναι υπεύθυνος για την συλλογή προϊόντων από συγκεκριμένα ράφια της αποθήκης. Επίσης η συλλογή γίνεται **ανά παραγγελία** γιατί σε κάθε διαδρομή ο εργαζόμενος συλλέγει προϊόντα για μία παραγγελία. Τέλος οι διαδρομές των εργαζομένων για την συλλογή γίνονται με τα πόδια.

5.2.1 Καθημερινοί πελάτες

Η συλλογή (picking) των ειδών για τις παραγγελίες των καθημερινών πελατών πραγματοποιείται σε δύο χώρους. Ο ένας είναι για τη συλλογή του παραφαρμάκου και ο άλλος για τη συλλογή του φαρμάκου.



Εικόνα 5.2-1: Χώρος συλλογής φαρμάκων



Εικόνα 5.2-2: Χώρος συλλογής παραφαρμάκου

Οι χώροι συλλογής χωρίζονται σε σταθμούς, δηλαδή σε ζώνες. Για τα παραφαρμακευτικά προϊόντα υπάρχουν δύο ζώνες, η Α και η Β ενώ για το φάρμακο υπάρχουν έξι, οι Δ, Ε, Ζ, Η, Χ_Ψ. Τα ράφια που χρησιμοποιούνται είναι χαμηλά καθώς οι εργαζόμενοι πρέπει να φτάνουν τα προϊόντα χωρίς κάποια βοήθεια. Αποτελούνται λοιπόν από 6 επίπεδα και το συνολικό ύψος δεν ξεπερνάει κατά πολύ τα 2 μέτρα.

Το σημαντικότερο στοιχείο του συστήματος συλλογής είναι ο ιμάντας που διατρέχει το σύνολο της αποθήκης και διέρχεται από όλες τις ζώνες. Πιο συγκεκριμένα ο ιμάντας ξεκινάει από τον χώρο συλλογής παραφαρμάκων και καταλήγει στο τέλος του χώρου συλλογής φαρμάκων

όπου βρίσκεται ο χώρος συσκευασίας. Μπροστά από τον ιμάντα, στα σημεία που υπάρχουν οι ζώνες συλλογής υπάρχει και ραουλόδρομος.

Αναλυτικότερα, στην αρχή του ιμάντα υπάρχουν τοποθετημένα καλάθια. Μόλις καταφθάσει μία παραγγελία, μέσω των εκτυπωτών που υπάρχουν στον χώρο, ο πρώτος διαθέσιμος υπάλληλος παίρνει την παραγγελία και ένα καλάθι. Εάν υπάρχουν προϊόντα που πρέπει να συλλεχθούν στον σταθμό Α τα τοποθετεί μέσα στο καλάθι και στην συνέχεια τοποθετεί το καλάθι στον ιμάντα και αφήνει μέσα και το χαρτί της παραγγελίας. Το καλάθι αρχίζει να κινείται κατά μήκος του ιμάντα. Το σύστημα είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε το κάθε καλάθι να βγαίνει από τον ιμάντα μπροστά από κάθε σταθμό και να πηγαίνει στον ραουλόδρομο. Εκεί οι εργαζόμενοι από κάθε σταθμό συλλέγουν τα προϊόντα που χρειάζεται, εάν υπάρχουν προϊόντα από τον σταθμό τους στην παραγγελία και στην συνέχεια επαναφέρουν το καλάθι στον ιμάντα για να εξέρθει στην συνέχεια στον επόμενο σταθμό. Με αυτό τον τρόπο τα καλάθια περνάνε από όλους τους σταθμούς και συμπληρώνεται η παραγγελία.

Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν 2 είδη καλάθιων, ένα μπλε και ένα κόκκινο, το οποίο χρησιμοποιείται σε επείγουσες παραγγελίες όπου και παρακάμπτεται η σειρά FIFO. Επίσης τα καλάθια ξεκινούν το ταξίδι τους από δύο σημεία, ένα στην αρχή της συλλογής παραφαρμάκων, για παραγγελίες που περιέχουν παραφάρμακα και ένα στην αρχή του χώρου συλλογής φαρμάκων για παραγγελίες που περιέχουν μόνο φάρμακα. Στα ίδια σημεία υπάρχουν και εκτυπωτές που τυπώνουν τις παραγγελίες.

Μετά τους σταθμούς Δ, Ε, Ζ, Η βρίσκονται οι σταθμοί Χ και Ψ. Στον σταθμό Χ έχουν τοποθετηθεί τα γάλατα και κάποια είδη παραφαρμάκου τα οποία είναι ογκώδη ή ασύμμετρα μεγάλου μεγέθους. Τα γάλατα έχουν τοποθετηθεί στο συγκεκριμένο σταθμό έτσι ώστε να βρίσκονται κοντά στη συσκευασία. Αν τοποθετούνταν στον τομέα του παραφαρμάκου θα έπρεπε να διανύσουν σχετικά μεγάλη διαδρομή και θα υπήρχε κίνδυνος να πάθουν ζημιά. Σε ό, τι αφορά τα ογκώδη είδη παραφαρμάκου, αυτά τοποθετήθηκαν εκεί διότι αν ήταν τοποθετημένα στον τομέα του παραφαρμάκου θα δημιουργούσαν πρόβλημα χώρου στα καλάθια, καθώς τα καλάθια θα έφταναν γεμάτα στον σταθμό Δ, ενώ κάποια είδη όπως οι πατερίτσες δε γίνεται να χωρέσουν καν. Μετά το σταθμό Χ όπως ειπώθηκε παραπάνω βρίσκεται ο σταθμός Ψ. Στο συγκεκριμένο σταθμό βρίσκονται τα φάρμακα και τα παραφάρμακα τα οποία χρειάζονται ψυγείο, δηλαδή πρέπει να βρίσκονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 2°C και 8°C, και συνεπώς τοποθετούνται σε ψυγεία. Σημειώνεται ότι στο συγκεκριμένο σταθμό τα είδη φαρμάκου είναι αρκετά περισσότερα από τα είδη παραφαρμάκου.

6 Ανάπτυξη Μοντέλου Προσομοίωσης

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθούν η λειτουργία αλλά και όλα τα βήματα κατασκευής του μοντέλου προσομοίωσης.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το κομμάτι της συλλογής παραγγελιών από τα ράφια, με την χρήση ραουλόδρομου, αποτελεί την πιο χρονοβόρα και κοστοβόρα διαδικασία εντός της επιχείρησης. Για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκε το εν λόγω μοντέλο, το οποίο αναπαριστά ρεαλιστικά την διαδικασία συλλογής παραγγελιών της αποθήκης που μελετάται.

Σύμφωνα με την επιχείρηση, το πλήθος των παραγγελιών που καταφθάνουν κάθε μέρα μεταβάλλεται σημαντικά και δεν είναι σταθερό για όλες τις μέρες του μήνα ή της εβδομάδας. Για τον λόγο αυτό ζητήθηκε από την εταιρεία ο το πλήθος το **μέγιστο** πλήθος τιμολογίων ανά ημέρα που παρατηρήθηκε την προηγούμενη χρονιά στην αποθήκη. Η τιμή αυτή επιλέχθηκε καθώς οι όποιες αδυναμίες ή προβλήματα της διαδικασίας συλλογής, θα εμφανιστούν εντονότερα στην μέγιστη φόρτιση του συστήματος. Επίσης όποιες βελτιώσεις προταθούν θα βρουν εφαρμογή και στις μέρες με μικρότερη φόρτιση.

Για τις ανάγκες της μοντελοποίησης έχουν γίνει παραδοχές ώστε να διευκολυνθεί η ανάπτυξη του μοντέλου.

Ο χώρος συλλογής έχει μοντελοποιηθεί σύμφωνα με τις πραγματικές διαστάσεις του χώρου στην αποθήκη. Για λόγους οπτικούς και καλαισθησίας επιλέχθηκε όλες οι διαστάσεις να αποτυπωθούν στο μοντέλο αυξημένες κατά 50%. Κατά συνέπεια μία απόσταση που στην πραγματικότητα είναι 1m μοντελοποιήθηκε ως 1,5m. Επίσης οι ταχύτητες που κινούνται οι εργαζόμενοι και η ταινία μεταφοράς σχεδιάστηκαν κατά 50% μεγαλύτερες από τις πραγματικές ώστε τα αποτελέσματα να είναι ρεαλιστικά.

Στην παρακάτω ανάλυση τα μεγέθη μήκους και ταχύτητας θα αναφέρονται με τις τιμές που σχεδιάστηκαν ώστε να συμβαδίζουν με τις εικόνες του μοντέλου.

Κατανομή Προϊόντων

Ο χώρος συλλογής παραγγελιών είναι χωρισμένος σε 7 σταθμούς. Στους 2 σταθμούς (A, B) είναι αποθηκευμένα τα παραφαρμακευτικά προϊόντα, στους 4 σταθμούς είναι αποθηκευμένα τα φάρμακα (Δ, Ε, Ζ, Η) και τέλος στον τελευταίο σταθμό (Χ-Ψ) είναι αποθηκευμένα τα μεγάλα προϊόντα και τα προϊόντα ψυγείου.

Σύμφωνα με τις πωλήσεις της προηγούμενης χρονιάς, τα προϊόντα που πωλήθηκαν προήλθαν από τον κάθε σταθμό με ποσοστά όπως αναφέρονται στον πίνακα ;;;.

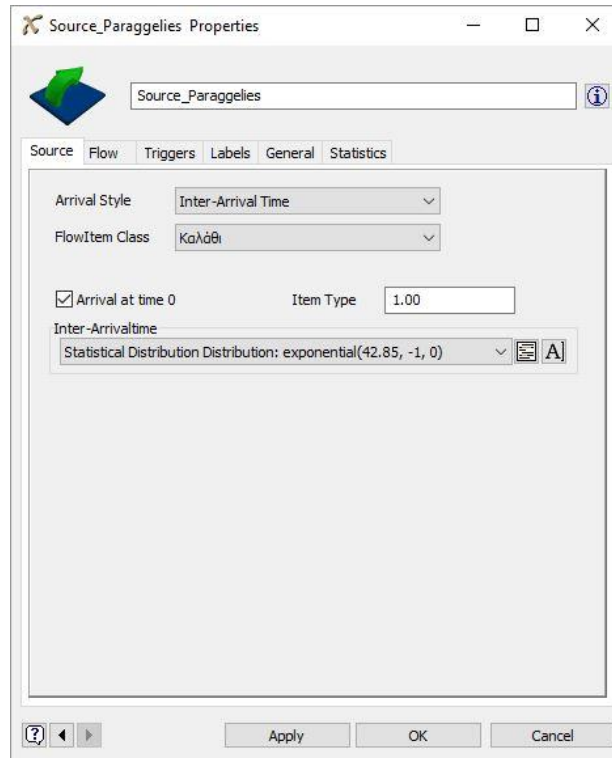
Πίνακας 5.2-1: Κατανομή Προϊόντων στους Σταθμούς

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΩΛΗΘΕΝΤΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ
A	9%
B	11%
Δ	18%
E	19%
Z	20%
H	19%
Χ-Ψ	4%

Σχετικά με την λογική τοποθέτησης των προϊόντων στα ράφια, δεν υπάρχει κάτι συγκεκριμένο που πρέπει να αναφερθεί καθώς η μόνη λογική που ακολουθεί η επιχείρηση είναι να μην τοποθετεί παρόμοια προϊόντα σε κοντινά ράφια, ώστε να μειώσει την πιθανότητα λάθους από τον εργαζόμενο. Αυτό όμως δεν επηρεάζει την παραμετροποίηση του μοντέλου.

6.1 Πηγή Παραγγελιών

Με το που καταφθάσει μία παραγγελία στην εταιρεία, ο αρμόδιος εργαζόμενος προωθεί την παραγγελία στον χώρο συλλογής παραγγελιών. Μέσω ενός εκτυπωτή καταφθάνει το τιμολόγιο – παραγγελία στους εργαζόμενους της συλλογής, οι οποίοι παίρνουν και ένα καλάθι και ξεκινάνε την διαδικασία συλλογής. Για την μοντελοποίηση των παραγγελιών χρησιμοποιήθηκε μία Πηγή (Source). Η πηγή *Source_Paraggelies* είναι το πρώτο αντικείμενο του μοντέλου.

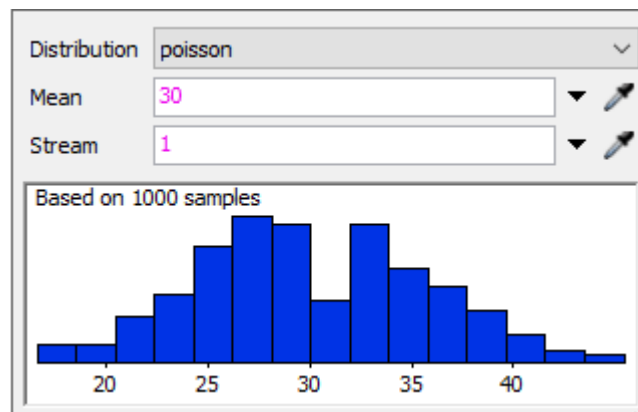


Εικόνα 6.1-1: Source_Paragelies – Βασική Καρτέλα

Ο τρόπος με τον οποίο επιλέχθηκε να καταφθάνουν οι παραγγελίες είναι **Inter – Arrival Time**. Δηλαδή μετά το πέρας ενός προκαθορισμένου χρονικού διαστήματος δημιουργείτε ένα νέο αντικείμενο ροής. Το αντικείμενο ροής που δημιουργείτε είναι το **Καλάθι**, τα χαρακτηριστικά του οποίου θα αναλυθούν στην συνέχεια. Επίσης έχει επιλεγεί η εντολή **Arrival at time 0** ώστε το πρώτο αντικείμενο ροής να εξέλθει με την εκκίνηση της προσομοίωσης.

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της πηγής είναι η συχνότητα που παράγει αντικείμενα ροής, άρα παραγγελίες. Σύμφωνα με την εταιρεία κατά την μέρα με τις περισσότερες παραγγελίες, κατέφθαναν κατά μέσο όρο **2 παραγγελίες / λεπτό**. Δηλαδή μία νέα παραγγελία έφθανε κατά μέσο όρο κάθε **30''**. Παρόλα αυτά ο χρόνος αυτός δεν μπορεί να είναι σταθερός καθώς θα υπήρχαν διαστήματα μέσα στην μέρα που οι παραγγελίες θα έφταναν με μικρότερη συχνότητα αλλά και με μεγαλύτερη. Σκοπός της εργασίας είναι να μελετηθεί η λειτουργία της συλλογής παραγγελιών κατά τη μέγιστη φόρτιση. Για τον λόγο δεν λήφθηκαν υπόψιν χρόνοι μεγαλύτεροι του μέσου όρου.

Πιο συγκεκριμένα ο χρόνος άφιξης παραγγελιών (**Inter – Arrival Time**) εκφράζεται μέσω μίας εκθετικής κατανομής **exponential(42.85,-1,0)**.

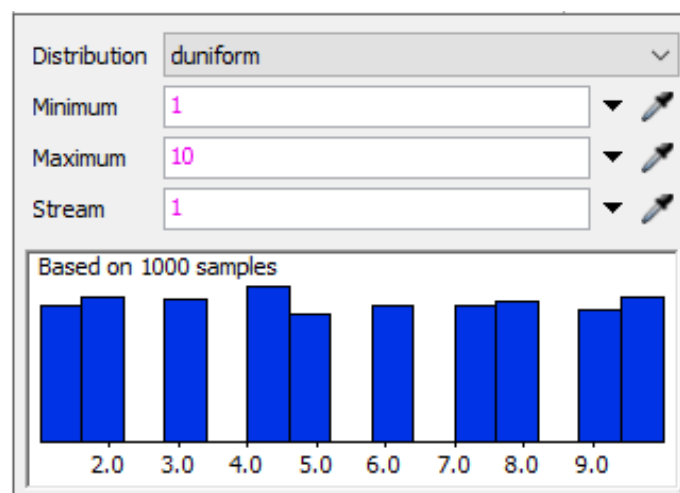


Εικόνα 6.1-2: Κατανομή Άφιξης Παραγγελιών

Στην Εικόνα 6.1-2: Κατανομή Άφιξης Παραγγελιών αποτυπώνεται το διάγραμμα των τιμών της κατανομής όπως αυτό προέκυψε μετά από 1000 επαναλήψεις. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό είναι κοντά στην μέση τιμή των 30''.

Η κάθε παραγγελία περιέχει δύο πληροφορίες οι οποίες αποτελούν την ουσία της συλλογής παραγγελιών. Στην παραγγελία αναφέρονται τα προϊόντα που περιλαμβάνονται στην παραγγελία, δηλαδή οι κωδικοί αλλά και η ποσότητα του κάθε κωδικού. Ο κάθε κωδικός αντιστοιχεί σε μία **γραμμή** της παραγγελίας και η ποσότητα αναφέρεται ως **προϊόντα / γραμμή**. Συνεπώς για την ακριβή αναπαράσταση του συστήματος πρέπει να καθοριστούν αυτά τα δύο μεγέθη. Οι **γραμμές / παραγγελία** και τα **προϊόντα / γραμμή**.

Σύμφωνα με την εταιρεία οι γραμμές / παραγγελία κυμαίνονται από 1 έως 10 με την ίδια συχνότητα εμφάνισης κάθε τιμής. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε μία ομοιόμορφη κατανομή η οποία παρέχει ακέραιες τιμές από 1 έως 10 με τυχαία συχνότητα εμφάνισης κάθε τιμής. Η κατανομή αυτή είναι η **duniform(1,10,1)**.



Εικόνα 6.1-3: Ομοιόμορφη Κατανομή Γραμμών / Παραγγελία

Η συχνότητα εμφάνισης της κάθε τιμής θα διαφέρει ελαφρώς σε κάθε εκτέλεση της προσομοίωσης αλλά θα είναι πάντα σχεδόν ίσα μοιρασμένες.

Το τελευταίο μέγεθος που αφορά τις παραγγελίες είναι τα **προϊόντα / γραμμή**. Στην περίπτωση αυτή παρατηρείται ένα πολύ μεγάλο εύρος τιμών όπως είναι λογικό. Για την μοντελοποίηση αυτής της παραμέτρου δεν επιλέχθηκε κάποια κατανομή, αλλά ορίστηκαν κάποιες τιμές μαζί με την πιθανότητα εμφάνισης τους. Πιο συγκεκριμένα οι τιμές αυτές αναφέρονται στον Πίνακα 6.1-1: Προϊόντα / Γραμμή.

Πίνακας 6.1-1: Προϊόντα / Γραμμή

ΠΡΟΪΟΝΤΑ/ ΓΡΑΜΜΗ	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ
1	17%
2	13%
3	8%
4	10%
6	12%
8	10%
12	15%
18	4%
24	7%
36	2%
48	1%
64	1%

6.1.1 Ετικέτες – Labels

Για την εισαγωγή όλων των παραπάνω δεδομένων στο μοντέλο, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο των ετικετών. Η ετικέτα είναι μία αλφαριθμητική ή/και αριθμητική τιμή που δίνεται σε ένα αντικείμενο. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε μία ή περισσότερες πληροφορίες οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν σε κάποια φάση του μοντέλου.

Η *Source_Paraggelies* δημιουργεί αντικείμενα ροής. Τα αντικείμενα αυτά αντιστοιχούν στο καλάθι το οποίο περιέχει μέσα και το τιμολόγιο που αναγράφονται τα συστατικά της παραγγελίας. Οι πληροφορίες που ενδιαφέρουν από το τιμολόγιο, παρέχονται στο μοντέλο μέσω των ετικετών που δημιουργούνται στο κάθε αντικείμενο ροής που εξέρχεται από την *Source_Paraggelies*.

Όπως είναι φυσικό σε μία μεγάλη αποθήκη υπάρχουν πάρα πολλοί κωδικοί οι οποίοι διακινούνται καθημερινά. Για τις ανάγκες αυτής της εργασίας, αυτός ο πολύ μεγάλος όγκος δεν θα προσέφερε καμία παραπάνω πληροφορία καθώς η μελέτη δεν αναφέρεται στα προϊόντα που διακινούνται αλλά στον τρόπο συλλογής αυτών. Κατά συνέπεια για τις ανάγκες του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν 124 κωδικοί, δηλαδή 124 πιθανές γραμμές σε μία παραγγελία.

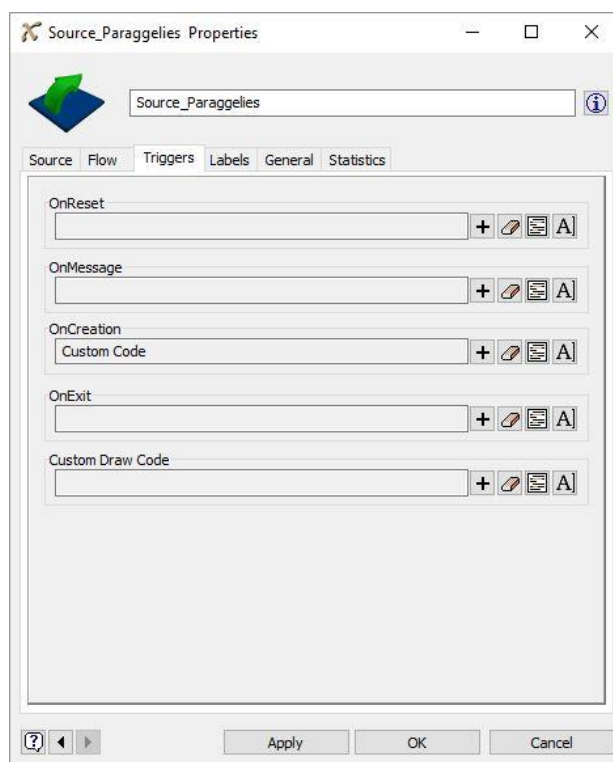
Οι κωδικοί είναι χωρισμένοι στους επιμέρους σταθμούς όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.1-2: Κατανομή Κωδικών στους Σταθμούς

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΥΡΟΣ ΚΩΔΙΚΩΝ
A	1 – 21
B	22 – 45
Δ	46 – 62
E	63 – 81
Z	82 – 102
H	103 – 122
X-Ψ	123 – 124

Συνεπώς, η κάθε παραγγελία περιέχει από 1 έως 10 ετικέτες με τον κωδικό και την ποσότητα του κάθε προϊόντος.

Για να επιτευχθεί αυτό χρειάστηκε η ανάπτυξη κώδικα, ο οποίος δημιουργεί σε κάθε αντικείμενο ροής τις αντίστοιχες ετικέτες σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα.



Εικόνα 6.1-4: Source_Paraggelies - Καρτέλα Εναυσμάτων

Στην επιλογή **OnCreation**, δηλαδή με την δημιουργία του αντικειμένου ροής, συντάχθηκε ο ακόλουθος κώδικας.

Πίνακας 6.1-3: Κώδικας Δημιουργίας Ετικετών

```

/**Custom Code*/
treenode item = parnode(1);
treenode current = ownerobject(c);
int rownumber = parval(2);

int index;
int grammes = duniform(1,10,1) ; //καθορισμός γραμμών/παραγγελία με ομοιόμορφη
κατανομή//
counter=0; //βοηθητική μεταβλητή για την ύπαρξη η μη παραφαρμάκου//
int row;
for (index=1; index<=grammes; index++) //επαναληπτική διαδικασία για όλες τις
γραμμές της παραγγελίας//
{
int station=duniform(1,100,1);//καθορισμός σταθμού που ανήκει το προϊόν κάθε γραμμής
με βάση τον Πίνακα 5.2-1: Κατανομή Προϊόντων στους Σταθμούς//
if (station>=1 && station<=9) //Σταθμός Α - 9%//
{counter++;
row = duniform(1,21,1);}
else if (station>=10 && station<=20) //Σταθμός Β - 11%//
{counter++;
row = duniform(22,45,1);}
else if (station>=21 && station<=38) //Σταθμός Δ - 18%//
{row = duniform(46,62,1);}
else if (station>=39 && station<=57) //Σταθμός Ε - 19%//
{row = duniform(63,81,1);}
else if (station>=58 && station<=77) //Σταθμός Ζ - 20%//
{row = duniform(82,102,1);}
else if (station>=78 && station<=96) //Σταθμός Η - 19%//
{row = duniform(103,122,1);}
else if (station>97) //Σταθμός Χ+Ψ - 4%//
{row = duniform(123,124,1);}

treenode involved = item;
string labelname = gettablestr("Codes",row,1);

int productsperline;
int percentage2=duniform(1,100,1);//προϊόντα/γραμμή με καθορισμένες πιθανότητες
εμφάνισης της κάθε τιμής//
if (percentage2<=17)
{productsperline = 1;}
else if (percentage2>=18 && percentage2<=30)
{productsperline = 2;}
else if (percentage2>=31 && percentage2<=38)
{productsperline = 3;}

```

```

else if (percentage2>=39 && percentage2<=48)
    {productsperline = 4;}
else if (percentage2>=49 && percentage2<=60)
    {productsperline = 6;}
else if (percentage2>=61 && percentage2<=70)
    {productsperline = 8;}
else if (percentage2>=71 && percentage2<=85)
    {productsperline = 12;}
else if (percentage2>=86 && percentage2<=89)
    {productsperline = 18;}
else if (percentage2>=90 && percentage2<=96)
    {productsperline = 24;}
else if (percentage2>=97 && percentage2<=98)
    {productsperline = 36;}
else if (percentage2==99)
    {productsperline = 48;}
else if (percentage2==100)
    {productsperline = 64;}

int newvalue = productsperline;
addlabel(involved, labelname);
setlabelnum(involved, labelname, newvalue);
}

```

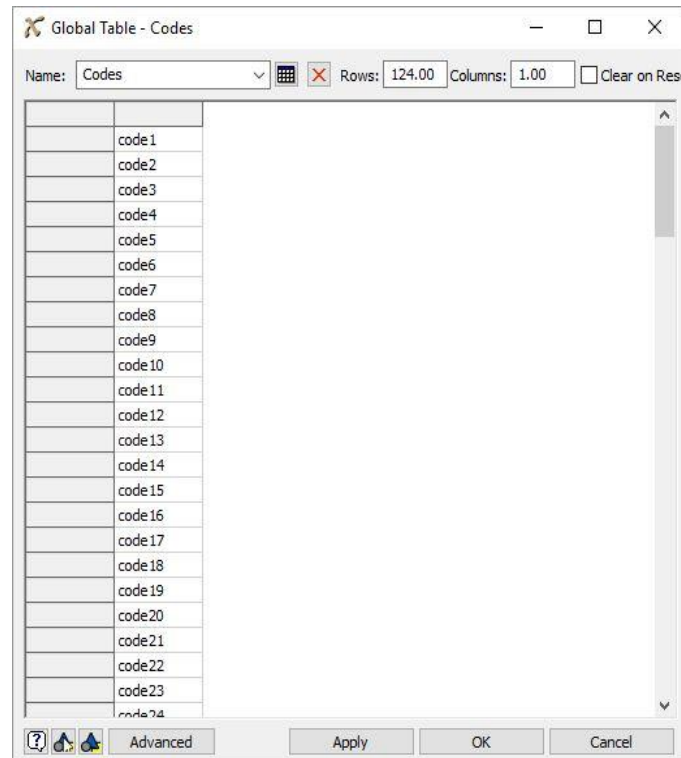
Αρχικά μέσω της ομοιόμορφης κατανομής, $dunif(1,10,1)$, καθορίζεται το πλήθος των γραμμών της κάθε παραγγελίας. Η κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε έναν συγκεκριμένο κωδικό. Για τους κωδικούς που διακινούνται, έχει γίνει η παραδοχή ότι ο σταθμός αφετηρίας τους ακολουθεί την προαναφερθείσα ποσοστιαία κατανομή Πίνακας 5.2-1: Κατανομή Προϊόντων στους Σταθμούς. Με την χρήση της μεταβλητής *station*, η οποία παίρνει τιμές από 1 έως 100 μέσω μίας ομοιόμορφης κατανομής, $dunif(1,100,1)$, επιλέγεται ο σταθμός από τον οποίο προέρχεται το προϊόν της εκάστοτε γραμμής. Πιο συγκεκριμένα, με την χρήση 7 συνθηκών «If» που αντιστοιχούν στους σταθμούς, από τις οποίες σε κάθε επανάληψη ικανοποιείται αποκλειστικά μία, επιλέγεται ο σταθμός.

Στα δύο πρώτα If, υπάρχει η βοηθητική μεταβλητή *counter*. Η μεταβλητή αυτή αρχικοποιείται στην τιμή μηδέν. Όταν επαληθευτεί η πρώτη ή η δεύτερη συνθήκη, η μεταβλητή *counter* αυξάνει την τιμή της κατά ένα. Με αυτό τον τρόπο, γίνεται αντιληπτό εάν σε μία παραγγελία υπάρχουν προϊόντα από τους σταθμούς A και B, δηλαδή παραφαρμακευτικά προϊόντα.

Σε κάθε συνθήκη If υπάρχει η μεταβλητή *row*. Η μεταβλητή αυτή είναι επίσης βοηθητική μεταβλητή, καθώς ορίζει την σειρά του Global Table “Codes”, ο οποίος περιέχει τους κωδικούς των προϊόντων.

Global Table

Το Global Table, είναι ένα εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και ανάκτηση πληροφοριών κατά την εκτέλεση μίας προσομοίωσης. Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχει δημιουργηθεί ένας πίνακας με το όνομα Codes, στον οποίο περιέχονται τα ονόματα των 124 κωδικών που χρησιμοποιούνται στο μοντέλο.



Εικόνα 6.1-5: Global Table - Πίνακας Κωδικών

Οι κωδικοί δεν έχουν τα πραγματικά ονόματα των προϊόντων αλλά είναι της μορφής Code1 – Code124. Το γεγονός αυτό προφανώς δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Συνεπώς η μεταβλητή *row* παίρνει μέσω μίας ομοιόμορφης κατανομής, μια τιμή που αντιστοιχεί στις σειρές που βρίσκονται τα προϊόντα του κατάλληλου σταθμού.

Για παράδειγμα εάν η τυχαία μεταβλητή *station* πάρει την τιμή 45, τότε η γραμμή που δημιουργείται θα προέρχεται από τον σταθμό E. Στην συνέχεια η μεταβλητή *row*, μέσω κατανομής *uniform*, θα πάρει μία τιμή από 63 – 81, στις σειρές δηλαδή που βρίσκονται τα προϊόντα που αντιστοιχούν στον σταθμό E.

Στην συνέχεια με την εντολή *labelname*, καθορίζεται το όνομα της ετικέτας, το οποίο θα είναι η τιμή της γραμμής του πίνακα που επιλέχθηκε με την ακριβώς παραπάνω διαδικασία. Δηλαδή με την εντολή *gettablestr*, για τον πίνακα Codes, την σειρά *row* και την *στήλη 1*. (`labelname = gettablestr("Codes", row, 1)`)

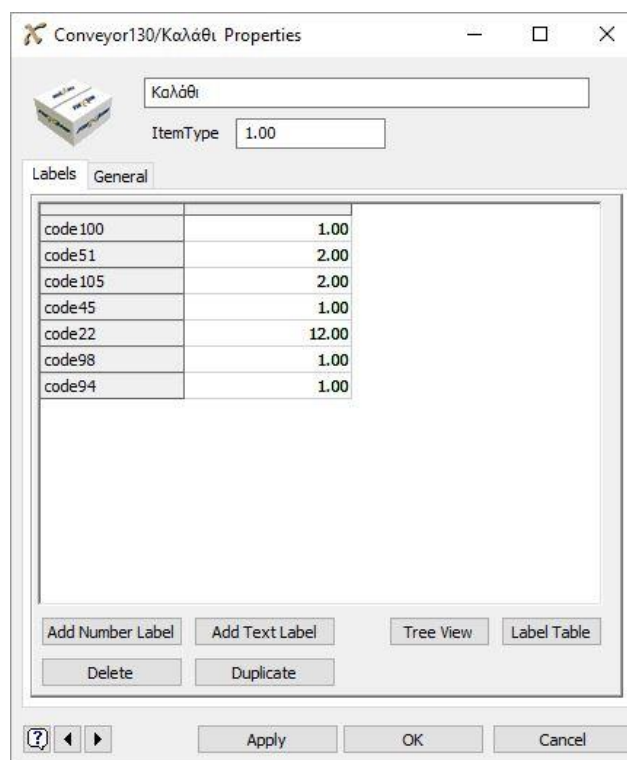
Το δεύτερο σκέλος του κώδικα αναφέρεται στον καθορισμό της ποσότητας των προϊόντων που θα υπάρχουν σε κάθε γραμμή. Οι πιθανές τιμές είναι προκαθορισμένες και έχουν αναφερθεί μαζί με την πιθανότητα εμφάνισης τους στον Πίνακα 6.1-1: Προϊόντα / Γραμμή.

Δημιουργώντας 12 συνθήκες *If*, όσες δηλαδή και οι πιθανές ποσότητες και εφαρμόζοντας τις ανάλογες συνθήκες, επιτυγχάνεται η ποσοστιαία κατανομή που έχει αναφερθεί.

Πιο συγκεκριμένα η μεταβλητή *percentage2* παίρνει τιμή από μία ομοιόμορφη κατανομή μεταξύ 1 και 100. Η μεταβλητή *percentage2* ικανοποιεί ακριβώς μία από τις συνθήκες. Σε κάθε συνθήκη παίρνει τιμή η μεταβλητή *productsperline*, η οποία είναι προκαθορισμένη για κάθε συνθήκη. Στην συνέχεια ακολουθούν οι δύο εντολές για την δημιουργία της ετικέτας καθώς έχουν καθοριστεί τα απαραίτητα χαρακτηριστικά της. Τέλος η μεταβλητή *newvalue* παίρνει την τιμή *productsperline*. Οι εντολές *addlabel* και *setlabelnum* οι οποίες ακολουθούν την παρακάτω σύνταξη

```
Addlabel (involved, labelname);
```

```
setlabelnum (involved, labelname, newvalue);
```

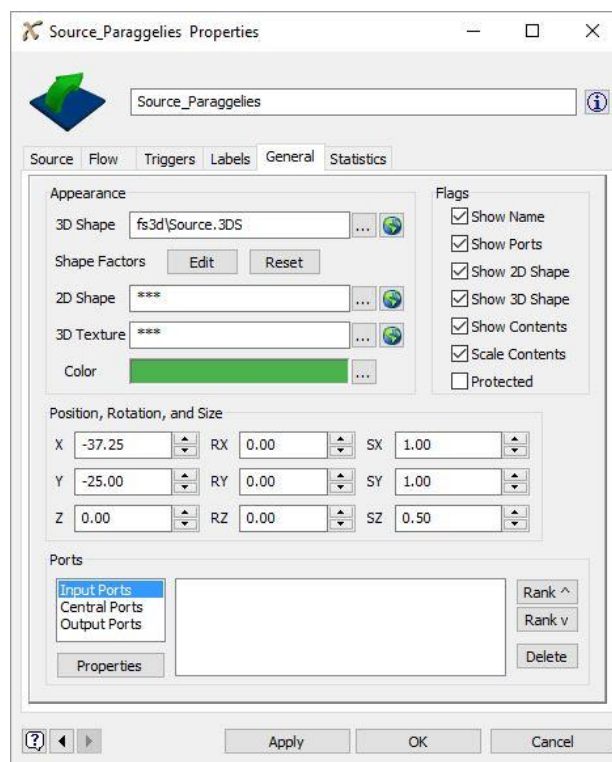


Εικόνα 6.1-6: Γραμμές και Ποσότητες Παραγγελιών

6.1.2 Σημείο Έναρξης Συλλογής Παραγγελίας

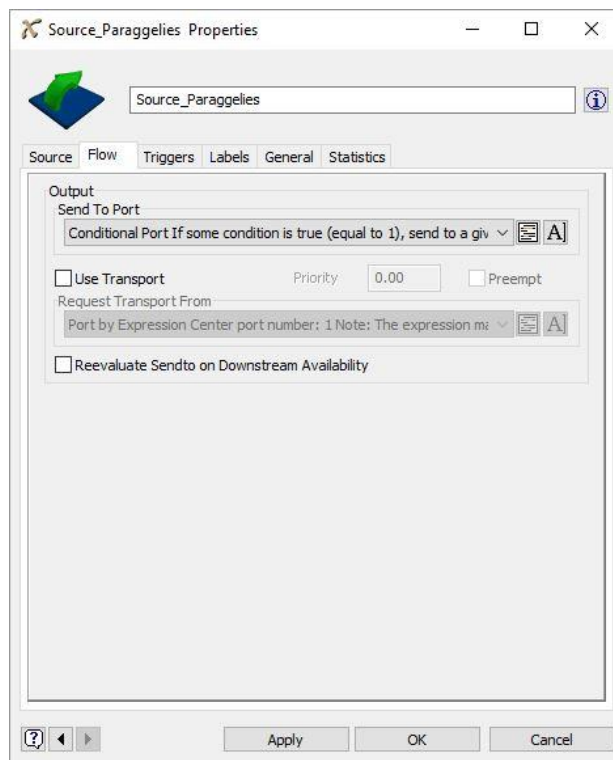
Σύμφωνα με την εταιρεία, τα τιμολόγια στα οποία περιέχονται παραφαρμακευτικά προϊόντα, εκτυπώνονται και αρχή του ιμάντα, λίγο πριν τον σταθμό Α και διέρχονται διαδοχικά από όλους τους σταθμούς. Αντίθετα τα τιμολόγια που περιέχουν μόνο φάρμακο και δεν υπάρχει λόγος να περάσουν από τους σταθμούς Α και Β, εκτυπώνονται λίγο πριν τον σταθμό Δ.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.1-7, η πηγή έχει προορισμούς εξόδου των αντικειμένων ροής που παράγει. Ο πρώτος είναι η αρχή του ιμάντα, και αφορά τις παραγγελίες και με παραφαρμακευτικά προϊόντα και ο δεύτερος, η αρχή του σταθμού Δ, για τις παραγγελίες που περιέχουν μόνο φάρμακα.



Εικόνα 6.1-7: Source_Paraggelies - Γενική Καρτέλα

Για να επιτευχθεί αυτός ο διαχωρισμός χρησιμοποιήθηκε η μεταβλητή *counter*. Στην προηγούμενη παράγραφο γίνεται αναλυτική αναφορά της χρήσης του *counter*. Όταν η τιμή του είναι 0, υπάρχουν μόνο φάρμακα στην παραγγελία. Για οποιαδήποτε άλλη τομή μεγαλύτερη του μηδενός, σημαίνει ότι υπάρχει τουλάχιστον ένας κωδικός παραφαρμάκου.

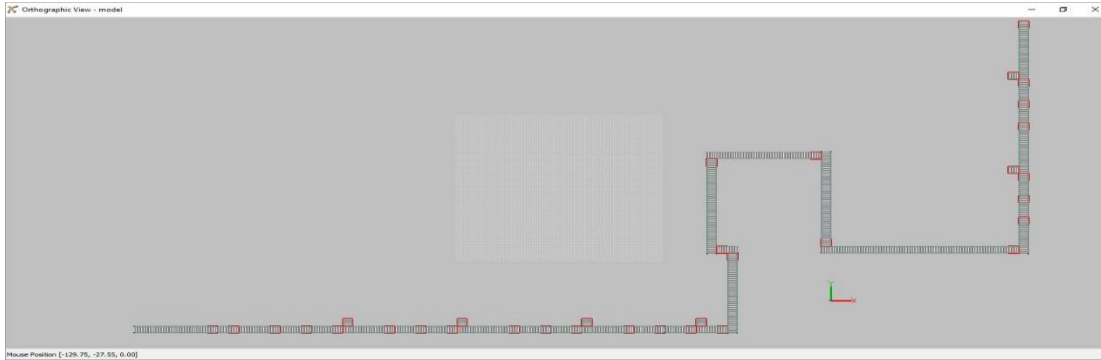


Εικόνα 6.1-8: Source_Paraggelies - Καρτέλα Ροής

Στην καρτέλα Flow, επιλέχθηκε η εντολή **Conditional Port**, δηλαδή επιλογή εξόδου κατά συνθήκη. Η συνθήκη που χρησιμοποιήθηκε είναι η τιμή της μεταβλητής *counter*. Εάν είναι μεγαλύτερη της μονάδας, επιλέγεται το «λιμάνι» 1, δηλαδή ο Conveyor1 που είναι στην αρχή του σταθμού Α, αλλιώς επιλέγεται το «λιμάνι» 2, δηλαδή ο Conveyor19, που βρίσκεται στην αρχή του σταθμού Δ.

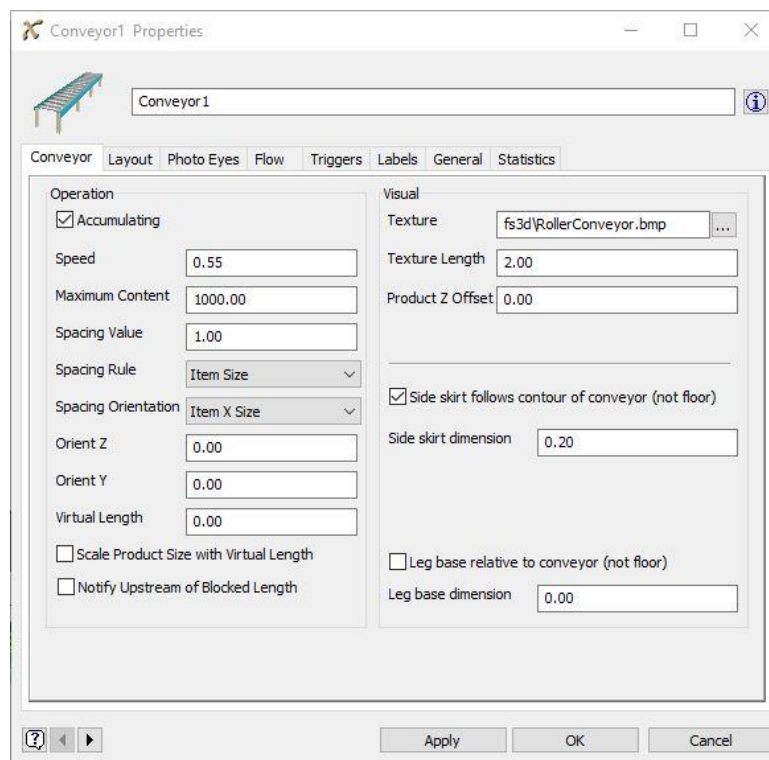
6.2 Ταινία Μεταφοράς

Κατά μήκος του χώρου συλλογής παραγγελιών υπάρχει η ταινία μεταφοράς που μεταφέρει τα καλάθια σε όλους τους σταθμούς ώστε να ολοκληρωθεί η συλλογή των παραγγελιών. Η ταινία έχει σχεδιαστεί με την ίδια μορφή που έχει η ταινία στην αποθήκη. Το συνολικό μήκος της είναι **166m**.



Εικόνα 6.2-1: Ταινία Μεταφοράς

Η ταινία μεταφοράς αποτελείται από 34 επιμέρους τμήματα τα οποία έχουν κοινή ταχύτητα μεταφοράς. Στην Εικόνα 6.2-1 φαίνεται το σύνολο της μεταφορικής ταινίας και με κόκκινο συμβολίζεται η αρχή κάθε νέου τμήματος.

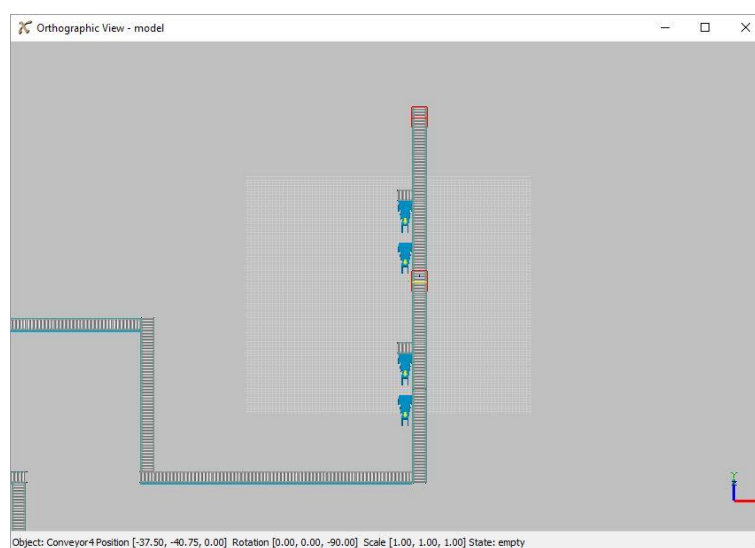


Εικόνα 6.2-2: Βασική Καρτέλα Μεταφορικής Ταινίας

Η ταχύτητα μεταφοράς των αντικειμένων πάνω στην ταινία είναι **0.55 m/s**. Η μέγιστη χωρητικότητα φαίνεται να είναι 1000, αλλά στην πραγματικότητα καθορίζεται από το μέγεθος που καταλαμβάνουν τα αντικείμενα που βρίσκονται στην μεταφορική ταινία. Δηλαδή αν έχουμε μία μεταφορική ταινία 5m και τα αντικείμενα που μεταφέρονται έχουν την παράλληλη με την ταινία διάστασή τους ίση με 25cm, η χωρητικότητα θα είναι 25 αντικείμενα.

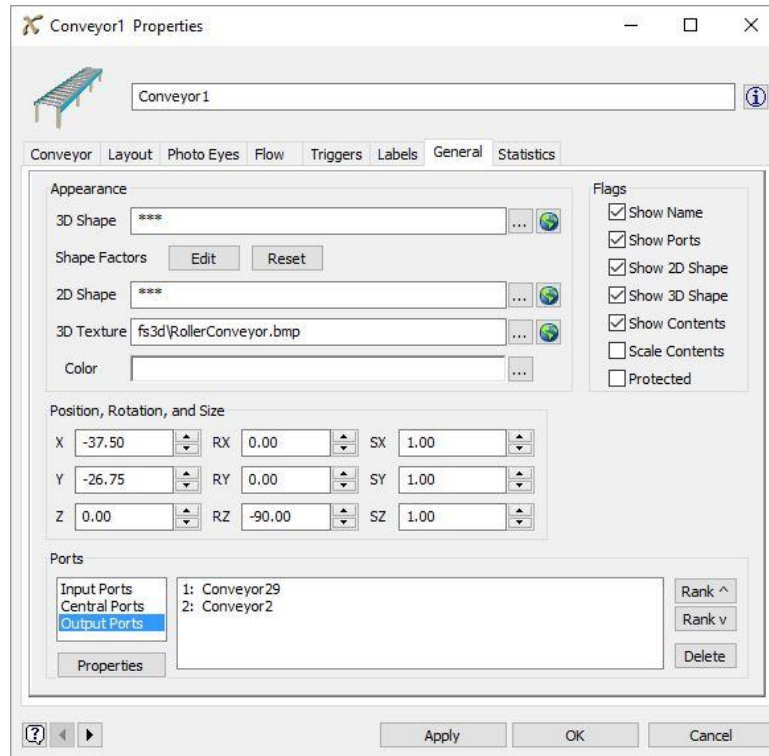
Συλλογή Παραφαρμάκου

Σε κάθε σταθμό του τμήματος παραφαρμάκου, υπάρχουν δύο θέσεις εργασίας. Παρόλα αυτά οι εργαζόμενοι που απασχολούνται σε αυτό το τμήμα είναι 3. Επειδή η φόρτιση του τμήματος του παραφαρμάκου είναι μικρότερη από την αντίστοιχη του φαρμάκου, έχει επιλεγθεί οι δύο εργαζόμενοι, ένας σε κάθε σταθμό, να δουλεύουν αποκλειστικά στην συλλογή και ο τρίτος να συμμετέχει μόνο σε περίπτωση που υπάρχουν παραγγελίες σε αναμονή και κάποιος από τους δύο βασικούς εργαζόμενους είναι απασχολημένος. Κατά συνέπεια για να επιτευχθεί αυτό στην μοντελοποίηση της αποθήκης πρέπει τα καλάθια να μεταφέρονται κατά προτεραιότητα στους βασικούς εργαζόμενους κάθε σταθμού και μόνο εάν δεν είναι διαθέσιμοι να μεταφέρονται στην άλλη θέση εργασίας.



Εικόνα 6.2-3: Ταινία Μεταφοράς - Τμήμα Παραφαρμάκου

Τα δύο τμήματα που είναι σημειωμένα με κόκκινο, είναι αυτά που καθορίζουν σε ποια θέση συλλογής θα μεταφερθεί το καλάθι. Στον πρώτο σταθμό επιλέγεται η πρώτη θέση συλλογής όταν αυτή είναι διαθέσιμη.

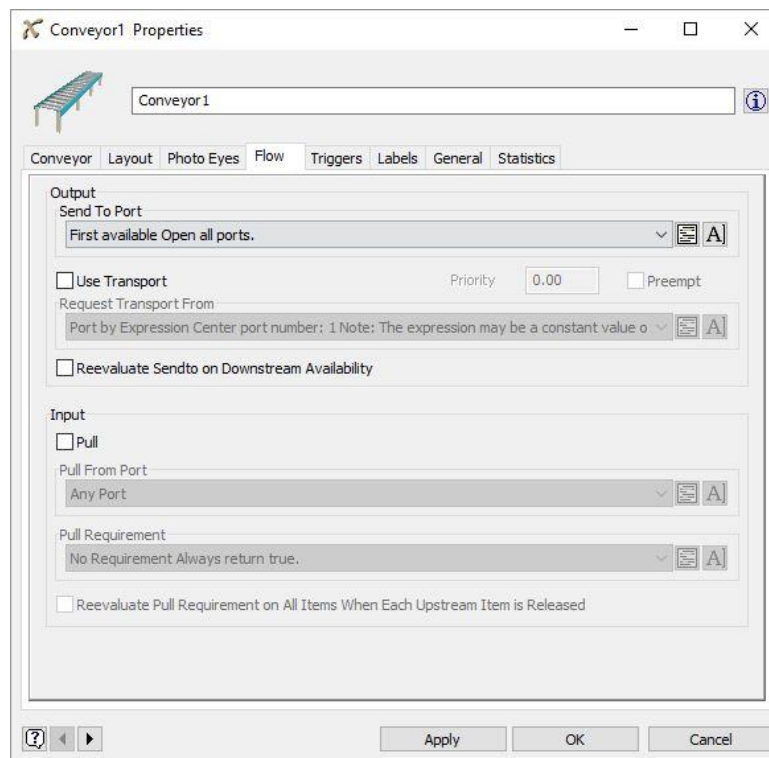


Εικόνα 6.2-4: Συλλογή Παραφαρμάκου - Κατανομή Καλαθιών 1

Για τον λόγο αυτό, στην ταινία μεταφοράς Conveyor1, που καθορίζει τα καλάθια για τον σταθμό A, έχει ως πρώτη έξοδο την ταινία που οδηγεί στην πρώτη θέση συλλογής και ως δεύτερη την ταινία που οδηγεί στην δεύτερη θέση. (Εικόνα 6.2-4)

Στην συνέχεια για να επιτευχθεί το παραπάνω, στην καρτέλα flow, επιλέχθηκε η εντολή **First Available Open all Ports**. Με την εντολή αυτή, τα αντικείμενα ροής μεταφέρονται στο πρώτο κατά σειρά διαθέσιμο «λιμάνι». Έτσι εάν είναι ελεύθερη η θέση 1 μεταφέρονται εκεί, αλλιώς στην θέση 2.

Με την ίδια ακριβώς λογική είναι δομημένος και ο σταθμός B. Η μόνη διαφορά ότι η πρώτη επιλογή είναι δεύτερη κατά σειρά θέση συλλογής, ώστε οι θέσεις που εργάζεται ο τρίτος εργαζόμενος να είναι οι δύο μεσαίες και να μην διανύει μεγάλες αποστάσεις.



Εικόνα 6.2-5: Συλλογή Παραφαρμάκου - Κατανομή Καλαθιών 2

6.3 Συλλογή από θέσεις Picking

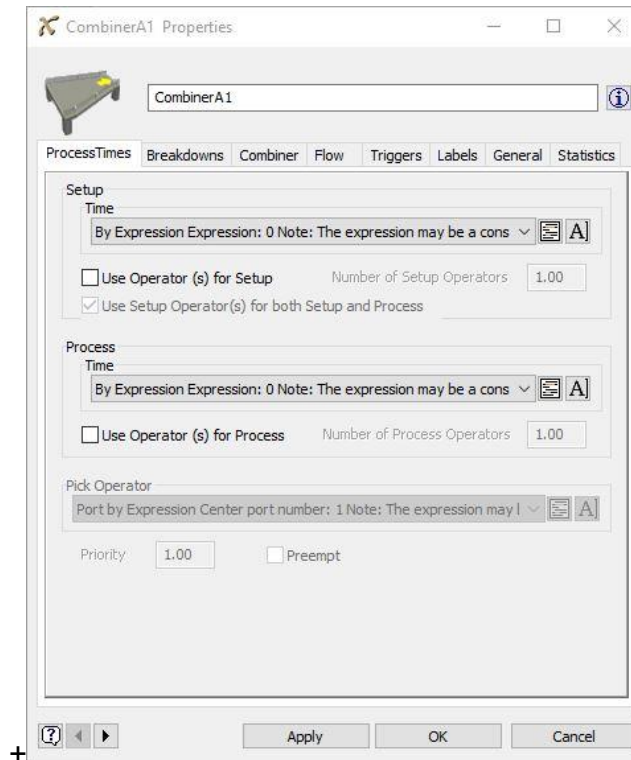
Το σημαντικότερο κομμάτι στην δημιουργία του μοντέλου προσομοίωσης είναι η μοντελοποίηση της διαδικασίας συλλογής των προϊόντων από τα ράφια. Το κομμάτι δηλαδή που συμμετέχουν οι εργαζόμενοι. Η διαδικασία αυτή έχει μοντελοποιηθεί με την χρήση τριών αντικειμένων του Flexsim. Τους Συνδυαστές (Combiners), τους Εργαζομένους (Operators) και τα Ράφια (Racks). Στην συνέχεια θα περιγραφεί αναλυτικά η μοντελοποίηση του κάθε αντικειμένου

6.3.1 Συνδυαστές – Θέση Εκκίνησης Συλλογής

Στην αποθήκη που μελετάται, τα καλάθια εξέρχονται αυτόματα από την ταινία μεταφοράς και μεταφέρονται σε έναν ραουλόδρομο ο οποίος διέρχεται μπροστά από τους εργαζομένους. Οι εργαζόμενοι διαβάζουν την παραγγελία που βρίσκεται εντός του καλαθιού και συλλέγουν όσα και όποια προϊόντα αναφέρονται από τον σταθμό τους. Στην συνέχεια μεταφέρουν το καλάθι στην ταινία μεταφοράς για να περάσει και από τους επόμενους σταθμούς.

Η διαδικασία αυτή προσομοιώνεται με την χρήση των Combiners. Τα αντικείμενα αυτά δέχονται αντικείμενα ροής από διάφορες εισόδους και τα ενώνουν σε ένα, για την συνέχεια της προσομοίωσης.

Στο μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν 13 συνδυαστές, ένας περισσότερος από τους εργαζόμενους που απασχολούνται στην συλλογή παραγγελιών. Αυτό συνέβη επειδή ο τρίτος εργαζόμενος των σταθμών Α και Β εργάζεται σε δύο πιθανές θέσεις οι οποίες μοντελοποιήθηκαν μέσω δύο ξεχωριστών συνδυαστών.

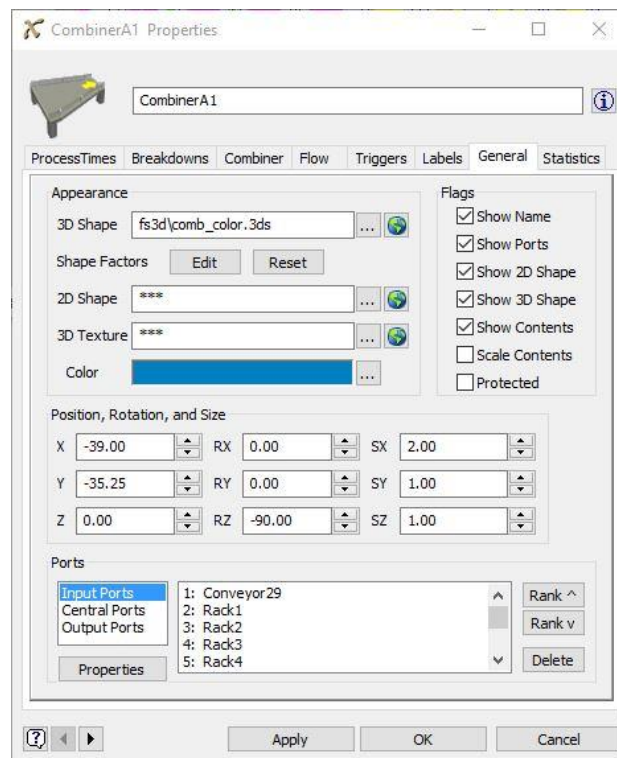


Εικόνα 6.3-1: Βασική Καρτέλα Συνδυαστή

Στους συνδυαστές έχει οριστεί **μηδενικός χρόνος Setup και επεξεργασίας** (Εικόνα 6.3-1: Βασική Καρτέλα Συνδυαστή). Αυτό επιλέχθηκε καθώς σε αυτό το σημείο της συλλογής δεν εκτελείται κάποια επεξεργασία. Οι εργαζόμενοι απλώς παραλαμβάνουν το καλάθι, συλλέγουν τα απαραίτητα προϊόντα και επιστρέφουν το καλάθι στην θέση.

Κατά την εκτέλεση του μοντέλου, γραφικά δεν φαίνεται ότι ο εργαζόμενος παίρνει το καλάθι και με αυτό στο χέρι του κάνει την συλλογή. Στο μοντέλο ο εργαζόμενος συλλέγει τα προϊόντα και τα μεταφέρει στην συνδυαστή όπου και βρίσκεται το καλάθι. Αυτό έγινε διότι δεν υπάρχει πρόβλεψη από το πρόγραμμα που να επιτρέπει κάτι τέτοιο, παρόλα αυτά δεν επηρεάζεται το αποτέλεσμα της προσομοίωσης.

Παρόλα αυτά έχει συμπεριληφθεί κάποιο χρονικό διάστημα το οποίο προσομοιάζει τον χρόνο που απαιτείται ώστε να διαβάσει την παραγγελία ο εργαζόμενος, αλλά αυτό θα αναλυθεί σε επόμενη παράγραφο.



Εικόνα 6.3-2: Γενική Καρτέλα Συνδυαστή

Κάθε συνδυαστής που συμμετέχει στο μοντέλο έχει ως «λιμάνια» εισόδου (**Input Ports**) όλα τα ράφια από τα οποία μπορεί να προέρχονται τα προϊόντα, δηλαδή όλα τα ράφια του εκάστοτε σταθμού, και το τμήμα της ταινίας μεταφοράς που οδηγεί τα καλάθια σε αυτόν. Σε έναν συνδυαστή, ένα από τα αντικείμενα ροής που εισέρχονται λαμβάνεται ως το δοχείο μέσα στο οποίο θα συμπεριληφθούν όλα τα υπόλοιπα αντικείμενα ροής. Το αντικείμενο που λαμβάνεται ως δοχείο είναι πάντα αυτό που εισέρχεται από το πρώτο «λιμάνι» εισόδου. Στο μοντέλο αυτό, προφανώς για όλους τους συνδυαστές πρώτο «λιμάνι» εισόδου είναι το τμήμα της μεταφορικής ταινίας. Ακριβώς αυτό φαίνεται και στην Εικόνα 6.3-2: Γενική Καρτέλα Συνδυαστή η οποία αναφέρεται στον πρώτο συνδυαστή του μοντέλου, αλλά το ίδιο ακριβώς συμβαίνει σε όλους με την μόνη διαφορά ότι αλλάζουν τα ράφια και η το τμήμα της ταινίας μεταφοράς. Εξίσου σημαντικό είναι και το κεντρικό «λιμάνι» (**Central Post**) στο οποίο συνδέονται τα Task Executors του κάθε αντικειμένου. Στην προκειμένη περίπτωση αλλά και σε κάθε συνδυαστή είναι ο εργαζόμενος που αντιστοιχεί στον κάθε συνδυαστή.

Η σημαντικότερη καρτέλα των συνδυαστών και αυτή που καθορίζει την λειτουργία τους είναι ο κώδικας που έχει αναπτυχθεί στην καρτέλα εναυσμάτων (**Triggers Tab**) και ενεργοποιείται με την είσοδο των αντικειμένων ροής στον κάθε συνδυαστή (**On Entry**).

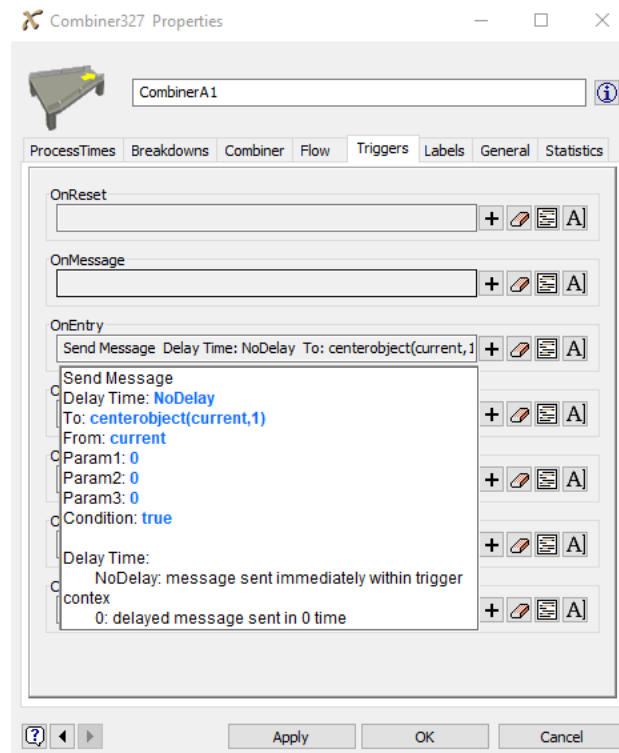
Πίνακας 6.3-1: Κώδικας Αποστολής Μηνύματος

```

/**Custom Code*/
treenode item = parnode(1);
treenode current = ownerobject(c);
int port = parval(2);
//Αποστολή μηνύματος στον εργαζόμενο του συνδυαστή//
if (port==1)
{
int NoDelay = -1;
double delaytime = NoDelay;
treenode toobject = centerobject(current,1);
treenode fromobject = current;
double param1 = 0;
double param2 = 0;
double param3 = 0;
int condition = true;
if(condition)
{
    if(delaytime == NoDelay)
        sendmessage(toobject,fromobject,param1,param2,param3);
    else senddelayedmessage(toobject, max(0,delaytime),
fromobject,param1,param2,param3);
}
}

```

Το πρώτο σκέλος του κώδικα είναι μία μέθοδος επικοινωνίας μεταξύ του συνδυαστή και του εργαζομένου. Επί της ουσίας, με το που εισέρχεται το αντικείμενο ροής στον συνδυαστή, αποστέλλεται ένα μήνυμα στον εργαζόμενο που είναι συνδεδεμένος με τον κάθε συνδυαστή (center object) το οποίο αποτελεί το έναυσμα για μία αλληλουχία ενεργειών από τον εργαζόμενο. Ο κώδικας αυτός δημιουργείται αυτόματα μέσω της επιλογής **Send Message** από την **Pick List** με έτοιμες εντολές που προσφέρει το πρόγραμμα.



Εικόνα 6.3-3: Παράθυρο Αποστολής Μηνύματος

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6.3-3: Παράθυρο Αποστολής Μηνύματος, για την ολοκλήρωση αυτής της ενέργειας απαιτείται ο καθορισμός συγκεκριμένων παραμέτρων:

- Delay Time (Χρόνος καθυστέρησης αποστολής του μηνύματος: Καμία καθυστέρηση)
- Το (Αντικείμενο που θα αποσταλεί το μήνυμα): `centerobject(current,1)`, δηλαδή το πρώτη από την λίστα των `task executers` άρα ο εργαζόμενος που αντιστοιχεί στον συνδυαστή
- From (Από ποιο αντικείμενο θα σταλεί το μήνυμα): `current`, δηλαδή τον συνδυαστή
- Parameter 1, 2, 3: Αριθμητικές παράμετροι. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για την μεταφορά μίας αριθμητικής πληροφορίας στο αντικείμενο που λαμβάνει το μήνυμα, είτε για τον διαχωρισμό των λαμβανόμενων μηνυμάτων σε περίπτωση που καταφθάνουν περισσότερα από ένα μηνύματα σε ένα αντικείμενο. Στην περίπτωση μας δεν απαιτούνταν
- Condition (Λογική Συνθήκη): Λογική συνθήκη η ικανοποίηση της οποίας αποτελεί προϋπόθεση για την αποστολή του μηνύματος. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιήθηκε η τιμή **true**, που ικανοποιεί πάντα την συνθήκη.

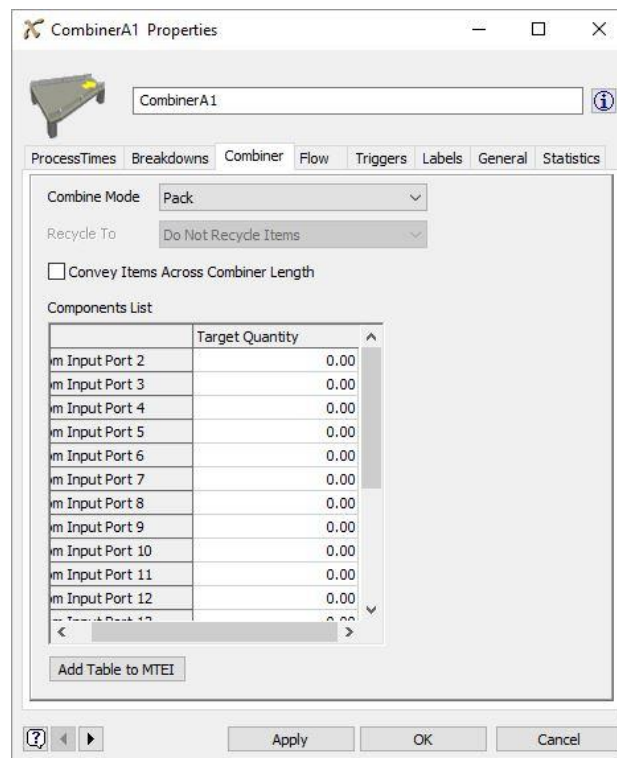
Το δεύτερο σκέλος του κώδικα που εκτελείται με την είσοδο του αντικειμένου ροής (**On Entry**) ορίζει τις παραμέτρους του συνδυαστή και έχει αναπτυχθεί από τον χρήστη.

```
//Καθορισμός των παραμέτρων του συνδυαστή//
{
if(port == 1)
{
    treenode thelist = getvarnode(current,"componentlist");
    treenode thesum = getvarnode(current,"targetcomponentsum");
    setnodenum(thesum,0);

//Ποσότητα κάθε προϊόντος σύμφωνα με την étικέτα που καθορίζει την ποσότητα//
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,1,1),getlabelnum(item,"code1"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,2,1),getlabelnum(item,"code2"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,3,1),getlabelnum(item,"code3"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,4,1),getlabelnum(item,"code4"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,5,1),getlabelnum(item,"code5"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,6,1),getlabelnum(item,"code6"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,7,1),getlabelnum(item,"code7"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,8,1),getlabelnum(item,"code8"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,9,1),getlabelnum(item,"code9"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,10,1),getlabelnum(item,"code10"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,11,1),getlabelnum(item,"code11"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,12,1),getlabelnum(item,"code12"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,13,1),getlabelnum(item,"code13"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,14,1),getlabelnum(item,"code14"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,15,1),getlabelnum(item,"code15"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,16,1),getlabelnum(item,"code16"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,17,1),getlabelnum(item,"code17"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,18,1),getlabelnum(item,"code18"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,19,1),getlabelnum(item,"code19"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,20,1),getlabelnum(item,"code20"));
    setnodenum(cellrowcolumn(thelist,21,1),getlabelnum(item,"code21"));

//Άθροισμα των επιμέρους ποσοτήτων//
    inc(thesum,(getlabelnum(item,"code1")+getlabelnum(item,"code2")
+getlabelnum(item,"code3")+getlabelnum(item,"code4")+getlabelnum(item,"code5")
+getlabelnum(item,"code6")+getlabelnum(item,"code7")+getlabelnum(item,"code8")
+getlabelnum(item,"code9")+getlabelnum(item,"code10")+getlabelnum(item,"code11")
+getlabelnum(item,"code12")+getlabelnum(item,"code13")+getlabelnum(item,"code14")
+getlabelnum(item,"code15")+getlabelnum(item,"code16")+getlabelnum(item,"code17")
+getlabelnum(item,"code18")+getlabelnum(item,"code19")+getlabelnum(item,"code20")
+getlabelnum(item,"code21")));
}
}
```

Ο λόγος που αναπτύχθηκε αυτός ο κώδικας είναι ότι ο συνδυαστής δίνει μέσω της καρτέλας **Combiner**, την δυνατότητα να ορίσει ο χρήστης την ακριβή ποσότητα προϊόντων που θα εισέρχονται από κάθε «λιμάνι» εισόδου (**Input Port**).



Εικόνα 6.3-4: Καρτέλα Καθορισμού Ποσοτήτων Συνδυαστή

Μέσω της καρτέλας που φαίνεται στην εικόνα Εικόνα 6.3-4 μπορεί ο χρήστης να καθορίσει την ποσότητα των προϊόντων που θα εισέρχονται από κάθε «λιμάνι». Όμως στο μοντέλο προσομοίωσης της εν λόγω εργασίας κάτι τέτοιο δεν θα μπορούσε να εξυπηρετήσει τις ανάγκες της προσομοίωσης καθώς η ποσότητα από κάθε είσοδο καθορίζεται από την παραγγελία που καταφθάνει μέσω του ιμάντα μεταφοράς. Συνεπώς οι παραπάνω τιμές πρέπει να αλλάζουν σε κάθε παραγγελία. Για τον λόγο αυτό συντάχθηκε ο παραπάνω κώδικας.

Αρχικά, πάλι από την **Pick List** της γραμμής **On Entry**, επιλέχθηκε η Ανανέωση της Λίστας Περιεχομένου (**Update Combiner Component List**). Με αυτή την επιλογή ορίζονται αυτόματα οι μεταβλητές που αφορούν την παραμετροποίηση αυτή. Οι μεταβλητές αυτές είναι η *thelist*, η οποία αναφέρεται στην παραπάνω λίστα και με την κατάλληλη σύνταξη αφορά συγκεκριμένη σειρά της. Η άλλη μεταβλητή είναι η *thesum* η οποία εκφράζει το σύνολο των προϊόντων που θα συνδυαστούν σε κάθε παραγγελία, εάν εξαιρεθεί το προϊόν που λογίζεται σαν δοχείο.

Η λογική λοιπόν του παραπάνω κώδικα, δεν είναι άλλη από το να αναθέτει στην κάθε γραμμή της λίστας, την τιμή της αντίστοιχης ετικέτας που βρίσκεται στο προϊόν που εισέρχεται. Παίρνοντας ως παράδειγμα τον πρώτο συνδυαστή του Σταθμού Α θα αναλυθεί επακριβώς η λειτουργία όλων των συνδυαστών.

Στο *CombinerA1* είναι συνδεδεμένα όλα τα ράφια του σταθμού Α, δηλαδή *Rack1* έως *Rack21*. Όπως έχει αναλυθεί παραπάνω, στο ράφι *Rack1* αποθηκεύονται τα προϊόντα με κωδικό *Code1*, στο *Rack2* τα προϊόντα με κωδικό *Code2* κτλ. Συνεπώς για το *CombinerA1*, οι ετικέτες που έχουν σημασία είναι από *Code1* έως *Code21*. Οπότε με το που εισέρχεται το αντικείμενο ροής από το πρώτο «λιμάνι», δίνεται στην κάθε γραμμή η αντίστοιχη τιμή από τις ετικέτες του αντικειμένου ροής. Για τους κωδικούς που δεν υπάρχουν τοποθετείται η τιμή 0.

Αυτό επιτυγχάνεται με την εντολή *setnodenum*. Εντός της παρένθεσης γράφεται πρώτα το στοιχείο του οποίου την τιμή ορίζουμε και μετά το κόμμα (,) η τιμή που θα πάρει.

```
setnodenum(cellrowcolumn(thelist,1,1),getlabelnum(item,"code1"));
```

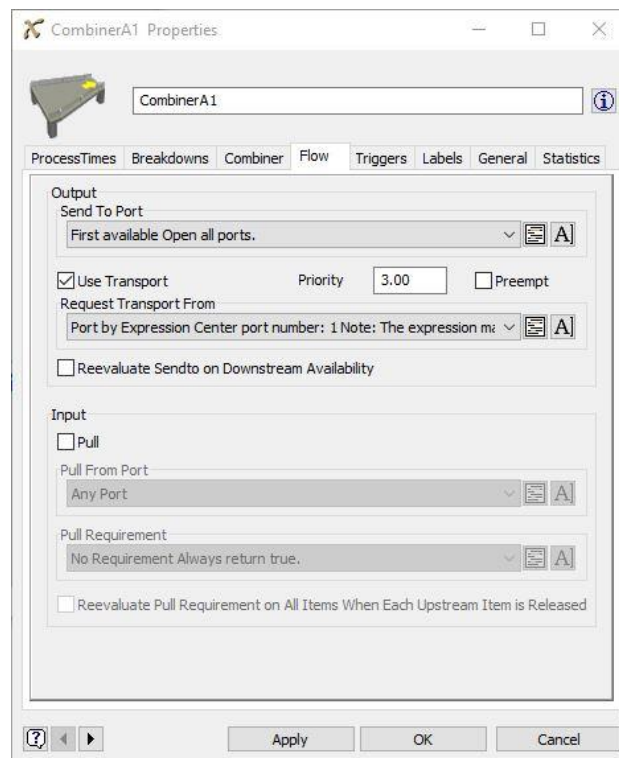
Η εντολή *cellrowcolumn* έχει τρεις παραμέτρους και μέσω αυτής επιλέγεται η συγκεκριμένη στήλη και γραμμή της λίστας (*thelist*) που έχει ορισθεί στην αρχή.

Τέλος με η εντολή *getlabelnum* επιστρέφει την τιμή της ετικέτας με το συγκεκριμένο όνομα (*Code1*) από το αντικείμενο ροής που βρίσκεται εκείνη την στιγμή στον συνδυαστή (*item*).

Επαναλαμβάνοντας αυτή την εντολή για τα 21 ράφια με τα οποία είναι συνδεδεμένος ο συνδυαστής Α1, θα έχουμε ανανεώσει τις ποσότητες από κάθε είσοδο. Τέλος χρησιμοποιείται η εντολή *inc*, που η πρώτη της παράμετρος είναι η μεταβλητή *thesum* που αφορά το άθροισμα των ποσοτήτων και οι δεύτερη το αλγεβρικό άθροισμα των αποτελεσμάτων της εντολής *getlabelnum* για όλους τους κωδικούς του σταθμού.

Με την ίδια ακριβώς λογική έχουν παραμετροποιηθεί όλοι οι συνδυαστές του μοντέλου.

Το μόνο στοιχείο που δεν έχει αναφερθεί για τους συνδυαστές, αφορά τον τρόπο εξαγωγής των αντικειμένων ροής από τον συνδυαστή. Έχει επιλεγθεί μετά το πέρας της συγκομιδής, ο εργαζόμενος να μεταφέρει χειρωνακτικά το αντικείμενο ροής πίσω στην ταινία μεταφοράς.



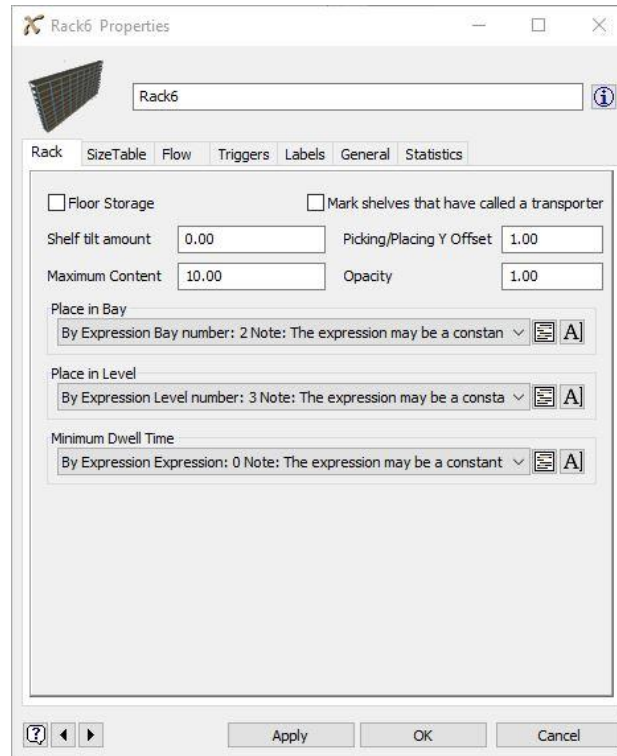
Εικόνα 6.3-5: Καρτέλα Ροής Συνδυαστή

Η προτεραιότητα (**Priority**) είναι 3 καθώς η ενέργεια αυτή έπεται της ανάγνωσης της παραγγελίας και της συγκομιδής από τα ράφια.

6.3.2 Ράφια Συλλογής

Τα ράφια είναι το πιο πολυχρησιμοποιημένο αντικείμενο στο μοντέλο. Παρόλα αυτά δεν έχει ιδιαιτερότητες στην παραμετροποίηση του. Όλα τα ράφια που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο είναι συνδεδεμένα με την ίδια πηγή η οποία τροφοδοτεί συνεχώς τα ράφια με προϊόντα. Η ανατροφοδότηση γίνεται ακαριαία και αυτόματα, με αποτέλεσμα τα ράφια να βρίσκονται μόνιμα με την μέγιστη χωρητικότητα τους.

Στην βασική καρτέλα των ραφιών, όπως φαίνεται στην εικόνα Εικόνα 6.3-6 η οποία είναι κοινή για όλα τα ράφια του μοντέλου, η μέγιστη χωρητικότητα (**Maximun Content**) είναι 10 προϊόντα. Η επιλογή **Opacity** αφορά το πόσο διάφανο θα είναι το ράφι και η επιλογή **Picking / Placing Y Offset** αναφέρεται στην απόσταση από την οποία θα συλλέγει ο εργαζόμενος τα προϊόντα. Τα δύο τελευταία μεγέθη επιδρούν μόνο στην γραφική αναπαράσταση του μοντέλου και όχι στα αριθμητικά αποτελέσματα της προσομοίωσης



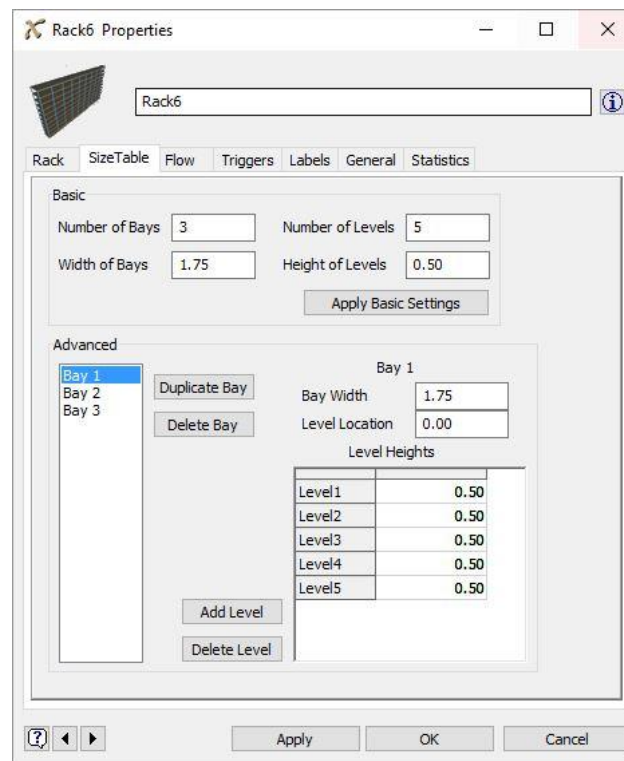
Εικόνα 6.3-6: Βασική Καρτέλα Ραφιών

Κατά την μοντελοποίηση των ραφιών έγινε άλλη μία σημαντική παραδοχή. Στην αποθήκη, κάθε κωδικός αντιστοιχεί σε έναν μοναδικό συνδυασμό επιπέδου – στήλης. Συνεπώς σε ένα ράφι υπάρχουν περισσότεροι από ένας κωδικοί. Στο μοντέλο που αναπτύχθηκε, σε κάθε ράφι αντιστοιχεί ένας κωδικός. Κατά την συλλογή λοιπόν των παραγγελιών, όταν δίνεται η εντολή σε έναν Operator για την συλλογή ενός συγκεκριμένου κωδικού, το προϊόν αυτό είναι αποθηκευμένο σε όλα τα επίπεδα και τις στήλες του ραφιού που αντιστοιχεί ο κωδικός. Αυτό έχει ως συνέπεια, ο εργαζόμενος να συλλέγει την παραγγελία με μία τυχαία σειρά, χρησιμοποιώντας όλες τις θέσεις του κάθε ραφιού. Αυτό συνεπάγεται επιπλέον μετακινήσεις οι οποίες στην πραγματικότητα δεν συμβαίνουν, καθώς ο κάθε κωδικός είναι αποθηκευμένος σε μία συγκεκριμένη θέση του ραφιού.

Για να αντιμετωπιστούν οι επιπλέον διαδρομές που δεν συμβαίνουν στην πραγματικότητα, επιλέχθηκε τα προϊόντα να αποθηκεύονται σε συγκεκριμένη θέση κάθε ραφιού και πιο συγκεκριμένα σε μία κεντρική θέση. Αυτό επιτυγχάνεται με τις επιλογές **Place in Bay** και **Place in Level**. Στο ράφι του παραδείγματος τα προϊόντα αποθηκεύονται στην στήλη 2 και στο επίπεδο 3.

Τα δύο επόμενα μεγέθη που πρέπει να ορισθούν είναι το επίπεδο (**Level**) και η στήλη (**Bay**) που θα τοποθετούνται τα προϊόντα. Τα ράφια που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο ποικίλουν σε διαστάσεις. Στην Εικόνα 6.3-7 φαίνεται η καρτέλα των διαστάσεων για ένα τυχαίο ράφι. Τα

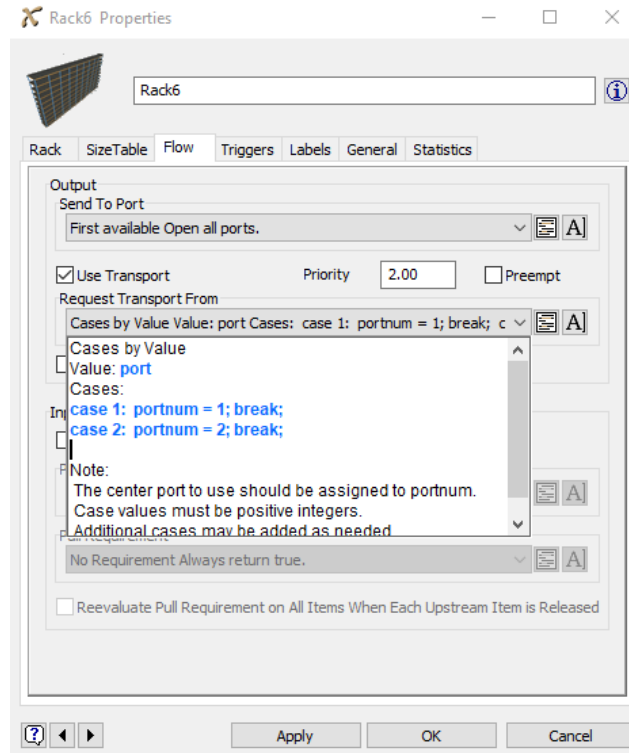
ράφια έχουν σχεδιαστεί σύμφωνα με τις πραγματικές τους διαστάσεις ώστε ο χρόνος που απαιτείται για να μεταβεί από μία θέση σε μία άλλη ο εργαζόμενος να είναι πραγματικός. Συνεπώς για κάθε ράφι ορίστηκε το πλήθος των στηλών (**Number of Bays**) και το πλάτος της κάθε στήλης (**Width of Bays**) καθώς και το πλήθος επιπέδων με το αντίστοιχο ύψος (**Number and Height of Level**)



Εικόνα 6.3-7: Καρτέλα Διαστάσεων Ραφιού

Το μόνο κομμάτι που απαιτήσε μία περεταίρω παραμετροποίηση είναι η κλίση των εργαζομένων. Σε κάθε ράφι είναι συνδεδεμένοι (**Central Port**) 2 εργαζόμενοι, καθώς κάθε ράφι εφοδιάζει τους 2 συνδυαστές του σταθμού που ανήκει. Πρέπει όμως ο κάθε εργαζόμενος να μεταφέρει τα προϊόντα που αφορούν τον συνδυαστή στον οποίο είναι συνδεδεμένος. Για τον λόγο αυτό στην καρτέλα **Flow** στην επιλογή εργαζομένου (**Request Transport From**) μέσω της **Pick List** χρησιμοποιήθηκε η επιλογή **Conditional Port**, σύμφωνα με την οποία ο εργαζόμενος που θα κληθεί (central port) θα προκύψει από κάποια συνθήκη.

Έτσι χρησιμοποιήθηκε η εντολή *port* η οποία επιστρέφει μία αριθμητική τιμή που αντιστοιχεί στην θέση που έχει το «λιμάνι εξόδου» που ικανοποιείται, στην αντίστοιχη λίστα (**Output Port**). Κατά την μοντελοποίηση υπήρξε μέριμνα ώστε να γίνουν οι συνδέσεις με τρόπο που ευνοεί. Για παράδειγμα για τον σταθμό A, ο **CombinerA1** είναι πρώτος και δεύτερος ο **CombinerA2** και αντίστοιχα ο εργαζόμενος **OperatorA1** και **OperatorAB**.



Εικόνα 6.3-8: Επιλογή Μεταφορέα

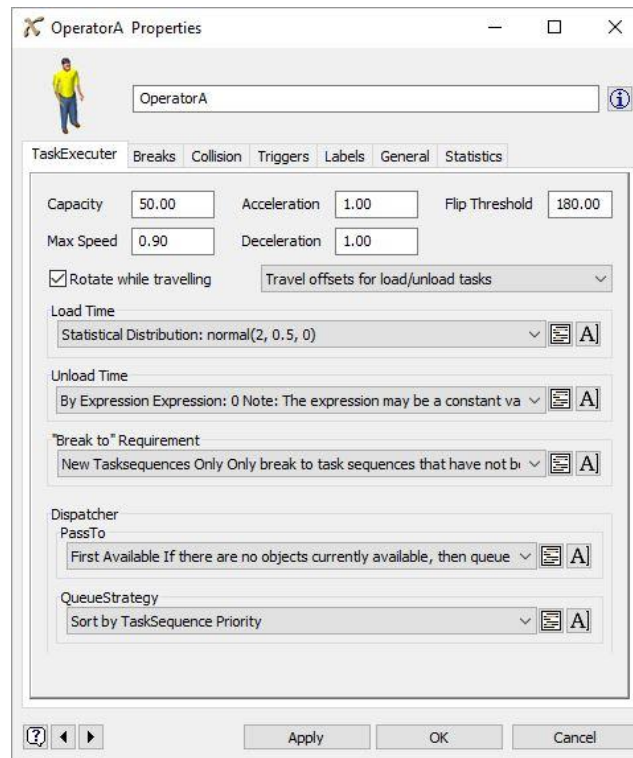
Συνεπώς με την παραπάνω συνθήκη, όταν η εντολή *port* επιστρέψει την τιμή 1, άρα *CombinerA1*, θα σταλεί το πρώτο *centralobject* δηλαδή ο εργαζόμενος που είναι συνδεδεμένος με τον συνδυαστή αυτόν.

6.3.3 Εργαζόμενοι – Pickers

Η αποτελεσματικότητα και η απόδοσης ενός συστήματος συλλογής παραγγελιών εξαρτάται κυρίως στην απόδοση των εργαζομένων. Στόχος του σχεδιαστή του χώρου συλλογής είναι η δημιουργία ενός χώρου που ευνοεί την αύξηση της απόδοσης των εργαζομένων. Στην αποθήκη που μελετάται απασχολούνται 12 εργαζόμενοι στον χώρο της συλλογής. Πιο αναλυτικά:

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΙ
A	1 + 1 κοινός με B
B	1 + 1 κοινός με A
Δ	2
E	2
Z	2
H	2
Χ-Ψ	1
ΣΥΝΟΛΟ	12

Στο μοντέλο προσομοίωσης που αναπτύχθηκε, οι εργαζόμενοι προσομοιώθηκαν με τα αντικείμενα του Flexsim, **Operators**. Τα κύρια χαρακτηριστικά τα οποία προσδιορίζονται μέσω της κεντρικής καρτέλας του Operator, είναι κοινά για όλους τους εργαζομένους της συλλογής παραγγελιών. Χρησιμοποιείται σαν παράδειγμα ο εργαζόμενος του σταθμού A.



Εικόνα 6.3-9: Βασική Καρτέλα Εργαζομένου

Η ταχύτητα (**Max Speed**) με την οποία κινούνται οι εργαζόμενοι είναι **0,9 m/s**. Αυτή η τιμή υπολογίστηκε με βάση τη μέση ταχύτητα βαδίσματος. Η επιτάχυνση (**Acceleration**) και η επιβράδυνση (**Deceleration**) θεωρήθηκαν μοναδιαίες, δηλαδή ο εργαζόμενος ξεκινάει με την μέγιστη ταχύτητά του και συνεχίζει με αυτή αλλά και σταματάει ακαριαία.

Ένα χαρακτηριστικό που ίσως να προκαλεί εντύπωση είναι η χωρητικότητα των εργαζομένων (**Capacity**) η οποία είναι 50 αντικείμενα ροής. Το νούμερο αυτό ταυτίζεται με την χωρητικότητα των καλάθων. Προφανώς στην πραγματικότητα ο εργαζόμενος δεν κρατάει 50 αντικείμενα στα χέρια του. Στην πραγματικότητα ο εργαζόμενος παίρνει μαζί του και το καλάθι κατά την συλλογή των παραγγελιών. Κάτι τέτοιο δεν μπορούσε να γίνει στο μοντέλο καθώς δεν υπάρχει αυτή η δυνατότητα, παρόλα αυτά δεν επηρεάζεται η ποιότητα των αποτελεσμάτων. Στις περιπτώσεις που τα προϊόντα / γραμμή είναι περισσότερα από 50, ο εργαζόμενος χρησιμοποιεί και δεύτερο καλάθι για την ολοκλήρωση της παραγγελίας. Για τις ανάγκες του μοντέλου, επιστρέφει στην αρχική θέση (δηλαδή στον συνδυαστή με τον οποίο συνεργάζεται, ξεφορτώνει τα 50 πρώτα προϊόντα και συνεχίζει με την συλλογή των υπολοίπων.

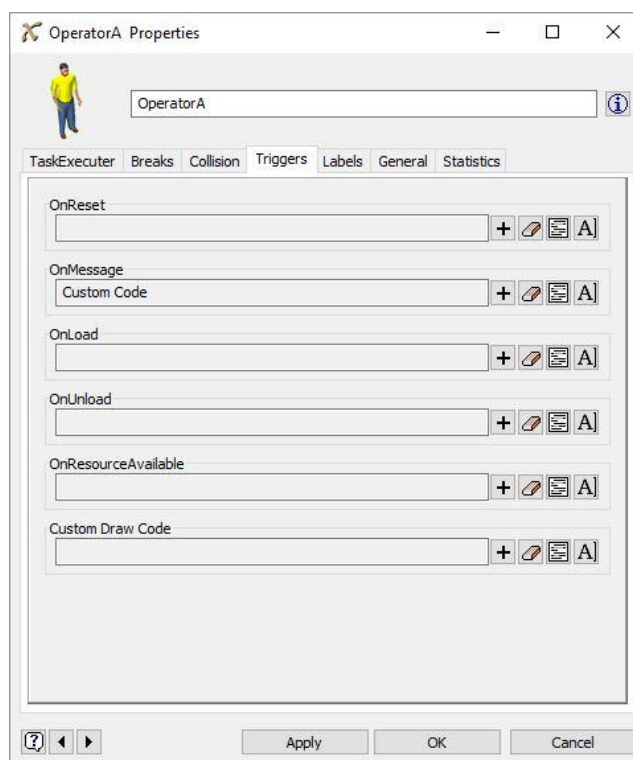
Οι επιλογές **Rotate while Travelling** και **Flip Threshold** αφορούν μόνο το οπτικό κομμάτι της προσομοίωσης και δεν επηρεάζουν τα αποτελέσματα.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό που πρέπει να αναφερθεί είναι η επιλογή **Travel offset for load / unload tasks**. Με αυτή την εντολή δίνεται η δυνατότητα στον εργαζόμενο να κινείται και εκτός του προκαθορισμένου διαδρόμου που έχει επιλεχθεί ώστε να εκτελεί τις δραστηριότητες του. Η επιλογή αυτή κάνει το μοντέλο πιο ρεαλιστικό.

Τέλος σημαντική μεταβλητή είναι ο χρόνος φόρτωσης (**Load Time**). Ο χρόνος αυτός αναφέρεται στον χρόνο που απαιτείται από τον εργαζόμενο για να φορτώσει μία μονάδα προϊόντος. Ο χρόνος αυτός επιλέχθηκε να προκύπτει από μία κανονική κατανομή με μέση τιμή **2 sec** και τυπική απόκλιση **0,5 sec (normal(2,0.5,0))**.

Πριν την έναρξη της συλλογής, ο εργαζόμενος περνάει ένα μικρό χρονικό διάστημα ελέγχοντας και διαβάζοντας την παραγγελία. Ο χρόνος αυτός υπολογίστηκε να είναι **8 sec** ανεξαρτήτου μεγέθους παραγγελίας. Αυτό μοντελοποιήθηκε με μία συγκριμένη διαδικασία.

Με το που εισέρχεται το καλάθι στον συνδυαστή, αποστέλλεται ένα μήνυμα στον εργαζόμενο που αντιστοιχεί στον συνδυαστή αυτό. Με το που λαμβάνεται το μήνυμα αυτό, εκτελείται ένας κώδικας. Ο κώδικας αυτός έχει αναπτυχθεί στην εντολή **OnMessage** της καρτέλας εναυσιμάτων σε όλους τους εργαζομένους.



Εικόνα 6.3-10: Καρτέλα Εναυσιμάτων Εργαζομένου

Με το που εισέρχεται το καλάθι στην θέση συλλογής, εκτελείται ο ακόλουθος κώδικας από όλους τους εργαζομένους.

Πίνακας 6.3-2: Κώδικας για Ανάγνωση Παραγγελιών

```

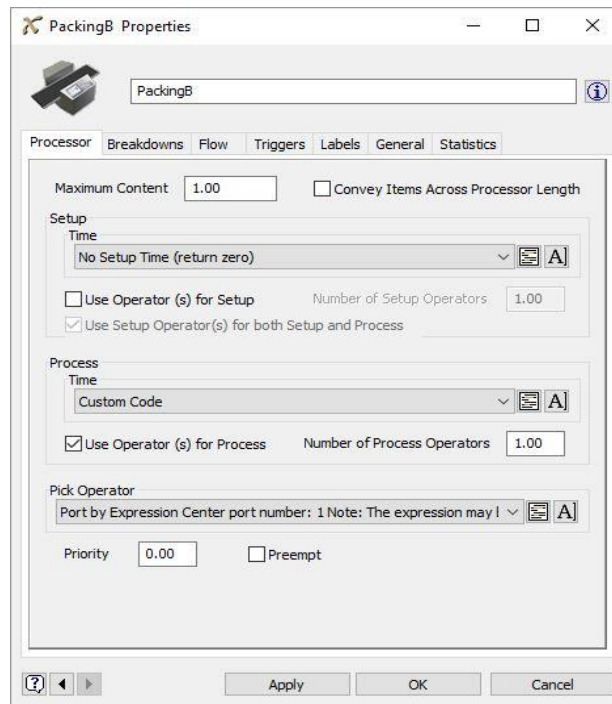
/**Custom Code*/
treenode current = ownerobject(c);
treenode newtasksequence = createemptytasksequence(current,1,0); //Δημιουργία σειράς
δραστηριοτήτων//
inserttask(newtasksequence, TASKTYPE_TRAVELTOLOC, NULL, NULL, -38.75, -36, 0);
//Μετακίνηση σε θέση εκκίνησης//
inserttask(newtasksequence, TASKTYPE_DELAY, NULL, NULL, 8); //Ανάγνωση Παραγγελίας//
dispatchtasksequence(newtasksequence);
    
```

Με την εντολή *createemptytasksequence* δίνεται η εντολή για την δημιουργία μίας νέας αλληλουχίας ενεργειών που απαρτίζουν μία δραστηριότητα και καθορίζεται το αντικείμενο που θα εκτελέσει αυτές τις δραστηριότητες καθώς και η σειρά προτεραιότητας σε σχέση με τις υπόλοιπες δραστηριότητες του κάθε μοντέλου. Στην συνέχεια περιγράφονται οι ενέργειες αυτές με την εντολή *inserttask*. Η εντολή αυτή δημιουργεί τις επιμέρους ενέργειες που συγκροτούν την δραστηριότητα. Πιο συγκεκριμένα οι εργαζόμενοι στις θέσεις Picking λαμβάνουν την εντολή να μεταβούν στην θέση από την οποία παραλαμβάνουν τις παραγγελίες και ξεκινάνε την συλλογή. Για τον εργαζόμενο που αναφέρεται στο παράδειγμα είναι η θέση με συντεταγμένες $(x,y,z) = (-38.75,-36,0)$. Στην συνέχεια με μία νέα εντολή *inserttask* ο εργαζόμενος λαμβάνει την εντολή να περιμένει στην θέση αυτή για **8 sec**. Ο χρόνος αυτός αντιστοιχεί και στους 12 εργαζομένους του χώρου Picking. Τέλος με την εντολή *dispatchtasksequence* δίνεται η εντολή για εκτέλεση της συγκεκριμένης δραστηριότητας.

6.4 Συσσκευασία

Το τελευταίο τμήμα της γραμμής συλλογής των παραγγελιών είναι το τμήμα συσκευασίας. Στο τμήμα αυτό εργάζονται 2 εργαζόμενοι, η δουλειά των οποίων είναι να συλλέγουν τα καλάθια με τις παραγγελίες από το τέλος της μεταφορικής ταινίας και να τα μεταφέρουν στους πάγκους που γίνεται η συσκευασία. Στην συνέχεια αδειάζουν τα προϊόντα που βρίσκονται στο εσωτερικό του καλάθιού σε σακούλες, οι οποίες αποτελούν την τελική συσκευασία των παραγγελιών. Η διαδικασία της συσκευασίας προσομοιώνεται μέσω επεξεργασιών. Για την ανάπτυξη του μοντέλου, το μόνο μέγεθος που έχει νόημα να συμπεριληφθεί, καθώς αυτό είναι που έχει αντίκτυπο στην λειτουργία της ταινίας, είναι ο χρόνος ο οποίος απαιτείται για να συσκευαστεί η κάθε παραγγελία. Πρακτικά στην κάθε σακούλα τοποθετούνται όσα προϊόντα χωράνε. Επειδή το μέγεθος κάθε αντικειμένου δεν είναι σταθερό αλλά κυμαίνεται ανάλογα με το προϊόν, δεν μπορεί να ορισθεί ακριβής αριθμός προϊόντων που χωράνε σε μία σακούλα.

Για τον λόγο αυτό και αυτό το μέγεθος προσεγγίστηκε μέσω μίας κατανομής. Τέλος ο χρόνος για την πλήρωση και το σφράγισμα μίας σακούλας υπολογίστηκε χρόνος ίσος με **30 sec**.



Εικόνα 6.4-1: Βασική Καρτέλα Θέσης Συσκευασίας

Όπως αναφέρθηκε, η συσκευασία προσομοιώνεται μέσω δύο επεξεργαστών οι οποίοι αντιστοιχούν στις δύο θέσεις picking. Στην Εικόνα 6.4-1 φαίνεται η βασική καρτέλα ενός από τους δύο επεξεργαστές. Το μοναδικό σημείο της μοντελοποίησης της συσκευασίας που αξίζει περαιτέρω επεξήγηση είναι ο κώδικας που έχει αναπτυχθεί ώστε να καθορίζεται ο χρόνος επεξεργασίας άρα συσκευασίας κάθε παραγγελίας. Ο κώδικας αυτός εμφανίζεται στην επιλογή **Time** του παραθύρου **Process**.

Πίνακας 6.4-1: Κώδικας Υπολογισμού Χρόνου Συσκευασίας

```

/**Custom Code*/
treenode current = ownerobject(c);
treenode item = parnode(1);
int index;
int sum=0;//Μεταβλητή που μετράει το σύνολο των προϊόντων στην παραγγελία//
int value;//Ο τελικός απαιτούμενος χρόνος συσκευασίας//
for (index=1; index<=124; index++)//Επαναληπτική διαδικασία για όλους τους
διαθεσιμους κωδικούς//

{string name=gettablestr("Codes",index,1);//
int posotita=getlabelnum(item,name);
sum = sum + posotita;}

```

```
value = (div(sum,normal(35,5,1)))*30;//Διαίρεση της ποσότητας με την χωρητικότητα  
της σακούλας και πολλαπλασιασμός με τον χρόνο/σακούλα//  
  
return value;
```

Πιο αναλυτικά, για κάθε καλάθι που εισέρχεται στον σταθμό συσκευασίας, υπολογίζεται αρχικά το πλήθος των προϊόντων. Αυτό γίνεται μέσω της μεταβλητής *sum*. Με την βοήθεια του μετρητή *index*, ο κώδικας ανατρέχει στον πίνακα με τους διαθέσιμους κωδικούς. Στην συνέχεια ελέγχεται ποιοι από αυτούς τους κωδικούς υπάρχουν στην συγκεκριμένη παραγγελία. Υπενθυμίζεται ότι ο κάθε κωδικός αναφέρεται μέσω ετικετών. Τέλος προστίθεται στη μεταβλητή *sum* η τιμή κάθε ετικέτας. Προφανώς για τις ετικέτες που δεν αναφέρονται, προστίθεται η τιμή 0. Με αυτή την διαδικασία η τιμή της μεταβλητής *sum* είναι ίση με το πλήθος των προϊόντων ανά παραγγελία.

Στην συνέχεια η τιμή της μεταβλητής *sum*, διαιρείται με την τιμή που προκύπτει από την κατανομή **normal(35,5,1)**, δηλαδή μία κανονική κατανομή με μέση τιμή 35 και τυπική απόκλιση 5. Αυτό γίνεται καθώς η χωρητικότητα κάθε σακούλας δεν μπορεί να εκφραστεί μέσα από ένα σταθερό αριθμό και αν' αυτού χρησιμοποιείται μία κανονική κατανομή. Με την διαίρεση αυτή προκύπτει το πλήθος των σακουλών που απαιτούνται για την συσκευασία κάθε παραγγελίας. Ο αριθμός προκύπτει ακέραιος καθώς η μεταβλητή *value* έχει οριστεί ως ακέραια. Επειδή όμως το πρόγραμμα δεν εκτελεί στρογγυλοποίηση αλλά απλά αγνοεί τα δεκαδικά ψηφία, προστίθεται στο αποτέλεσμα της διαίρεσης η μονάδα ώστε να προκύψουν σωστά αποτελέσματα.

Τέλος το αποτέλεσμα της διαίρεσης πολλαπλασιάζεται με τον χρόνο ανά σακούλα, δηλαδή **30 sec**. Η τιμή που προκύπτει αντιστοιχεί στον απαιτούμενο χρόνο συσκευασίας κάθε παραγγελίας.

6.5 Συνολική Αποτίμηση Πιστότητας Μοντέλου Προσομοίωσης

Κάθε μοντέλο προσομοίωσης χρησιμοποιείται ως εργαλείο για την λήψη αποφάσεων. Κάθε στέλεχος που χρησιμοποιεί το εργαλείο οφείλει, εάν είναι ο δημιουργός, ή απαιτεί, αν είναι απλός χρήστης, το μοντέλο να είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε να αποδίδει αποτελέσματα τα οποία να είναι αντίστοιχα με αυτά του πραγματικού συστήματος που μελετάται. Στον κλάδο της προσομοίωσης, η ανάγκη αυτή ικανοποιείται από τις έννοιες της **επιβεβαίωσης (verification)** και της **επικύρωσης (validation)** του μοντέλου προσομοίωσης.

Πιο αναλυτικά, η διαδικασία της επαλήθευσης αφορά το προγραμματιστικό μέρος του μοντέλου δηλαδή την αξιοπιστία του ηλεκτρονικού υπολογιστή που χρησιμοποιείται, του λογισμικού, που μπορεί να περιέχει τυχόν λάθη που θα προκαλέσουν παραπλανητικά ή

αναληθή αποτελέσματα. Ουσιαστικά διασφαλίζει ότι το μοντέλο που αναπτύχθηκε, έχει μεταφερθεί ορθά και επακριβώς στον υπολογιστή.

Η διαδικασία την επικύρωσης του μοντέλου αφορά το ίδιο το μοντέλο και συνίσταται στη διερεύνηση μέσω του προγράμματος, το οποίο έχει επαληθευτεί, του ερωτήματος κατά πόσο το μοντέλο αποτελεί αποδεκτή και ικανοποιητική αναπαράσταση του συστήματος που προσομοιώνεται και επομένως κατά πόσο ενσωματώνει τις λεπτομέρειες και παραδοχές τις οποίες αρχικά ήθελε να συμπεριλάβει ο αναλυτής. Δηλαδή, διερευνάται η ακρίβεια της μεταφοράς του συστήματος στο μοντέλο ή τουλάχιστον αν αυτό προσεγγίζει ικανοποιητικά τη λειτουργία του συστήματος

Για κάθε μοντέλο προσομοίωσης, άρα και γι' αυτό που αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας απαιτείται η επαλήθευση των άνωθεν παραμέτρων με την χρήση κοινώς αποδεκτών μεθόδων.

Επιβεβαίωση – Verification

Στην προκειμένη περίπτωση, ο έλεγχος του προγράμματος και του λογισμικού που χρησιμοποιείται είναι ιδιαίτερα εύκολος καθώς το μοντέλο αναπτύχθηκε σε αναγνωρισμένο εμπορικό πρόγραμμα, συνεπώς οι απαραίτητοι έλεγχοι έχουν πραγματοποιηθεί από την εταιρεία που το διανέμει. Πιο συγκεκριμένα, το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Flexsim 4.5 version από την εταιρεία Flexsim Software Products. Εν συνεχεία, για την ανάπτυξη του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν αντικείμενα μόνο από την βιβλιοθήκη που προσφέρει το πρόγραμμα και δεν χρειάστηκε να δημιουργηθούν από το μηδέν επιπλέον αντικείμενα με μη ήδη προκαθορισμένες από την εταιρεία ιδιότητες.

Παρόλα αυτά, πριν την έναρξη του σχεδιασμού του μοντέλου πραγματοποιήθηκε ένα τυπικός έλεγχος για να διαπιστωθεί η πιστότητα. Συγκεκριμένα σχεδιάστηκε ένα απλό μοντέλο με μία πηγή, έναν εργαζόμενο και ένα ράφι. Προκαθορίστηκαν όλες οι μεταβλητές ως σταθερές, δηλαδή ο ρυθμός παραγωγής αντικειμένων, η ταχύτητα βαδίσματος τους εργαζομένου αλλά και οι μεταξύ τους αποστάσεις. Υπολογίστηκαν οι χρόνοι που θα απαιτούνταν σε πραγματικές συνθήκες και συγκρίθηκαν με αυτούς που προέκυψαν από το μοντέλο. Οι χρόνοι αυτοί ήταν ίδιοι και έτσι επιβεβαιώθηκε και τυπικά το μοντέλο.

Επικύρωση - Validation

Για την ασφαλή επικύρωση ενός μοντέλου προσομοίωσης, υπάρχουν τρία βασικά βήματα που πρέπει να εκτελεστούν από την σχεδιαστή και είναι αρκετά για να θεωρηθεί ένα μοντέλο αξιόπιστο.

Η πρώτη μέθοδος η οποία προτείνεται είναι να γίνεται η ανάπτυξη του μοντέλου επικουρικά με κάποιον ο οποίος έχει εξαιρετική γνώση του πραγματικού συστήματος που πρόκειται να προσομοιωθεί και γνωρίζει τις ιδιαιτερότητες και τις λεπτομέρειες που απαιτούνται. Μία ακόμα

αποτελεσματική μέθοδος για να χαρακτηριστεί ένα μοντέλο ως έγκυρο, είναι μια ανάλυση ευαισθησίας, αν δηλαδή με την μεταβολή της τιμής μίας μεταβλητής, τα μεγέθη που συνδέονται με αυτή μεταβάλλονται αναλόγως. Τέλος επικύρωση ενός μοντέλου μπορεί να γίνει με την σύγκριση των αποτελεσμάτων που παράγει με αυτά του πραγματικού συστήματος. Κάτι τέτοιο βέβαια προϋποθέτει πως το πραγματικό σύστημα βρίσκεται σε λειτουργία και υπάρχει πρόσβαση σε αυτό.

Στην προκειμένη περίπτωση της αποθήκης εφαρμόστηκαν δύο από τις παραπάνω μεθόδους. Αφού συλλέχθηκαν τα δεδομένα που αφορούν την λειτουργία της αποθήκης ξεκίνησε η ανάπτυξη του μοντέλου. Για τα σταθερά μεγέθη, όπως αποστάσεις ή ταχύτητα βαδίσματος δεν υπάρχουν περιθώρια απόκλισης. Για τα στοχαστικά μεγέθη όμως που περιγράφουν σημαντικές μεταβλητές, έπρεπε να γίνει επικύρωση. Μετά την ολοκλήρωση του μοντέλου και την εξαγωγή των πρώτων αποτελεσμάτων επισκέφθηκα την εταιρεία και με την συμβολή του μηχανικού παραγωγής επικυρώθηκε ότι τα αποτελέσματα που παράγονται από το μοντέλο μπορούν να αντικατοπτρίσουν την λειτουργία της αποθήκης. Βέβαια κανένα μοντέλο δεν μπορεί να αποτυπώσει επακριβώς ένα πραγματικό σύστημα και κάθε φορά ανάλογα με τον σκοπό του μοντέλου πρέπει να ορίζονται διαφορετικά όρια.

Στην συνέχεια, για περαιτέρω έλεγχο της λειτουργικότητας του μοντέλου έγινε ανάλυση ευαισθησίας. Πιο συγκεκριμένα αυξήθηκε ο ρυθμός δημιουργίας νέων παραγγελιών και είχε ως αποτέλεσμα την μείωση του χρόνου αδράνειας για του εργαζομένους, κάτι που μπορεί να θεωρηθεί λογικό.

7 Εκτέλεση Προσομοίωσης – Ανάλυση Σεναρίων και Αποτελέσματα

Η ανάπτυξη του μοντέλου η οποία παρουσιάστηκε λεπτομερώς στο προηγούμενο κεφάλαιο αποσκοπεί στην εκτέλεση σεναρίων και στην μέσω αυτών εξαγωγή χρήσιμων για την επιχείρηση συμπερασμάτων. Για τις ανάγκες της εργασίας θα εκτελεστούν τρία διαφορετικά σενάρια. Στο πρώτο σενάριο απεικονίζεται η παρούσα κατάσταση που επικρατεί στο τμήμα συλλογής παραγγελιών της εταιρείας που μελετάται. Στο δεύτερο σενάριο πραγματοποιούνται μικρές αλλαγές που αφορούν τον τρόπο τοποθέτησης των προϊόντων στα ράφια και κατά συνέπεια επηρεάζονται οι μετακινήσεις που εκτελούν οι εργαζόμενοι. Στο τρίτο και τελευταίο σενάριο πραγματοποιούνται αλλαγές που αφορούν το πλήθος των εργαζομένων και των σταθμών.

Η μελέτη των σεναρίων αποσκοπεί στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τα περιθώρια βελτίωσης της λειτουργίας της αποθήκης. Τα στοιχεία που αφορούν τον μελετητή είναι η κατανομή του χρόνου των εργαζομένων, το ποσοστό χρησιμότητας των σταθμών και η φόρτιση αυτών καθώς και οι ποσότητες που διακινούνται.

Χαρακτηριστικά προσομοίωσης

Σύμφωνα με τα δεδομένα που δόθηκαν από την εταιρεία, η ζήτηση και οι παραγγελίες που πρέπει να εκτελεστούν δεν είναι σταθερές για κάθε μέρα της εβδομάδας. Λόγω της ιδιαιτερότητας του αντικειμένου και των πελατών, που είναι επί το πλείστον φαρμακεία, η παραγγελίες είναι σημαντικά αυξημένες τις Δευτέρες. Αυτό συμβαίνει γιατί οι φαρμακοποιοί κάθε Δευτέρα κάνουν παραγγελίες για να καλύψουν τόσο την ανάγκη της επόμενης ημέρας αλλά και για να καλύψουν τα κενά που προέκυψαν από το σαββατοκύριακο που δεν γίνονται παραδόσεις εμπορευμάτων. Για τα πλαίσια της εργασίας επιλέχθηκε να προσομοιωθεί η λειτουργία της αποθήκης στην μέγιστη τιμή ζήτησης, δηλαδή για τις παραγγελίες που κατά μέσο όρο καταφθάνουν τις Δευτέρες. Παρόλα αυτά, όπως είναι φυσικό, η ζήτηση δεν είναι ίδια κάθε Δευτέρα αλλά παρουσιάζει διακυμάνσεις. Για τον λόγο αυτό η πηγή παραγγελιών δεν παράγει συγκεκριμένο πλήθος παραγγελιών ανά ημέρα, αλλά το πλήθος αυτών προκύπτει με την χρήση στοχαστική μεταβλητής που ακολουθεί συγκεκριμένη κατανομή (αναλύεται εκτενώς στο κεφάλαιο 6.1 Πηγή Παραγγελιών).

Η εταιρεία λειτουργεί καθημερινές με μία 8ωρη βάρδια. Το ίδιο ακριβώς εφαρμόστηκε και στο μοντέλο προσομοίωσης. Η κάθε προσομοίωση θα τρέχει για 8 ώρες ή αλλιώς για 28800 δευτερόλεπτα που είναι και η μονάδα μέτρησης χρόνου του Flexsim.

Τέλος για την ασφαλέστερη εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη λειτουργία της αποθήκης, επειδή υπάρχουν στοχαστικές μεταβλητές, το κάθε σενάριο θα εκτελεστεί **100 φορές** και ως αποτέλεσμα θα ληφθεί ο μέσος όρος των 100 επαναλήψεων.

7.1 Εκτέλεση Σεναρίου I - Υφιστάμενης Κατάστασης (Baseline)

Το πρώτο σενάριο προσομοίωσης αφορά την υφιστάμενη κατάσταση και αποτυπώνει επακριβώς τον τρόπο λειτουργίας της αποθήκης. Η κατανομή των προϊόντων στα ράφια δεν ακολουθεί κάποια συγκεκριμένη λογική η οποία να ευνοεί το έργο της συλλογής τους.

Για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων, καθώς υπάρχουν στοχαστικές μεταβλητές που επηρεάζουν το αποτέλεσμα της προσομοίωσης, το κάθε σενάριο εκτελέστηκε 100 φορές και υπολογίστηκε ο μέσος όρος των τιμών που μελετώνται

7.1.1 Παρουσίαση Μετρούμενων Μεγεθών

Ο βασικός παράγοντας κόστους της συγκεκριμένης αποθήκης είναι το ανθρώπινο δυναμικό. Καθώς η συλλογή των παραγγελιών γίνεται χειρωνακτικά υπάρχει αυξημένη ανάγκη για προσωπικό. Για τον λόγο αυτό, μέσα από τα σενάρια της προσομοίωσης επιχειρείται να εξαχθούν συμπεράσματα κυρίως σχετικά με τους εργαζομένους και την κατανομή του χρόνου τους κατά τη διάρκεια της εργασίας τους. Οι εργασίες που εκτελεί καθημερινά ένας εργαζόμενος έχουν κατηγοριοποιηθεί ώστε να μπορούν να μελετηθούν ευκολότερα.

Κατανομή Χρόνου Εργαζομένων

Πιο συγκεκριμένα οι ενέργειες που εκτελεί ένας εργαζόμενος είναι **η ανάγνωση της παραγγελίας, η μετακίνηση μεταξύ των ραφιών και της θέσης συλλογής για την συλλογή και την απόθεση των προϊόντων, η συλλογή των προϊόντων από τα ράφια αλλά και ο χρόνος αδράνειας.**

Το λογισμικό FlexSim παρέχει τη δυνατότητα μέτρησης αυτών των χρόνων κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Οι μεταβλητές που μετρήθηκαν για τους εργαζομένους είναι οι εξής

- i. Idle time – χρόνος αναμονής
- ii. Travel loaded – περπάτημα με προϊόντα στα χέρια
- iii. Travel empty – περπάτημα χωρίς προϊόντα
- iv. Offset travel empty – χρόνος ανάγνωσης παραγγελιών
- v. Loading – συλλογή προϊόντων μπροστά στο ράφι

Η κατανομή του χρόνου παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα ως ποσοστό του συνολικού χρόνου προσομοίωσης

Πίνακας 7.1-1: Κατανομή χρόνου εργαζομένων

	Αναμονή	Περπάτημα	Προετοιμασία	Συλλογή
OperatorA	32%	31%	14%	24%
OperatorAB	61%	23%	5%	11%
OperatorB	35%	31%	13%	22%
OperatorD1	6%	41%	16%	38%
OperatorD2	14%	37%	14%	34%
OperatorE1	9%	41%	15%	36%
OperatorE2	11%	39%	15%	35%
OperatorZ1	18%	36%	15%	31%
OperatorZ2	22%	35%	14%	29%
OperatorH1	20%	35%	15%	30%
OperatorH2	22%	35%	14%	29%
OperatorX_C	43%	9%	33%	15%
Average	24%	33%	15%	28%

Τα αποτελέσματα του πίνακα προέκυψαν όπως έχει αναφερθεί, από τον μέσο όρο 100 επαναλήψεων. Αρχικά έχει αξία να αναφερθούμε στον μέσο όρο των τιμών που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα. Με τον τρόπο αυτό προκύπτει ένα γενικό συμπέρασμα για την αξιοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού από την εταιρεία.

Διάγραμμα 7.1-1: Μέση κατανομή χρόνου εργαζομένων



Όπως προκύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό του χρόνου εργασίας ξοδεύεται στις μετακινήσεις του εργαζομένου μεταξύ των ραφιών για την συλλογή των παραγγελιών. Το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο **33%**. Κάνοντας μάλιστα μία απλή αναγωγή στον παραγωγικό χρόνο, αφαιρώντας δηλαδή τον χρόνο αδράνειας, το ποσοστό πλησιάζει το **40%**.

Το γεγονός αυτό όμως δεν προκαλεί εντύπωση καθώς όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο 4.5 της παρούσας εργασίας, το ποσοστό που ξοδεύεται κατά την διαδικασία picking στις μετακινήσεις ξεπερνά το **50%**. Παρόλα αυτά παραμένει ένα υψηλό ποσοστό και στόχος της εταιρείας είναι να το ελαττώσει. Επιπροσθέτως η δομή της συγκεκριμένης αποθήκης αφήνει περιθώρια για μικρότερους χρόνους μετακίνησης καθώς οι αποστάσεις που εκτελούνται είναι ιδιαίτερα μικρές και περιορισμένες.

Ο χρόνος συλλογής είναι ο χρόνος τον οποίο ξοδεύει ο εργαζόμενος ακριβώς μπροστά από το ράφι συλλογής ώστε να εντοπίσει τον κωδικό που αναζητά, να μετρήσει τις ζητούμενες ποσότητες και να τις συλλέξει. Ο χρόνος αυτός ανέρχεται στο **28%**. Το ποσοστό είναι ιδιαίτερα υψηλό, παρόλα αυτά η βελτίωση του έγκειται σε δύο κύριους παράγοντες. Το πρώτο είναι η απόδοση του ίδιου του προσωπικού, η οποία μπορεί να θεωρηθεί σταθερή και αμετάβλητη. Το δεύτερο είναι το είδος των ραφιών και ο τρόπος αποθήκευσης των προϊόντων. Τα ράφια που διαθέτει η επιχείρηση είναι απλά και δεν παρέχουν κάποια σημαντική διευκόλυνση στη διαδικασία της συλλογής. Οι αλλαγές αυτές δεν αποτελούν αντικείμενο μελέτης στο πλαίσιο αυτής της εργασίας.

Η άλλη μεταβλητή που καταγράφεται είναι η προετοιμασία συλλογής. Ο χρόνος αυτός αναφέρεται στον χρόνο που απαιτείται ώστε ο εργαζόμενος να αναλάβει το τιμολόγιο από το εισερχόμενο καλάθι, να μελετήσει αν υπάρχουν κωδικοί στον τομέα δράσης του και να ξεκινήσει την συλλογή. Ο χρόνος αυτός ανέρχεται στο **15%** του συνολικού.

Τέλος ο χρόνος που καταγράφεται είναι ο άεργος χρόνος που υπάρχει κατά την διάρκεια της βάρδιας, ουσιαστικά ο χρόνος που ο εργαζόμενος δεν έχει κάποια εργασία να κάνει και αναμένει την επόμενη παραγγελία. Ο χρόνος αυτός ανέρχεται στο **24**. Τον χρόνο αυτό η εταιρεία επιθυμεί μέσα από αλλαγές να αυξήσει, ώστε οι εργαζόμενοι να σπαταλάνε λιγότερο χρόνο στην συλλογή παραγγελιών και αν είναι δυνατόν να εξυπηρετούνται σε άλλες εργασίες εντός της αποθήκης.

Φόρτιση και Χρησιμοποίηση Σταθμών

Η αποθήκη είναι χωρισμένη σε σταθμούς όπως έχει αναλυθεί και παραπάνω. Για το παραφάρμακο υπάρχουν δύο σταθμοί οι οποίοι απασχολούν συνολικά 3 εργαζομένους ενώ για το φάρμακο υπάρχουν 4 σταθμοί που απασχολούν από 2 εργαζομένους έκαστος και ένας που απασχολεί έναν. Με την βοήθεια του μοντέλου προσομοίωσης υπολογίστηκε το πλήθος των προϊόντων που διακινούνται από κάθε σταθμό κατά την διάρκεια μίας 8ωρης βάρδιας και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 7.1-2: Πλήθος προϊόντων ανά σταθμό

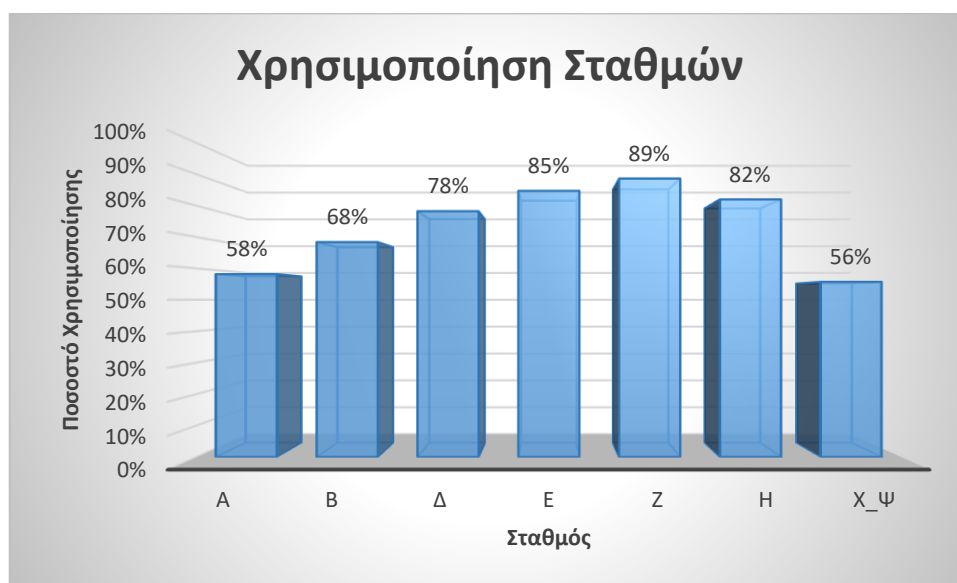
Παραφάρμακο	Σταθμός Α	3296	8%	41206
	Σταθμός Β	3708	9%	
Φάρμακο	Σταθμός Δ	8641	21%	
	Σταθμός Ε	8447	20%	
	Σταθμός Ζ	8410	20%	
	Σταθμός Η	7814	19%	
Γάλατα - Ψυγεία	Σταθμός Χ-Ψ	890	3%	

Όπως φαίνεται υπάρχουν σταθμοί από τους οποίους διακινείται μεγαλύτερο πλήθος προϊόντων σε σχέση με άλλους. Η συντριπτική πλειοψηφία των προϊόντων είναι φάρμακα και προέρχονται από τους σταθμούς Δ, Ε, Ζ, Η.

Μεγαλύτερη αξία όμως από το πλήθος των προϊόντων είναι το ποσοστό φόρτισης των σταθμών κατά τη διάρκεια μίας βάρδιας. Για τις ανάγκες της προσομοίωσης, οι σταθμοί έχουν προσομοιωθεί μέσω των συνδυαστών (combiners). Το αντικείμενο αυτό, όπως όλα τα αντικείμενα της βιβλιοθήκης του Flexsim μπορούν να λάβουν διάφορες καταστάσεις οι οποίες αντιστοιχούν σε μία φάση της λειτουργίας τους. Όλες οι καταστάσεις αντιστοιχούν σε κάποια συγκεκριμένη δραστηριότητα, εκτός από την κατάσταση αδράνειας στην οποία ο σταθμός δεν αξιοποιείται καθώς δεν υπάρχει παραγγελία προς συλλογή.

Αθροίζοντας λοιπόν το ποσοστό του χρόνου κατά τον οποίο οι σταθμοί βρίσκονται σε οποιαδήποτε κατάσταση πλην της αδράνειας, προκύπτει το ποσοστό φόρτισης. Τα ποσοστά αυτά παρέχονται μέσω του διαγράμματος που ακολουθεί.

Διάγραμμα 7.1-2: Ποσοστό χρησιμοποίησης Σταθμών



Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται μια μη συμμετρική και ομοιόμορφη κατανομή του φόρτου στους σταθμούς, κάτι το οποίο φαινόταν ότι θα συμβεί και από τα δεδομένα του Πίνακα 7.1-2: Πλήθος προϊόντων ανά σταθμό.

Το τελευταίο μέγεθος που έχει αξία να μετρηθεί και να καταγραφεί, είναι το ποσοστό του χρόνου κατά τον οποίο οι σταθμοί είναι μπλοκαρισμένοι. Μπλοκαρισμένος θεωρείται ο σταθμός όταν τα καλάθια που προηγούνται είναι τόσα ώστε να καλύπτουν την έκταση της ταινίας μεταφοράς και άρα να μην επιτρέπουν την έξοδο περεταίρω καλαθιών από τους σταθμούς με αποτέλεσμα ενώ έχει ολοκληρωθεί η συλλογή, το καλάθι να παραμένει εγκλωβισμένο στον σταθμό για κάποιο χρονικό διάστημα.

Σύμφωνα με τις προσομοιώσεις που εκτελέστηκαν τα ποσοστά αυτά είναι σχετικά μικρά και δε δημιουργείται πρόβλημα στη λειτουργία της συνεχούς συλλογής παραγγελιών. Πιο συγκεκριμένα τα ακριβή ποσοστά αναφέρονται στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας 7.1-3: Μπλοκαρισμένοι σταθμοί επί του συνολικού χρόνου – Σενάριο I

	Μπλοκαρισμένος
Σταθμός A1	1%
Σταθμός A2	2%
Σταθμός B2	2%
Σταθμός B1	1%
Σταθμός Δ1	1%
Σταθμός Δ2	5%
Σταθμός E1	2%
Σταθμός E2	7%
Σταθμός Z1	2%
Σταθμός Z2	3%
Σταθμός H1	2%
Σταθμός H2	2%
Σταθμός X-Ψ	8%
M.O.	3%

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, οι σταθμοί που επηρεάζονται περισσότερο είναι οι τελευταίοι, δηλαδή ο σταθμός X_Ψ, ο E2 και ο Δ2. Αυτό συμβαίνει επειδή τα καλάθια καθυστερούν να περάσουν από το τελευταίο στάδιο της γραμμής, την συσκευασία. Αποτέλεσμα αυτού η δημιουργία μεγάλης ουράς (bottleneck) η οποία εμποδίζει την έξοδο από προηγούμενους σταθμούς

7.1.2 Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Από την κατανομή του χρόνου ανάμεσα στις δραστηριότητες των εργαζομένων, παρατηρείται πως στους δύο σταθμούς του παραφαρμάκου, A και B, ο φόρτος εργασίας είναι ιδιαίτερα ελαφρύς. Ο χρόνος αδράνειας των εργαζομένων A και B, οι οποίοι εργάζονται αποκλειστικά

στους σταθμούς A και B αντίστοιχα είναι 32% και 35%. Το ποσοστό αυτό είναι ιδιαίτερα υψηλό και αποτελεί φαινόμενο χαμηλού επιπέδου αξιοποίησης των πόρων. Ο εργαζόμενος AB ο οποίος εργάζεται και στους δύο σταθμούς ανάλογα με την ανάγκη που προκύπτει, έχει χρόνο αδράνειας 61%.

Σύμφωνα με τους ανθρώπους της εταιρείας αυτό συμβαίνει λόγω της πρόσφατης διακοπής συνεργασίας με μεγάλη εταιρεία εμπορίου παραφαρμάκου με αποτέλεσμα να μειωθεί σημαντικά το πλήθος των προϊόντων και των παραγγελιών που περιέχουν παραφάρμακα.

Στον αντίποδα, στις θέσεις D και E, ο χρόνος αδράνειας για τους τέσσερις εργαζομένους είναι ιδιαίτερα χαμηλός. Το γεγονός αυτό ελλοχεύει τον κίνδυνο της κόπωσης του εργαζόμενου, με συνέπειες στον ίδιο αλλά και στην αποτελεσματικότητα της διαδικασίας συλλογής. Επίσης δεν δίνει την δυνατότητα στον εργαζόμενο να εκτελέσει κάποιες άλλες μικροεργασίες που ίσως να απαιτούνται κατά την διάρκεια της βάρδιας.

Για την εξομάλυνση αυτού του προβλήματος προτείνεται προς την εταιρεία, η μεταφορά του εργαζόμενου AB από τους σταθμούς A και B, στους σταθμούς D και E στους οποίους σύμφωνα με τα δεδομένα της προσομοίωσης υπάρχει ο μεγαλύτερος όγκος εργασίας.

Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν υπολογισμένα με την μέθοδο της προσομοίωσης αλλά και η διαδικασία υλοποίησης αυτής της πρότασης αναλύονται στο επόμενο κεφάλαιο.

7.2 Εκτέλεση Σεναρίου II - Αλλαγή Θέσης Εργασίας

Πέραν του σεναρίου που προσομοιώνει την παρούσα κατάσταση της αποθήκης, σχεδιάστηκαν και παραμετροποιήθηκαν 3 ακόμα σενάρια με βελτιωτικές προτάσεις προς την εταιρεία. Το πρώτο από τα τρία αυτά σενάρια, το Σενάριο II, προτείνει μία αλλαγή στον τρόπο διαχωρισμού των εργαζομένων στις θέσεις εργασίας. Μία τέτοια αλλαγή δεν επιφέρει κανένα απολύτως κόστος προς την εταιρεία και μπορεί να γίνει άμεσα χωρίς να απαιτείται η αναπροσαρμογή του τρόπου συλλογής και της ταινίας μεταφοράς.

Από τα αποτελέσματα του σεναρίου I, παρατηρήθηκε πως η χρησιμοποίηση των εργαζομένων, δηλαδή ο χρόνος που απασχολούνται σε κάποια από τις δραστηριότητες της συλλογής δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένος σε όλους τους εργαζομένους. Πιο απλά κάποιοι από τους εργαζόμενους εργάζονται περισσότερο από κάποιους άλλους.

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο της ανάλυσης των αποτελεσμάτων του Σεναρίου I, οι εργαζόμενοι στους σταθμούς παραφαρμάκου, A και B, έχουν σημαντικά μεγαλύτερο χρόνο αδράνειας από τους τέσσερις εργαζόμενους των σταθμών D και E. Για την κάλυψη αυτής της διαφοράς, προτείνεται προς την εταιρεία **η μεταφορά του ενός από τους τρεις**

εργαζομένους των σταθμών A και B στους σταθμούς D και E όπου υπάρχει μεγαλύτερο πλήθος παραγγελιών. Πιο συγκεκριμένα, ο εργαζόμενος AB, που απασχολείται και στους δύο σταθμούς του παραφαρμάκου θα μεταφερθεί μεταξύ των σταθμών D και E. Ο εργαζόμενος αυτός που πλέον θα ονομάζεται DE, για κάθε παραγγελία που θα αναλαμβάνει θα συλλέγει τα προϊόντα και από τον σταθμό D και από τον E, χωρίς ενδιάμεσα να επιστρέφει το καλάθι στην ταινία μεταφοράς και μετά το πέρας της συλλογής θα επιστρέφει το καλάθι στην ταινία μεταφοράς μετά από τον σταθμό E.

Μετά την παραμετροποίηση του μοντέλου σύμφωνα με τα νέα δεδομένα, εκτελέστηκε η προσομοίωση με τα ίδια χαρακτηριστικά με του Σεναρίου I και μετρήθηκαν τα ίδια μεγέθη τα οποία και παρουσιάζονται παρακάτω.

Σύμφωνα με το προτεινόμενο προς την εταιρεία σενάριο, ο εργαζόμενος AB καθώς και οι θέσεις εργασίας A2 και B2 θα αφαιρεθούν από τον χώρο του παραφαρμάκου. Στους σταθμούς A και B θα εργάζονται οι εργαζόμενοι A και B στις θέσεις A1 και B1 αντίστοιχα.

Αντί αυτών θα δημιουργηθεί μία νέα θέση συλλογής, DE, η οποία θα τοποθετηθεί μεταξύ των σταθμών D και E. Στην θέση εργασίας αυτή θα μεταφερθεί ο εργαζόμενος AB ο οποίος για αυτό το σενάριο θα αναφέρεται πλέον ως DE. Ο σταθμός DE και άρα ο εργαζόμενος DE, θα απασχολείται τόσο στον D όσο και στον E σταθμό. Η ιδιαιτερότητα στην εργασία του είναι ότι αποκλειστικά για αυτόν τον εργαζόμενο, η συλλογή από τους σταθμούς D και E θα γίνεται σαν να είναι ένας σταθμός. Δηλαδή, όταν μία παραγγελία θα εισέρχεται στον σταθμό, θα συλλέγονται ταυτόχρονα όσα προϊόντα προέρχονται από τους σταθμούς D και E. Κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει με κανέναν άλλο εργαζόμενο, καθώς ο καθένας συλλέγει τα προϊόντα που βρίσκονται αποθηκευμένα στον σταθμό του.

Πίνακας 7.2-1: Μέση Κατανομή Χρόνου Εργαζομένων - Σενάριο II

	Αναμονή	Περπάτημα	Προετοιμασία	Συλλογή
OperatorA	22%	35%	16%	27%
OperatorB	18%	39%	16%	27%
OperatorD1	28%	31%	12%	29%
OperatorD2	31%	30%	11%	28%
OperatorDE	33%	35%	5%	27%
OperatorE1	27%	32%	12%	29%
OperatorE2	30%	31%	11%	28%
OperatorZ1	20%	35%	15%	30%
OperatorZ2	23%	34%	14%	29%
OperatorH1	21%	35%	15%	30%
OperatorH2	23%	34%	14%	29%
OperatorX_C	44%	8%	33%	15%
Average	30%	32%	13%	25%

Η αλλαγή θέσης του εργαζομένου δημιούργησε, σύμφωνα με το πρόγραμμα προσομοίωσης, σημαντικά για την λειτουργία της αποθήκης, αποτελέσματα. Οι αλλαγές αποτυπώνονται όπως είναι φυσικό για τους σταθμούς A, B, D και E. Ο χρόνος αδράνειας των εργαζομένων στους σταθμούς A έως και H κυμαίνεται μεταξύ 20% και 30%. Η υπερβολική φόρτιση των εργαζομένων στις θέσεις D και E, εξισορροπήθηκε με τον μεγάλο χρόνο αδράνειας των εργαζομένων A, B και AB.

Ο παρακάτω πίνακας εστιάζει στα μεγέθη και στους εργαζομένους που επίδρασε η αλλαγή αυτή.

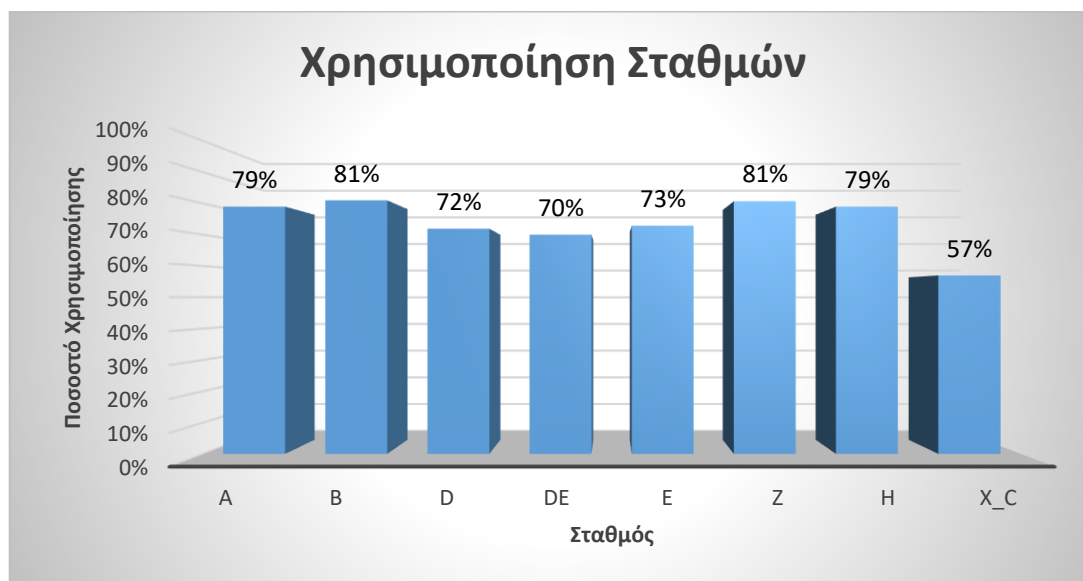
Πίνακας 7.2-2:Αποτελέσματα Αλλαγής Θέσης Εργαζομένου

ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΙ	ΑΔΡΑΝΗΣ ΧΡΟΝΟΣ	
	Σενάριο I	Σενάριο II
A	32%	22%
B	35%	18%
D1	6%	28%
D2	14%	31%
AB-> DE	61%	33%
E1	9%	27%
E2	11%	30%

Στην παραπάνω σύγκριση αναφέρεται μόνο η κατάσταση της αδράνειας, καθώς ο χρόνος αυτός καθορίζει την χρησιμοποίηση του κάθε εργαζομένου.

Το ίδιο συμβαίνει και με τον χρόνο χρήσης και αξιοποίησης των σταθμών. Η αλλαγή της θέσεις των εργαζομένων, είχε σημαντική επίδραση στο ποσοστό φόρτισης των σταθμών όπως αυτό φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα.

Διάγραμμα 7.2-1: Χρησιμοποίηση Σταθμών - Σενάριο II



Η χρησιμοποίηση των σταθμών είναι ένα μέγεθος που αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Εκεί παρατηρήθηκε πως κάποιοι σταθμοί είχαν πολύ μεγαλύτερο φόρτο από κάποιους άλλους λόγω της λανθασμένης τοποθέτησης των εργαζομένων στα διάφορα πόστα. Μετά την αλλαγή της θέσης εργασίας του εργαζόμενου, η χρησιμοποίηση και η φόρτιση των σταθμών εξομαλύνθηκε σε σημαντικό βαθμό όπως αυτό περιγράφεται από το παραπάνω διάγραμμα. Οι τιμές κυμαίνονται από 70% - 81%, πράγμα που σημαίνει πως οι σταθμοί ούτε υπολειπούνται αλλά και πως υπάρχει η δυνατότητα για αύξηση της παραγωγικότητας της γραμμής συλλογής.

7.3 Εκτέλεση Σεναρίου III – Αλλαγή Θέσης Αποθήκευσης Προϊόντων

Πριν την ανάλυση του σεναρίου πρέπει να σημειωθεί πως το Σενάριο III είναι ανεξάρτητο από το Σενάριο II. Συνεπώς οι όποιες αλλαγές αναφέρονται γίνονται στην παρούσα κατάσταση της αποθήκης, αυτή δηλαδή που περιγράφεται από το Σενάριο I.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι, μέσω της μεθόδου της προσομοίωσης, να δοκιμάσει βελτιωτικά σενάρια και να αξιολογήσει τα αποτελέσματά τους. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, κατά την ανάλυση της κατανομής του χρόνου των εργαζομένων στις επιμέρους δραστηριότητες, οι εργαζόμενοι αφιερώνουν μεγάλο μέρος του χρόνου τους στις μετακινήσεις μεταξύ των ραφιών.

Στην επιχείρηση που μελετάται, τα προϊόντα είναι τοποθετημένα στα ράφια με τρόπο που δεν ακολουθεί κάποια συγκεκριμένη λογική ώστε να ευνοείται η συλλογή τους. Εκμεταλλευόμενοι

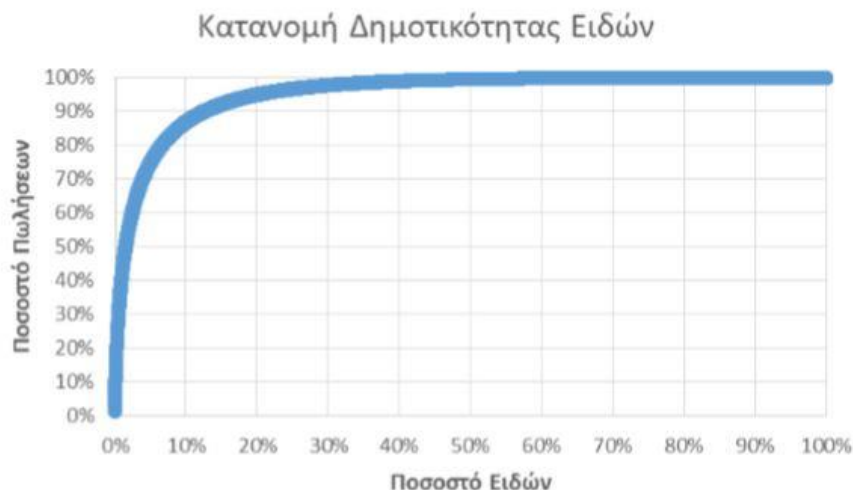
τα στοιχεία που παρέχει η εταιρεία σχετικά με την κινητικότητα των κωδικών, μπορούμε να καταλήξουμε σε ασφαλή συμπεράσματα.

Εκμεταλλεούμενοι τις πωλήσεις του περασμένου έτους, κατηγοριοποιήθηκαν οι κωδικοί ανάλογα με την ποσότητα που πωλήθηκε. Η εταιρεία διακινεί συνολικά 23045 κωδικούς οι οποίοι μοιράστηκαν σε 6 κλάσεις όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 7.3-1: Κινητικότητα Κωδικών

Κινητικότητα	Πλήθος
0	6722
1-100	10861
101-1000	3697
1001-10000	1502
10001-100000	252
100001-1000000	6
Σύνολο Κωδικών	23045

Στην συνέχεια μεταξύ των στοιχείων που δόθηκαν από την εταιρεία είναι και η κατανομή της δημοτικότητας των ειδών. Δηλαδή ένα διάγραμμα που συσχετίζει το ποσοστό των κωδικών με το ποσοστό των πωλήσεων.



Εικόνα 7.3-1: Κατανομή Δημοτικότητας Προϊόντων

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα, που προέκυψε από τα δεδομένα των περσινών πωλήσεων της εταιρείας, το συντριπτικό ποσοστό των πωλήσεων προέρχεται από ένα εξαιρετικά μικρό ποσοστό των κωδικών. Πιο συγκεκριμένα το **85%** των πωλήσεων προέρχεται από μόλις το **15%** των κωδικών. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει και με το παραπάνω την

αναλογία Pareto. Κατόπιν αυτής της παρατήρησης και με σκοπό τη βελτίωση της λειτουργίας της αποθήκης προτείνεται και αναλύεται η παρακάτω διαφοροποίηση στον τρόπο που θα αποθηκεύονται τα προϊόντα.

7.3.1 Πρόταση Αναδιοργάνωσης Θέσεων Αποθήκευσης

Όπως έχει αναλυθεί εκτενώς ήδη, τα προϊόντα δεν είναι αποθηκευμένα με κάποια συγκεκριμένη λογική, η οποία να στοχεύει στην διευκόλυνση του εργαζόμενου κατά την συλλογή. Η αλλαγή της θέσης που αποθηκεύονται κάποιοι κωδικοί, είναι μία βελτιωτική κίνηση η οποία δεν απαιτεί κάποιο σημαντικό κόστος για την υλοποίησή της, παρά μόνο κάποιες εργατοώρες ώστε να μεταφερθούν τα προϊόντα στις νέες θέσεις τους. Για τον λόγο αυτό επιλέγεται να εξετασθεί ως προς τα αποτελέσματά της.

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα η αναλογία Pareto επιβεβαιώνεται και μάλιστα σε πιο ακραίες τιμές. Παρόλα αυτά η νέα σχεδίαση θα πραγματοποιηθεί με τα δεδομένα που ορίζει η αναλογία Pareto, ότι δηλαδή το **70%** των πωλήσεων προέρχεται από το **30%** των κωδικών.

Ο κάθε σταθμός συλλογής αποτελείται από ένα σύνολο ραφιών. Η νέα λογική αποθήκευσης προϋποθέτει τον διαχωρισμό των σταθμών σε 3 επιμέρους ζώνες. Πιο συγκεκριμένα ο κάθε σταθμός αποτελείται από την χρυσή, την ασημένια και την χάλκινη ζώνη. Στην **χρυσή ζώνη** εντάσσονται τα ράφια τα οποία βρίσκονται κοντά στο σημείο έναρξης της συλλογής, δηλαδή κοντά στον ραουλόδρομο. Στην **ασημένια ζώνη** βρίσκονται τα κεντρικά ράφια κάθε σταθμού και τέλος στην **χάλκινη ζώνη** ανήκουν τα πίσω ράφια κάθε σταθμού. Κατά συνέπεια για τα προϊόντα που βρίσκονται στην χρυσή ζώνη ο εργαζόμενος για την συλλογή τους περπατάει πολύ λιγότερο σε σχέση με τα προϊόντα της ασημένιας ή και της χάλκινης ζώνης.

Περνώντας στον σχεδιασμό της παραπάνω αλλαγής στο λογισμικό Flexsim πρέπει να γίνουν κάποιες διευκρινίσεις. Εφαρμόζοντας την θεωρία 70/30 και την λογική των ζωνών μπορούμε να καταλήξουμε σε μία παραδοχή ότι για κάθε σταθμό ισχύει πως:

- Το **70%** των προϊόντων προέρχεται από τη χρυσή ζώνη
- Το **20%** των προϊόντων προέρχεται από την ασημένια ζώνη
- Το **10%** των προϊόντων προέρχεται από την χάλκινη ζώνη

Για τη μεταφορά των πιο πάνω αλλαγών στο μοντέλο της προσομοίωσης πρέπει να μεταβληθεί το κομμάτι του κώδικα που ορίζει από ποια ράφια θα είναι τα προϊόντα της κάθε παραγγελίας. Η εκτενής ανάλυση του κώδικα έχει ήδη παρουσιαστεί στον Πίνακα 6.1-3: Κώδικας Δημιουργίας Ετικετών.

Πίνακας 7.3-2: Πίνακας Δημιουργίας Ετικετών II

```

treenode item = parnode(1);
treenode current = ownerobject(c);
int rownumber = parval(2);

int index;
int grammes = duniform(1,10,1) ; //γραμμές/παραγγελία με ομοιόμορφη κατανομή//
counter=0; //βοηθητική μεταβλητή για την ύπαρξη η μη παραφαρμάκου//
int row;
for (index=1; index<=grammes; index++) //επαναληπτική διαδικασία για όλες τις
γραμμές της παραγγελίας//
{
int station=duniform(1,100,1);//καθορισμός σταθμού που ανήκει η γραμμή με βάση τον
;;;//
int perzone=duniform(1,10,1);

if (station>=1 && station<=9) //Stathmos A//
{
counter++;
if (perzone<=7) //Gold Zone//
{row = duniform(1,6,1);}
else if (perzone>=8 && perzone<=9) //Silver Zone//
{row = duniform(6,13,1);}
else if (perzone==10) //Bronze Zone
{row = duniform(14,21,1);}
}

else if (station>=10 && station<=20) //Stathmos B//
{
counter++;
if (perzone<=7) //Gold Zone//
{row = duniform(22,26,1);}
else if (perzone>=8 && perzone<=9) //Silver Zone//
{row = duniform(27,35,1);}
else if (perzone==10) //Bronze Zone
{row = duniform(36,45,1);}
}

else if (station>=21 && station<=38) //Stathmos D//
{
if (perzone<=7) //Gold Zone//
{row = duniform(46,49,1);}
else if (perzone>=8 && perzone<=9) //Silver Zone//
{row = duniform(50,56,1);}
else if (perzone==10) //Bronze Zone
{row = duniform(57,62,1);}
}

else if (station>=39 && station<=57) //Stathmos E//
{
if (perzone<=7) //Gold Zone//
{row = duniform(63,67,1);}
else if (perzone>=8 && perzone<=9) //Silver Zone//
{row = duniform(68,74,1);}
else if (perzone==10) //Bronze Zone
{row = duniform(75,81,1);}
}
}

```

```

else if (station>=58 && station<=77) //Stathmos Z//
    {if (perzone<=7) //Gold Zone//
        {row = duniform(82,86,1);}
    else if (perzone>=8 && perzone<=9) //Silver Zone//
        {row = uniform(87,94,1);}
    else if (perzone==10) //Bronze Zone
        {row = duniform(95,102,1);}}

else if (station>=78 && station<=96) //Stathmos H//
    {if (perzone<=7) //Gold Zone//
        {row = duniform(103,106,1);}
    else if (perzone>=8 && perzone<=9) //Silver Zone//
        {row = duniform(107,114,1);}
    else if (perzone==10) //Bronze Zone
        {row = duniform(115,122,1);}}

else if (station>97) //Stathmos X+Ψ//
    {row = duniform(123,124,1);}

treenode involved = item;
string labelname = gettablestr("Codes",row,1);

```

Όσον αφορά το προγραμματιστικό μέρος η διαφορά είναι πως για κάθε σταθμό υπάρχει μία ακόμα λογική συνάρτηση, η οποία με βάση μία τυχαία μεταβλητή, *perzone*, η οποία παίρνει τιμές από 1 έως 10, καθορίζει από ποια ζώνη θα είναι ο κωδικός που θα συμπεριληφθεί στην παραγγελία.

7.3.2 Αποτελέσματα Σεναρίου III

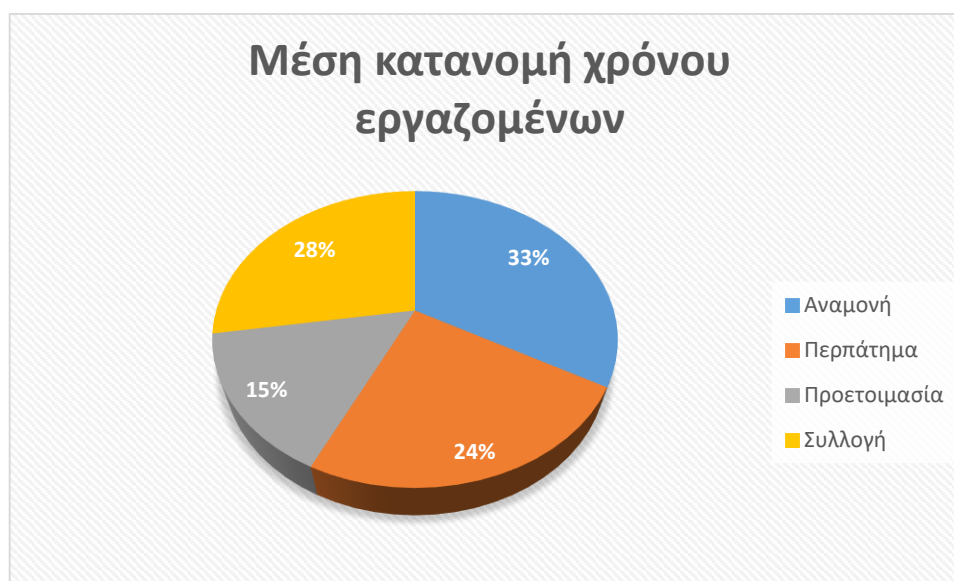
Στο νέο πλέον σενάριο έχει αξία να μετρηθούν ξανά τα κρίσιμα μεγέθη που καθορίζουν την λειτουργία μίας αποθήκης όπως έγινε και για το υφιστάμενο σενάριο. Το σημαντικότερο μέγεθος που απασχολεί είναι η χρησιμοποίηση των εργαζομένων. Όπως είναι γνωστό από το προηγούμενο κεφάλαιο ο εργαζόμενος κατά την διάρκεια της προσομοίωσης μπορεί να λάβει 4 πιθανές καταστάσεις. Περπάτημα, συλλογή, προετοιμασία συλλογής και αδράνεια. Το ποσοστό επί του συνολικού χρόνου που ξοδεύει κάθε εργαζόμενος στην κάθε κατάσταση αλλά και ο μέσος όρος αυτών παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 7.3-3: Κατανομή Χρόνου Εργαζομένων II

	Αναμονή	Περπάτημα	Προετοιμασία	Συλλογή
OperatorA	37%	24%	14%	25%
OperatorAB	75%	13%	4%	8%
OperatorB	40%	23%	14%	23%
OperatorD1	21%	28%	15%	36%
OperatorD2	24%	27%	13%	34%
OperatorE1	18%	31%	15%	36%
OperatorE2	20%	30%	15%	35%
OperatorZ1	28%	27%	14%	30%
OperatorZ2	30%	26%	15%	29%
OperatorH1	30%	25%	15%	28%
OperatorH2	33%	24%	15%	28%
OperatorX_C	42%	9%	34%	15%
Average	33%	24%	15%	28%

Ιδιαίτερη σημασία για την αποτίμηση της συνολικής λειτουργίας της αποθήκης είναι η μελέτη του μέσου όρου των χρόνων για το σύνολο των εργαζομένων.

Διάγραμμα 7.3-1: Μέση Κατανομή Χρόνου Εργαζομένων - Σενάριο III



Διαβάζοντας το παραπάνω διάγραμμα έχουμε ότι ο άεργος χρόνος ανέρχεται στο **33%**, ο χρόνος που μετακινείται ο εργαζόμενος μεταξύ των ραφιών είναι το **21%** του συνολικού ενώ η διαδικασία της ολοκλήρωσης μίας παραγγελίας απασχολεί κατά τον υπόλοιπο χρόνο τον εργαζόμενο με επιμέρους **15%** για την προετοιμασία της συλλογής και **28%** για την συλλογή από τα ράφια.

Με την αλλαγή που έγινε στον τρόπο αποθήκευσης των προϊόντων και περιεγράφηκε παραπάνω, αναμένεται οι εργαζόμενοι να εκτελούν την ίδια εργασία, να συλλέγουν δηλαδή το

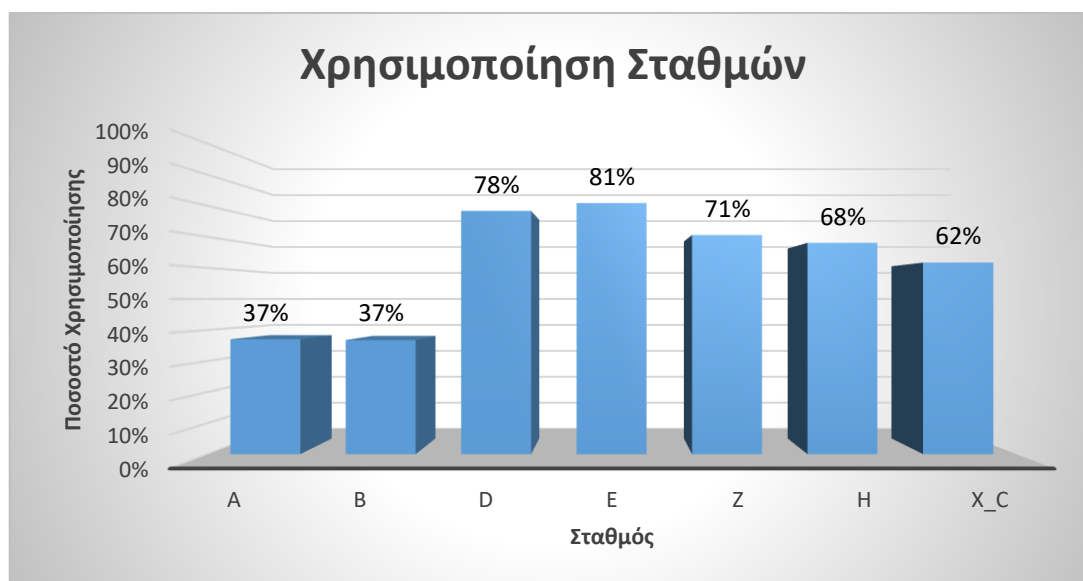
ίδιο πλήθος παραγγελιών από τις ίδιες θέσεις απλά με την μόνη διαφορά πως θα σπαταλούν λιγότερο χρόνο για περπάτημα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης όταν αυτά συγκριθούν με την παρούσα κατάσταση της αποθήκης, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 7.3-4: Μέσο αποτέλεσμα Σεναρίου III

Κατάσταση	Κατανομή Χρόνου		
	Σενάριο I	Σενάριο III	Διαφορά
Αναμονή	24%	33%	9%
Περπάτημα	33%	24%	-9%
Προετοιμασία	15%	15%	0%
Συλλογή	28%	28%	0%

Αξία έχει να αναφερθούμε και στα νέα ποσοστά φόρτισης των σταθμών. Υπενθυμίζεται πως φόρτιση ή χρησιμοποίηση σταθμού ορίζεται το ποσοστό επί του συνολικού χρόνου κατά το οποίο οι combiners βρίσκονται σε οποιαδήποτε άλλη κατάσταση πέρα από την αδράνεια. Για τους σταθμούς που έχουν 2 σταθμούς χρησιμοποιείται ο μέσος όρος αυτών. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται μέσω του παρακάτω διαγράμματος.

Διάγραμμα 7.3-2: Ποσοστό Χρησιμοποίησης Σταθμών - Σενάριο III



Όπως προκύπτει και από την ανάγνωση του παραπάνω διαγράμματος, οι σταθμοί είναι φορτισμένοι με τρόπο ανάλογο του Σεναρίου I, μόνο που σε αυτή την περίπτωση είναι κατά ένα ποσοστό της τάξεως του 10% λιγότερο αξιοποιημένοι.

Το τελευταίο μέγεθος που μετρήθηκε και στα δύο σενάρια είναι ο χρόνος κατά τον οποίο οι θέσης συλλογής και πιο συγκεκριμένα οι έξοδοι των θέσεων αυτών είναι κλειστές από προπορευόμενα καλάθια συλλογής και άρα η έξοδος θεωρείται μπλοκαρισμένη (blocked)

καθώς δεν επιτρέπεται η διέλευση νέων καλαθιών. Και αυτό το μέγεθος εκφράζεται ως ποσοστό του συνολικού χρόνου προσομοίωσης και παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 7.3-5: Χρόνος Μπλοκαρισμένων Θέσεων Συλλογής III

Συνδυαστής	Μπλοκαρισμένος
A1	1%
A2	0%
B2	0%
B1	1%
D1	1%
D2	2%
E1	1%
E2	1%
Z1	1%
Z2	1%
H1	1%
H2	2%
X_C	7%
MEAN	2%

7.4 Εκτέλεση Σεναρίου IV – Ταυτόχρονη Εφαρμογή Σεναρίων II & III

Στα προηγούμενα δύο κεφάλαια προτάθηκαν, αναλύθηκαν και μετρήθηκαν δύο υποθετικά σενάρια τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν βελτιωτικά στην διαδικασία συλλογής των παραγγελιών. Στο τελευταίο αυτό σενάριο θα υπολογιστεί η επίδραση που έχει στο μοντέλο η ταυτόχρονη εφαρμογή και των δύο σεναρίων. Πιο συγκεκριμένα, στο Σενάριο IV, ο εργαζόμενος AB έχει μετακινηθεί και ονομάζεται DE καθώς εργάζεται στους ομώνυμους σταθμούς, ενώ τα προϊόντα είναι τοποθετημένα με τρόπο ώστε να διευκολύνεται η συλλογής τους και να μειώνονται οι αποστάσεις κάνοντας χρήση του νόμου Pareto.

Πίνακας 7.4-1: Κατανομή Χρόνου Εργαζομένων - Σενάριο IV

	Αναμονή	Περπάτημα	Προετοιμασία	Συλλογή
OperatorA	33%	26%	15%	27%
OperatorB	31%	27%	15%	27%
OperatorD1	40%	21%	12%	27%
OperatorD2	40%	21%	11%	28%
OperatorDE	34%	32%	6%	28%
OperatorE1	40%	23%	11%	26%
OperatorE2	40%	23%	11%	26%
OperatorZ1	30%	26%	14%	29%
OperatorZ2	34%	25%	14%	27%
OperatorH1	31%	25%	15%	30%
OperatorH2	32%	24%	14%	29%
OperatorX_C	43%	9%	33%	15%
Average	36%	23%	13%	26%

Σκοπός όλων των σεναρίων είναι να προτείνουν βελτιωτικές λύσεις τις οποίες αποδεικνύουν με τα νούμερα που προκύπτουν από την προσομοίωση. Κατά συνέπεια στο Σενάριο IV, που αποτελεί το τελευταίο σενάριο και έχει τις περισσότερες αλλαγές, πρέπει να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων του με τα αποτελέσματα του σεναρίου I, δηλαδή της υφιστάμενης κατάστασης στην αποθήκη. Στον παρακάτω πίνακα συγκρίνονται οι μέσες τιμές του χρόνου των 4 διακριτών καταστάσεων που μπορεί να λάβει ο εργαζόμενος κατά την συλλογή.

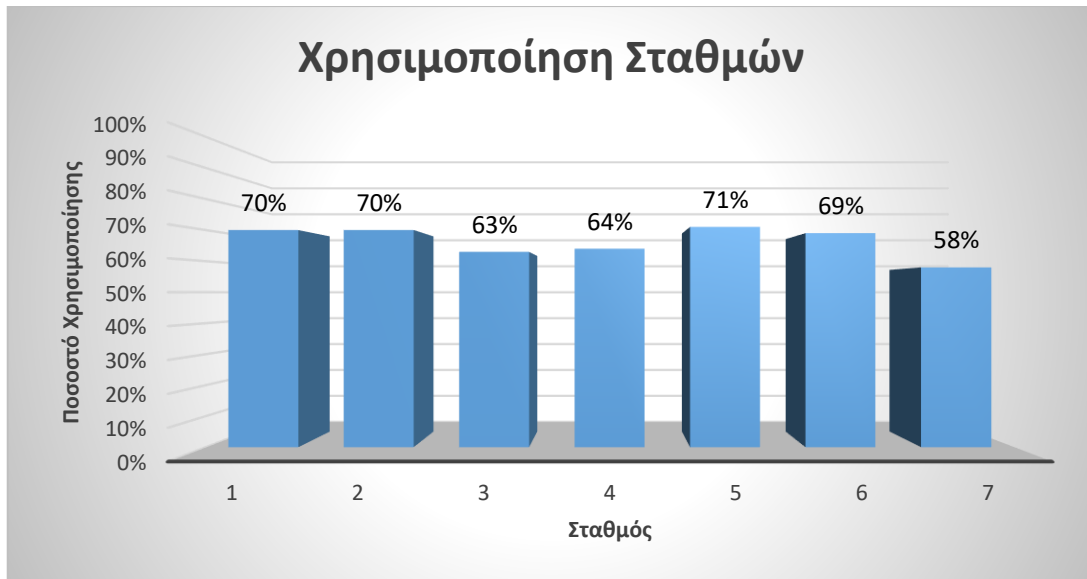
Πίνακας 7.4-2: Αποτελέσματα Σεναρίου IV

	ΣΕΝΑΡΙΟ I	ΣΕΝΑΡΙΟ IV	ΔΙΑΦΟΡΑ
ΑΝΑΜΟΝΗ	24%	36%	12%
ΠΕΡΠΑΤΗΜΑ	33%	23%	-10%
ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ	15%	13%	-2%
ΣΥΛΛΟΓΗ	28%	28%	0%

Το κέρδος των παραπάνω σεναρίων μπορεί να θεωρηθεί η θετική μεταβολή του χρόνου αδρανείας. Όπως φαίνεται στον πίνακα, ο χρόνος αδρανείας των εργαζομένων αυξήθηκε κατά 12%. Αυτό σημαίνει ότι οι εργαζόμενοι ολοκληρώνουν τον ίδιο όγκο εργασίας σε **12% λιγότερο χρόνο**. Το κέρδος αυτό προήλθε κυρίως από την σημαντική μείωση του χρόνου περπατήματος, το οποίο προέκυψε από την τοποθέτηση των προϊόντων που κινούνται συχνά, κοντά στην ταινία μεταφοράς. Το υπόλοιπο προήλθε από την προετοιμασία της παραγγελίας, εφόσον πλέον ο εργαζόμενος διαβάζει μία φορά την παραγγελία για να συλλέξει τα προϊόντα από τους σταθμούς D και E, σε αντίθεση με ότι έκανε στις θέσεις A και B όπου η παραγγελία έβγαινε δύο φορές στην ταινία μεταφοράς για να συλλεχθεί.

Η αναδιοργάνωση του τρόπου συλλογής παραγγελιών οδήγησε και σε σημαντική μείωση της φόρτισης των σταθμών συλλογής των φαρμάκων. Η φόρτιση που προκύπτει μετά την εκτέλεση του σεναρίου IV παρουσιάζεται μέσω του επόμενου διαγράμματος

Διάγραμμα 7.4-1: Χρησιμοποίηση Σταθμών - Σενάριο IV



Το 12% του συνολικού χρόνου που προέκυψε είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό εύρημα, καθώς η μετάφραση αυτού σε εργατώρες μπορεί να σημαίνει σημαντική οικονομία για την εταιρεία. Η βάρδια διαρκεί 8 ώρες και στο τμήμα που μελετάμε απασχολούνται 12 εργαζόμενοι. Συνεπώς η κάθε βάρδια αντιστοιχεί σε **96 εργατώρες**. Σύμφωνα με τους παραπάνω υπολογισμούς, οι εργασίες εκτελούνται 12% γρηγορότερα άρα απαιτούνται **11,5 λιγότερες εργατώρες** ή αλλιώς **1,44 εργαζόμενοι**. Το αποτέλεσμα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την διοίκηση της αποθήκης καθώς της γίνεται γνωστό πως μπορεί να αυξήσει την παραγωγικότητα της αποθήκης χωρίς να χρειαστεί να αυξήσει το προσωπικό της

8 Συμπεράσματα –Μελλοντικές Ενέργειες

Ο στόχος της παρούσας εργασίας ήταν διπτός. Από την μία, επιχείρησε να αναδείξει την αξία της προσομοίωσης στην σύγχρονη αγορά που συνεχώς εξελίσσεται και επιβάλλει τους ρυθμούς της σε όποια εταιρεία επιθυμεί να επιβιώσει στο συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Από την άλλη, επιχείρησε να αναδείξει αδυναμίες και να προτείνει βελτιώσεις σε μία πραγματική περίπτωση με την χρήση του εργαλείου της προσομοίωσης.

Στο παραπάνω κεφάλαιο αναλύθηκαν 4 σενάρια που αφορούν την λειτουργία της φαρμακαποθήκης που μελετάται. Τα 3 από τα 4 αφορούν αλλαγές – προτάσεις προς την διοίκηση της εταιρείας, η οποίες χωρίς κάποιο επιπλέον κόστος μπορούν να βελτιώσουν την λειτουργικότητα της αποθήκης κάνοντας την πιο αποδοτική με αποτέλεσμα να υπάρχει η δυνατότητα επιλογής μεταξύ της περικοπής προσωπικού και της δυνατότητας αύξησης των παραγγελιών που εξυπηρετεί. Όπως αναφέρθηκε, οι αλλαγές που προτάθηκαν μπορούν να χαρακτηριστούν «μαλακές» καθώς μπορούν να εκτελεστούν χωρίς κάποιο κεφάλαιο από την εταιρεία. Αυτό έχει σαν συνέπεια, τα αποτελέσματα τους να μην είναι τόσο δραστικά όπως για παράδειγμα θα συνέβαινε εάν εφαρμόζονταν αλλαγές που απαιτούσαν αγορά εξοπλισμού, τεχνογνωσίας και λογισμικού. Παρόλα αυτά τα οφέλη που προσέφεραν οι αλλαγές αυτές μπορούν να χαρακτηριστούν σημαντικά για την εταιρεία. Σύμφωνα με το Σενάριο II, ο φόρτος εργασίας εξισορροπείται για όλους τους εργαζομένους και κατά μέσο όρο μειώνεται κατά 6% ο συνολικός χρόνος δουλειάς. Στο Σενάριο III, μειώθηκε κατά 9% ο χρόνος βαδίσματος λόγω της αλλαγής στον τρόπο αποθήκευσης των προϊόντων γεγονός που σημαίνει λιγότερος απαιτούμενος χρόνος εργασίας για τον ίδιο όγκο παραγγελιών. Στο Σενάριο IV εφαρμόστηκαν συνδυαστικά τα δύο προηγούμενα σενάρια. Το αποτέλεσμα ήταν 12% λιγότερος χρόνος εργασίας ο οποίος προέκυψε από την μείωση του χρόνου βαδίσματος αλλά και την μείωση του χρόνου προετοιμασίας συλλογής της κάθε παραγγελίας.

8.1 Προτάσεις για το Μέλλον

Τα παραπάνω αποτελέσματα μπορεί να αποτελέσουν μία σημαντική πληροφορία για οποιαδήποτε επιχείρηση καθώς περιέχουν πληροφορίες οι οποίες μπορούν να μειώσουν το κόστος λειτουργίας τους ή να αυξήσουν την παραγωγικότητα τους. Παρόλα αυτά, κατά την μελέτη αυτής της αποθήκης και μετά την πλήρη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της, μπορούν να καταγραφούν έστω και σε θεωρητικό επίπεδο κάποιες προτάσεις που πιθανώς να εφαρμοστούν στο μέλλον

Ο βασικός παράγοντας που προσθέτει άχρηστο χρόνο στην διαδικασία της συλλογής είναι το γεγονός ότι όλα τα καλάθια εισέρχονται σε όλους τους σταθμούς, ακόμα και αν δεν υπάρχουν

προϊόντα προς συλλογή. Θα ήταν πολύ καλό για την ταχύτερη και ομαλότερη λειτουργία της αποθήκης, τα καλάθια να εισέρχονται μόνο στους σταθμούς που υπάρχουν προϊόντα προς συλλογή. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να γίνει χρήση της τεχνολογίας και να αγοραστεί εξοπλισμός από την εταιρεία, καθώς με τα υπάρχοντα μέσα κάτι τέτοιο δεν θα μπορούσε να εφαρμοστεί. Η λειτουργικότητα αυτή θα μπορούσε να επιτευχθεί με την χρήση της τεχνολογίας του RFID. Κατά μήκος της ταινία μεταφοράς και πριν την έξοδο για κάθε σταθμό, να τοποθετηθούν δέκτες RFID οι οποίοι θα διαβάζουν τα σήματα από τα καλάθια που θα διέρχονται. Ένας εργαζόμενος θα είναι υπεύθυνος στην αρχή της ταινίας μεταφοράς, να διαβάζει τις παραγγελίες και να τοποθετεί εντός του καλαθιού τους πομπούς RFID που απαιτούνται ώστε να εξέλθει της ταινίας στους σταθμούς που απαιτείται ανάλογα με την παραγγελία. Η αλλαγή αυτή θα μείωνε σημαντικά τον χρόνο συλλογής ανά παραγγελία αλλά απαιτεί μία σημαντική οικονομική επένδυση από την πλευρά της εταιρείας, η τεχνοοικονομική ανάλυση της οποίας δεν πραγματοποιήθηκε και συνεπώς δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως συμφέρουσα ή μη.

8.2 Προσωπική Εμπειρία

Η εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής θεωρώ πως μου προσέφερε σημαντικές εμπειρίες. Αρχικά καταπιάστηκα και ολοκλήρωσα μία πλήρη μελέτη, την πρώτη από πολλές που θα ακολουθήσουν στην καριέρα μου σαν Μηχανικός Παραγωγής. Το συγκεκριμένο θέμα μου έδωσε την ευκαιρία να γνωρίσω την «τέχνη» της προσομοίωσης, ένα εργαλείο πολύ σημαντικό το οποίο δεν διδασκόμαστε σε ικανοποιητικό βαθμό κατά την διάρκεια της σχολής. Το γεγονός αυτό μου έδωσε την ευκαιρία να αναζητήσω καινούριες πηγές πληροφοριών, απαραίτητες για την ολοκλήρωση της διπλωματικής. Μου έδωσε επίσης την ευκαιρία να εξοικειωθώ με ένα πολύ χρήσιμο λογισμικό, το Flexsim και στο εξής να αποτελεί ένα ακόμα εφόδιο για την μετέπειτα καριέρα μου. Κατά την εκπόνηση της διπλωματικής μου βέβαια, κατανόησα και πράγματα που είχαν διδαχθεί σε θεωρητικό επίπεδο κατά την διάρκεια των σπουδών μου, καθώς μου δόθηκε η ευκαιρία να δω πως αυτά εφαρμόζονται σε μία πραγματική επιχείρηση, όπως η αποθήκη που μελετήθηκε.

9 Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Anu, M. (1997). Introduction to modeling and simulation. *Winter Simulation Conference*, (σ. 7).
- Beaverstock, M., Greenwood, A., & Nordgren, W. (2011). *Applied Simulation Modeling and Analysis using FlexSim*. Orem, Utah 84097 USA : FlexSim Software Products, Inc. .
- Chand, S. (n.d.). *Warehousing: Functions and types of Warehouses*. Ανάκτηση από <http://www.yourarticlelibrary.com/marketing/warehousing-functions-and-types-of-warehouses/25849/>.
- Goldsman, D., Nance, R., & Wilson, J. (2009). A brief history of simulation. *Winter Simulation Conference*, (σ. 4).
- Gwynne, R. (2014). *Warehouse Management*. Kogan Page Limited .
- Khoshnevis, B. (1994). *Discrete Systems Simulation*. McGraw-Hill, Inc.
- Law, A., & Kelton, D. (1991). *Simulation modeling & analysis*. Singapore: McGraw - Hill International Editions.
- Βασιλάς, Μ. (2005). *Ανάπτυξη Συστήματος Ποιότητας για τα Στάδια Αποθήκευσης και Διανομής των Φαρμάκων*. Αθήνα: IFET.
- Καλυβιώτη, Β. (2017, 5 9). *Πως θα κινηθεί ο τζίρος των φαρμακαποθηκών το 2017*. Ανάκτηση από <http://www.farmakeutikoskosmos.gr>.
- Ρουμελιώτης, Μ. (2001). *Μοντελοποίηση και προσομοίωση* . Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Χειμάρας, Δ. (2017). *Μελέτη υφιστάμενης λειτουργίας και προτάσεις αναδιοργάνωσης σε μεγάλο κέντρο διανομής φαρμακευτικών και παραφαρμακευτικών προϊόντων*. Αθήνα: NTUA.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Σενάριο Ι

Εργαζόμενοι

Χρόνος Αδράνειας - Σενάριο 1

	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	Εύρος Ασφαλείας		Min	Max
AB	61%	4%	60%	-	62%	50% 70%
A	32%	2%	32%	-	32%	27% 39%
B	35%	2%	35%	-	35%	29% 40%
D2	14%	3%	14%	-	15%	8% 24%
D1	6%	2%	6%	-	7%	1% 13%
E1	9%	2%	8%	-	9%	4% 15%
E2	11%	3%	11%	-	12%	5% 18%
Z2	22%	3%	21%	-	22%	16% 29%
Z1	18%	3%	18%	-	19%	11% 27%
H1	20%	3%	20%	-	21%	13% 26%
H2	22%	3%	21%	-	22%	16% 28%
X_C	43%	2%	43%	-	43%	39% 47%
MEAN	24%	1%	24%	-	25%	22% 28%

Χρόνος Βαδίσματος - Σενάριο Ι

AB	23%	3%	22%	-	23%	17% 30%
A	31%	1%	30%	-	31%	27% 35%
B	31%	1%	30%	-	31%	28% 34%
D2	37%	2%	37%	-	38%	33% 41%
D1	41%	2%	41%	-	41%	37% 45%
E1	41%	2%	40%	-	41%	37% 45%
E2	39%	1%	39%	-	39%	35% 43%
Z2	35%	2%	35%	-	35%	31% 39%
Z1	36%	2%	36%	-	36%	32% 40%
H1	35%	2%	35%	-	36%	32% 40%
H2	35%	2%	34%	-	35%	31% 39%
X_C	9%	0%	9%	-	9%	8% 9%
MEAN	33%	1%	33%	-	33%	31% 34%

Προετοιμασία Συλλογής - Σενάριο Ι

AB	5%	1%	5%	-	5%	4% 6%
A	14%	0%	14%	-	14%	13% 15%
B	13%	0%	12%	-	13%	12% 13%
D2	14%	1%	14%	-	14%	13% 15%

Κωνσταντίνος Τρίκκας – Διπλωματική Εργασία – Φεβρουάριος 2018

D1	16%	1%	15%	-	16%	14%	17%
E1	15%	0%	15%	-	15%	14%	16%
E2	15%	0%	14%	-	15%	13%	16%
Z2	14%	1%	14%	-	14%	13%	15%
Z1	15%	0%	15%	-	15%	14%	16%
H1	15%	1%	15%	-	15%	14%	16%
H2	14%	0%	14%	-	14%	13%	15%
X_C	33%	1%	33%	-	33%	31%	34%
MEAN	15%	0%	15%	-	15%	14%	15%

Συλλογή - Σενάριο I

AB	11%	1%	11%	-	11%	8%	13%
A	24%	1%	24%	-	24%	20%	27%
B	22%	1%	22%	-	22%	19%	25%
D2	34%	2%	34%	-	35%	29%	40%
D1	38%	2%	37%	-	38%	32%	41%
E1	36%	2%	36%	-	36%	32%	40%
E2	35%	2%	35%	-	35%	31%	39%
Z2	29%	2%	29%	-	30%	25%	33%
Z1	31%	2%	30%	-	31%	27%	34%
H1	30%	2%	30%	-	30%	27%	34%
H2	29%	2%	29%	-	30%	26%	33%
X_C	15%	1%	15%	-	15%	12%	18%
MEAN	28%	1%	28%	-	28%	27%	29%

Συνδυαστές

Αδράνειας Συνδυαστών - Σενάριο I

A1	34%	2%	33%	-	34%	29%	41%
A2	79%	4%	79%	-	80%	67%	87%
B2	72%	4%	72%	-	73%	60%	82%
B1	37%	2%	37%	-	37%	29%	42%
D1	6%	3%	6%	-	7%	1%	14%
D2	6%	3%	6%	-	7%	1%	15%
E1	9%	3%	9%	-	10%	4%	15%
E2	10%	3%	9%	-	10%	4%	17%
Z1	19%	3%	19%	-	20%	12%	28%
Z2	20%	3%	19%	-	21%	13%	28%
H1	21%	3%	20%	-	21%	13%	28%
H2	22%	3%	21%	-	22%	14%	28%
X_C	44%	5%	43%	-	45%	22%	51%
MEAN	29%	2%	29%	-	29%	24%	32%

Μπλοκαρισμένοι - Σενάριο I

A1	0.8%	0.1%	0.8%	-	0.8%	0.6%	1.0%
A2	0.6%	0.4%	0.5%	-	0.6%	0.0%	1.7%
B2	0.6%	0.4%	0.5%	-	0.6%	0.0%	2.1%
B1	0.8%	0.1%	0.7%	-	0.8%	0.5%	1.0%
D1	1.6%	0.4%	1.5%	-	1.6%	1.1%	5.3%
D2	7.6%	3.9%	6.9%	-	8.2%	1.1%	17.6%
E1	1.5%	0.1%	1.5%	-	1.5%	1.2%	1.9%
E2	2.3%	1.3%	2.1%	-	2.5%	1.3%	8.1%
Z1	1.6%	0.2%	1.6%	-	1.6%	1.2%	2.5%
Z2	2.6%	1.9%	2.2%	-	2.9%	1.0%	11.9%
H1	1.5%	0.1%	1.5%	-	1.6%	1.2%	1.9%
H2	2.0%	1.1%	1.8%	-	2.1%	1.2%	7.9%
X_C	8.0%	6.0%	7.0%	-	9.0%	4.0%	38.0%
MEAN	2.4%	0.8%	2.3%	-	2.5%	1.5%	5.6%

Σενάριο II

Εργαζόμενοι

Χρόνος Αδράνειας - Σενάριο II

A	22%	4%	21%	-	23%	10%	31%
B	18%	4%	18%	-	19%	8%	30%
D2	31%	3%	31%	-	32%	21%	42%
D1	28%	3%	28%	-	29%	17%	39%
E1	27%	3%	27%	-	28%	15%	35%
E2	30%	3%	29%	-	30%	21%	37%
Z2	23%	3%	23%	-	24%	15%	30%
Z1	20%	3%	19%	-	20%	13%	25%
H1	21%	3%	20%	-	21%	13%	27%
H2	23%	3%	22%	-	23%	16%	30%
X_C	44%	2%	44%	-	44%	40%	48%
DE	33%	5%	32%	-	34%	23%	45%
MEAN	30%	2%	30%	-	30%	26%	34%

Χρόνος Βαδίσματος - Σενάριο II

A	35%	2%	35%	-	35%	31%	40%
B	39%	2%	38%	-	39%	32%	45%
D2	30%	2%	30%	-	30%	25%	36%
D1	31%	2%	31%	-	32%	26%	37%
E1	32%	2%	32%	-	33%	28%	38%
E2	31%	2%	31%	-	31%	26%	36%
Z2	34%	2%	34%	-	35%	31%	38%
Z1	35%	2%	35%	-	36%	32%	39%

Κωνσταντίνος Τρίκκας – Διπλωματική Εργασία – Φεβρουάριος 2018

H1	35%	2%	35%	-	36%	32%	39%
H2	34%	2%	34%	-	34%	30%	39%
X_C	8%	0%	8%	-	9%	8%	9%
DE	35%	3%	35%	-	36%	28%	42%
MEAN	32%	1%	32%	-	32%	30%	34%

Χρόνος Προετοιμασίας - Σενάριο II

A	16%	1%	15%	-	16%	14%	17%
B	16%	1%	15%	-	16%	14%	17%
D2	11%	1%	11%	-	11%	10%	13%
D1	12%	1%	12%	-	12%	11%	13%
E1	12%	1%	12%	-	12%	11%	13%
E2	11%	1%	11%	-	11%	10%	13%
Z2	14%	1%	14%	-	14%	13%	15%
Z1	15%	1%	15%	-	15%	13%	16%
H1	15%	1%	14%	-	15%	13%	16%
H2	14%	1%	14%	-	14%	13%	16%
X_C	33%	1%	33%	-	33%	31%	34%
DE	5%	0%	5%	-	5%	4%	6%
MEAN	13%	0%	13%	-	13%	12%	14%

Χρόνος Συλλογής - Σενάριο II

A	27%	2%	27%	-	28%	23%	34%
B	27%	2%	27%	-	28%	23%	32%
D2	28%	2%	27%	-	28%	23%	32%
D1	29%	2%	28%	-	29%	24%	35%
E1	29%	2%	29%	-	29%	25%	35%
E2	28%	2%	28%	-	28%	23%	33%
Z2	29%	2%	28%	-	29%	24%	34%
Z1	30%	2%	30%	-	31%	27%	34%
H1	30%	2%	29%	-	30%	26%	34%
H2	29%	2%	29%	-	29%	24%	33%
X_C	15%	1%	15%	-	15%	13%	18%
DE	27%	2%	27%	-	27%	22%	32%
MEAN	25%	1%	25%	-	25%	24%	27%

Συνδυαστές

Χρόνος Αδράνειας - Σενάριο II

A1	21%	3%	21%	-	22%	14%	30%
B	19%	5%	18%	-	19%	6%	31%
D1	28%	3%	27%	-	28%	21%	35%
D2	29%	3%	28%	-	29%	22%	35%
E1	27%	3%	26%	-	27%	19%	34%
E2	27%	3%	27%	-	28%	18%	36%
Z1	19%	3%	19%	-	20%	12%	33%
Z2	20%	4%	19%	-	20%	11%	28%
H1	21%	3%	20%	-	21%	13%	29%
H2	21%	3%	21%	-	22%	13%	28%
X_C	43%	5%	42%	-	43%	26%	51%
DE	30%	6%	29%	-	31%	18%	42%
MEAN	25%	2%	25%	-	26%	21%	29%

Μπλοκαρισμένο - Σενάριο III

A1	2%	0%	2%	-	2%	1%	4%
B	2%	0%	2%	-	2%	1%	2%
D1	1%	0%	1%	-	1%	1%	1%
D2	2%	1%	1%	-	2%	1%	6%
E1	1%	0%	1%	-	1%	1%	1%
E2	3%	1%	2%	-	3%	1%	7%
Z1	2%	0%	2%	-	2%	1%	2%
Z2	3%	2%	3%	-	4%	1%	12%
H1	2%	0%	2%	-	2%	1%	2%
H2	2%	2%	2%	-	3%	1%	11%
X_C	10%	7%	9%	-	11%	3%	36%
DE	2%	1%	2%	-	2%	1%	8%
MEAN	3%	1%	2%	-	3%	1%	5%

Σενάριο III

Εργαζόμενοι

Χρόνος Αδράνειας - Σενάριο III

AB	75%	3%	74%	-	75%	63%	79%
A	37%	2%	36%	-	37%	29%	41%
B	40%	2%	40%	-	41%	35%	45%
D2	24%	3%	23%	-	25%	15%	30%
D1	21%	3%	20%	-	21%	14%	26%
E1	18%	2%	17%	-	19%	13%	23%
E2	20%	2%	20%	-	21%	15%	26%
Z2	30%	3%	30%	-	31%	23%	35%

Κωνσταντίνος Τρίκκας – Διπλωματική Εργασία – Φεβρουάριος 2018

Z1	28%	3%	27%	-	28%	21%	36%
H1	30%	3%	29%	-	31%	18%	36%
H2	33%	3%	33%	-	34%	28%	43%
X_C	42%	1%	42%	-	42%	38%	45%
MEAN	33%	1%	33%	-	33%	31%	36%

Χρόνος Βαδίσματος - Σενάριο III

AB	13%	2%	12%	-	13%	9%	19%
A	24%	1%	24%	-	24%	21%	27%
B	23%	1%	23%	-	23%	21%	25%
D2	27%	1%	27%	-	28%	24%	30%
D1	28%	1%	28%	-	28%	25%	31%
E1	31%	1%	31%	-	31%	29%	34%
E2	30%	1%	30%	-	30%	27%	33%
Z2	26%	1%	26%	-	27%	24%	30%
Z1	27%	1%	27%	-	27%	24%	30%
H1	25%	1%	25%	-	26%	23%	30%
H2	24%	1%	24%	-	24%	21%	27%
X_C	9%	0%	9%	-	9%	8%	9%
MEAN	24%	0%	24%	-	24%	23%	25%

Χρόνος Προετοιμασίας - Σενάριο III

AB	4%	0%	4%	-	4%	3%	6%
A	14%	0%	14%	-	14%	13%	16%
B	13%	0%	13%	-	13%	12%	14%
D2	15%	0%	14%	-	15%	14%	16%
D1	15%	0%	15%	-	15%	14%	16%
E1	15%	0%	15%	-	15%	14%	16%
E2	15%	0%	15%	-	15%	14%	16%
Z2	14%	0%	14%	-	14%	13%	15%
Z1	15%	0%	15%	-	15%	15%	17%
H1	15%	1%	15%	-	15%	14%	18%
H2	15%	1%	14%	-	15%	12%	16%
X_C	34%	0%	34%	-	34%	33%	35%
MEAN	15%	0%	15%	-	15%	15%	16%

Χρόνος Συλλογής - Σενάριο III

AB	8%	1%	8%	-	9%	6%	11%
A	25%	1%	25%	-	26%	22%	30%
B	23%	2%	23%	-	24%	20%	27%
D2	34%	2%	34%	-	35%	30%	41%
D1	36%	2%	35%	-	36%	32%	41%

E1	36%	2%	36%	-	36%	32%	40%
E2	35%	2%	35%	-	35%	32%	39%
Z2	29%	2%	28%	-	29%	25%	33%
Z1	30%	2%	30%	-	31%	24%	35%
H1	30%	2%	29%	-	30%	26%	34%
H2	28%	2%	28%	-	29%	24%	32%
X_C	15%	1%	15%	-	16%	13%	19%
MEAN	28%	1%	27%	-	28%	26%	29%

Συνδυαστές

Αδράνεια Συνδυαστών - Σενάριο III

A1	39%	3%	38%	-	39%	31%	43%
A2	87%	3%	87%	-	88%	79%	93%
B2	84%	3%	83%	-	84%	76%	87%
B1	43%	2%	42%	-	43%	38%	47%
D1	22%	3%	21%	-	22%	13%	27%
D2	22%	3%	21%	-	22%	13%	29%
E1	19%	3%	18%	-	19%	13%	25%
E2	20%	3%	19%	-	20%	13%	26%
Z1	29%	3%	28%	-	30%	22%	38%
Z2	30%	3%	29%	-	30%	21%	36%
H1	31%	3%	31%	-	32%	19%	38%
H2	33%	4%	32%	-	34%	19%	38%
X_C	44%	5%	43%	-	45%	22%	48%
MEAN	39%	2%	38%	-	39%	34%	41%

Μπλοκαρισμένος Συνδυαστής - Σενάριο III

A1	1%	0%	1%	-	1%	1%	1%
A2	0%	0%	0%	-	0%	0%	1%
B2	0%	0%	0%	-	0%	0%	1%
B1	1%	0%	1%	-	1%	0%	1%
D1	1%	0%	1%	-	1%	1%	2%
D2	2%	1%	1%	-	2%	1%	8%
E1	1%	0%	1%	-	1%	1%	2%
E2	1%	0%	1%	-	1%	1%	2%
Z1	1%	0%	1%	-	1%	1%	2%
Z2	1%	1%	1%	-	1%	1%	4%
H1	1%	0%	1%	-	1%	1%	2%
H2	2%	4%	1%	-	3%	1%	27%
X_C	7%	7%	5%	-	8%	4%	40%
MEAN	2%	1%	1%	-	2%	1%	7%

Σενάριο IV

Εργαζόμενοι

Χρόνος Αδράνειας - Σενάριο IV

A	33%	2%	29%	-	36%	31%	35%
B	31%	2%	27%	-	35%	29%	33%
D2	40%	4%	35%	-	46%	38%	44%
D1	40%	2%	37%	-	43%	38%	42%
E1	40%	4%	34%	-	47%	37%	44%
E2	40%	5%	32%	-	48%	37%	46%
Z2	34%	3%	29%	-	39%	31%	37%
Z1	30%	2%	26%	-	34%	27%	32%
H1	31%	6%	21%	-	40%	24%	35%
H2	32%	3%	27%	-	37%	29%	35%
X_C	43%	2%	40%	-	47%	41%	45%
DE	34%	2%	31%	-	38%	32%	36%
MEAN	36%	2%	33%	-	38%	34%	37%

Χρόνος Βαδίσματος - Σενάριο IV

A	26%	1%	24%	-	28%	25%	27%
B	27%	1%	25%	-	29%	26%	28%
D2	21%	1%	19%	-	23%	20%	22%
D1	21%	1%	19%	-	22%	20%	21%
E1	23%	1%	20%	-	25%	21%	24%
E2	23%	2%	20%	-	26%	20%	24%
Z2	25%	1%	23%	-	27%	24%	27%
Z1	26%	1%	26%	-	27%	26%	27%
H1	25%	3%	21%	-	30%	23%	28%
H2	24%	2%	21%	-	28%	23%	27%
X_C	9%	0%	8%	-	9%	8%	9%
DE	32%	1%	31%	-	34%	31%	33%
MEAN	23%	1%	23%	-	24%	23%	24%

Χρόνος Προετοιμασίας - Σενάριο IV

A	15%	0%	15%	-	16%	15%	16%
B	15%	0%	15%	-	16%	15%	16%
D2	11%	1%	10%	-	12%	10%	11%
D1	12%	0%	11%	-	12%	12%	12%
E1	11%	0%	11%	-	12%	11%	12%
E2	11%	0%	11%	-	11%	11%	11%
Z2	14%	0%	14%	-	15%	14%	15%
Z1	14%	0%	14%	-	15%	14%	15%
H1	15%	0%	14%	-	15%	14%	15%

H2	14%	0%	14%	-	15%	14%	15%
X_C	33%	0%	33%	-	33%	33%	33%
DE	6%	0%	5%	-	6%	5%	6%
MEAN	14%	0%	14%	-	14%	14%	14%

Χρόνος Συλλογής - Σενάριο IV

A	27%	1%	25%	-	28%	25%	28%
B	27%	1%	25%	-	29%	26%	28%
D2	28%	2%	25%	-	31%	26%	29%
D1	27%	2%	24%	-	31%	26%	30%
E1	26%	2%	22%	-	30%	23%	28%
E2	26%	3%	21%	-	31%	23%	28%
Z2	27%	2%	23%	-	30%	24%	28%
Z1	29%	2%	26%	-	33%	28%	32%
H1	30%	3%	25%	-	34%	28%	33%
H2	29%	2%	26%	-	32%	28%	31%
X_C	15%	2%	12%	-	18%	14%	17%
DE	28%	1%	26%	-	30%	27%	29%
MEAN	26%	1%	25%	-	28%	25%	27%

Συνδυαστές

Χρόνος Αδράνειας - Σενάριο IV

A1	30%	4%	29%	-	30%	22%	37%
B	30%	4%	29%	-	30%	22%	38%
D1	37%	3%	37%	-	38%	31%	44%
D2	38%	3%	37%	-	38%	31%	46%
E1	35%	3%	34%	-	35%	27%	42%
E2	36%	3%	35%	-	36%	29%	45%
Z1	29%	3%	28%	-	29%	22%	35%
Z2	30%	3%	29%	-	30%	22%	35%
H1	32%	3%	31%	-	32%	21%	38%
H2	32%	3%	32%	-	33%	21%	39%
X_C	42%	5%	41%	-	43%	18%	48%
DE	37%	5%	36%	-	38%	20%	50%
MEAN	34%	2%	34%	-	34%	27%	38%

Μπλοκαρισμένοι - Σενάριο IV

A1	1%	0%	1%	-	1%	1%	2%
B	1%	0%	1%	-	1%	1%	2%
D1	1%	0%	1%	-	1%	1%	1%
D2	1%	0%	1%	-	1%	0%	2%
E1	1%	0%	1%	-	1%	1%	1%

Κωνσταντίνος Τρίκκας – Διπλωματική Εργασία – Φεβρουάριος 2018

E2	2%	0%	2%	-	2%	1%	3%
Z1	1%	0%	1%	-	1%	1%	2%
Z2	1%	1%	1%	-	2%	1%	8%
H1	1%	0%	1%	-	1%	1%	2%
H2	2%	3%	2%	-	3%	1%	23%
X_C	9%	7%	8%	-	11%	4%	44%
DE	1%	0%	1%	-	1%	1%	2%
mean	2%	1%	2%	-	2%	1%	7%