



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ  
& ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**2017**

# **Διαχείριση Αποθεμάτων με Τεχνικές Προσομοίωσης**

**Διοίκηση  
Logistics**



**Νικολέττα Αλεξανδράκη**

**ΑΘΗΝΑ**

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου, Κο Ιωάννη Γιαννατσή, για την πολύτιμη βοήθειά του, την καθοδήγησή του και τη συνεχή υποστήριξή του για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής. Η πόρτα του ήταν πάντα ανοιχτή και ήταν διαθέσιμος οποτεδήποτε αντιμετώπιζα δυσκολίες και με οδηγούσε στη σωστή κατεύθυνση κάθε φορά που θεωρούσε ότι το χρειαζόμουν. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον σύντροφό μου στη ζωή Στέλιο, για την τεράστια κατανόηση και υπομονή που επέδειξε για την ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής. Η συμβολή και συμπαράστασή του, με τον δικό του ξεχωριστό τρόπο, μου έδιναν δύναμη να συνεχίσω. Τέλος, θέλω να εκφράσω την βαθιά μου ευγνωμοσύνη στους αγαπημένους μου γονείς και φίλους, για την αδιάκοπη υποστήριξή τους και συνεχούς ενθάρρυνσης καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου καθώς αυτό το επίτευγμα δεν θα ήταν εφικτό χωρίς αυτούς.

## Πίνακας περιεχομένων

<b>Σκοπός και διάρθρωση Διπλωματικής .....</b>	<b>8</b>
<b>Εισαγωγή .....</b>	<b>10</b>
<b>Αποθέματα .....</b>	<b>13</b>
<i>Βασικές Κατηγορίες Αποθεμάτων .....</i>	<i>14</i>
Κυκλικό Απόθεμα (Cycle Stock).....	14
Εποχιακό Απόθεμα (Seasonal Stock) .....	14
Απόθεμα Ασφαλείας (Safety Stock).....	15
Απόθεμα σε Κίνηση (Pipeline Stock).....	15
Απόθεμα Αποσύνδεσης (Decoupling Stock) .....	15
Απόθεμα Κερδοσκοπίας (Speculation Stock) .....	16
Νεκρό Απόθεμα (Dead Inventory) .....	16
<i>Στοιχεία Κόστους Αποθεμάτων.....</i>	<i>16</i>
Κόστος Αγοράς.....	17
Κόστος Παραγγελίας .....	17
Κόστος Διατήρησης.....	17
Κόστος Ελλείψεων .....	18
<i>Ανάλυση ABC.....</i>	<i>18</i>
<i>Λειτουργία Πραγματικού Συστήματος .....</i>	<i>21</i>
<b>Μοντέλα Διαχείρισης Αποθεμάτων .....</b>	<b>23</b>
<i>Βασικό Μοντέλο Οικονομικής Ποσότητας Παραγγελίας (ΟΠΠ) .....</i>	<i>26</i>
<i>Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας.....</i>	<i>29</i>
<i>Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας με Εκκρεμείς Παραγγελίες .....</i>	<i>30</i>
<i>Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας με Εκπτώσεις .....</i>	<i>32</i>
<i>Σύστημα Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας.....</i>	<i>34</i>
<i>Μικτό Σύστημα Επιλεκτικής Αναπλήρωσης .....</i>	<i>36</i>
<i>Σύστημα Προγραμματισμού Απαιτούμενων Υλικών (MRP).....</i>	<i>37</i>
<i>Μοντέλο Οικονομικής Ποσότητας Παράγωγης.....</i>	<i>37</i>
<i>Αβεβαιότητα στα Συστήματα Διαχείρισης Αποθεμάτων .....</i>	<i>39</i>
<i>Απόθεμα Ασφαλείας.....</i>	<i>40</i>

<b>Προσομοίωση .....</b>	<b>43</b>
<i>Κατηγορίες Μοντέλων Προσομοίωσης .....</i>	<i>44</i>
<i>Δυνατότητες Προσομοίωσης .....</i>	<i>45</i>
<i>Πλεονεκτήματα Μειονεκτήματα Μοντέλων Προσομοίωσης .....</i>	<i>47</i>
Πλεονεκτήματα.....	47
Μειονεκτήματα.....	48
<i>Εφαρμογή Προσομοίωσης Monte Carlo σε Υπολογιστικό Φύλλο.....</i>	<i>49</i>
<i>Ανάπτυξη Μοντέλου Προσομοίωσης.....</i>	<i>50</i>
<i>Χαρακτηριστικά Μοντέλου Προσομοίωσης .....</i>	<i>51</i>
<i>Διατύπωση Προβλήματος.....</i>	<i>52</i>
<i>Προσομοίωση Συστήματος Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας.....</i>	<i>53</i>
Περίπτωση 1 <sup>η</sup> Σταθερή ζήτηση και μεταβλητός χρόνος παράδοσης.....	54
Περίπτωση 2 <sup>η</sup> Μεταβλητή ζήτηση και σταθερός χρόνος παράδοσης .....	60
Περίπτωση 3 <sup>η</sup> Μεταβλητή ζήτηση και μεταβλητός χρόνος παράδοσης.....	61
<i>Προσομοίωση Συστήματος Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας .....</i>	<i>62</i>
Περίπτωση 1 <sup>η</sup> Σταθερή ζήτηση και μεταβλητός χρόνος παράδοσης.....	63
Περίπτωση 2 <sup>η</sup> Μεταβλητή ζήτηση και σταθερός χρόνος παράδοσης .....	67
Περίπτωση 3 <sup>η</sup> Μεταβλητή ζήτηση και μεταβλητός χρόνος παράδοσης.....	68
<i>Εναλλακτικά Σενάρια.....</i>	<i>69</i>
<i>Σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας.....</i>	<i>70</i>
Σενάριο 1 – Αλλαγή σημείου αναπαραγγελίας .....	70
Σενάριο 2 – Αλλαγή ποσότητας παραγγελίας .....	71
Σενάριο 3 – Αλλαγή σημείου αναπαραγγελίας & ποσότητας παραγγελίας .....	72
<i>Σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας.....</i>	<i>74</i>
Σενάριο 1 – Αλλαγή περιόδου παραγγελίας.....	74
Σενάριο 2 – Αλλαγή μέγιστης ποσότητας αποθέματος .....	75
Σενάριο 3 – Αλλαγή περιόδου παραγγελίας & μέγιστης ποσότητας παραγγελίας .....	76
<b>Σχόλια – Συμπεράσματα.....</b>	<b>78</b>
<i>Σταθερή ποσότητα παραγγελίας .....</i>	<i>80</i>
<i>Σταθερή περίοδος παραγγελίας .....</i>	<i>81</i>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>83</b>

## Εικόνες

Εικόνα 1- ABC Analysis.....	19
Εικόνα 2- Λειτουργία Πραγματικού Συστήματος .....	21
Εικόνα 3- Βασικό Οικονομικό Μοντέλο Αποθεμάτων .....	26
Εικόνα 4- Συνολικό Κόστος Αποθεμάτων στο οικονομικό μοντέλο.....	28
Εικόνα 5- Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας .....	29
Εικόνα 6- Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας με Εκκρεμείς Παραγγελίες .....	31
Εικόνα 7- Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας με εκπτώσεις.....	33
Εικόνα 8- Σύστημα Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας.....	35
Εικόνα 9- Μοντέλο Οικονομικής Ποσότητας Παραγωγής.....	38
Εικόνα 10- Στοχαστικό Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας .....	40
Εικόνα 11- Στοχαστικό Σύστημα Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας.....	40
Εικόνα 12- Απόθεμα Ασφαλείας .....	41
Εικόνα 13- Παράθυρο Διαλόγου για Μονοδιάστατο Πίνακα Δεδομένων .....	70
Εικόνα 14- Κόστος ανά Σημείο Αναπαραγγελίας .....	71
Εικόνα 15- Κόστος ανά Ποσότητα Παραγγελίας .....	72
Εικόνα 16- Κόστος ανά Περίοδο Παραγγελίας .....	74
Εικόνα 17- Κόστος ανά Μέγιστο Επιτρεπτό Απόθεμα.....	75
Εικόνα 18- Συγκεντρωτικά Στοιχεία Συστήματος Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας.....	80
Εικόνα 19- Συγκεντρωτικά Στοιχεία Συστήματος Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας .....	81

## Πίνακες

Πίνακας 1- Δεδομένα Συστήματος Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας .....	54
Πίνακας 2- Πιθανότητες Χρόνου Παράδοσης .....	55
Πίνακας 3- Προσομοίωση Σταθερού Συστήματος Παραγγελίας με Μεταβλητό Χρόνο Παράδοσης .....	55
Πίνακας 4- Προσομοίωση Σταθερού Συστήματος Παραγγελίας με Μεταβλητό Χρόνο Παράδοσης (2).....	58
Πίνακας 5- - Προσομοίωση Σταθερού Συστήματος Παραγγελίας με Μεταβλητό Χρόνο Παράδοσης – Υπολογισμός Κόστους.....	59
Πίνακας 6- Πιθανότητες Ζήτησης .....	60
Πίνακας 7- Προσομοίωση Σταθερού Συστήματος Παραγγελίας με Μεταβλητή Ζήτηση .....	61
Πίνακας 8- Προσομοίωση Σταθερού Συστήματος Παραγγελίας με Μεταβλητή Ζήτηση - Υπολογισμός Κόστους.....	61
Πίνακας 9- Προσομοίωση Σταθερού Συστήματος Παραγγελίας με Μεταβλητή Ζήτηση & Χρόνο Παράδοσης.....	62
Πίνακας 10 - Προσομοίωση Σταθερού Συστήματος Παραγγελίας με Μεταβλητή Ζήτηση & Χρόνο Παράδοσης - Υπολογισμός Κόστους.....	62
Πίνακας 11- Δεδομένα Συστήματος Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας.....	63
Πίνακας 12- Προσομοίωση Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Μεταβλητό Χρόνο Παράδοσης .	65
Πίνακας 13 - Προσομοίωση Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Μεταβλητό Χρόνο Παράδοσης (2).....	66
Πίνακας 14- Προσομοίωση Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Μεταβλητό Χρόνο Παράδοσης - Υπολογισμός Κόστους.....	67
Πίνακας 15- Προσομοίωση Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Μεταβλητή Ζήτηση .....	67
Πίνακας 16- Προσομοίωση Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Μεταβλητή Ζήτηση - Υπολογισμός Κόστους.....	68

Πίνακας 17- Προσομοίωση Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Μεταβλητή Ζήτηση & Χρόνο Παράδοσης.....	68
Πίνακας 18- Προσομοίωση Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Μεταβλητή Ζήτηση & Χρόνο Παράδοσης - Υπολογισμός Κόστους.....	69
Πίνακας 19- Υπολογισμός Κόστους ανά Σημείου Αναπαραγγελίας & Ποσότητα Παραγγελίας .....	73
Πίνακας 20- Υπολογισμός Κόστους ανά Περίοδο παραγγελίας & Μέγιστο Επιτρεπτό Απόθεμα ...	76

## Σκοπός και Διάρθρωση Διπλωματικής

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος που προσφέρει το τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Πειραιώς στην Κατεύθυνση «Διοίκηση Logistics». Αντικείμενό της, όπως φαίνεται και στον τίτλο της εργασίας είναι η διαχείριση αποθεμάτων με τεχνικές προσομοίωσης.

Η διαχείριση των αποθεμάτων είναι μία από τις σημαντικότερες αποφάσεις που αντιμετωπίζουν πολλές επιχειρήσεις. Στη θεωρητική προσέγγιση του προβλήματος, έχουν διατυπωθεί πολλές θεωρίες και μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων. Όμως, από πρακτικής άποψης, μόνο ένα μικρό μέρος των θεωριών έχουν εφαρμοστεί σε πραγματικό επιχειρησιακό περιβάλλον. Στην παρούσα διπλωματική θα παρουσιαστούν τα προβλήματα και τα μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων, τεχνικές διαχείρισης με τη χρήση μοντέλων προσομοίωσης και προσέγγισης των προβλημάτων αυτών με τη βοήθεια εναλλακτικών σεναρίων.

Τα μοντέλα προσομοίωσης σίγουρα δεν επαρκούν για τη βέλτιστη πολιτική αποθεματοποίησης καθώς βασίζονται σε παραμέτρους και περιορισμούς που δεν ανταποκρίνονται πάντα σε πραγματικές συνθήκες αλλά και γιατί υπάρχουν διάφοροι παράγοντες (εσωτερικοί και εξωτερικοί) που μπορούν να επηρεάσουν την ομαλή λειτουργία μιας επιχείρησης. Σκοπός είναι η ανάλυση και πραγματική καταγραφή της τρέχουσας κατάστασης, η εγκυροποίηση των αποτελεσμάτων ώστε οι αποφάσεις που θα ληφθούν και θα καθοδηγήσουν την επιχείρηση να την καθιστούν βιώσιμη και κερδοφόρα σε όλη τη διάρκεια της λειτουργίας της και η αντιμετώπιση των προβλημάτων από επιπτώσεις που τυχόν προκύπτουν από τις αποφάσεις αυτές.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μικρή αναφορά στο πρόβλημα διαχείρισης αποθεμάτων που προβληματίζουν όλες τις επιχειρήσεις σε οποιοδήποτε κλάδο δραστηριοποιούνται και η αναγκαιότητα τήρησης αποθέματος για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών.



Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται τα είδη του αποθέματος ανάλογα το λόγο για τον οποίο δημιουργούνται και γίνεται η ταξινόμησή τους σύμφωνα με την ABC analysis. Περιγράφονται τα στοιχεία κόστους που επιβαρύνουν την επιχείρηση από τη στιγμή που δημιουργείται η ανάγκη τήρησης αποθέματος και αποτυπώνεται η λειτουργία του πραγματικού συστήματος για την καλύτερη κατανόηση και ανάπτυξη των μοντέλων προσομοίωσης που εξετάζονται παρακάτω.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων, το βασικό μοντέλο οικονομικής ποσότητας παραγγελίας και οικονομικής ποσότητας παραγωγής και πώς αντιμετωπίζονται η αβεβαιότητα της ζήτησης και ο χρόνος παράδοσης που επηρεάζουν τα μοντέλα αυτά ανάλογα με την πολιτική αποθεματοποίησης που ακολουθεί η επιχείρηση.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναπτύσσονται τα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες της προσομοίωσης, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά της και περιγράφεται η ανάπτυξη του μοντέλου προσομοίωσης Monte Carlo με τη χρήση του εργαλείου Microsoft Office Excel. Πρώτα αναπτύσσεται η διαδικασία σχεδιασμού όπου συζητούνται διαδοχικά τα βήματα μέσω των μοντέλων προσομοίωσης για κάθε σύστημα ξεχωριστά και στη συνέχεια ελέγχονται εναλλακτικά σενάρια. Σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι να αποδείξει τη σημαντικότητα της χρήσης της προσομοίωσης στο σχεδιασμό ενός ελέγχου απογραφής με τη βοήθεια υπολογιστικών φύλλων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και οι προτάσεις που μπορούν να προκύψουν από τις τεχνικές διαχείρισης αποθέματος μέσω της «προσομοίωσης». Τα αποτελέσματα αυτά έχουν σαν στόχο να αποτελέσουν συμβουλευτικό γνώμονα για την λήψη αποφάσεων όσον αφορά το πότε και πόσο θα είναι το ύψος της παραγγελίας (Wanke, 2011) με βάση τις πραγματικές συνθήκες που επικρατούν στην εκάστοτε επιχείρηση.

## Εισαγωγή

Η διαχείριση των αποθεμάτων αποτελεί για τη διοίκηση μιας επιχείρησης μια από τις πιο σημαντικές λειτουργίες ενός παραγωγικού συστήματος (Stevenson, 2005). Ανεξάρτητα από τη γενικότητα του όρου, το πρόβλημα διαχείρισης αποθεμάτων είναι πολύ σημαντικό για όλες τις επιχειρήσεις καθώς είναι αναγκασμένες να διατηρούν αποθέματα τα οποία μπορεί να δεσμεύουν συνήθως ένα μεγάλο ποσοστό του συνολικού κεφαλαίου τους κι δημιουργούν ένα πολύ σημαντικό κόστος για τη διατήρησή τους.

Σύμφωνα με τον Wanke (2011), η διαχείριση των αποθεμάτων περιλαμβάνει μια σειρά αποφάσεων που στοχεύουν στην ικανοποίηση της τρέχουσας ζήτησης μέσα από την προσφορά των προϊόντων, προκειμένου να επιτευχθούν συγκεκριμένοι στόχοι κόστους και επιπέδου εξυπηρέτησης. Το απόθεμα διατηρείται για μελλοντική παραγωγή ή / και πώληση. Θεωρείται ως ένα από τα πιο σημαντικά περιουσιακά στοιχεία μιας επιχείρησης αφού απεικονίζεται ως επένδυση που είναι συνδεδεμένη μέχρις ότου το είδος πωληθεί ή χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή. Επιπλέον, δημιουργεί κόστος για την αποθήκευση, την παρακολούθηση και την ασφάλισή του. Όσα είδη δεν είναι καλά διαχειριζόμενα μπορούν να δημιουργήσουν σημαντικά οικονομικά προβλήματα για μια επιχείρηση, ανεξάρτητα από το αν το πρόβλημα έχει ως αποτέλεσμα τον κορεσμό ή την έλλειψη αποθέματος. Έτσι λοιπόν προκύπτει η ανάγκη για πιο εντατικό έλεγχο και παρακολούθηση των αποθεμάτων.

Ένα σύστημα ελέγχου των αποθεμάτων σύμφωνα με τον Neetu (2011), πρέπει να λαμβάνει υπόψη βασικούς παράγοντες όπως τη διακύμανση της ζήτησης με βάση τις τάσεις της αγοράς, το χρόνο παράδοσης προϊόντων από τον προμηθευτή, το προϊόν που πιθανόν να έχει υποστεί ζημιά κλπ. Η εκτίμηση της ζήτησης στην αγορά για ασταθή προϊόντα και η διασφάλιση ότι η εταιρεία δεν αγοράζει υπερβολικά ή πολύ λίγα προϊόντα είναι ένα από τα πιο δύσκολα καθήκοντα και πρέπει να υποστηρίζεται από μεγάλου όγκου δεδομένα πριν παρθεί καμία τελική απόφαση.

Η σωστή λοιπόν διαχείριση των αποθεμάτων θα συμβάλει στην αποτελεσματικότερη αξιοποίηση του κεφαλαίου. Είναι σημαντική επειδή μπορεί να δώσει απαντήσεις σχετικά με το πότε η επιχείρηση θα παραγγείλει, πόσο θα παραγγείλει και πόσο απόθεμα θα διατηρήσει ως απόθεμα ασφαλείας σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης που θα αναλυθούν παρακάτω Wanke, (2011). Ένας άλλος στόχος της διαχείρισης αποθεμάτων είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους, διατηρώντας παράλληλα το αποδεκτό επίπεδο εξυπηρέτησης. Η σωστή ποσότητα αποθεμάτων μπορεί να μειώσει το κόστος παραγγελίας και να βελτιώσει το επίπεδο εξυπηρέτησης, αλλά το υπερβολικό απόθεμα έχει ως αποτέλεσμα δαπανηρό κόστος αποθεματοποίησης, και δέσμευση μεγάλου κεφαλαίου. Αρκετό απόθεμα αλλά όχι υπερβολικό είναι ο τελικός στόχος (Coyle,J., Bardi, E., Langley J. Jr, 2003).

Το πιο σημαντικό μέτρο απόδοσης σε μια επιχείρηση για να θεωρηθεί βιώσιμη και κερδοφόρα είναι το επίπεδο υπηρεσιών που προσφέρει. Επιδίωξή της είναι η μεγιστοποίηση του κέρδους με το μικρότερο δυνατό κόστος. Αυτό επιτυγχάνεται σε συνδυασμό με την ικανοποίηση της ζήτησης μέσα από μια πληθώρα διαδικασιών και δραστηριοτήτων με στόχο την καλύτερη εξυπηρέτηση πελατών. Σημαντικό παράγοντα για την επίτευξη του στόχου παίζουν η ζήτηση των τελικών προϊόντων, οι δυνατότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας της επιχείρησης και η διαχείριση των αποθεμάτων.

Η σωστή πρόβλεψη της ζήτησης των τελικών προϊόντων όταν είναι αβέβαιη, παίζει βασικό ρόλο μεταξύ άλλων για την ικανοποίηση των αναγκών της επιχείρησης, καθώς βοηθά στην έγκαιρη αναπλήρωση του αποθέματος. Οι αποκλίσεις των σφαλμάτων της πρόβλεψης της συνολικής ζήτησης κατά το χρόνο παράδοσης του προϊόντος από τον προμηθευτή, αποτελούν κριτήριο για το σχεδιασμό του αποθέματος ασφαλείας. Ο χρόνος παράδοσης είναι στην ουσία το διάστημα που μεσολαβεί από τη στιγμή που τοποθετηθεί η παραγγελία μέχρι την παραλαβή των τελικών προϊόντων στον πελάτη. Οι μεγαλύτεροι χρόνοι παράδοσης καθιστούν την αλυσίδα εφοδιασμού

άκαμπτη επειδή, σε ένα αβέβαιο περιβάλλον, δεν μπορεί να προβλεφθεί η μεταβολή της ζήτησης κατά τη διάρκεια του χρόνου αναμονής του αποθέματος.

Τα αποθέματα διατηρούνται για να επιτυγχάνονται οι οικονομίες κλίμακας, να συμμορφώνονται με τεχνικούς περιορισμούς, να υπάρχει ισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης και να καλύπτονται οι αβεβαιότητες στην αλυσίδα εφοδιασμού που συζητήθηκαν παραπάνω. Μπορούν να χωριστούν σε δύο μέρη ανάλογα αν η ζήτηση είναι γνωστή ή αβέβαιη. Αν η ζήτηση ενός προϊόντος είναι γνωστή τότε η επιχείρηση θα μπορούσε να παράγει το προϊόν αυτό σε τέτοια ποσότητα έτσι ώστε να αντιστοιχεί ακριβώς στην τρέχουσα ζήτηση. Στην πραγματικότητα όμως δεν είναι πάντα γνωστή. Συνεπώς, τα αποθέματα συμβάλουν στην επιτάχυνση και βελτίωση της έγκαιρης παράδοσης των προϊόντων μειώνοντας τις πιθανότητες μη εκπλήρωσης μίας παραγγελιάς ή καθυστερημένης παράδοσης. Παρόλο που συμβάλουν και στη βελτίωση του ποσοστού ικανοποίησης των περιπτώσεων που αναφέρθηκαν, πρέπει παράλληλα να ελαχιστοποιηθούν για εξοικονόμηση κόστους.

Η οικονομική ποσότητα παραγγελιάς (ΟΠΠ) είναι ένα καθαρά οικονομικό μοντέλο στην θεωρία ελέγχου αποθεμάτων το οποίο θα αναλυθεί στα επόμενα κεφάλαια. Το μοντέλο αυτό έχει σχεδιαστεί για να εντοπίσει την βέλτιστη ποσότητα παραγγελιάς έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό μέσο κόστος αναπλήρωσης υπό καθορισμένη ζήτηση και κάποιες απλές υποθέσεις. Η μελέτη της παρούσας διπλωματικής επικεντρώνεται στη διαχείριση των αποθεμάτων όταν η ζήτηση και ο χρόνος παράδοσης είναι γνωστά και σταθερά και όταν είναι αβέβαια και μεταβλητά. Κύριο μέλημα της μελέτης αυτής είναι η μοντελοποίηση της βέλτιστης οικονομικής παραγγελιάς για την επίτευξη του βέλτιστου επιπέδου αποθεμάτων με το χαμηλότερο δυνατό κόστος.

## Αποθέματα

Τα αποθέματα είναι ποσότητες προϊόντων που ανήκουν στα περιουσιακά στοιχεία μιας επιχείρησης και παραμένουν στην κατοχή της για μελλοντική χρήση ή πώληση (Hillier, Lieberman 2001). Διακρίνονται σε πρώτες ύλες, ενδιάμεσα προϊόντα, δηλαδή προϊόντα που βρίσκονται στο στάδιο της επεξεργασίας και σε τελικά προϊόντα. Επειδή ο κύκλος εργασιών αποθεμάτων αποτελεί μία από τις κύριες πηγές δημιουργίας εσόδων και των επακόλουθων κερδών της επιχείρησης, η διατήρηση και ο έλεγχος του σωστού ύψους αποθέματος κρίνεται απαραίτητος για την ομαλή λειτουργία της.

Όλη αυτή η αναγκαιότητα διαχείρισης αποθέματος είναι μία από τις πιο σημαντικές επιχειρηματικές διαδικασίες κατά τη λειτουργία μιας επιχείρησης καθώς συσχετίζεται με τις αγορές, τις πωλήσεις και τις δραστηριότητες που πραγματοποιούνται κατά μήκος όλης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι δραστηριότητες καθοδηγούνται από δεδομένα που αφορούν κυρίως τον βραχυπρόθεσμο προγραμματισμό και την καταγραφή των καθημερινών γεγονότων που πραγματοποιούνται μέσα σε μια επιχείρηση. Η ανάγκη διατήρησης αποθέματος αποσκοπεί στην ικανοποίηση της αναμενόμενης μελλοντικής ζήτησης (Vrat, 2014).

Η κατοχή μεγάλου όγκου αποθέματος (Κτενάς, 2015) για μεγάλο χρονικό διάστημα συνήθως δεν είναι επωφελής για μια επιχείρηση, λόγω της δαπανηρής αποθήκευσης, της δέσμευσης κεφαλαίου, της πιθανότητας απαξίωσης και του κόστους αλλοίωσης. Εάν όμως η ποσότητα αποθέματος είναι αρκετά χαμηλή, υπάρχει κίνδυνος αδυναμίας ικανοποίησης της ζήτησης, δεδομένου ότι η επιχείρηση διατρέχει τον κίνδυνο να χάσει τις πιθανές πωλήσεις και το δυνητικό μερίδιο αγοράς. Οι προβλέψεις και οι στρατηγικές διαχείρισης αποθεμάτων, μπορούν να βοηθήσουν στην ελαχιστοποίηση του κόστους επειδή τα αγαθά λαμβάνονται μόνο όταν αυτό είναι αναγκαίο και έτσι καθορίζεται τότε και τι ποσότητα θα διανεμηθεί. Η αποτελεσματική διαχείριση των αποθεμάτων έχει σαν στόχο την καλύτερη εξυπηρέτηση του πελάτη, την ταχύτερη και καλύτερη διανομή των προϊόντων και την εξοικονόμηση πόρων της επιχείρησης ελαχιστοποιώντας το κόστος. Τα

αποθέματα αφορούν κυρίως προϊόντα που πωλούνται ως μέρος της καθημερινής λειτουργίας μιας επιχείρησης.

## **Βασικές Κατηγορίες Αποθεμάτων**

Η εμπορευματική δραστηριότητα μιας επιχείρησης είναι ο λόγος που την ωθεί σε διατήρηση αποθέματος και εξαρτάται από την πολιτική που ακολουθούν οι μέτοχοί που την απαρτίζουν. Τα αποθέματα μπορούν να διακριθούν ανάλογα τον οικονομικό λόγο (Βλάχος, 2005) για τον οποίο δημιουργούνται («οικονομική» κατηγοριοποίηση), στις εξής κατηγορίες:

### **Κυκλικό Απόθεμα (Cycle Stock)**

Κυκλικό απόθεμα είναι το συνολικό απόθεμα που προορίζεται για την άμεση ικανοποίηση της ζήτησης και αντίστοιχα των παραγγελιών πώλησης. (Μπερμπέρης, 2010). Καθορίζεται από το μέγεθος της παραγγελίας ενώ το ύψος του αποθέματος εξαρτάται από το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δύο παραγγελίες. Όσο μεγαλύτερο το διάστημα αυτό, τόσο μεγαλύτερο και το κυκλικό απόθεμα. Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα σε δύο διαδοχικές παραγγελίες αποτελεί τον κύκλο ζωής των αποθεμάτων (Cycle time), από τη στιγμή που εισέλθει στην αποθήκη μέχρι την πώληση.

### **Εποχιακό Απόθεμα (Seasonal Stock)**

Ονομάζεται το προϊόν που διατηρείται για να καλύψει τις εποχιακές διακυμάνσεις της ζήτησης ή για να καλύψει το έλλειμμα που προκαλείται από την ακανόνιστη παραγωγή (Βλάχος, 2005). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε περιπτώσεις αβεβαιότητας σχετικά με την πρόσφορα ενός προϊόντος. Το εποχιακό απόθεμα αναφέρεται και ως απόθεμα αναμονής ή απόθεμα πρόβλεψης (anticipation stock).

### **Απόθεμα Ασφαλείας (Safety Stock)**

Το απόθεμα ασφαλείας αποτελεί μέρος του αποθέματος το οποίο διατηρείται σε μεγαλύτερο βαθμό από την αναμενόμενη ζήτηση λόγω του μεταβλητού ποσοστού ζήτησης ή/ και του χρόνου παράδοσης (Stevenson, 2005). Διατηρείται ως μέσο προστασίας προκειμένου να μην υπάρξουν προβλήματα στην εξυπηρέτηση πελατών και στην αποφυγή ελλείψεων. Δρα ενάντια στην ασυμβατότητα μεταξύ προβλεπόμενης και πραγματικής ζήτησης, μεταξύ αναμενόμενου και πραγματικού χρόνου παράδοσης και απρόβλεπτων καταστάσεων έκτακτης ανάγκης. Εξασφαλίζεται έτσι η ομαλή ροή των δραστηριοτήτων της επιχείρησης.

### **Απόθεμα σε Κίνηση (Pipeline Stock)**

Τα αποθέματα σε κίνηση αφορούν προϊόντα που αποτελούν παραγγελίες που έχουν γίνει αλλά βρίσκονται ακόμα στην αποθήκη μιας επιχείρησης και δεν έχουν αγοραστεί και παραληφθεί από τους τελικούς πελάτες, καταναλωτές ή χρήστες. Αυτό σημαίνει ότι εξακολουθούν να ανήκουν στην κατοχή της επιχείρησης. Αυτό μπορεί να συμβαίνει είτε γιατί δεν έχει ακόμα ολοκληρωθεί η παραγωγή του προϊόντος ή το προϊόν βρίσκεται στο στάδιο διανομής (Βλάχος, 2005).

### **Απόθεμα Αποσύνδεσης (Decoupling Stock)**

Τα αποθέματα αποσύνδεσης (Βλάχος, 2005), δημιουργούνται ανάμεσα σε δύο φάσεις παραγωγής συσσωρεύονται δηλαδή μεταξύ δύο αλληλεξαρτώμενων λειτουργιών με στόχο την μείωση της πιθανότητας αναμονής της λειτουργίας μιας μηχανής. Βοηθά στην αύξηση του ρυθμού παραγωγής και αποτρέπει την παύση λειτουργίας μιας μηχανής και αντίστοιχα την λειτουργία της παραγωγής.

### **Απόθεμα Κερδοσκοπίας (Speculation Stock)**

Τα αποθέματα αυτά δεν δημιουργούνται με σκοπό την κάλυψη της τρέχουσας ζήτησης. Τέτοια αποθέματα μπορούν να δημιουργηθούν από αγορές μεγάλων ποσοτήτων λόγω ποσοτικών εκπτώσεων, μιας προβλεπόμενης αύξησης τιμών ή προστασία της επιχείρησης από μια πιθανότητα απεργίας (Mrwanya, 2005).

### **Νεκρό Απόθεμα (Dead Inventory)**

Νεκρό θεωρείται ένα απόθεμα όταν δεν υπάρχει ζήτηση για μεγάλο χρονικό διάστημα (Παπαδημητρίου & Σχινάς, 2004). Ένας λόγος που μια επιχείρηση μπορεί να κρατά ένα τέτοιου είδους απόθεμα, είναι γιατί μπορεί να αναμένει κάποια ζήτηση στο μέλλον. Επιπλέον, η απαλλαγή ενός προϊόντος, μερικές φορές μπορεί να κοστίζει περισσότερο από την παραμονή του στην αποθήκη. Ο πιο επιτακτικός λόγος όμως διατήρησης τέτοιου προϊόντος, είναι για την εξυπηρέτηση πελατών. Πιθανότατα ένας σημαντικός αγοραστής να έχει περιστασιακή ανάγκη και η επιχείρηση το κρατά στη διάθεσή του ως χειρονομία καλής θελήσεως (Mrwanya, 2005).

### **Στοιχεία Κόστους Αποθεμάτων**

Ο όρος στοιχεία κόστους αποθεμάτων αναφέρεται στην ουσία στα έξοδα που προβαίνει η επιχείρηση για να αποκτήσει το προϊόν που εμπορεύεται. Στην πραγματικότητα όμως δεν αφορά μόνο την τιμή που καταβλήθηκε για την αγορά του αγαθού αλλά περιλαμβάνει και άλλα έξοδα που αφορούν το κόστος αποθήκευσης, διαχείρισης και συντήρησης των αποθεμάτων κατά τη διάρκεια παραμονής τους στην αποθήκη. Τα έξοδα αυτά μπορούν να ταξινομηθούν γενικά (Μπερμπέρης, 2010), στις εξής κατηγορίες: κόστος αγοράς, κόστος παραγγελίας, κόστος διαχείρισης και κόστος έλλειψης.



### **Κόστος Αγοράς**

Το κόστος αγοράς αφορά την τιμή αγοράς που καταβάλλεται στον προμηθευτή προκειμένου το απόθεμα να εισέλθει στην αποθήκη και να είναι έτοιμο προς πώληση. Υπολογίζεται από την τιμή του προϊόντος επί την ποσότητα που παραγγέλλεται και είναι άμεσα εξαρτώμενο από την ζήτηση. Όσο δηλαδή μεγαλύτερη είναι η ζήτηση, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η αντίστοιχη ποσότητα που θα παραγγελθεί με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος.

### **Κόστος Παραγγελίας**

Αφορά τα έξοδα που προκύπτουν για την προετοιμασία και επεξεργασία των παραγγελιών αγοράς ή παραγωγής αγαθών και για την παραλαβή και επιθεώρηση των εμπορευμάτων που έχουν παραγγελθεί. Η αμοιβή που εισπράττεται από υπαλλήλους που εμπλέκονται για την ολοκλήρωση των παραγγελιών αγοράς, η μεταφορά των αποθεμάτων στις αποθήκες, το πακετάρισμα, η παραλαβή τους, ακόμα και οι εντολές αγορών συμπεριλαμβάνονται στο κόστος παραγγελίας.

### **Κόστος Διατήρησης**

Πρόκειται για το κόστος που σχετίζεται με την διατήρηση αποθεμάτων στην αποθήκη. Περιλαμβάνονται τα έξοδα αποθήκευσης του αποθέματος, η διαχείρισή του σε καλή κατάσταση μέχρι αυτό να πωληθεί, οι αποσβέσεις και η οικονομική απαξίωση των προϊόντων. Στα έξοδα διαχείρισης συγκαταλέγονται η ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για την παροχή φώτων, αέρα και θερμότητας για την αποθήκη, κάθε ενοίκιο κτιρίου που καταβάλλεται στις αποθήκες και τις επιχειρηματικές τοποθεσίες, το κόστος αγοράς σε περίπτωση αγοράς ενός κτιρίου και τους φόρους ακίνητης περιουσίας που συνδέονται με το καθένα. Το κόστος αποθηκευτικού χώρου αποτελεί επίσης μέρος του κόστους διαχείρισης (π.χ. ενοίκια). Ένα άλλο σημαντικό κόστος προέρχεται από τους κινδύνους που δημιουργούνται όταν πραγματοποιούνται αγορές. Τέτοιοι μπορεί να είναι από φθορές και ζημιές κατά την μεταφορά των εμπορευμάτων, ελαττωματικά προϊόντα και η μη

πώληση αποθέματος και παραμονής του για μεγάλο χρονικό διάστημα στην αποθήκη. Όταν πρόκειται για λανθασμένη αξιολόγηση αγοράς τότε πρόκειται για κόστος ευκαιρίας, όπου δαπανάται κεφάλαιο σε λάθος είδη<sup>1</sup>. Τέλος, μπορεί να περιλαμβάνει και ένα κόστος ασφαλείας των εμπορευμάτων προκειμένου να αποφευχθούν τέτοιου είδους κίνδυνοι εφόσον η εταιρεία το επιθυμεί. Στο ίδιο κόστος μπορεί να προστεθεί και το κόστος αποθέματος ασφαλείας σε περιπτώσεις έκτακτης αύξησης της ζήτησης και αποφυγής ελλείψεων.

### **Κόστος Ελλείψεων**

Το κόστος ελλείψεων περιλαμβάνει τα έξοδα που βιώνει μια επιχείρηση όταν το απόθεμά της εξαντληθεί. Όταν εξαντληθεί ένα είδος και ο πελάτης θέλει να το αγοράσει αλλά η επιχείρηση αδυνατεί να εκπληρώσει την επιθυμία του, τότε δημιουργείται έλλειψη. Αυτό μπορεί να συμβεί λόγω ξαφνικής αύξησης της ζήτησης, καθυστέρηση παραλαβών από τον προμηθευτή, ή από άλλους απρόβλεπτους παράγοντες (π.χ. έγινε παραλαβή και το υλικό ήταν ελαττωματικό). Επίσης περιλαμβάνει το κόστος από τις χαμένες πωλήσεις, το κόστος λόγω καθυστερημένης πώλησης και την απώλεια του πελάτη λόγω της δυσαρέσκειάς του και μη ικανοποίησης της απαίτησής του.

### **Ανάλυση ABC**

Για μια επιχείρηση που η αποθήκη της αποτελείται από χιλιάδες κωδικούς, δεν είναι εύκολο να παρακολουθεί όλα τα είδη ταυτόχρονα με τον ίδιο ρυθμό και την ίδια προσοχή. Για αυτό το λόγο είναι σημαντικό τα είδη να ταξινομηθούν ανάλογα με την αξία και τη σημαντικότητά τους, καθώς η διαχείρισή τους για την ομαλή ροή της επιχείρησης απαιτεί χρόνο και χρήμα. Αυτή η μέθοδος είναι η πιο κλασική μορφή ταξινόμησης και ονομάζεται ABC analysis ή ανάλυση Pareto. Ο Pareto<sup>2</sup> ήταν ο πρώτος που παρατήρησε το 1897, ότι το 80% των εσόδων της Ιταλίας προέρχεται από το 20% του πληθυσμού και ότι το 20% του πληθυσμού κατέχει το 80% της γης. Με την ανάλυση Pareto δεν

---

<sup>1</sup> James C. Johnson, Donald F. Wood, Paul R. Murphy, Jr. (2006) “Σύγχρονα Logistics Θεωρία Και Πρακτική”, Πρώτη ελληνική έκδοση, “ΕΛΛΗΝ” Γ. Παρίκος & ΣΙΑ Ε.Ε.

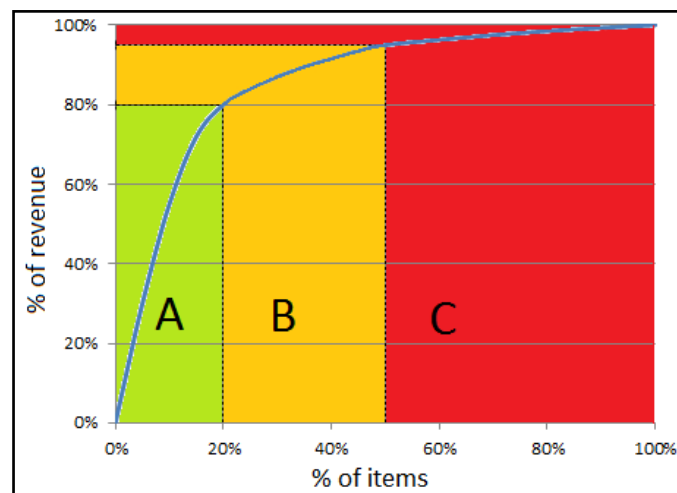
<sup>2</sup> Πηγή: <http://gravitonio.blogspot.gr/2014/11/pareto.html>

επικεντρώνεται η επιχείρηση σε όλες τις αιτίες ενός προβλήματος, αλλά μόνο στις πιο σημαντικές. Η ταξινόμηση ABC είναι μια μέθοδος διαχείρισης και κατηγοριοποίησης των αποθεμάτων και βοηθά στον προσδιορισμό του επιπέδου και του κόστους των αποθεμάτων μέσα από τον τακτικό έλεγχο και παρακολούθησή τους (Γιαννάκαινας, 2004). Σύμφωνα λοιπόν με την ανάλυση ABC, τα είδη ταξινομούνται ανάλογα το μέγεθος των πωλήσεών τους και διακρίνονται σε 3 κατηγορίες A, B και C (Rushton, Croucher & Baker, 2010):

**Κατηγορία A:** Στην κατηγορία αυτή σύμφωνα με τον κανόνα 80/20 (αρχή Pareto), το 20% των αποθεμάτων αντιπροσωπεύει το 80% του τζίρου μιας επιχείρησης από τις πωλήσεις. Επειδή τα είδη στην κατηγορία αυτή έχουν μεγάλη αξία, η παρακολούθησή τους είναι συχνή και τακτική καθώς αποφέρουν τα μεγαλύτερα έσοδα σε μια επιχείρηση.

**Κατηγορία B:** Στην κατηγορία αυτή ανήκει το 30% των ειδών που αντιπροσωπεύουν το 15% της αξίας του αποθέματος. Τα είδη αυτά έχουν χαμηλότερη αξία από την προηγούμενη και δεν χρήζουν συχνή παρακολούθηση.

**Κατηγορία C:** Το υπόλοιπο 50% των αντικειμένων αντιπροσωπεύει μόνο το 5% της αξίας του αποθέματος. Τα είδη αυτά έχουν ακόμα μικρότερη αξία από τις δύο προηγούμενες κατηγορίες και περιλαμβάνει όσα έχουν μεγάλη και συχνή κίνηση.



Εικόνα 1- ABC Analysis

[Πηγή: (<https://www.involvation.nl/en/articles/same-service-lower-costs-a-practical-application-of-service-level-differentiation/>)]

Αυτά τα ποσοστά είναι κατά προσέγγιση και διαφέρουν από εταιρεία σε εταιρεία. Οι έλεγχοι που γίνονται ανά κατηγορία είναι διαφορετικοί για τη βελτίωση της απόδοσης του αποθέματος. Στην κατηγορία «Α» γίνονται αυστηροί έλεγχοι στο ύψος του αποθέματος και συγκεκριμένα στις απαιτήσεις της ζήτησης, στις ποσότητες των παραγγελιών και στα αποθέματα ασφαλείας (Βλάχος, 2005). Οι επιθεωρήσεις στην κατηγορία «Β» είναι λιγότερο συχνές ενώ στην κατηγορία «C» γίνονται απλούστεροι έλεγχοι. Τα είδη της κατηγορίας αυτής μπορούν να παραγγελθούν σε μεγαλύτερες ποσότητες και να έχουν υψηλότερα αποθέματα ασφαλείας.

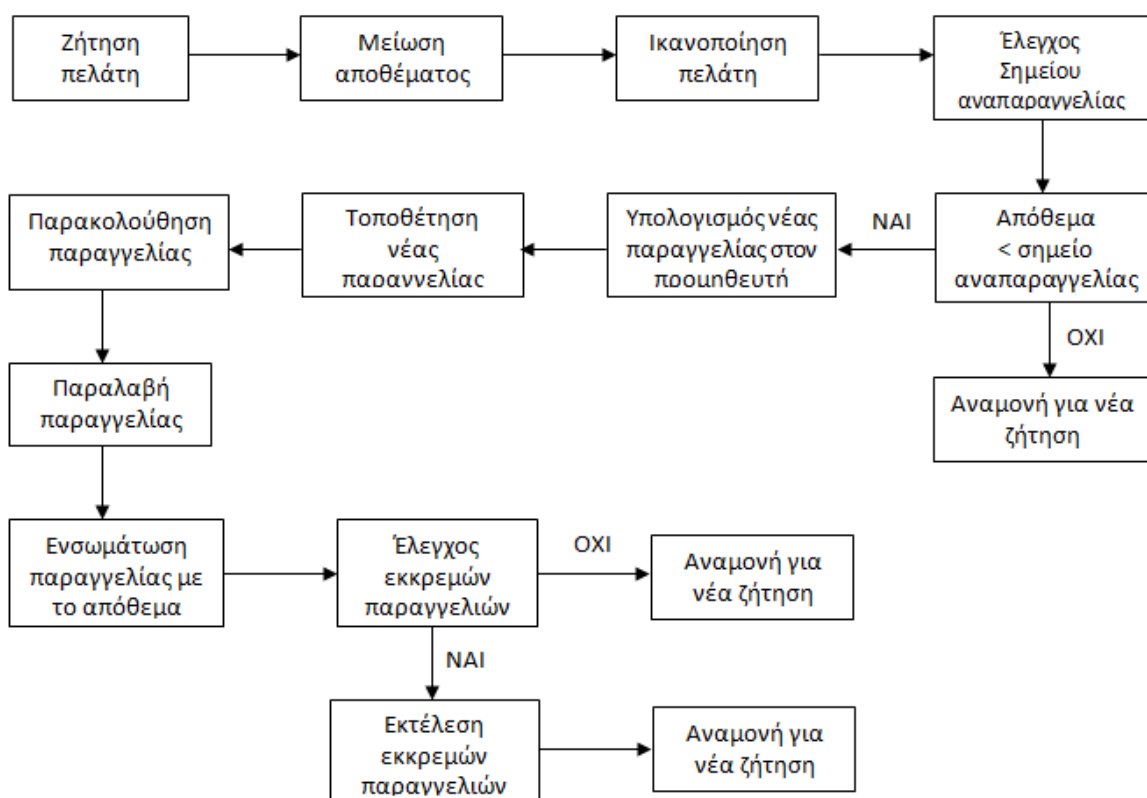
Με λίγα λόγια υπάρχει η δυνατότητα διατήρησης αποθέματος σε είδη χαμηλής αξίας (κατηγορία C), αφού δεν προσθέτουν μεγάλη αξία στο συνολικό κόστος, ενώ τα είδη που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία, χρήζουν αναγκαίο τακτικό έλεγχο με στόχο τη μείωση του αποθέματος λόγω της υψηλής τους αξίας αλλά και τη διατήρηση ενός αποθέματος ασφαλείας για την αποφυγή ελλείψεων. Με την εστίαση στα αποθέματα υψηλότερης αξίας, μια επιχείρηση μπορεί να διαθέσει τους κατάλληλους πόρους για να επιτύχει τα βέλτιστα επίπεδα αποθεμάτων, μειώνοντας το κόστος των αποθεμάτων και εξασφαλίζοντας ότι ικανοποιούνται οι ανάγκες των πελατών και αντίστοιχα της ζήτησης.

Με την αξιολόγηση μιας ανάλυσης ABC τα πιο σημαντικά προϊόντα μπορούν να φιλτραριστούν. Λόγω του γεγονότος ότι τα προϊόντα που βρίσκονται στην κατηγορία A συμβάλλουν περισσότερο στον κύκλο εργασιών της επιχείρησης, η βελτίωση τους έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στην απόδοση της επιχείρησης (Μπερμπέρης, 2010).

Στην πράξη όμως, η αξία των αποθεμάτων δεν είναι το μοναδικό μέτρο σύγκρισης για τη σημαντικότητα ενός είδους. Τόσο το περιθώριο κέρδους, όσο και το αντίκτυπο από τις χαμένες πωλήσεις λόγω ελλείψεως αποθέματος, θα πρέπει επίσης να επηρεάσουν τη στρατηγική της επιχείρησης.

## Λειτουργία Πραγματικού Συστήματος

Πριν διατυπωθεί η διαδικασία ανάπτυξης των μοντέλων διαχείρισης αποθεμάτων, πρέπει πρώτα να αποτυπωθεί ο τρόπος λειτουργίας ενός πραγματικού συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων μιας επιχείρησης. Είναι σημαντική η αποτύπωση αυτή για την καλύτερη κατανόηση του συστήματος αλλά και για τη σωστή καταγραφή των στοιχείων που θα βοηθήσουν στην ανάπτυξη του μοντέλου προσομοίωσης που θα αναλυθεί αργότερα (Χουρμουζιάδου, 2007).



Εικόνα 2- Λειτουργία Πραγματικού Συστήματος

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, η διαδικασία ξεκινάει από τη στιγμή που δημιουργείται η ανάγκη για ικανοποίηση της ζήτησης του πελάτη. Για την ικανοποίηση της ζήτησης αυτής, μειώνεται το επίπεδο του αποθέματος. Όσο η στάθμη του αποθέματος μειώνεται σταδιακά, γίνεται έλεγχος του σημείου αναπαραγγελίας. Εάν το απόθεμα έχει φτάσει κάτω από σημείο αναπαραγγελίας που έχει οριστεί από τον διαχειριστή του αποθέματος, τότε με βάση το υφιστάμενο απόθεμα γίνεται υπολογισμός της ποσότητας και τοποθετείται εκ νέου παραγγελία στον προμηθευτή. Η ποσότητα παραγγελίας υπολογίζεται κάθε φορά που τοποθετείται αφού εξαρτάται

από τη ζήτηση και γίνεται μια εκτίμηση του χρόνου παράδοσης. Στη συνέχεια γίνεται παραλαβή του προϊόντος και ενσωματώνεται με το απόθεμα. Μόλις γίνει η παραλαβή, γίνεται έλεγχος εάν υπάρχουν εκκρεμείς παραγγελίες οι οποίες εκτελούνται με σειρά προτεραιότητας. Οι εκκρεμείς παραγγελίες δημιουργούνται εάν το απόθεμα είναι σε χαμηλό επίπεδο και δεν μπορεί να ικανοποιηθεί η ζήτηση και παραμένουν σε αναμονή μέχρι η νέα παραγγελία εισέλθει στην αποθήκη. Με την ικανοποίηση των εκκρεμοτήτων και της ημερήσιας ζήτησης, το απόθεμα θα αρχίσει ξανά να μειώνεται σταδιακά και η διαδικασία ξεκινά από την αρχή.

Πρόκειται σε γενικές γραμμές (Χουρμουζιάδου, 2007), για ένα – στοχαστικό σύστημα περιοδικής παρακολούθησης, το οποίο επειδή αναπτύσσεται και ελέγχεται ημερησίως, μπορεί να θεωρηθεί και ως σύστημα συχνής παρακολούθησης. Είναι ένα απλοϊκό σύστημα όπου η ζήτηση συνήθως είναι αβέβαιη και μεταβλητή, ενώ ο χρόνος παράδοσης, σπανίως είναι σταθερός λόγω αστάθμητων παραγόντων. Στην πραγματικότητα όμως είναι πιο περίπλοκο από όσο φαίνεται. Το απόθεμα, ανεξαρτήτως συστήματος διαχείρισης αποθέματος, αναπληρώνεται με στόχο την βέλτιστη εξυπηρέτηση και ικανοποίηση της ζήτησης με το λιγότερο δυνατό συνολικό κόστος που επιβαρύνει την επιχείρηση. Τα μοντέλα που θα αναλυθούν στη συνέχεια, αφορούν ολόκληρη τη διαδικασία παρακολούθησης του αποθέματος από τη στιγμή που ξεκινήσει η ζήτηση του πελάτη, μέχρι τη μείωση και παραμονή του τελικού αποθέματος στην αποθήκη.

## Μοντέλα Διαχείρισης Αποθεμάτων

Ο Wanke, (2011), ανέφερε ότι το πρόβλημα διαχείρισης αποθεμάτων ξεκινάει από τη στιγμή που πρέπει να αποφασιστεί πότε πρέπει να τοποθετηθεί παραγγελία για αναπλήρωση αποθέματος και πόσο πρέπει να είναι το μέγεθος της παραγγελίας αυτής. Μια ορθολογική προσέγγιση στη λήψη αποφάσεων σε θέματα διαχείρισης αποθεμάτων απαιτεί την ανάπτυξη ενός μοντέλου, το οποίο συνδέει τον τρόπο διαχείρισής τους με τις παραπάνω μεταβλητές απόφασης (πότε και πόσο), τα έξοδα που σχετίζονται με το απόθεμα και τις παραμέτρους που εκφράζουν την αβεβαιότητα της ζήτησης και του χρόνου παράδοσης καθώς και οποιεσδήποτε άλλες συσχετιζόμενες πληροφορίες. (Vrat, 2014). Σύμφωνα με τον Γαρδίκη (2001) η διαχείριση αποθεμάτων είναι μια διαδικασία εξισορρόπησης του κόστους ελλείψεων και του κόστους πλεονάσματος αποθέματος όταν οι συνθήκες είναι αβέβαιες. Για την κατάλληλη πολιτική ή επιλογή αποθεματοποίησης για τη διαχείριση αποθεμάτων υπάρχουν οι εξής βασικές κατηγορίες:

- ❖ Σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας
- ❖ Σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας
- ❖ Μικτό σύστημα επιλεκτικής αναπλήρωσης
- ❖ Σύστημα προγραμματισμού απαιτούμενων υλικών

Συγκεντρωτικά, τα βασικά στοιχεία που απαρτίζουν τα μοντέλα αποθεμάτων (Hillier, Lieberman 2010) είναι τα εξής:

**Πολιτική αποθεματοποίησης.** Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αφορά τη πολιτική κάθε επιχείρησης που ακολουθεί προκειμένου να απαντηθούν τα ερωτήματα πότε θα τοποθετηθεί η παραγγελία και πόσο θα είναι το μέγεθός της. Στην πολιτική αποθεματοποίησης περιλαμβάνεται και η συχνότητα με την οποία ελέγχεται το απόθεμα. Εάν το απόθεμα αναπληρώνεται αμέσως μόλις το επίπεδο του αποθέματος πέσει κάτω από το σημείο αναπαραγγελίας, τότε τηρείται το σύστημα συνεχούς παρακολούθησης ενώ εάν το απόθεμα ελέγχεται σε διακριτά διαστήματα, τηρείται το σύστημα

περιοδικής παρακολούθησης. Η λήψη απόφασης αναπλήρωσης στην περιοδική παρακολούθηση, γίνεται σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή, ακόμα κι αν το απόθεμα έχει πέσει κάτω από το σημείο αναπαραγγελίας πριν το συγκεκριμένο χρόνο εξέτασης. Εάν υπολογίζεται ένα απόθεμα ασφαλείας κάτω από το σημείο αναπαραγγελίας, η πολιτική αυτή αποσκοπεί στο να αποφευχθούν τυχόν ελλείψεις.

**Ντετερμινιστικά ή στοχαστικά μοντέλα.** Τα συστήματα αποθεμάτων μπορούν να διαχωριστούν και σε δύο κατηγορίες, στα πιθανολογικά ή στοχαστικά μοντέλα (probabilistic or stochastic models) γιατί στηρίζονται στις πιθανότητες και λαμβάνουν υπόψη την αβεβαιότητα και τον επιχειρηματικό κίνδυνο και στα προσδιοριστικά ή ντετερμινιστικά μοντέλα (deterministic models) όπου είναι γνωστές οι μεταβλητές για την ακριβή πρόβλεψη των αποτελεσμάτων.

**Εξαρτημένη και ανεξάρτητη ζήτηση.** Για τη διαχείριση αποθεμάτων μιας επιχείρησης που απασχολείται με παραγωγή για να παράγει το τελικό προϊόν, οφείλει να γίνει διαχωρισμός μεταξύ των ειδών ανάλογα αν η ζήτηση είναι εξαρτημένη ή ανεξάρτητη. Η ανεξάρτητη ζήτηση αφορά το τελικό προϊόν που πωλείται ξεχωριστά και δεν εξαρτάται από τη ζήτηση οποιοδήποτε άλλου προϊόντος της επιχείρησης. Αντίθετα, η εξαρτημένη ζήτηση αφορά τις περισσότερες μονάδες συναρμολόγησης και τις παραγωγικές διαδικασίες και τα προϊόντα εξαρτώνται από το χρονοδιάγραμμα της παραγωγής. Η ζήτηση για εξαρτήματα που αποτελούν μέρος των τελικών προϊόντων εξαρτάται από τη αντίστοιχη ζήτηση των τελικών αυτών προϊόντων.

**Χρόνος παράδοσης (lead time).** Είναι ο χρόνος παράδοσης του αποθέματος από τη στιγμή που τοποθετηθεί η παραγγελία μέχρι την παραλαβή στην αποθήκη. Εάν ο χρόνος παράδοσης είναι σταθερός, η αναπλήρωση μπορεί να προγραμματιστεί εύκολα, όταν όμως είναι μεταβλητός, μπορεί να δημιουργηθούν εκκρεμείς παραγγελίες ως αποτέλεσμα τη μη ικανοποίησης της ζήτησης. Πολλές φορές αναφέρεται και ως χρόνος υστέρησης, χρόνος ανταπόκρισης, χρόνος ικανοποίησης ή αναπλήρωσης.



**Κόστος Παραγγελίας.** Το κόστος παραγγελίας περιλαμβάνει όλα τα έξοδα που απαιτούνται για την αναπλήρωση του αποθέματος. Περιλαμβάνει το κόστος αγοράς του προϊόντος και το κόστος διαχείρισης παραγγελίας. Το κόστος αγοράς είναι αυτό που εξαρτάται από το μέγεθος της παραγγελθείσας ποσότητας και υπολογίζεται με βάση την τιμή μονάδας του προϊόντος, ενώ το κόστος διαχείρισης αφορά όλα τα έξοδα που γίνονται προκειμένου να εκτελεστεί η παραγγελία. Περιλαμβάνει ένα σταθερό μέρος που δαπανάται κάθε φορά που τοποθετείται η παραγγελία (π.χ. έκδοση εντολή αγοράς, γραφειοκρατικές διαδικασίες κλπ.) και ένα μεταβλητό μέρος που εξαρτάται κι εκείνο από το μέγεθος της παραγγελίας (π.χ. μεταφορικά, ασφάλεια, τυχόν δασμοί, κλπ.). Για λόγους διευκόλυνσης, τα κόστη αυτά διαχωρίζονται.

**Κόστος διατήρησης αποθέματος.** Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, είναι το σύνολο των δαπανών που σχετίζονται με την αποθήκευση και διατήρηση του αποθέματος έως ότου αυτό πωληθεί ή χρησιμοποιηθεί. Στο κόστος αυτό συμπεριλαμβάνεται και το κόστος απαξίωσης.

**Κόστος ελλείψεων.** Ομοίως, αφορά όλα τα έξοδα που προκύπτουν σε περίπτωση αδυναμίας ικανοποίησης ζήτησης, δυσαρέσκειας πελατών και καθυστερημένων πωλήσεων. Δεν είναι πάντα εύκολα υπολογίσιμο γιατί δεν οφείλεται μόνο από τη καθυστέρηση της πώλησης. Εξαρτάται και από την αντίδραση του πελάτη όταν μάθει ότι το προϊόν δεν είναι διαθέσιμο. Εάν δεν περιμένει μέχρι τη διάθεσή του, μπορεί να ψάξει για νέο προμηθευτή που μεταφράζεται σε κόστος χαμένων πωλήσεων.

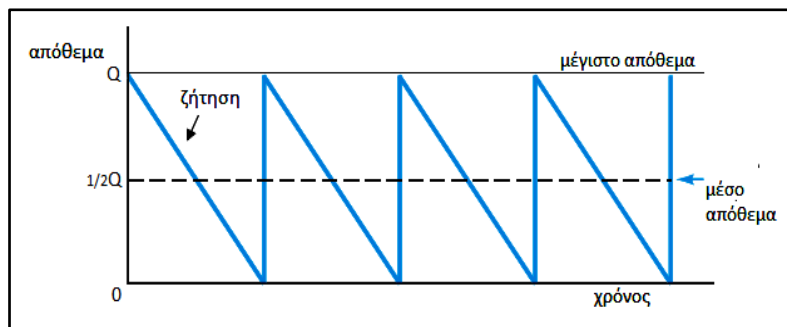
Τα στοιχεία αυτά αποτελούν τα βασικά χαρακτηριστικά που απαρτίζουν ένα μοντέλο προσομοίωσης που αναπτύσσεται με στόχο να μελετήσει το αντίκτυπο των διαφόρων πολιτικών αποθεματοποίησης μιας επιχείρησης.

## Βασικό Μοντέλο Οικονομικής Ποσότητας Παραγγελίας (ΟΠΠ)

Η οικονομική ποσότητα παραγγελίας είναι η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας που εξισορροπεί τη σύγκρουση δαπανών μεταξύ του κόστους διατήρησης αποθεμάτων και της ποσότητας αναπλήρωσης (Rushton, Croucher & Baker, 2010). Εκφράζει τη σωστή ποσότητα παραγγελίας που θα τοποθετήσει η επιχείρηση σε περίπτωση ομοιόμορφης ζήτησης και συνεχής παρακολούθησης του αποθέματος (Γαρδίκης, 2001). Έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- ❖ Η ζήτηση είναι γνωστή, σταθερή και συνεχής
- ❖ Δεν επιτρέπονται οι ελλείψεις
- ❖ Ο χρόνος παράδοσης είναι μηδενικός
- ❖ Η παραλαβή της παραγγελίας είναι στιγμιαία και πλήρης
- ❖ Η ποσότητα  $Q$  που παραγγέλλεται είναι ίση με το μέγιστο επίπεδο αποθέματος  $M$
- ❖ Τα μοναδιαία κόστη αγοράς, διατήρησης και διαχείρισης αποθέματος παραμένουν σταθερά

Η εικόνα 3 αντικατοπτρίζει αυτές τις βασικές παραδοχές του μοντέλου περιγράφοντας το συνεχόμενο σύστημα κύκλου παραγγελίας αποθεμάτων.



Εικόνα 3- Βασικό Οικονομικό Μοντέλο Αποθεμάτων

(Πηγή: Albright, S. C., Winston, W. L. (2011) *Practical Management Science*. 4<sup>th</sup> edition, USA: Cengage Learning)

Μια ποσότητα παραγγελίας  $Q$ , σύμφωνα με τους Rushton, Croucher & Baker, (2010), παραλαμβάνεται και χρησιμοποιείται με την πάροδο του χρόνου με σταθερό ρυθμό. Το μέγιστο απόθεμα ( $M$ ) είναι ίσο με την ποσότητα  $Q$  που παραγγέλλεται κάθε φορά. Όταν το επίπεδο του αποθέματος τείνει να μηδενιστεί, η παραγγελία παραλαμβάνεται ολόκληρη άμεσα, ακριβώς τη

στιγμή που η ζήτηση εξαντλεί ολόκληρο το απόθεμα αποθέματος (και το επίπεδο αποθέματος φτάνει στο μηδέν), επιτρέποντας έτσι να μην υπάρχουν ελλείψεις. Αυτός ο κύκλος επαναλαμβάνεται συνεχώς για την ίδια ποσότητα παραγγελίας.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το  $Q$  είναι το μέγεθος της παραγγελίας που ελαχιστοποιεί το κόστος των αποθεμάτων κάτι που αντιδρά αντίστροφα σε μια αύξηση του μεγέθους της παραγγελίας. Καθώς αυξάνεται η ποσότητα μιας παραγγελίας, λιγότερες παραγγελίες απαιτούνται, μειώνοντας το κόστος παραγγελίας, ενώ ο μέσος όρος των αποθεμάτων αυξάνεται με αντίστοιχη αύξηση του κόστους διαχείρισης. Η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας αντιπροσωπεύει ένα συμβιβασμό ανάμεσα στις δύο αντικρουόμενες δαπάνες.

Το συνολικό κόστος αποθεμάτων μπορεί να οριστεί από το συνολικό άθροισμα του κόστους αγοράς, του κόστους διαχείρισης παραγγελίας και του κόστους διατήρησης αποθέματος (Εμίρης, 2012). Υπολογίζεται από τον τύπο:  $TC(Q) = dC + \frac{d}{Q}C_p + \frac{Q}{2}C_h$ .

Όπου:

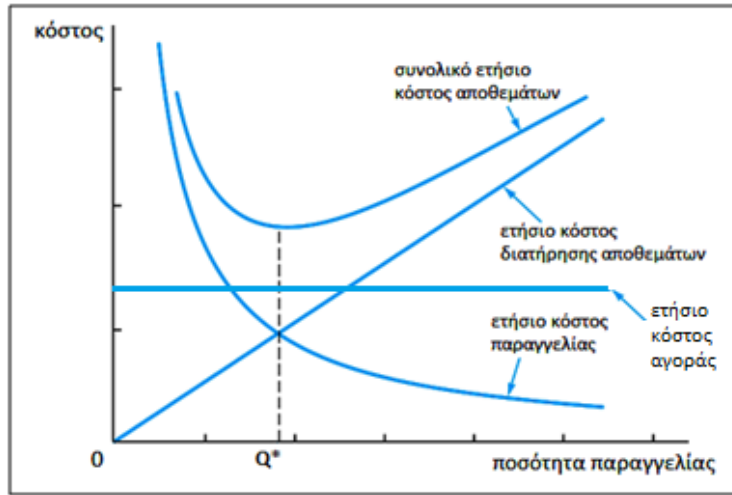
Το συνολικό κόστος αγοράς ισούται με την ετήσια ζήτηση επί το μοναδιαίο κόστος αγοράς ( $d \times C$ ).

Το συνολικό κόστος διαχείρισης παραγγελίας είναι ίσο με τον αριθμό των παραγγελιών (ανά έτος),

επί το κόστος διαχείρισης παραγγελίας ( $\frac{d}{Q} \times C_p$ ). Το συνολικό κόστος διατήρησης αποθέματος

είναι ίσο με το μέσο επίπεδο αποθέματος επί του κόστους διατήρησης ανά μονάδα ( $\frac{Q}{2} \times C_h$ ). Η

οικονομική ποσότητα παραγγελίας (ΟΠΠ) δίνεται από τον τύπο:  $Q^* = (ΟΠΠ) = \sqrt{\frac{2dC_p}{C_h}}$ .



Εικόνα 4- Συνολικό Κόστος Αποθεμάτων στο οικονομικό μοντέλο

(Πηγή: Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T., Martin, K. (2014) *Διοικητική Επιστήμη: Ποσοτικές Μέθοδοι για τη Λήψη Επιχειρηματικών Αποφάσεων*)

Το ελάχιστο κόστος βρίσκεται στο σημείο όπου το συνολικό κόστος παραγγελίας είναι ίσο με το συνολικό κόστος διατήρησης αποθέματος (Γαρδίκης, 2001). Η ποσότητα που αντιστοιχεί στο σημείο αυτό (εικόνα 4), είναι και η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας.

Από τη στιγμή που η οικονομική ποσότητα παραγγελίας (ΟΠΠ) είναι γνωστή, μπορεί να προσδιοριστεί και το πλήθος των παραγγελιών κατά τη διάρκεια ενός έτους ( $n$ ) καθώς και το χρονικό διάστημα  $T$  που μεσολαβεί ανάμεσα σε δύο παραγγελίες. Έτσι:

Ο αριθμός παραγγελιών ανά έτος δίνεται από τη σχέση  $n = \frac{d}{\text{ΟΠΠ}} = \sqrt{\frac{dC_h}{2C_p}}$  και η περίοδος

αναπαραγγελίας από τον τύπο:  $T = \frac{1}{n} = \sqrt{\frac{2C_p}{dC_h}}$ .

Τέλος το ελάχιστο κόστος αποθεμάτων ανά μονάδα χρόνου δίνεται από τη σχέση:

$$TC^* = dC + \sqrt{2dC_hC_p}.$$

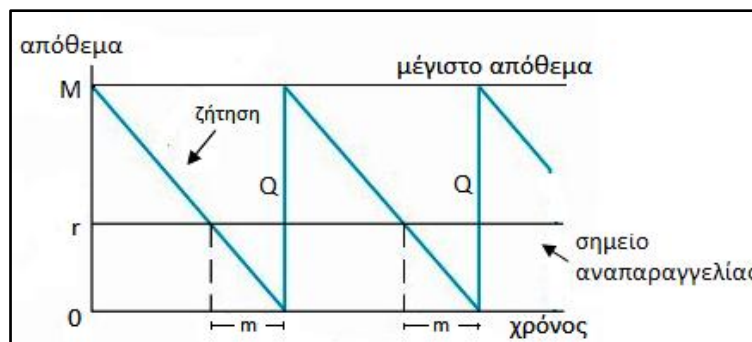
Ο προσδιορισμός του μοντέλου της οικονομικής ποσότητας παραγγελίας αν και είναι δύσκολο να ανταποκριθεί σε πραγματικές συνθήκες, δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Με βάση το μοντέλο της ΟΠΠ, παραγγέλλονται συχνά σε μικρές ποσότητες τα είδη με υψηλό κόστος, ενώ λιγότερο

συχνά παραγγέλνονται σε μεγάλες ποσότητες τα είδη με χαμηλό κόστος. Βέβαια υπάρχουν πάντα απρόβλεπτοι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τη διαχείριση του αποθέματος και αντίστοιχα το οικονομικό μοντέλο όπως προβλήματα κατά τη μεταφορά, καθυστερήσεις κατά την παράδοση κ.ά. Η βέλτιστη πολιτική δεν μπορεί να υπολογιστεί χωρίς να είναι γνωστές οι πραγματικές τιμές των παραμέτρων του μοντέλου. Σαφώς, εάν ακολουθείται διαφορετική πολιτική, μπορεί να έχει μικρές αποκλίσεις και το πραγματικό κόστος θα είναι μεγαλύτερο από το κόστος της πραγματικής βέλτιστης πολιτικής (Γαρδίκης, 2001).

## Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας

Το σύστημα αυτό είναι ένα σύστημα παραγγελίας το οποίο μοιάζει με το βασικό μοντέλο οικονομικής ποσότητας παραγγελίας (ΟΠΠ), η διαφορά όμως έγκειται στον χρόνο παράδοσης και το σημείο αναπαραγγελίας καθώς η αναπλήρωση δεν γίνεται στιγμιαία και έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- ❖ Μεταβλητή περίοδο παραγγελίας. Ο χρόνος ανάμεσα σε δύο παραγγελίες δεν είναι σταθερός και μπορεί να διαφέρει,
- ❖ Σταθερή ποσότητα παραγγελίας. Η ποσότητα που παραγγέλλεται είναι σταθερή και συνεχόμενη ενώ η παραγγελία τοποθετείται όταν το απόθεμα πέσει σε κάποιο προκαθορισμένο επίπεδο.



Εικόνα 5- Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας

(Πηγή: Albright, S. C., Winston, W. L. (2011) *Practical Management Science*. 4<sup>th</sup> edition, USA: Cengage Learning)

Οι δύο βασικές μεταβλητές που καθορίζουν τη μέθοδο αυτή απαντούν στα δύο βασικά ερωτήματα, ποια είναι η ποσότητα παραγγελίας και σε ποιο χρονικό διάστημα γίνεται η παραγγελία. Η πρώτη μεταβλητή αναφέρεται στην ποσότητα  $Q$  που παραγγέλλεται κάθε φορά η οποία είναι ίση με το μέγιστο επίπεδο αποθέματος ( $M$ ), ενώ η δεύτερη αναφέρεται στο σημείο αναπαραγγελίας  $r$  (Rushton, Croucher & Baker, 2010). Είναι καθορισμένο με τέτοιο τρόπο ώστε το διάστημα που μεσολαβεί από την τοποθέτηση της παραγγελίας μέχρι την παραλαβή της (χρόνος παράδοσης), να ικανοποιεί στο μέγιστο τη ζήτηση. Η τοποθέτηση της παραγγελίας όπως φαίνεται και στο σχήμα της εικόνας 5, δεν θα γίνει όταν το επίπεδο του αποθέματος είναι ίσο με μηδέν, αλλά όταν φτάσει σε ένα καθορισμένο επίπεδο. Αυτό συνεπάγεται ότι πρέπει να γίνεται τακτικός έλεγχος του αποθέματος για την αναπλήρωση. Το σημείο αναπαραγγελίας υπολογίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε το τρέχον απόθεμα να επαρκεί να καλύψει τη ζήτηση μέχρι να εισέλθει η νέα παραγγελία στην αποθήκη. Είναι ίσο με την ημερήσια ζήτηση επί το χρόνο παράδοσης και δίνεται από τον τύπο:

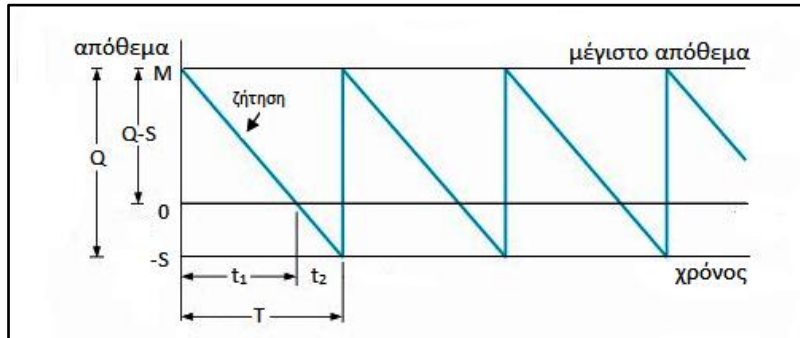
$$r = md = m \frac{Q^*}{T}$$

## **Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας με Εκκρεμείς Παραγγελίες**

Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις, όπου επιχειρήσεις προκαλούν σκοπίμως εκκρεμότητες (Παπαδημητρίου, Σχινάς, 2004). Το μοντέλο διαφοροποιείται από το αρχικό αφού η ποσότητα  $Q$  που παραγγέλλεται κάθε φορά είναι μεγαλύτερη από το μέγιστο επίπεδο αποθέματος ( $M$ ).

Το σύστημα αυτό επιτρέπει τις εκκρεμείς παραγγελίες και υπάρχει καθυστέρηση στην ικανοποίηση της ζήτησης. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει ένα διάστημα όπου το απόθεμα έχει εξαντληθεί και οι εκκρεμείς παραγγελίες εκτελούνται μετά την αναπλήρωση του αποθέματος. Ο πελάτης θα περιμένει μέχρι το απόθεμα να είναι διαθέσιμο ξανά (Hillier,&Lieberman, 2010). Ο μέγιστος αριθμός των ελλείψεων είναι σταθερός ( $S$ ) και είναι η διαφορά που προκύπτει εάν αφαιρεθεί η ποσότητα του μέγιστου αποθέματος  $M$  από την ποσότητα ( $Q$ ) που παραγγέλλεται. ( $S=Q-M$ ). Στην

περίπτωση αυτή δημιουργείται ένα επιπλέον κόστος που πρέπει να υπολογιστεί στην οικονομική ποσότητα παραγγελίας και είναι το κόστος ανεκτέλεστων παραγγελιών και είναι σταθερό. Το συνολικό κόστος των αποθεμάτων θα είναι ίσο με το άθροισμα του κόστους αγοράς αποθεμάτων, του κόστους διαχείρισης παραγγελιών, του κόστους διατήρησης αποθέματος και του κόστους εκκρεμών παραγγελιών και δίνεται από τον τύπο:  $TC = dC + \frac{d}{Q} C_p + \frac{Q-S}{2} \frac{t_1}{T} C_h + \frac{S}{2} \frac{t_2}{T} C_b$ .



Εικόνα 6- Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας με Εκκρεμείς Παραγγελίες

(Πηγή: Albright, S. C., Winston, W. L. (2011) *Practical Management Science*. 4<sup>th</sup> edition, USA: Cengage Learning)

Το σχήμα της εικόνας 6, απεικονίζει το μοντέλο με προγραμματισμένες ελλείψεις. Η ποσότητα  $Q$  τοποθετείται όταν το επίπεδο αποθέματος φτάσει στο σημείο αναπαραγγελίας. Το μέγιστο απόθεμα είναι η ποσότητα της παραγγελίας που τοποθετείται μείον τις εκκρεμείς παραγγελίες ( $Q-S$ ). Κάθε κύκλος παραγγελίας ( $T$ ) αποτελείται από δύο μέρη και είναι ίσο με:  $T = t_1 + t_2 = \frac{Q}{d}$ . Το  $t_1$  είναι το μέρος του κύκλου όπου οι παραγγελίες ικανοποιούνται από το διαθέσιμο απόθεμα και δίνεται από τη σχέση  $t_1 = \frac{Q-S}{d}$ . Το  $t_2$  είναι η χρονική περίοδος του κύκλου όπου εξαντλείται το απόθεμα και όλες οι παραγγελίες παραμένουν ανεκτέλεστες και δίνεται από τον τύπο  $t_2 = \frac{S}{d}$ .

Και σε αυτό το σημείο δύο είναι τα ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν: πόσο πρέπει να είναι το ύψος της παραγγελίας ( $Q$ ) που τοποθετείται κάθε φορά και πόσο πρέπει να είναι το μέγιστο επίπεδο ανεκτέλεστων παραγγελιών. Θεωρείται ότι μόλις γίνει παραλαβή της παραγγελίας και αναπληρωθεί το απόθεμα, ικανοποιούνται όλες οι ανεκτέλεστες παραγγελίες στον ίδιο διαδοχικό κύκλο.

Ο τύπος για την οικονομική ποσότητα παραγγελίας είναι:  $Q^* = \sqrt{\frac{2dC_p}{C_h}} \sqrt{\frac{C_h+C_b}{C_b}}$ .

Ο μέγιστος επιτρεπτός αριθμός ελλείψεων υπολογίζεται με τον τύπο :  $S^* = Q^* \left( \frac{C_h}{C_h+C_b} \right)$ . Αντίστοιχα

το βέλτιστο επίπεδο αποθέματος ορίζεται από τον τύπο:  $M^* = Q^* - b^* = \sqrt{\frac{2dC_p}{C_h}} \sqrt{\frac{C_b}{C_h+C_b}}$ . Το σημείο

αναπαραγγελίας, εξαρτάται από τις ανεκτέλεστες παραγγελίες. Έτσι το σημείο που τοποθετείται η παραγγελία θα είναι ίση με τη ζήτηση στον χρόνο παράδοσης μείον τις εκκρεμείς παραγγελίες.

Δηλαδή:  $r = dm - S^*$ .

Παρατηρείται ότι εάν οι ανεκτέλεστες παραγγελίες είναι περισσότερες από τη ζήτηση, το σημείο αναπαραγγελίας μπορεί να είναι αρνητικό. Αυτό όμως θα συνέβαινε σε περίπτωση που δεν γινόταν καμία παραγγελία και έτσι συσσωρεύονταν πολλές εκκρεμότητες. (Γαρδίκης, 2001).

Όταν μια επιχείρηση επιτρέπει την μη άμεση ικανοποίηση της ζήτησης ώστε μερικές παραγγελίες να παραμένουν ανεκτέλεστες, αυτό δεν σημαίνει ότι εκτελεί λανθασμένη πολιτική στη διαχείριση αποθεμάτων. Είναι λογικό ότι το συνολικό κόστος αποθεμάτων αυξάνεται καθώς αυξάνεται και το κόστος ελλείψεων. Από την άλλη πλευρά όμως το μέσο απόθεμα μειώνεται καθώς μηδενίζεται μέχρι την αναπλήρωσή του. Αυτό σημαίνει ότι είναι αποδεκτό μέχρι ένα επίπεδο να επιτρέπονται οι ανεκτέλεστες παραγγελίες καθώς αντισταθμίζονται τα δύο κόστη μεταξύ τους. Οι πελάτες συνηθίζουν να αποδέχονται την αναμονή και να εξυπηρετούνται μόλις το απόθεμα είναι διαθέσιμο. (Hillier, Liberman 2010). Εξάλλου, εάν οι εκκρεμότητες δημιουργούσαν υψηλό κόστος τότε δεν θα υπήρχε λόγος να παρέμεναν ανεκτέλεστες. (Γαρδίκης, 2001).

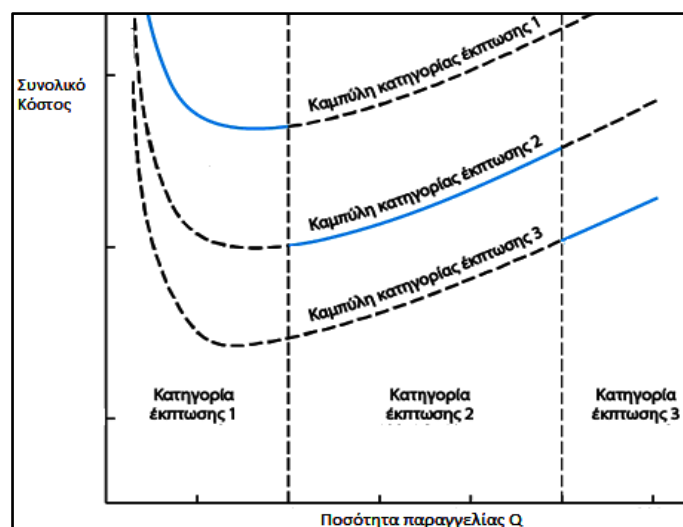
## Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας με Εκπτώσεις

Συχνά οι προμηθευτές προσφέρουν εκπτώσεις στις τιμές αγοράς για να ενθαρρύνουν τους πελάτες τους να προβούν σε υψηλού μεγέθους παραγγελίες. Όσο δηλαδή τοποθετούν παραγγελίες με μεγάλες ποσότητες, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η έκπτωση στην τιμή αγοράς. Ποια θα είναι



όμως η βέλτιστη ποσότητα που πρέπει να παραγγελθεί; Με μια πρώτη ματιά, θα συνέφερε να παραγγελθεί η ποσότητα με την μεγαλύτερη έκπτωση. Αυτό όμως δεν είναι απαραίτητα η βέλτιστη λύση. Η επιχείρηση θα πρέπει να εξετάσει το πιθανό όφελος που μπορεί να επωμιστεί λόγω των εκπτώσεων, με την παραγγελία μεγαλύτερων ποσοτήτων, έναντι του κόστους διατήρησης αποθεμάτων. Η αύξηση της ποσότητας μιας παραγγελίας, συνεπάγεται αύξηση του αποθέματος, άρα και αύξηση κόστους διατήρησής του, γιατί ο χρόνος αναμονής στην αποθήκη μέχρι να πωληθεί είναι μεγαλύτερος. Εάν η έκπτωση που προσφέρεται καλύπτει το κόστος διατήρησης τότε συμφέρει να τοποθετηθεί μεγάλη παραγγελία (Γαρδίκης, 2001).

Η διαφορά με τα προηγούμενα μοντέλα είναι ότι το κόστος αγοράς εξαρτάται από την ποσότητα που θα παραγγελθεί (Βλάχος, 2005). Κάθε καμπύλη κόστους δημιουργείται για κάθε τιμή αγοράς που προσφέρει ο προμηθευτής και για κάθε καμπύλη υπάρχει διαφορετικό ελάχιστο κόστος. Όπως παρατηρείται και στο παρακάτω σχήμα, το σημείο εκκίνησης τη τρίτης καμπύλης βρίσκεται πιο ψηλά από το ελάχιστο σημείο της δεύτερης καμπύλης. Αυτό πράγματι δηλώνει ότι οι μεγαλύτερες ποσοτικές εκπτώσεις δεν είναι πάντα οι πιο συμφέρουσες και οικονομικές. Οι διακεκομμένες γραμμές υποδηλώνουν το σημείο όπου η καμπύλη του κόστους δεν ισχύει. Η βέλτιστη τιμή του συνολικού κόστους βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο της καμπύλης με την βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας.



Εικόνα 7- Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας με εκπτώσεις

(Πηγή: Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T., Martin, K. (2014) *Διοικητική Επιστήμη: Ποσοτικές Μέθοδοι για τη Λήψη Επιχειρηματικών Αποφάσεων*)

Το μοντέλο οικονομικής ποσότητας παραγγελίας δίνει βάση στις τιμές αγοράς και στις εκπτώσεις των προμηθευτών. Το κόστος αγοράς δεν παραμένει σταθερό αφού η τιμή αγοράς διαφέρει και εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος της παραγγελίας. Έτσι το μοναδιαίο κόστος αγοράς αποθέματος είναι ίσο με  $C_j$  αφού είναι κλιμακούμενο και το συνολικό κόστος αποθεμάτων υπολογίζεται από τον τύπο:  $TC(Q_j) = dC_j + \frac{d}{Q_j}C_p + \frac{Q_j}{2}C_h$ .

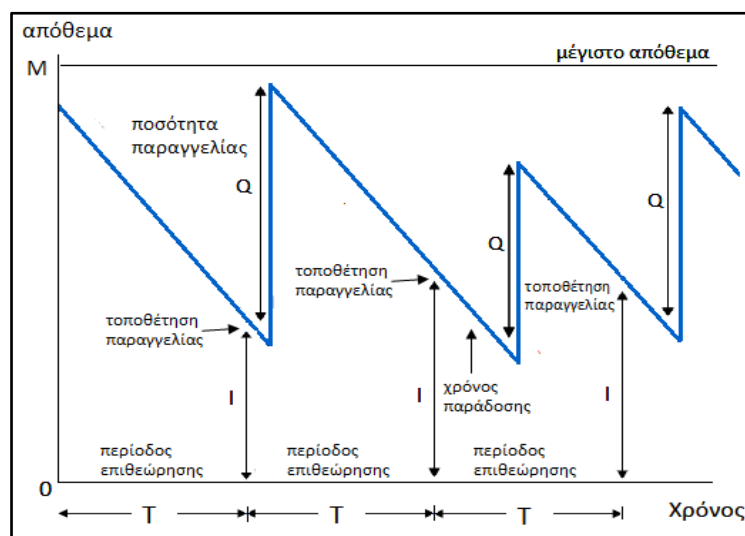
Η τιμή  $C_j$  δηλώνει τις διάφορες τιμές ανάλογα την έκπτωση που προσφέρει ο προμηθευτής κάθε φορά. Για κάθε τιμή  $C_j$  αντιστοιχεί μία καμπύλη που δείχνει την ποσότητα κάθε παραγγελίας. Η οικονομική ποσότητα παραγγελίας υπολογίζεται για κάθε διαθέσιμη ποσότητα, στην συνέχεια υπολογίζεται το συνολικό κόστος για κάθε μία χωριστά και γίνεται σύγκριση για το ποια προσφέρει το χαμηλότερο συνολικό κόστος. Εάν η οικονομική ποσότητα παραγγελίας για συγκεκριμένη τιμή αγοράς είναι μικρότερη από το επίπεδο παραγγελίας πάνω στην οποία προσφέρεται η έκπτωση, τότε προσαρμόζεται στη μικρότερη δυνατή ποσότητα παραγγελίας για να διασφαλιστεί η έκπτωση. Επιλέγεται η προσφερόμενη ποσότητα παραγγελίας που δίνει το χαμηλότερο κόστος (Hillier, Liberman 2010).

## Σύστημα Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας

Το σύστημα αυτό έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- ❖ Σταθερή περίοδος παραγγελίας. Η παραγγελία τοποθετείται σε συγκεκριμένο σταθερό χρονικό διάστημα. Γίνεται περιοδικά ανά βδομάδα, ανά μήνα ή και παραπάνω, ανάλογα την πολιτική και τα συμφέροντα της επιχείρησης. Για αυτό το λόγο ονομάζεται και σύστημα περιοδικής παρακολούθησης αποθέματος.
- ❖ Μεταβλητή ποσότητα παραγγελίας. Σε αντίθεση με την μέθοδο σταθερής ποσότητας παραγγελίας, η ποσότητα που παραγγέλλεται κάθε φορά είναι διαφορετική και εξαρτάται από τη θέση του αποθέματος τη δεδομένη χρονική στιγμή.

Στο διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στην τοποθέτηση δύο παραγγελιών, γίνεται έλεγχος της στάθμης του αποθέματος και η παραγγελία που τοποθετείται έχει σαν στόχο την αναπλήρωσή του ως ένα προκαθορισμένο επίπεδο (μέγιστο απόθεμα). Έτσι, δύο είναι οι βασικοί παράμετροι που πρέπει να καθοριστούν για την αναπλήρωση του αποθέματος, κάθε πότε θα τοποθετείται η παραγγελία στον προμηθευτή, αφού θα γίνεται πάντα μετά την πάροδο συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος και ποιο θα είναι το μέγιστο επίπεδο αποθέματος που θα καθορίζει την ποσότητα παραγγελίας (Rushton, Croucher & Baker, 2010). Οι παραγγελίες είναι πιο αραιές, μπορούν να ομαδοποιηθούν και να συνδυαστούν ενώ ποσοτικές εκπτώσεις μπορούν να αποκτηθούν ευκολότερα, γεγονός που μπορεί να προσφέρει πλεονέκτημα στην επιχείρηση. Στο σύστημα περιοδικής επιθεώρησης λαμβάνεται υπόψη και ο χρόνος παράδοσης της παραγγελίας από τον προμηθευτή.



Εικόνα 8- Σύστημα Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας

(Πηγή: Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T., Martin, K. (2014) *Διοικητική Επιστήμη: Ποσοτικές Μέθοδοι για τη Λήψη Επιχειρηματικών Αποφάσεων*)

Το μέγεθος της παραγγελίας (εικόνα 8), θα είναι ίσο με την διαφορά ανάμεσα στο μέγιστο επίπεδο αποθέματος (M) και το ύψος του επιπέδου του αποθέματος τη στιγμή που γίνεται ο έλεγχος (I). Το σύστημα αυτό διευκολύνει μια επιχείρηση όταν θέλει να μειώσει τα έξοδα μεταφοράς, τον ετήσιο αριθμό παραγγελιών, ή όταν τοποθετεί τις παραγγελίες της τη στιγμή που ο πωλητής κάνει τους

περιοδικούς ελέγχους στο απόθεμά της. Αυτόματα μειώνεται και το κόστος παραγγελίας. Έτσι το συνολικό κόστος αποθεμάτων θα είναι ίσο με:  $TC = dC + \frac{dT}{2}C_h + \frac{1}{T}C_p$ .

Όπου:

το συνολικό κόστος αγοράς ισούται με την ετήσια ζήτηση επί το μοναδιαίο κόστος αγοράς ( $d \times C$ ).

Το συνολικό κόστος διαχείρισης παραγγελίας ισούται με τον αριθμό παραγγελιών ανά έτος επί το κόστος διαχείρισης παραγγελίας ( $\frac{1}{T}C_p$ ). Το συνολικό κόστος διατήρησης αποθέματος είναι ίσο με

το μέσο επίπεδο αποθέματος επί το κόστος διατήρησης ανά μονάδα ( $\frac{dT}{2}C_h$ ). Η βέλτιστη χρονική

στιγμή που τοποθετείται η παραγγελία είναι:  $T = \frac{1}{n} = \sqrt{\frac{2C_p}{dC_h}}$  και το ελάχιστο κόστος αποθεμάτων

ανά μονάδα χρόνου είναι:  $TC^* = dC + \sqrt{2dC_hC_p}$ .

## Μικτό Σύστημα Επιλεκτικής Αναπλήρωσης

Το σύστημα αυτό είναι ένας συνδυασμός των παραπάνω συστημάτων. Σύμφωνα με τον Γαρδίκη (2001), περιλαμβάνει τα εξής χαρακτηριστικά:

- ❖ Περίοδος παραγγελίας. Η παραγγελία τοποθετείται όταν το ύψος του αποθέματος φτάσει σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο.
- ❖ Επίπεδο αποθέματος. Γίνεται περιοδικός έλεγχος των αποθεμάτων.
- ❖ Ποσότητα αποθέματος. Παραγγέλλεται μια σταθερή ποσότητα αποθέματος συν το μέρος του αποθέματος ασφαλείας που έχει τυχόν αναλωθεί την προηγούμενη περίοδο.

Το σύστημα αυτό μοιάζει με το σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας καθώς η παραγγελία που τοποθετείται γίνεται σε συγκεκριμένο επίπεδο αποθέματος και μέρος της παραμένει σταθερό, ενώ κοινό χαρακτηριστικό με το σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας είναι πως γίνεται σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ο έλεγχος των αποθεμάτων. Το πλεονέκτημα του μικτού συστήματος επιλεκτικής αναπλήρωσης είναι ότι έχει χαμηλότερο μέσο απόθεμα αφού η παραγγελία

γίνεται μόλις φτάσει σε κάποιο χαμηλό επίπεδο άρα έχει και το χαμηλότερο συνολικό κόστος αποθεμάτων.

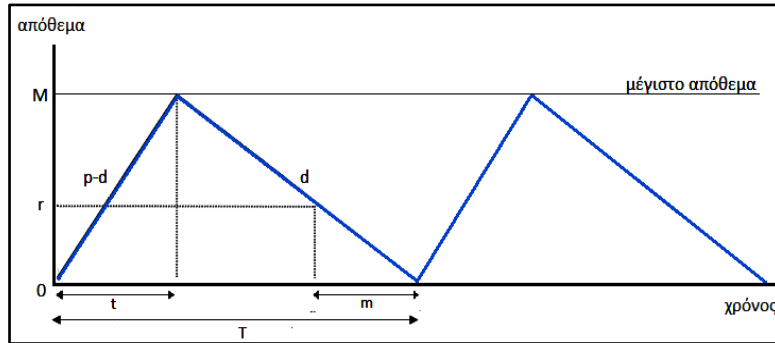
## **Σύστημα Προγραμματισμού Απαιτούμενων Υλικών (MRP)**

Τα συστήματα αυτά εφαρμόζονται για τον έλεγχο αποθεμάτων πρώτων υλών και εξαρτημάτων όπου η διαχείρισή τους βασίζεται στο πρόγραμμα παραγωγής. Η αρχή στον προγραμματισμό παραγωγής είναι ότι εάν κάποιος γνωρίζει το προϊόν που πρέπει να παραχθεί, πρέπει επίσης να γνωρίζει ακριβώς τα απαιτούμενα υλικά για να δημιουργηθεί το τελικό προϊόν (Rushton, Croucher & Baker, 2010). Οι ποσότητες παραγγέλνονται με βάση τις ημερομηνίες παραγωγής των τελικών προϊόντων, των οποίων αποτελούν εξάρτημα ή πρώτη ύλη. Η τεχνική MRP μπορεί να ελαττώσει ουσιαστικά το κόστος παραγωγής και τις επενδύσεις σε αποθέματα και να βελτιώσει την απόδοση της επιχείρησης σε θέματα παράδοσης τελικών προϊόντων στους πελάτες (Γαρδίκης 2001).

## **Μοντέλο Οικονομικής Ποσότητας Παράγωγης**

Σε περίπτωση που μια επιχείρηση, παράγει ένα είδος, πέρα από τα αποθέματα που μπορεί να διαθέτει προς αποθήκευση και πώληση, τότε το σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων αναφέρεται στο μοντέλο οικονομικής ποσότητας παραγωγής. Πρόκειται δηλαδή για μια ποσότητα παρτίδας που πρέπει να παραχθεί, ώστε να ελαχιστοποιηθεί το συνολικό κόστος. Η διαφορά μεταξύ των μοντέλων οικονομικής ποσότητας παραγγελίας (ΟΠΠ) και οικονομικής ποσότητας παραγωγής (ΟΠΠ\*), είναι ότι το δεύτερο μοντέλο υποθέτει ότι η επιχείρηση θα παράγει τη δική της ποσότητα ή κάποια εξαρτήματα πρόκειται να της αποσταλούν ενώ ήδη βρίσκεται σε εξέλιξη η παραγωγή. Επομένως, οι παραγγελίες είναι διαθέσιμες ή παραλαμβάνονται σταδιακά μέχρι την ολοκλήρωσή της, ενώ το μοντέλο υποθέτει ότι η ποσότητα παραγγελίας έρχεται πλήρης και αμέσως μετά την τοποθέτηση της παραγγελίας, αφού τα εξαρτήματα παράγονται από άλλη εταιρεία και είναι έτοιμα να αποσταλούν (Γαρδίκης, 2001).

Η οικονομική ποσότητα παραγωγής ισχύει μόνο όταν η ζήτηση για ένα προϊόν είναι σταθερή κατά τη διάρκεια του έτους και κάθε νέα παραγγελία παραδίδεται/ παράγεται σταδιακά όταν η απογραφή φτάσει στο μηδέν.



Εικόνα 9- Μοντέλο Οικονομικής Ποσότητας Παραγωγής

(Πηγή: Baker, P., Croucher, P., Rushton, A. (2010) *The Handbook of Logistics & Distribution Management*. 4<sup>th</sup> edition, UK: Kogan Page)

Κατά τη διάρκεια παραγωγής  $t$  ο ρυθμός αύξησης αποθεμάτων ( $p$ ) είναι  $p-d$  λόγω της ημερήσιας ζήτησης ( $d$ ). Έτσι το μέγιστο ύψος αποθεμάτων θα ισούται με  $M = t(p - d)$ . Το συνολικό κόστος αποθεμάτων περιλαμβάνει το κόστος παραγωγής, το κόστος προετοιμασίας και το κόστος διατήρησης αποθεμάτων. Το κόστος παραγωγής περιλαμβάνει το κόστος εργατικών, αγοράς υλικών και τα γενικά έξοδα της μονάδας παραγωγής, ακόμα και τα έξοδα εγκατάστασης (μηχανημάτων). Το κόστος προετοιμασίας αφορά την έναρξη παραγωγής μιας παρτίδας, είτε αυτό αφορά ρύθμιση μηχανημάτων, καθαρισμό χώρου κλπ. Είναι ένα σταθερό κόστος που χρεώνεται για κάθε παραγγελία, ανεξάρτητα από τον αριθμό των μονάδων που παραγγέλθηκαν. Το συνολικό κόστος αποθεμάτων θα ισούται με το κόστος παραγωγής, το κόστος προετοιμασίας και το κόστος διατήρησης αποθέματος. Ο τύπος διατυπώνεται ως εξής:  $TC(Q) = dC + \frac{d}{Q} C_p + \frac{Q(p-d)}{2p} C_h$ .

Η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας θα είναι ίση με τον τύπο:  $Q^* = \sqrt{\frac{2dC_p}{(1-\frac{d}{p})C_h}}$ , ενώ η βέλτιστη

χρονική περίοδος παραγωγής θα είναι ίση με τον τύπο:  $T^* = \frac{Q^*}{p}$ .

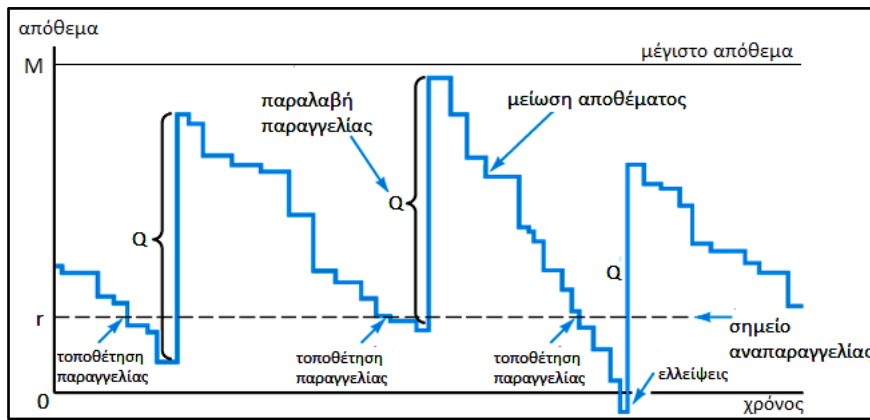
Το ελάχιστο κόστος αποθεμάτων δίνεται από τη σχέση  $TC^* = dC + \sqrt{\frac{2dC_h C_p (p-d)}{p}}$ .

## Αβεβαιότητα στα Συστήματα Διαχείρισης Αποθεμάτων

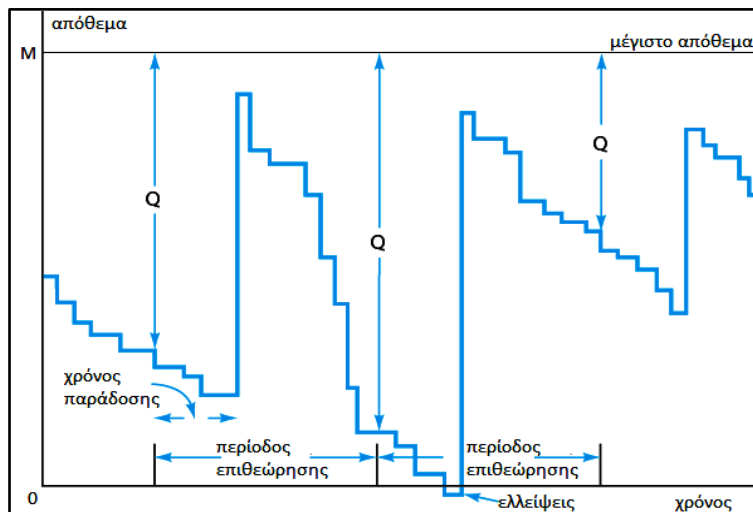
Η ανάπτυξη των προηγούμενων μοντέλων αφορούσε τη διαχείριση αποθεμάτων όταν η ζήτηση και ο χρόνος παράδοσης είναι γνωστά και σταθερά σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των αποθεμάτων (ντετερμινιστικά μοντέλα). Τι συμβαίνει όμως στην περίπτωση που τόσο η ζήτηση όσο και ο χρόνος παράδοσης είναι αβέβαια και μεταβάλλονται συνεχώς; Μια απότομη αύξηση της ζήτησης, μια καθυστέρηση στην παράδοση των εμπορεύματος από τον προμηθευτή, είναι γεγονότα που συμβαίνουν συχνά στην καθημερινότητα μιας επιχείρησης. Για την αντιμετώπιση τέτοιων τυχαίων γεγονότων, υπάρχει το απόθεμα ασφαλείας, που αποσκοπεί στην ικανοποίηση της ζήτησης και στην αποφυγή ελλείψεων.

Στην περίπτωση όπου η ζήτηση είναι αβέβαιη τα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων είναι στοχαστικά και ταξινομούνται με βάση της περιοδικής και συνεχούς επιθεώρησης. Η διαφορά ανάμεσα σε αυτά τα δυο συστήματα είναι ότι το πρώτο σύστημα ελέγχει σε συγκεκριμένα χρονικά σημεία το ύψος του αποθέματος το οποίο γίνεται γνωστό τη δεδομένη χρονική στιγμή, ενώ το δεύτερο σύστημα ελέγχει τη στάθμη του αποθέματος οποιαδήποτε στιγμή (Μπερμπέρης, 2010). Επιπλέον, η συχνή επιθεώρηση αποτρέπει ή ελαχιστοποιεί τις ελλείψεις, λόγω τακτικού ελέγχου του αποθέματος σε σύγκριση με την περιοδική επιθεώρηση.

Οι δυο παρακάτω εικόνες δείχνουν πώς σχηματίζεται το διάγραμμα σε ένα στοχαστικό σύστημα συνεχούς επιθεώρησης όπου η ποσότητα παραγγελίας είναι σταθερή (εικόνα 10), και σε ένα στοχαστικό σύστημα περιοδικής επιθεώρησης με σταθερή περίοδο παραγγελίας (εικόνα 11), ενώ τόσο ο χρόνος παράδοσης όσο και η ζήτηση μεταβάλλονται συνεχώς με την πιθανότητα δημιουργίας ελλείψεων.



Εικόνα 10- Στοχαστικό Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας



Εικόνα 11- Στοχαστικό Σύστημα Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας

(Πηγή: Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T., Martin, K. (2014) *Διοικητική Επιστήμη: Ποσοτικές Μέθοδοι για τη Λήψη Επιχειρηματικών Αποφάσεων*)

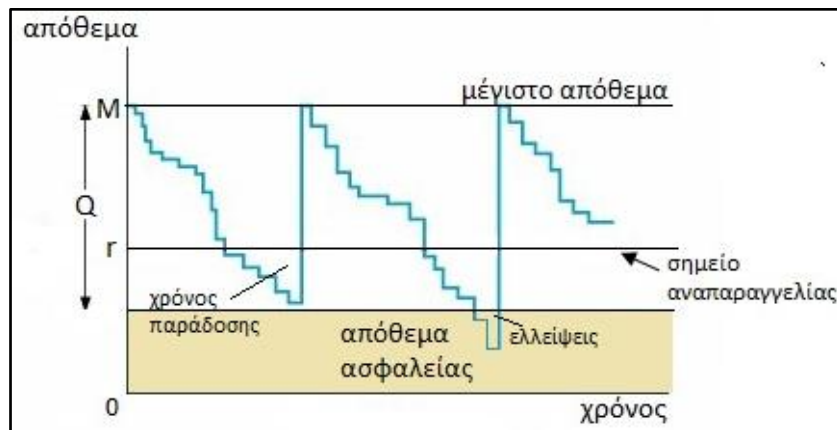
## Απόθεμα Ασφαλείας

Η φύλαξη αποθέματος ασφαλείας βοηθά στην ομαλή ροή των δραστηριοτήτων σε ένα κύκλο, όσο όμως η πρόβλεψη είναι λιγότερο ακριβής, τόσο πιο ασφαλές απόθεμα απαιτείται ενώ, όταν η ζήτηση του προϊόντος γίνει πιο προβλέψιμη, το επίπεδο του αποθέματος ασφαλείας μπορεί να μειωθεί. Το απόθεμα ασφαλείας προστατεύει μια επιχείρηση από την πιθανότητα να δημιουργηθούν ελλείψεις (J. Gonzalez & D. Gonzalez, 2010). Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη και οι μεταβλητοί χρόνοι παράδοσης για την αποφυγή υπερβολικού αριθμού εκκρεμοτήτων. Μερικές φορές αναφέρεται και ως «νεκρό<sup>3</sup>» απόθεμα.

<sup>3</sup> James C. Johnson, Donald F. Wood, Paul R. Murphy, (Jr. 2006), “Σύγχρονα Logistics Θεωρία Και Πρακτική”, Πρώτη ελληνική έκδοση, “ΕΛΛΗΝ” Γ. Παρίκος & ΣΙΑ Ε.Ε.



Το ύψος των αποθεμάτων ασφαλείας που μια επιχείρηση επιλέγει να διατηρεί σε ετοιμότητα μπορεί να επηρεάσει δραματικά την λειτουργία της. Το υπερβολικό απόθεμα ασφαλείας μπορεί να οδηγήσει σε υψηλό κόστος διατήρησης του αποθέματος λόγω δέσμευσης κεφαλαίου. Επιπλέον, τα προϊόντα που αποθηκεύονται για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα μπορούν να καταστραφούν, να λήξουν ή να σπάσουν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αποθήκευσης. Πολύ μικρό απόθεμα ασφαλείας μπορεί να οδηγήσει σε απώλειες πωλήσεων και, κατά συνέπεια, σε μη ικανοποίηση της ζήτησης. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητη η εξεύρεση της σωστής ισορροπίας μεταξύ υπερβολικού και ελάχιστου αποθέματος ασφαλείας.



Εικόνα 12- Απόθεμα Ασφαλείας

(Πηγή: <http://flylib.com/books/en/3.287.1.224/1/>)

Στο παραπάνω διάγραμμα της εικόνας 12, απεικονίζεται η αβέβαιη ζήτηση και τι επίδραση έχει στο απόθεμα και στην ικανότητα της επιχείρησης να ικανοποιεί στο μέγιστο τους πελάτες της. Το απόθεμα ασφαλείας φυλάσσεται κάτω από τη στάθμη αναπαραγγελίας. Όταν η παραγγελία τοποθετηθεί στο σημείο αναπαραγγελίας  $r$ , το απόθεμα συνεχίζεται να μειώνεται κατά το χρόνο παράδοσης. Παρατηρείται ότι όλες οι παραγγελίες ικανοποιούνται και δεν υπάρχουν εκκρεμότητες καθώς το απόθεμα ασφαλείας βοηθά να κρατά το απόθεμα σε ικανοποιητικό επίπεδο.

Στο σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, η παραγγελία τοποθετείται όταν το απόθεμα φτάσει σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο. Η ζήτηση θα ικανοποιηθεί εγκαίρως και έτσι όταν η παραγγελία ενσωματωθεί με το απόθεμα, οι ελλείψεις θα

είναι μηδενικές. Σε ένα ιδανικό περιβάλλον αυτό συμβαίνει όταν η ζήτηση είναι γνωστή και σταθερή. Στην πραγματικότητα η ζήτηση παρουσιάζει πολλές διακυμάνσεις και μπορεί να είναι αβέβαιη, ενώ ο χρόνος παράδοσης δεν είναι πάντα σταθερός, καθώς απρόβλεπτοι παράγοντες, όπως καθυστέρηση της παράδοσης από τον προμηθευτή ή προβλήματα κατά την μεταφορά, μπορεί να δημιουργήσουν έλλειψη αποθέματος. Οι εκκρεμείς παραγγελίες μπορούν να δημιουργηθούν από μια απότομη αύξηση της ζήτησης και πιθανότατα το διαθέσιμο απόθεμα να αδυνατεί να ικανοποιήσει ολόκληρη τη ζήτηση. Στόχος του αποθέματος ασφαλείας είναι να αποτρέψει την εξάντληση του αποθέματος.

Στο σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας απαιτείται μεγαλύτερο απόθεμα ασφαλείας. Ο λόγος είναι ότι με αυτό το σύστημα δεν ελέγχεται το επίπεδο αποθέματος σε τακτική βάση και μια ξαφνική απότομη αύξηση της ζήτησης θα μπορούσε να οδηγήσει σε έλλειψη αποθέματος. Οι μεγάλες διακυμάνσεις της ζήτησης μπορούν να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά από επιχειρήσεις που προτιμούν να προχωρούν σε μεγάλες ποσότητες παραγγελίας σε συγκεκριμένο διάστημα καθώς το διάστημα αυτό μπορεί να είναι αρκετά μεγάλο, είτε πρόκειται για εποχιακή ζήτηση, είτε γιατί η ζήτηση είναι γνωστή βάση προηγούμενης περιόδου. Από τη μια πλευρά η μέθοδος αυτή δεν μπορεί εύκολα να προβλέψει ξαφνική αύξηση της ζήτησης ή πιθανή καθυστέρηση από τον προμηθευτή. Είναι πολύ πιθανό το απόθεμα να μηδενιστεί και να υπάρξουν ελλείψεις, κάτι που μπορεί να αυξήσει το κόστος ελλείψεων από τις χαμένες πωλήσεις και την μη ικανοποίηση των πελατών της. Από την άλλη πλευρά όμως, η ποσότητα αναπλήρωσης μπορεί να είναι τόσο μεγάλη, γεγονός που σε περίπτωση μείωσης της ζήτησης, προσθέτει επιπλέον κόστος αποθεματοποίησης είτε σε έξοδα αποθήκευσης είτε σε δέσμευση κεφαλαίου.

Ένα στοχαστικό μοντέλο μπορεί να προσδιορίσει την ζήτηση και τον χρόνο παράδοσης όταν αυτά είναι αβέβαια βάσει πιθανοτήτων. Η μέθοδος Monte Carlo, μια τεχνική που περιλαμβάνει τη χρήση τυχαίων αριθμών και την πιθανότητα επίλυσης προβλημάτων, θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

## Προσομοίωση

Προσομοίωση είναι ένα μοντέλο που προσεγγίζει και ενσωματώνει τα περισσότερα από τα χαρακτηριστικά ενός συστήματος και μιμείται μια πραγματική κατάσταση με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή (Κουικόγλου, 2002). Είναι μια τεχνική μοντελοποίησης όταν τα αναλυτικά μοντέλα είναι αδύνατο να χρησιμοποιηθούν λόγω της πολυπλοκότητας του συστήματος (Γεωργίου, Κωνσταντάρας & Καπάρης, 2015). Σε αυτό το κεφάλαιο, γίνεται παρουσίαση για το πώς μπορούν να αναπτυχθούν και να αναλυθούν τα μοντέλα προσομοίωσης υπολογιστικών φύλλων με τα ενσωματωμένα εργαλεία του Microsoft Excel.

Σύμφωνα με τον Neetu (2011), προσομοίωση είναι η αναπαράσταση μιας πραγματικότητας με τη χρήση ενός μοντέλου το οποίο θα ανταποκριθεί με τον ίδιο τρόπο εάν λειτουργούσε σε πραγματικές συνθήκες κάτω από ένα ορισμένο σύνολο καταστάσεων. Σκοπός αυτού του μοντέλου είναι η εγκυροποίηση των αποτελεσμάτων μέσα από το έλεγχο και τη δοκιμή διαφορετικών στρατηγικών διαχείρισης αποθεμάτων. Αναπτύσσεται με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και το κατάλληλο λογισμικό. Η προσομοίωση αναφέρεται στη χρήση ενός υπολογιστικού φύλλου ως πλατφόρμα για την αναπαραγωγή μοντέλων προσομοίωσης και την εκτέλεση πειραμάτων προσομοίωσης (Muravjovs, 2015). Θεωρητικά, οτιδήποτε μπορεί να αναλυθεί σε μαθηματικά δεδομένα και εξισώσεις, μπορεί να προσομοιωθεί και σε έναν υπολογιστή. Για την υλοποίηση της προσομοίωσης, πρέπει να προσδιοριστούν ποιοι είναι οι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν το απόθεμα για να γίνει έλεγχος πώς συμπεριφέρονται σε διαφορετικές συνθήκες. Εάν το πρόγραμμα συμπεριφέρεται με τον ίδιο τρόπο όπως η πραγματική διαδικασία, υπάρχει μια καλή πιθανότητα τα προτεινόμενα σενάρια να είναι σωστά.

Εάν οι σχέσεις που συνθέτουν το μοντέλο είναι αρκετά απλές, σύμφωνα με τους Law και Kelton (1991), μπορεί να είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν μαθηματικές μέθοδοι για την απόκτηση έγκυρων πληροφοριών. Ωστόσο, τα περισσότερα συστήματα του πραγματικού κόσμου είναι πολύ

περίπλοκα και πρέπει να μελετηθούν μέσα από μοντέλα προσομοίωσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε μερικές μελέτες τόσο η προσομοίωση όσο και τα αναλυτικά μοντέλα μπορεί να είναι χρήσιμα. Η προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εγκυρότητα των υποθέσεων που απαιτούνται σε ένα αναλυτικό μοντέλο ενώ ένα αναλυτικό μοντέλο μπορεί να προτείνει εύλογες εναλλακτικές λύσεις σε ένα μοντέλο προσομοίωσης.

## Κατηγορίες Μοντέλων Προσομοίωσης

Δεδομένου ότι πρόκειται για μαθηματικές μεθόδους όπου η ανάλυση γίνεται μέσω της προσομοίωσης, οι Law και Kelton, (1991) διαχωρίζουν τρεις βασικές κατηγορίες:

**Στοχαστικό – Ντετερμινιστικό:** Στοχαστικό είναι το μοντέλο προσομοίωσης που στηρίζεται στις πιθανότητες και περιλαμβάνει μια σειρά από τυχαία γεγονότα και συνεπώς γίνεται μόνο μια εκτίμηση των πραγματικών χαρακτηριστικών του μοντέλου. Ντετερμινιστικό είναι το μοντέλο όταν όλες οι τιμές των μεταβλητών είναι γνωστές.

**Στατικό – Δυναμικό:** Ένα στατικό μοντέλο προσομοίωσης είναι η αναπαράσταση ενός συστήματος σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή ή ένα σύστημα στο οποίο ο χρόνος απλά δεν παίζει κανένα ρόλο. Τέτοιο παράδειγμα προσομοίωσης είναι το μοντέλο Monte Carlo. Από την άλλη πλευρά, το δυναμικό μοντέλο προσομοίωσης αντιπροσωπεύει ένα σύστημα καθώς εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου, όπως π.χ. ένα σύστημα μεταφοράς σε ένα εργοστάσιο.

**Συνεχές – Διακριτό:** Συνεχές καλείται ένα μοντέλο το οποίο διακρίνεται από συνεχή ανασκόπηση, οι τιμές των μεταβλητών αλλάζουν συνεχώς σε σχέση με το χρόνο, το απόθεμα παρακολουθείται διαρκώς και οι παραγγελίες μπορούν να τοποθετηθούν ανά πάσα στιγμή. Πιο συγκεκριμένα, η τοποθέτηση της παραγγελίας γίνεται στο σημείο αναπαραγγελίας που έχει οριστεί εξ αρχής (σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας). Αντίθετα, σε ένα διακριτό μοντέλο, οι τιμές των μεταβλητών αλλάζουν στιγμιαία σε διαφορετικό χρόνο, το απόθεμα δεν παρακολουθείται τόσο

τακτικά, οι έλεγχοι είναι περιοδικοί και η τοποθέτηση της παραγγελίας γίνεται σε συγκεκριμένο σταθερό χρονικό διάστημα (σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας).

Η προσομοίωση διακριτών γεγονότων στην ουσία θα μπορούσε να λυθεί με υπολογισμούς «στο χέρι», αλλά το μέγεθος και η πολυπλοκότητα καθιστούν αναγκαία την ανάγκη για χρήση υπολογιστή. Υπάρχουν διάφορα πακέτα προσομοίωσης με συγκεκριμένα πλεονεκτήματα ανάλογα με τον τύπο του μοντέλου που έχει σχεδιαστεί. Η χρήση προηγμένων μοντέλων προσομοίωσης μέσω Η/Υ είναι ένας οικονομικός τρόπος για τη λήψη αποφάσεων που επιτρέπει στον χρήστη να απεικονίσει τις επιπτώσεις των αλλαγών στα υπάρχοντα συστήματα και το κόστος που θα προκύψει πριν από την υλοποίησή τους (Vrouenraets, 2013).

## **Δυνατότητες Προσομοίωσης**

Οι αναλυτικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται στη διαχείριση αποθεμάτων δεν επαρκούν για την αντιμετώπιση όλων των σημαντικών προβλημάτων διαχείρισης που απαιτούν ανάλυση δεδομένων. Για την παροχή βέλτιστης εξυπηρέτησης προς τους πελάτες προκύπτει το πρόβλημα του προσδιορισμού της βέλτιστης πολιτικής αναπλήρωσης του αποθέματος. Η χρήση της προσομοίωσης επιτρέπει σε μια επιχείρηση να παρέχει μια εικόνα για ορισμένα προβλήματα διαχείρισης, όταν οι τρέχουσες αναλύσεις δεν επαρκούν ή είναι ανέφικτες, όπου το πραγματικό περιβάλλον είναι δύσκολο να παρατηρηθεί, για τη σύγκριση εναλλακτικών σεναρίων και για τη μελέτη πιθανών επιπτώσεων από μεταβολές στο υπάρχον σύστημα.

Ο Neetu (2011) αναφέρει πως ένα μοντέλο προσομοίωσης, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση λειτουργικών στρατηγικών που θα μπορούσαν να μειώσουν το μέγεθος του αποθέματος, τους χρόνους λειτουργίας ενός μηχανήματος, να εκτιμήσουν διάφορους κανόνες προγραμματισμού ή να μειώσουν το επίπεδο σφαλμάτων. Με τον τρόπο αυτό, οι τυχόν αλλαγές που πρέπει να γίνουν στο πραγματικό σύστημα μπορούν να δοκιμαστούν με βάση το μοντέλο, ώστε να αποφευχθούν οι κίνδυνοι αβέβαιων αποφάσεων και οι επιχειρηματικές δραστηριότητες να

μπορούν να κατανοηθούν καλύτερα. Όταν οι αλλαγές που δοκιμάζονται στο μοντέλο εφαρμόζονται στο πραγματικό σύστημα, θα πρέπει να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα του συστήματος καθώς και η ανταγωνιστικότητα ενός οργανισμού.

Η προσομοίωση μπορεί να γίνει για υπάρχοντα ή προτεινόμενα συστήματα που βοηθούν στο να δικαιολογούν το κόστος των αποφάσεων για τη βελτίωση της παραγωγικότητας ενός συστήματος. Με βάση τον Neetu (2011), η προσομοίωση αναλύει τις αντιθέσεις μεταξύ των προβλέψεων της ζήτησης, της διαθεσιμότητας υλικών, των χρόνων παράδοσης και της ικανότητας των πόρων για τη μείωση του χρόνου παραγωγής και την τήρηση των αποθεμάτων ασφαλείας. Τα μοντέλα αναπτύχθηκαν ώστε να περιλαμβάνουν όλες τις λειτουργίες σχεδιασμού, παραγωγής και διανομής στην τρέχουσα επιχειρηματική διαδικασία. Βοηθά τους υπεύθυνους σχεδιασμού να ανταποκριθούν στην προβλεπόμενη και απροσδόκητη ζήτηση για παραγόμενα προϊόντα. Μια διαδικασία αλυσίδας εφοδιασμού αποτελείται από τη ροή υλικών, πληροφοριών και υπηρεσιών και την παρακολούθηση και τον έλεγχο αυτής της ροής, η οποία περιλαμβάνει πρώτες ύλες, προμήθεια, παραγωγή, διαχείριση αποθεμάτων, επεξεργασία παραγγελιών, αποθήκευση, μεταφορά και διανομή. Οι προσομοιώσεις μπορούν να βοηθήσουν στην αιτιολόγηση των δαπανών κεφαλαίου, της συχνότητας και του ύψους των παραγγελιών, των επιπτώσεων του χρόνου διακοπής της παραγωγής και του χρόνου εγκατάστασης του νέου συστήματος και των επιλογών διαχείρισης αποθέματος.

Με τη χρήση της προσομοίωσης είναι γενικά δυνατή η αξιολόγηση της εξέλιξης μιας επιχείρησης κατά τη διάρκεια αρκετών ετών μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα και είναι εύκολο να γίνουν διάφορες δοκιμές με διαφορετικές τεχνικές ελέγχου αποθεμάτων. Η αποτελεσματικότητα του λογισμικού προσομοίωσης, δεν είναι καθολικά αποδεκτή, αλλά έχει κερδίσει σημαντική αξιοπιστία με την πάροδο του χρόνου υιοθετώντας αυτή την τεχνική πολλές επιχειρήσεις μέχρι και σήμερα (Neetu, 2011).

## **Πλεονεκτήματα Μειονεκτήματα Μοντέλων Προσομοίωσης**

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, η προσομοίωση έχει παρουσιάσει σημαντική εξέλιξη με την πάροδο του χρόνου και έχει μέχρι σήμερα κερδίσει σημαντική αξιοπιστία. Γεγονός είναι, η συνεχής ανάπτυξη της τεχνολογίας σε επίπεδο λογισμικού η οποία έχει εξίσου συμβάλει στην χρήση των τεχνικών προσομοίωσης σε θέματα λήψεως αποφάσεων σε διάφορους τομείς. Παρακάτω διατυπώνονται τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από την χρήση των μοντέλων προσομοίωσης με βάση τους Γεωργίου, Κωνσταντάρα και Καπάρη (2015).

### **Πλεονεκτήματα**

Μπορεί να δοκιμαστεί χωρίς δέσμευση κεφαλαίου κάτι που καθιστά μια λιγότερο δαπανηρή και εναλλακτική λύση (π.χ. η τοποθέτηση νέας μηχανής στην παραγωγή έχει σαν συνέπεια την αυτόματη αύξηση παραγωγής, την αύξηση αποθέματος τελικού προϊόντος, και αντίστοιχα την αύξηση κόστους διατήρησης αποθέματος).

Η προσομοίωση συμπιέζει τον πραγματικό χρόνο εκτέλεσης του συστήματος. Μπορεί να απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα ώστε να είναι επαρκή τα δεδομένα, αλλά μετά τη συλλογή των απαραίτητων στοιχείων, το σύστημα διεξάγεται στον υπολογιστή προσομοιωμένο. Είναι έτσι εφικτό να πραγματοποιηθούν πολλές εκτελέσεις του προγράμματος σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα με ασφαλή τρόπο.

Γίνεται έλεγχος συμπεριφοράς του συστήματος σε πραγματικό χρόνο. Εξετάζεται πόσο ευαίσθητο μπορεί να είναι σε απότομες αλλαγές και τι επιπτώσεις μπορεί να έχουν στον τρόπο λειτουργίας του. Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητο να αλλάξει όλο το σύστημα για να απαντηθούν ερωτήσεις σε συνθήκες αβεβαιότητας (π.χ. απότομη αύξηση της ζήτησης και δημιουργία ελλείψεων αποθεμάτων).

Μπορεί να γίνει έλεγχος σε πολύπλοκα συστήματα που διαφορετικά θα ήταν δύσκολο ή επισφαλές να εξερευνηθούν. Μετατρέπεται δηλαδή σε ένα εξαιρετικό εργαλείο εκπαίδευσης (π.χ. προσομοίωση πτήσης αεροπλάνου κάτω από δυσμενείς καιρικές συνθήκες).

Επιτρέπει τον πειραματισμό και τη δημιουργία εναλλακτικών σεναρίων, επανεξετάζοντας ποιο ανταποκρίνεται καλύτερα σε μια συγκεκριμένη απαίτηση. Βασικό πλεονέκτημα της προσομοίωσης, καθώς δεν παρουσιάζει ένα μοναδικό αποτέλεσμα, αλλά μια τεράστια κατανομή αποτελεσμάτων.

### **Μειονεκτήματα**

Η ανάπτυξη ενός μοντέλου προσομοίωσης μπορεί να αποδειχθεί αρκετά δαπανηρή για τη συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων, αγορά λογισμικού, εκπαίδευση προσωπικού για την εκμάθηση του μοντέλου και του τρόπου λειτουργίας του.

Η κατασκευή του μοντέλου μπορεί να εξελιχθεί σε αργή και χρονοβόρα διαδικασία καθώς για την ακριβή συλλογή των δεδομένων απαιτείται συνήθως μεγάλο διάστημα και συνήθως δεν είναι άμεσα διαθέσιμα.

Η προσομοίωση βοηθά στην μελέτη και ανάλυση του προβλήματος και όχι στην επίλυσή του. Αυτό σημαίνει ότι το μοντέλο δεν εντοπίζει τις βέλτιστες λύσεις, αλλά βοηθά στον έλεγχο εναλλακτικών σεναρίων, ώστε να πειραματιστεί η επιχείρηση πριν την τελική απόφασή της.

Μερικές φορές όσο κι αν εντυπωσιακά είναι τα αποτελέσματα προσομοίωσης μπορεί να είναι δύσκολο να μεταφραστούν λόγω της αβεβαιότητας. Τα πιθανά σενάρια της προσομοίωσης δεν είναι απόλυτα σίγουρο ότι θα επιφέρουν τις ίδιες επιπτώσεις στον πραγματικό κόσμο. Η προσομοίωση παρουσιάζει μόνο προσεγγίσεις των σεναρίων αυτών.

Σε περίπτωση που δεν γίνει σωστή καταγραφή όλων των απαραίτητων δεδομένων που απαιτούνται για την ανάπτυξη του μοντέλου, ή τα δεδομένα είναι ελλιπή, υπάρχει περίπτωση τα αποτελέσματα της προσομοίωσης να είναι αναξιόπιστα και να οδηγήσουν σε λανθασμένα συμπεράσματα.



## Εφαρμογή Προσομοίωσης Monte Carlo σε Υπολογιστικό Φύλλο

Η χρήση υπολογιστικού φύλλου για την εκτέλεση της προσομοίωσης περιλαμβάνει τα εξής 3 χαρακτηριστικά: α) εισάγονται τυχαίοι αριθμοί από συγκεκριμένες κατανομές πιθανοτήτων, β) γίνεται χρήση των συναρτήσεων του υπολογιστικού φύλλου για να υπολογιστούν τα αποτελέσματα μέσα από τους τυχαίους αριθμούς και γ) το υπολογιστικό φύλλο έχει την δυνατότητα να υπολογίζεται πολλές φορές για την ανάλυση και καταγραφή των αποτελεσμάτων.

Η προσομοίωση Monte Carlo σύμφωνα με τους Law & Kelton (1991), επιτρέπει την μοντελοποίηση αβέβαιων καταστάσεων με τη χρήση τυχαίων αριθμών. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται τυχαία χαρτογράφηση αριθμών. Εμφανίστηκε για πρώτη φορά κατά τη διάρκεια του δεύτερου παγκόσμιου πολέμου όπου εφαρμόστηκε σε προβλήματα που αφορούσαν την ανάπτυξη ατομικής βόμβας. Η μέθοδος Monte Carlo τείνει να χρησιμοποιείται όταν είναι αδύνατο να υπολογιστεί το ακριβές αποτέλεσμα με ντετερμινιστικά μοντέλα.

Για τη προσομοίωση του Monte Carlo, πολλές τυχαίες μεταβλητές μπορούν να σχεδιαστούν και να υλοποιηθούν εύκολα για κάθε επανάληψη μιας διαδικασίας προσομοίωσης. (Vrouenraets, 2013). Επιτρέπει να μοντελοποιηθούν καταστάσεις που παρουσιάζουν αβεβαιότητα με βάση τις κατανομές πιθανοτήτων και στη συνέχεια να επαναληφθούν σε έναν υπολογιστή χιλιάδες φορές. Υπάρχουν διάφορα πακέτα λογισμικού, όπως το Cristal Ball και το Risk. Και τα δύο πακέτα είναι πρόσθετα του Microsoft Excel. Στην παρούσα εργασία θα γίνει απλή χρήση του Excel μιας και διαθέτει τυπικές λειτουργίες για τη δημιουργία απλών εξισώσεων για την προσομοίωση των περισσότερων απλών διαδικασιών ενός συστήματος και τη δημιουργία χρήσιμων (γραφικών) αποτελεσμάτων. Η χρήση του Excel έχει επίσης το πλεονέκτημα ότι είναι σχετικά φθηνό και χρησιμοποιείται από πολλές εταιρείες που καθιστά το μοντέλο ευρέως διαδεδομένο.

## Ανάπτυξη Μοντέλου Προσομοίωσης

Η δημιουργία μοντέλων προσομοίωσης έχει ως σκοπό τη συγκέντρωση δεδομένων για τη μελέτη, τον έλεγχο και εκτίμηση της συμπεριφοράς ενός συστήματος επανεξετάζοντας τους αρχικούς στόχους (Ρουμελιώτης, 2001). Καμία προσομοίωση δεν ακολουθεί συγκεκριμένο μοτίβο παρόλα αυτά πρέπει να ληφθούν οι παρακάτω προϋποθέσεις όπως ορίζουν οι D. Kelton, R. Sadowski και D. Sadowski (2001).

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, με τη συλλογή όσο το δυνατόν περισσότερων και έγκυρων στοιχείων γίνεται, αντιλαμβάνεται κανείς την λειτουργία του συστήματος, ώστε τα αποτελέσματα της προσομοίωσης να είναι αξιόπιστα. Οι στόχοι πρέπει να είναι ακριβής και καθορισμένοι για την βελτιστοποίηση της λειτουργίας του. Έτσι λοιπόν δημιουργείται το μοντέλο και επιλέγεται ένα περιβάλλον προσομοίωσης.

Μόλις ολοκληρωθεί η προσομοίωση γίνεται ανάλυση δεδομένων και προτείνονται εναλλακτικά σενάρια για να ελεγχθεί πώς συμπεριφέρεται το σύστημα σε πιθανές αλλαγές και να εντοπιστούν και να διορθωθούν τυχόν λάθη προς συμμόρφωση.

Η διαδικασία ολοκληρώνεται με τον έλεγχο και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Με βάση τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, επιλέγεται το βέλτιστο σενάριο που προσεγγίζει την πολιτική που εφαρμόζει η επιχείρηση. Βασική προϋπόθεση για τη σωστή ανάλυση των δεδομένων και επιλογή βέλτιστου σεναρίου είναι το περιβάλλον να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του μοντέλου.

Πριν από τη χρήση του μοντέλου προσομοίωσης για τη διεξαγωγή δοκιμών, πραγματοποιούνται πρώτα αξιολογήσεις για την επαλήθευση και την επικύρωση του μοντέλου. Η πρώτη αξιολόγηση επαληθεύει ότι το μοντέλο κωδικοποιείται με τον σωστό τρόπο, ενώ με τη δεύτερη αξιολόγηση επαληθεύεται ότι το μοντέλο έχει προγραμματιστεί σωστά και γίνεται επικύρωση ότι ανταποκρίνεται με την πραγματικότητα.

## Χαρακτηριστικά Μοντέλου Προσομοίωσης

Τα χαρακτηριστικά ενός μοντέλου προσομοίωσης αποτελούν όλα τα στοιχεία που έχουν συλλεχθεί εξ αρχής και επιλέγονται όλες οι μεταβλητές και παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για να μπει σε εφαρμογή το μοντέλο, τα οποία θα καθορίσουν το αποτέλεσμα της προσομοίωσης. Σύμφωνα με τους Zabawa και Mielczarek<sup>4</sup>, υπάρχουν δύο μεταβλητές, η ποσότητα παραγγελίας και το σημείο αναπαραγγελίας και δύο αβέβαιοι παράμετροι, η ζήτηση και ο χρόνος παράδοσης. Ο κύριος σκοπός των δοκιμών προσομοίωσης είναι να εξεταστούν οι διάφορες τιμές στην ποσότητα παραγγελίας και στο σημείο αναπαραγγελίας ώστε να γίνει προσέγγιση του μικρότερου δυνατού συνολικού κόστους αποθεμάτων.

Τα βασικά στοιχεία που απαρτίζουν το μοντέλο προσομοίωσης αποθεμάτων (Muravjovs, 2015), που θα αναλυθεί παρακάτω είναι:

**Ζήτηση.** Η ζήτηση αφορά καθημερινές απαιτήσεις πελατών και τα στοιχεία συλλέγονται από την παρακολούθηση προηγούμενων ημερών. Αυτή η ιστορική συχνότητα θα μετατραπεί σε κατανομή πιθανοτήτων και αθροιστική κατανομή για τη μεταβλητή ημερήσια ζήτηση.

**Χρόνος παράδοσης (lead time).** Είναι ο χρόνος παράδοσης σε ημέρες και συλλέγεται από παρακολούθηση προηγούμενων παραγγελιών. Η ιστορική συχνότητα θα μετατραπεί κι αυτή σε κατανομή πιθανοτήτων και αθροιστική κατανομή για τον μεταβλητό χρόνο παράδοσης.

**Έναρξη απογραφής.** Είναι το διαθέσιμο απόθεμα με το οποίο ξεκινά να ικανοποιείται η ζήτηση.

**Σημείο αναπαραγγελίας.** Το σημείο που έχει οριστεί πότε θα τοποθετείται η νέα παραγγελία στον προμηθευτή.

**Ποσότητα παραγγελίας.** Η ποσότητα παραγγελίας που τοποθετείται στον προμηθευτή.

---

<sup>4</sup> Jacek Zabawa and Bożena Mielczarek, Tools Of Monte Carlo Simulation In Inventory Management Problems, Institute of Industrial Engineering and Management, Wrocław University of Technology, (2007)

**Κόστος.** Πρόκειται για το συνολικό κόστος που προκύπτει από τη διαχείριση του αποθέματος και περιλαμβάνει το κόστος παραγγελίας, το κόστος διατήρησης αποθέματος και το κόστος ελλείψεων που αναλύθηκαν σε προηγούμενες ενότητες.

**Κέρδος.** Αφορά τα έσοδα της επιχείρησης. Επειδή, η επιχείρηση επικεντρώνεται περισσότερο στο κόστος και στην ελαχιστοποίησή του, δεν συμπεριλαμβάνεται πάντα στο μοντέλο.. Εξαρτάται από τις ετήσιες πωλήσεις των συνολικών προϊόντων που εμπορεύεται η επιχείρηση.

## Διατύπωση Προβλήματος

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας είναι η προμήθεια και εμπορία προϊόντων κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας με τη μέθοδο υλοποίησης προσομοίωσης ως λύση για τα καθήκοντα ελέγχου αποθεμάτων. Σκοπός είναι ο έλεγχος του συνολικού κόστους ανά είδος της αποθήκης σε συνδυασμό με τον καθορισμό της ποσότητας παραγγελίας και του σημείου αναπαραγγελίας. Το μοντέλο προσομοίωσης εφαρμόζεται σε ένα και όχι σε όλα τα είδη συνολικά που εμπορεύεται μια επιχείρηση για τον απλούστατο λόγο, ότι τα δεδομένα είναι διαφορετικά. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε είδος δημιουργείται διαφορετικό μοντέλο.

Εκτός από τα προαναφερθέντα βασικά στοιχεία, διατυπώθηκαν οι πρόσθετες υποθέσεις που απαρτίζουν συνολικά το μοντέλο προσομοίωσης:

Θεωρείται ότι ο προμηθευτής είναι ένας και γίνεται στον ίδιο κάθε φορά που τοποθετείται νέα παραγγελία. Το αρχικό απόθεμα της ημέρας ικανοποιεί την ημερήσια ζήτηση και τυχόν εκκρεμείς παραγγελίες προηγούμενων ημερών. Οι παραγγελίες τοποθετούνται στο τέλος της ημέρας, όποτε αυτό κρίνεται απαραίτητο. Ελέγχεται το τελικό απόθεμα της ημέρας και μετά την ικανοποίηση της ζήτησης εάν το απόθεμα είναι μικρότερο ή ίσο με το σημείο αναπαραγγελίας, τότε γίνεται παραγγελία. Οι νέες παραγγελίες παραλαμβάνονται στην αρχή της ημέρας. Η ποσότητα της παραγγελίας που εισέρχεται στην αποθήκη, προστίθεται στο απόθεμα πριν από τη λήψη της νέας ζήτησης. Εάν π.χ. ο χρόνος παράδοσης είναι σε 5 μέρες, το απόθεμα θα προστεθεί στην αρχή της

5<sup>η</sup> μέρας και έπειτα ξεκινάει η διαδικασία της πώλησης. Εάν το απόθεμα δεν είναι αρκετό για να καλύψει την ημερήσια ζήτηση οι παραγγελίες δεν ακυρώνονται αλλά μένουν ως εκκρεμότητες και προστίθενται στην ζήτηση της επόμενης μέρας μέχρι να ικανοποιηθούν όλες. Τέλος, όταν δημιουργηθούν ελλείψεις, αυτόματα υπολογίζεται το κόστος ελλείψεων από τις χαμένες πωλήσεις, ενώ το κόστος παραγγελίας υπολογίζεται άπαξ, αμέσως μόλις τοποθετηθεί η παραγγελία στον προμηθευτή.

Αφού συλλέχθηκαν όλα τα παραπάνω στοιχεία μπορεί να τεθεί σε εφαρμογή το μοντέλο με τη βοήθεια του εργαλείου Microsoft Office Excel. Από τη στιγμή που ξεκινήσει να «τρέχει» η προσομοίωση, οι μεταβλητές που έχουν καθοριστεί παίρνουν διάφορες τιμές και παρακολουθούνται τα αποτελέσματα που προκύπτουν.

Δημιουργείται ένας πίνακας με 250 γραμμές, όσες και οι συνολικές εργάσιμες μέρες για ένα χρόνο. Για τον ορισμό των αβέβαιων παραμέτρων θα χρησιμοποιηθούν δύο συναρτήσεις, η συνάρτηση «rand» ως γεννήτρια τυχαίων αριθμών και η συνάρτηση «vlookup». Η συνάρτηση «rand» επιστρέφει έναν τυχαίο αριθμό ομοιόμορφης κατανομής, μεγαλύτερο ή ίσο με 0 και μικρότερο από 1. Αποδίδεται νέος αριθμός κάθε φορά που υπολογίζεται το φύλλο εργασίας πληκτρολογώντας «F9». Η συνάρτηση «vlookup», βοηθά να εντοπιστούν δεδομένα σε ταξινομημένο ή μη ταξινομημένο πίνακα. Οι υπόλοιπες συναρτήσεις «if», «countif» κλπ. που χρησιμοποιούνται για την ολοκλήρωση του πίνακα, θα αναλυθούν όλες παρακάτω.

## **Προσομοίωση Συστήματος Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας**

Στο σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενα κεφάλαια, το απόθεμα αναπληρώνεται όταν φτάσει στο σημείο αναπαραγγελίας και η ποσότητα παραγγελίας είναι πάντα σταθερή ανεξάρτητα από το ύψος του αποθέματος και της ζήτησης. Δίνονται τα παρακάτω δεδομένα τα οποία θα αναλυθούν στη συνέχεια:

	A	B		I	J
1	Δεδομένα	Ποσότητες	1	Κόστος	Αξία
2	Αρχικό απόθεμα	1000	2	Αγοράς/ μονάδα	20
3	Σημείο αναπαραγγελίας	50	3	Διατήρησης αποθέματος/ μονάδα	10
4	Ποσότητα παραγγελίας	500	4	Διαχείρισης Παραγγελίας/ μονάδα	15
	L	M	5	Σταθερό κόστος παραγγελίας	100
2	Συνολικό κόστος διατήρησης	2.587	6	Ελλείψεων / μονάδα	40
	L	M			
4	Ετήσιο Συνολικό Κόστος	185.004			

Πίνακας 1- Δεδομένα Συστήματος Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας

Αρχικό απόθεμα (κελί B2): **1000** τεμάχια

Σημείο αναπαραγγελίας (κελί B3): **50** τεμάχια

Σταθερή ποσότητα παραγγελίας (κελί B4): **500** τεμάχια

Κόστος αγοράς/ μονάδα (κελί J2): **20** €

Κόστος διατήρησης αποθέματος/ μονάδα (κελί J3): **10** €

Κόστος διαχείρισης παραγγελίας/ μονάδα (κελί J4): **15** €

Σταθερό κόστος/ παραγγελία (κελί J5): **100** €

Κόστος ελλείψεων/ μονάδα (κελί J6): **40** €

Θα εξεταστούν ξεχωριστά τρεις περιπτώσεις α) όταν η ζήτηση είναι σταθερή και μεταβάλλεται ο χρόνος παράδοσης, β) όταν μεταβάλλεται η ζήτηση και παραμένει σταθερός ο χρόνος παράδοσης και γ) όταν μεταβάλλονται και τα δύο.

### Περίπτωση 1<sup>η</sup> Σταθερή ζήτηση και μεταβλητός χρόνος παράδοσης

Θεωρείται ότι η ζήτηση είναι σταθερή και ανέρχεται στα 20 τεμάχια ημερησίως. Ο χρόνος παράδοσης μιας παραγγελίας είναι μεταβλητός και οι πιθανές τιμές είναι 4, 5 και 6 ημέρες. Οι τιμές αυτές υπολογίζονται με τη συλλογή στοιχείων προηγούμενων ημερών του προηγούμενου έτους. Ο πίνακας D1:G4, δείχνει τη πιθανότητα ο χρόνος παράδοσης σε 4 μέρες να είναι μικρότερος από 20%, σε 5 μέρες πάνω από 20% και μικρότερη από 70% ενώ σε 6 μέρες μεγαλύτερος από 70%. Έτσι δημιουργείται η αθροιστική κατανομή των πιθανοτήτων (στήλη «cum») του πίνακα 2:

	D	E	F	G
1	prob	cum	χρόνος παράδοσης	countif
2	0,2	0	4	46
3	0,5	0,2	5	135
4	0,3	0,7	6	69

Πίνακας 2- Πιθανότητες Χρόνου Παράδοσης

Η στήλη «countif» δείχνει πόσες φορές εμφανίζονται οι πιθανές αυτές τιμές στο μοντέλο προσομοίωσης. Χρησιμοποιεί δηλαδή τη στήλη J (η οποία αναλύεται παρακάτω) για να υπολογίσει πόσες φορές εμφανίζεται η πιθανότητα του χρόνου παράδοσης 4, 5 και 6 ημερών. Έτσι το κελί G2 δείχνει πόσες φορές στη στήλη «χρόνος παράδοσης» εμφανίζει την πιθανότητα ο χρόνος εισαγωγής της παραγγελίας να είναι 4 μέρες, το κελί G3, για 5 μέρες ενώ το κελί G4 για 6 μέρες.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
7	Ημέρα	Αρχικό απόθεμα ημέρας	Παραλαβή	Ζήτηση	Ικανοποιημένη ζήτηση	Ελλείψεις	Τελικό απόθεμα ημέρας	Θέση αποθέματος	rand#	lead time	Τοποθέτηση παραγγελίας (N=1, O=0)	Ημέρα άφιξης παραγγελίας
8	1	1000	0	20	20	0	980	980	0,018863027	4	0	0
9	2	980	0	20	20	0	960	960	0,137789913	4	0	0
10	3	960	0	20	20	0	940	940	0,478623253	5	0	0
11	4	940	0	20	20	0	920	920	0,370525649	5	0	0
12	5	920	0	20	20	0	900	900	0,564782931	5	0	0
13	6	900	0	20	20	0	880	880	0,038119808	4	0	0
14	7	880	0	20	20	0	860	860	0,150182155	4	0	0

Πίνακας 3- Προσομοίωση Σταθερού Συστήματος Παραγγελίας με Μεταβλητό Χρόνο Παράδοσης

Στη στήλη A διατυπώνονται οι εργάσιμες μέρες. Στη στήλη B ορίζεται η ποσότητα που διαθέτει η αποθήκη στην έναρξη κάθε ημέρας. Η πρώτη μέρα της στήλης B (κελί B8), συμπληρώνεται, όπως έχει οριστεί εξ' αρχής στο κελί B3 στα 1000 τεμάχια, ως το αρχικό απόθεμα που υπάρχει στην αποθήκη μετά την απογραφή του προηγούμενου έτους. Στα υπόλοιπα κελιά θα εμφανίζεται το τελικό απόθεμα της προηγούμενης μέρας και τα στοιχεία θα αντλούνται από την στήλη «Τελικό απόθεμα ημέρας» (στήλη G). Έτσι το κελί B9 θα ισούται με το κελί G8, το κελί B10 θα ισούται με το κελί G9 κ.ο.κ.

Η στήλη D αντιπροσωπεύει την ημερήσια ζήτηση. Από τη στιγμή που είναι σταθερή, την πρώτη μέρα θα είναι 20 τεμάχια, ενώ κάθε μέρα που περνάει θα είναι τα 20 τεμάχια συν την ποσότητα της στήλης F όπου φανερώνει τις ελλείψεις σε περίπτωση που δεν υπάρχει επαρκές απόθεμα για να καλύψει την ημερήσια ζήτηση. Έτσι για την 1<sup>η</sup> μέρα (κελί D8) η ποσότητα της ημερήσιας ζήτησης θα είναι 20 τεμάχια ενώ για την 2<sup>η</sup> μέρα (κελί D9) η ποσότητα θα είναι ίση με τα 20 τεμάχια συν την τιμή του κελιού F8. Από τη στιγμή που το κελί F8 είναι μηδενικό, δηλαδή δεν υπάρχουν ελλείψεις, το κελί D9 θα είναι ίσο με την ημερήσια ζήτηση. Με τον ίδιο τρόπο συμπληρώνονται τα υπόλοιπα κελιά της στήλης αυτής.

Η στήλη E ισοδυναμεί με την κάλυψη της ημερήσιας ζήτησης. Για να ικανοποιηθεί η ζήτηση θα πρέπει το διαθέσιμο απόθεμα, (στο οποίο συνυπολογίζεται η ποσότητα μιας πιθανής παραλαβής) να είναι ίσο ή μεγαλύτερο από την ημερήσια ζήτηση, διαφορετικά θα πουληθούν μόνο όσα τεμάχια είναι διαθέσιμα. Για να αποτυπωθεί αυτό το αποτέλεσμα στο κελί E8 χρησιμοποιείται η συνάρτηση «MIN» και υπολογίζεται από τον τύπο  $MIN(D8;B8+C8)$ . Η συνάρτηση MIN, φέρνει την ελάχιστη τιμή ανάμεσα στη στήλη «ζήτηση» και του αθροίσματος των στηλών «αρχικό απόθεμα ημέρας» και «παραλαβή».

Η στήλη F, φανερώνει τις πιθανές ελλείψεις της ημέρας όταν το απόθεμα δεν είναι επαρκές για να καλύψει την ημερήσια ζήτηση. Υπολογίζεται αφαιρώντας την ποσότητα της στήλης «Ικανοποιημένη ζήτηση» από την ποσότητα της στήλης «Ζήτηση».

Στη στήλη G παρακολουθείται το πραγματικό φυσικό απόθεμα και προκύπτει αφαιρώντας την στήλη «Ικανοποιημένη ζήτηση» από το άθροισμα των στηλών «Αρχικό απόθεμα ημέρας» και «Παραλαβή». Η στήλη αυτή καθορίζει το αρχικό απόθεμα της επόμενης μέρας.

Για να καθοριστεί εάν χρειάζεται να τοποθετηθεί νέα παραγγελία, δημιουργείται η στήλη H, «Θέση αποθέματος». Ισούται με το τελικό απόθεμα της ίδιας ημέρας συν την ποσότητα μιας πιθανής παραλαβής. Την πρώτη μέρα το κελί H8 είναι ίσο με το κελί G8. Η δεύτερη μέρα θα υπολογιστεί με βάση τον τύπο  $G9+IF(K8=1;B\$4;0)$ . Ο τύπος ορίζει ότι το απόθεμα θα είναι ίσο με το τελικό



απόθεμα ημέρας και εάν υπάρχει τη συγκεκριμένη μέρα παραλαβή, να προστεθεί στο κελί αυτό. Στο κελί B4 έχει οριστεί η ποσότητα παραγγελίας που παραγγέλλεται κάθε φορά. Η στήλη αυτή εξυπηρετεί για τον υπολογισμό της στήλης «Τοποθέτηση παραγγελίας (N=1, O=0)», καθώς η αναζήτηση για το πότε πρέπει να γίνει παραγγελία θα γίνεται σε αυτή τη στήλη και όχι στο τελικό απόθεμα της ημέρας. Αν γίνει μέσω της στήλης G (Τελικό απόθεμα ημέρας), τότε μέχρι την παράδοση του αποθέματος, το σύστημα θα υπολογίζει συνέχεια ότι το διαθέσιμο απόθεμα είναι κάτω από το σημείο αναπαραγγελίας και θα τοποθετεί ξανά παραγγελία, κάτι που αποφεύγεται με αυτή την τεχνική.

Στην στήλη I, χρησιμοποιείται η συνάρτηση «rand» και σε κάθε γραμμή που αντιστοιχεί σε μια εργάσιμη μέρα, δίνει και ένα τυχαίο αριθμό. Με αυτό τον τρόπο ορίζονται οι υποθέσεις όσον αφορά την τυχαία συμπεριφορά του χρόνου παράδοσης των εισαχθέντων παραγγελιών που απεικονίζονται στη στήλη J. Για να εμφανιστούν οι τυχαίοι αυτοί αριθμοί, πληκτρολογείται ο τύπος «=rand()». Γίνεται αντιγραφή της συνάρτησης αυτής σε όλη τη στήλη.

Για να υπολογιστεί η στήλη J και να βρεθεί ο χρόνος παράδοσης, γίνεται χρήση της συνάρτησης «Vlookup». Για το κελί J8 ορίζεται ο τύπος VLOOKUP(I8;\$E\$2:\$F\$4;2;1). Ο τύπος αυτός ψάχνει να βρει την τιμή του κελιού I8, στον πίνακα \$E\$2:\$F\$4 και φέρνει την αξία στην αντίστοιχη ζητούμενη στήλη «χρόνος παράδοσης». Ο τύπος αυτός αντιγράφεται σε όλη τη στήλη και σε κάθε κελί δημιουργείται διαφορετικός χρόνος παράδοσης για κάθε μέρα, ανεξάρτητα από το αν μια παραγγελία είναι πραγματικά τοποθετημένη. Εάν καμία παραγγελία δεν έχει τοποθετηθεί, ο αντίστοιχος χρόνος παράδοσης απλώς αγνοείται.

Η στήλη K, φανερώνει πότε πρέπει να τοποθετηθεί παραγγελία. Ορίζεται με βάση τη στήλη «Θέση αποθέματος» και το σημείο αναπαραγγελίας. Έτσι, το κελί K8 υπολογίζεται από τον τύπο IF(H8<\$B\$3;1;0). Εάν δηλαδή το τελικό απόθεμα της μέρας φτάσει κάτω από το σημείο αναπαραγγελίας που έχει οριστεί στα στο κελί B3, στα 50 τεμάχια, τότε θα πρέπει να τοποθετηθεί

νέα παραγγελία προς τον προμηθευτή και θα εμφανιστεί στο κελί ο αριθμός ένα (1), διαφορετικά θα είναι ίσο με μηδέν (0).

Η στήλη «Ημέρα άφιξης παραγγελίας», δείχνει τη μέρα που θα εισέλθει το απόθεμα στην αποθήκη, όταν τοποθετηθεί η νέα παραγγελία, βασισμένη στο μεταβλητό χρόνο παράδοσης της στήλης J. Το κελί L8, υπολογίζεται από τον τύπο  $IF(K8=0;0;J8+A8)$ . Εάν η παραγγελία γίνει την 48<sup>η</sup> μέρα, και ο χρόνος παράδοσης είναι στις 5 μέρες όπως έχει υπολογιστεί με βάση την συνάρτηση «rand», τότε η παραγγελία θα εισέλθει στο σύστημα την 53<sup>η</sup> μέρα. (πίνακας 4).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
7	Ημέρα	Αρχικό απόθεμα ημέρας	Παραλαβή	rand#	Ζήτηση	Ικανοποιημένη ζήτηση	Ελλείψεις	Τελικό απόθεμα ημέρας	Θέση αποθέματος	Χρόνος παράδοσης	Τοποθέτηση παραγγελίας (N=1, O=0)	Ημέρα άφιξης παραγγελίας
55	48	50	0	0,897100604	30	30	0	20	20	5	1	53
56	49	20	0	0,558613031	20	20	0	0	500	5	0	0
57	50	0	0	0,821450229	30	0	30	0	500	5	0	0
58	51	0	0	0,902338575	30	0	30	0	500	5	0	0
59	52	0	0	0,90866701	30	0	30	0	500	5	0	0
60	53	0	500	0,270047943	15	15	0	485	485	5	0	0
61	54	485	0	0,063655365	15	15	0	470	470	5	0	0

Πίνακας 4- Προσομοίωση Σταθερού Συστήματος Παραγγελίας με Μεταβλητό Χρόνο Παράδοσης (2)

Η στήλη C, απεικονίζει την «παραλαβή» του αποθέματος που εισάγεται στην αποθήκη και εξαρτάται από την στήλη L, την «Ημέρα άφιξης παραγγελίας». Οι μη μηδενικές αξίες της στήλης L, δείχνουν ποιες μέρες λαμβάνεται το απόθεμα. Για παράδειγμα, το κελί L55 δείχνει ότι το απόθεμα θα παραληφθεί την ημέρα 53. Αυτό αποτυπώνεται στο κελί C60 (με χρόνο παράδοσης 5 μέρες) με την ποσότητα των 500 τεμαχίων, την ποσότητα αναπαραγγελίας, την ημέρα 53. Για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιείται στο κελί C60, ο τύπος  $COUNTIF(L\$8:L59;A60)*\$B\$4$ . Ο τύπος αυτός μετράει πόσες φορές η τιμή στο κελί A60, που αντιπροσωπεύει την 53<sup>η</sup> μέρα, εμφανίζεται από το κελί L8 μέχρι το κελί L59 (δηλαδή από την 1<sup>η</sup> ημέρα μέχρι την 52<sup>η</sup>). Αυτό ισοδυναμεί με τον αριθμό των δοθέντων παραγγελιών για το οριζόμενο διάστημα, πολλαπλασιαζόμενο με την ποσότητα παραγγελίας που έχει οριστεί στο κελί B3. Έτσι καθορίζεται η συνολική παραληφθείσα ποσότητα την 53<sup>η</sup> μέρα. Ομοίως και για τα υπόλοιπα κελιά της στήλης C.

#### Υπολογισμός κόστους

Διαχείριση Αποθεμάτων με Τεχνικές Προσομοίωσης

	A	C	F	G	J	K	M	N	O	P
7	Ημέρα	Παραλαβή	Ελλείψεις	Τελικό αποθέμα ημέρας	χρόνος παράδοσης	Τοποθέτηση παραγγελίας (N=1, O=0)	Κόστος αγοράς	Σταθερό κόστος διαχείρισης παραγγελίας	Μεταβλητό κόστος διαχείρισης παραγγελίας	Κόστος ελλείψεων
55	48	0	0	40	5	1	10000	100	7500	0
56	49	0	0	20	5	0	0	0	0	0
57	50	0	0	0	5	0	0	0	0	0
58	51	0	20	0	5	0	0	0	0	800
59	52	0	40	0	5	0	0	0	0	1600
60	53	500	0	440	5	0	0	0	0	0
61	54	0	0	420	6	0	0	0	0	0

Πίνακας 5- - Προσομοίωση Σταθερού Συστήματος Παραγγελίας με Μεταβλητό Χρόνο Παράδοσης – Υπολογισμός Κόστους

Το κόστος υπολογίζεται άμεσα είτε τοποθετηθεί η νέα παραγγελία στον προμηθευτή, είτε δημιουργηθούν ελλείψεις λόγω χαμηλού αποθέματος. Το κόστος αγοράς (στήλη M), υπολογίζεται αμέσως μόλις γίνει παραγγελία (πίνακας 5), πολλαπλασιάζοντας την ποσότητα παραγγελίας επί την τιμή αγοράς ανά μονάδα προϊόντος (κελί J2). Ομοίως, το κόστος παραγγελίας υπολογίζεται αμέσως με την τοποθέτηση της παραγγελίας και αποτελείται από τις στήλες «Σταθερό κόστος διαχείρισης παραγγελίας» και από το «Μεταβλητό κόστος διαχείρισης παραγγελίας». Η στήλη N, αφορά το κόστος που δαπανάται ανεξάρτητα από το ύψος της παραγγελίας και είναι πάντα σταθερό και ίσο με 100€, όπως έχει οριστεί στο κελί J5. Το κελί N8 υπολογίζεται με τον τύπο  $IF(K8=1, O=0)=1;J5;0)$ . Η στήλη O, αφορά το κόστος που δαπανάται και εξαρτάται από το μέγεθος της παραγγελίας και υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την ποσότητα παραγγελίας επί του κόστους διαχείρισης παραγγελίας ανά μονάδα προϊόντος, όπως έχει οριστεί στο κελί J4. Το κόστος ελλείψεων (στήλη P), εκφράζει το κόστος από τις χαμένες πωλήσεις. Όταν το απόθεμα είναι χαμηλό και δεν μπορεί να ικανοποιηθεί η ζήτηση, τότε εκφράζεται ως έλλειψη αποθέματος και μετατρέπεται σε κόστος. Υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των ελλείψεων της στήλης F, με το κόστος ελλείψεων ανά μονάδα προϊόντος (κελί J6).

Το κόστος διατήρησης αποθέματος στο κελί M2 (πίνακας 1), υπολογίζεται με τη βοήθεια της συνάρτησης «average» για τη στήλη B. Ισούται με το μέσο επίπεδο αποθέματος επί το κόστος διατήρησης ανά μονάδα (κελί J3). Το ετήσιο συνολικό κόστος υπολογίζεται στο κελί M4 (πίνακας

2), αθροίζοντας τις στήλες που αφορούν το κόστος (στήλες M, N, O, P) και με το κελί M2 που έχει οριστεί το κόστος διατήρησης αποθέματος.

### **Περίπτωση 2<sup>η</sup> Μεταβλητή ζήτηση και σταθερός χρόνος παράδοσης**

Ο χρόνος παράδοσης παραμένει σταθερός και το απόθεμα εισέρχεται στην αποθήκη σε 5 μέρες από τη στιγμή της παραγγελίας. Η ζήτηση είναι μεταβαλλόμενη με πιθανές τιμές 5, 15, 20 και 30. Με τον ίδιο τρόπο, η συλλογή στοιχείων προηγούμενου έτους θα βοηθήσει στη δημιουργία του πίνακα κατανομής πιθανοτήτων (πίνακας D2:G5). Με λίγα λόγια, η πιθανότητα η ζήτηση να ανέρχεται σε 5 τεμάχια είναι λιγότερη από 5%, σε 15 μέρες από 5% έως 30%, σε 20 τεμάχια από 30% έως 80% ενώ σε 30 τεμάχια από 80% και πάνω. Η στήλη «countif» ομοίως, δείχνει τη συχνότητα που εμφανίζονται οι πιθανότητες αυτές στο μοντέλο προσομοίωσης (πίνακας 6).

	D	E	F	G
1	prob	cum	ζήτηση	countif
2	0,05	0	5	17
3	0,25	0,05	15	65
4	0,50	0,30	20	109
5	0,20	0,80	30	59

Πίνακας 6- Πιθανότητες Ζήτησης

Η διαδικασία για το μοντέλο προσομοίωσης είναι παρόμοια με την προηγούμενη. Η μόνη διαφορά με το μοντέλο της 1<sup>ης</sup> περίπτωσης, είναι ότι η στήλη του χρόνου παράδοσης παραμένει σταθερή αφού ο χρόνος είναι γνωστός και αλλάζει μόνο η στήλη της ζήτησης, και για τον υπολογισμό της θα χρησιμοποιηθούν οι συναρτήσεις «rand» και «vlookup». Στον πίνακα 7 απεικονίζεται το μοντέλο προσομοίωσης με μεταβλητή ζήτηση.

## Διαχείριση Αποθεμάτων με Τεχνικές Προσομοίωσης

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
7	Ημέρα	Αρχικό απόθεμα ημέρας	Παραλαβή	rand#	Ζήτηση	Ικανοποιημένη ζήτηση	Ελλείψεις	Τελικό απόθεμα ημέρας	Θέση αποθέματος	Χρόνος παράδοσης	Τοποθέτηση παραγγελίας (N=1, O=0)	Ημέρα άφιξης παραγγελίας
55	48	5	0	0,256610275	15	5	10	0	500	5	0	0
56	49	0	500	0,055783951	15	15	0	485	485	5	0	0
57	50	485	0	0,83238168	30	30	0	455	455	5	0	0
58	51	455	0	0,133162157	15	15	0	440	440	5	0	0
59	52	440	0	0,454419087	20	20	0	420	420	5	0	0
60	53	420	0	0,910962758	30	30	0	390	390	5	0	0
61	54	390	0	0,445013411	20	20	0	370	370	5	0	0

Πίνακας 7- Προσομοίωση Σταθερού Συστήματος Παραγγελίας με Μεταβλητή Ζήτηση

Ο υπολογισμός του συνολικού κόστους γίνεται με τον ίδιο τρόπο.

	A	C	E	G	H	K	M	N	O	P
7	Ημέρα	Παραλαβή	Ζήτηση	Ελλείψεις	Τελικό απόθεμα ημέρας	Τοποθέτηση παραγγελίας (N=1, O=0)	Κόστος αγοράς	Σταθερό κόστος διαχείρισης παραγγελίας	Μεταβλητό κόστος διαχείρισης παραγγελίας	Κόστος ελλείψεων
80	73	0	30	0	30	1	10000	100	7500	0
81	74	0	20	0	10	0	0	0	0	0
82	75	0	20	10	0	0	0	0	0	400
83	76	0	20	20	0	0	0	0	0	800
84	77	0	20	20	0	0	0	0	0	800
85	78	500	20	0	480	0	0	0	0	0
86	79	0	20	0	460	0	0	0	0	0

Πίνακας 8- Προσομοίωση Σταθερού Συστήματος Παραγγελίας με Μεταβλητή Ζήτηση - Υπολογισμός Κόστους

### Περίπτωση 3<sup>η</sup> Μεταβλητή ζήτηση και μεταβλητός χρόνος παράδοσης

Με τη ζήτηση και το χρόνο παράδοσης να είναι αβέβαια, δημιουργούνται τυχαίοι αριθμοί σε δύο ξεχωριστές στήλες, μία για τη μεταβαλλόμενη ζήτηση (στήλη «rand#») και μία για το μεταβαλλόμενο χρόνο παράδοσης (στήλη «rand#2»). Η διαδικασία για την ανάπτυξη του μοντέλου προσομοίωσης και υπολογισμού του κόστους, είναι ίδια με τις περιπτώσεις 1 και 2.

## Διαχείριση Αποθεμάτων με Τεχνικές Προσομοίωσης

8	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Ημέρα	Αρχικό απόθεμα ημέρας	Παραλαβή	rand#	Ζήτηση	Ικανοποιημένη ζήτηση	Ελλείψεις	Τελικό απόθεμα ημέρας	Θέση αποθέματος	rand#2	Χρόνος παράδοσης	Τοποθέτηση παραγγελίας (N=1, O=0)	Ημέρα άφιξης παραγγελίας
54	46	95	0	0,94428874	30	30	0	64	65	0,968756277	6	0	0
55	47	65	0	0,55365801	20	20	0	44	45	0,807280732	6	1	52
56	48	45	0	0,6758105	20	20	0	25	525	0,911085076	6	0	0
57	49	25	0	0,21069303	15	15	0	10	510	0,371737778	5	0	0
58	50	10	0	0,57332587	20	10	10	0	500	0,026326296	4	0	0
59	51	0	0	0,81494619	30	0	30	0	500	0,594920317	5	0	0
60	52	0	0	0,35672831	20	0	20	0	500	0,312329532	5	0	0

Πίνακας 9- Προσομοίωση Σταθερού Συστήματος Παραγγελίας με Μεταβλητή Ζήτηση & Χρόνο Παράδοσης

8	A	C	E	G	H	K	L	N	O	P	Q
	Ημέρα	Παραλαβή	Ζήτηση	Ελλείψεις	Τελικό απόθεμα ημέρας	Χρόνος παράδοσης	Τοποθέτηση παραγγελίας (N=1, O=0)	Κόστος αγοράς	Σταθερό κόστος διαχείρισης παραγγελίας	Μεταβλητό κόστος διαχείρισης παραγγελίας	Κόστος ελλείψεων
54	46	0	30	0	64	6	0	0	0	0	0
55	47	0	20	0	44	6	1	9728	100	7424	0
56	48	0	20	0	25	6	0	0	0	0	0
57	49	0	15	0	10	5	0	0	0	0	0
58	50	0	20	10	0	4	0	0	0	0	400
59	51	0	30	30	0	5	0	0	0	0	1152
60	52	0	20	20	0	5	0	0	0	0	800

Πίνακας 10 - Προσομοίωση Σταθερού Συστήματος Παραγγελίας με Μεταβλητή Ζήτηση & Χρόνο Παράδοσης - Υπολογισμός Κόστους

## Προσομοίωση Συστήματος Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας

Στο σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας, η στάθμη του αποθέματος πέφτει ανάλογα με τη ζήτηση αλλά η παραγγελία τοποθετείται μόνο σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο και η ποσότητα που παραγγέλλεται είναι πάντα διαφορετική. Τα στοιχεία που δίνονται και αναλύονται παρακάτω (πίνακας 11) είναι ίδια με το σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας με τη διαφορά ότι δεν ελέγχεται η στάθμη αποθέματος για να τοποθετηθεί η παραγγελία αλλά γίνεται σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο και ορίζεται το μέγιστο ύψος των αποθεμάτων που τηρείται στην αποθήκη. Δίνονται τα παρακάτω δεδομένα:

	A	B		I	J
1	Δεδομένα	Ποσότητες	1	Κόστος	Αξία
2	Αρχικό απόθεμα	1000	2	Αγοράς/ μονάδα	20
3	Περίοδος παραγγελίας	30	3	Διατήρησης αποθέματος/ μονάδα	10
4	Μέγιστο απόθεμα	1000	4	Διαχείρισης Παραγγελίας/ μονάδα	15
L		M	5	Σταθερό κόστος παραγγελίας	100
2	Συνολικό κόστος διατήρησης αποθέματος	6.148	6	Ελλείψεων/ μονάδα	40
L		M			
4	Ετήσιο Συνολικό Κόστος	174.948			

Πίνακας 11- Δεδομένα Συστήματος Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας

Αρχικό απόθεμα: **1000** τεμάχια

Κόστος διατήρησης αποθέματος/ μονάδα: **10** €

Σημείο αναπαραγγελίας: **Κάθε 30** μέρες

Κόστος διαχείρισης παραγγελίας/ μονάδα: **15** €

Μέγιστη ποσότητα παραγγελίας: **1000** τεμάχια

Σταθερό κόστος/ παραγγελία: **100** €

Κόστος αγοράς/ μονάδα: **20** €

Κόστος ελλείψεων/ μονάδα: **40** €

Θα εξεταστούν ομοίως οι τρεις περιπτώσεις που εξετάστηκαν νωρίτερα στο σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας.

### Περίπτωση 1<sup>η</sup> Σταθερή ζήτηση και μεταβλητός χρόνος παράδοσης

Θεωρείται ότι η παραγγελία τίθεται με συχνότητα μια φορά το μήνα και ορίζεται στις 30 μέρες. Η ζήτηση παραμένει σταθερή στα 20 τεμάχια και μεταβάλλεται ο χρόνος παράδοσης με πιθανές τιμές 4, 5 και 6, όπως στην 1<sup>η</sup> περίπτωση του συστήματος σταθερής ποσότητας παραγγελίας (πίνακας D1:G4).

Οι περισσότερες στήλες υπολογίζονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Στη στήλη A ορίζονται οι εργάσιμες μέρες (250 μέρες). Στη στήλη B ορίζεται η ποσότητα που διαθέτει η αποθήκη στην έναρξη κάθε ημέρας και θα ισούται με το τελικό απόθεμα της προηγούμενης μέρας (στήλη G).

Η στήλη D που ισούται με τη σταθερή ζήτηση, θα είναι 20 τεμάχια, συν την ποσότητα της στήλης F της προηγούμενης μέρας σε περίπτωση που υπάρχουν ελλείψεις.

Η στήλη E υπολογίζεται με τον ίδιο τρόπο με τον τύπο  $\text{MIN}(D9;B9+C9)$ . Σε περίπτωση αδυναμίας κάλυψης ολόκληρης της ζήτησης, εμφανίζεται η ποσότητα που ικανοποιείται με το διαθέσιμο απόθεμα.

Η στήλη F, ισούται με την στήλη «Ικανοποιημένη ζήτηση» μείον τη στήλη «Ζήτηση» και υποδηλώνει πιθανές ελλείψεις.

Η στήλη G ισούται με το «Αρχικό απόθεμα ημέρας» συν την «Παραλαβή» μείον την «Ικανοποιημένη ζήτηση» και υποδηλώνει το τελικό πραγματικό απόθεμα της μέρας.

Για να καθοριστεί πόση ποσότητα πρέπει να τοποθετηθεί στη νέα παραγγελία, δημιουργείται η στήλη H, «Ποσότητα προς παραγγελία». Για να υπολογιστεί το κελί H9 ορίζεται ο τύπος  $\text{IF}(K9=1;B\$4-G9)$ . Αυτό σημαίνει ότι η ποσότητα που θα παραγγελθεί είναι ίση με τη μέγιστη χωρητικότητα της αποθήκης μείον το τελικό απόθεμα της τρέχουσας μέρας που τοποθετείται η παραγγελία.

Στην στήλη I, χρησιμοποιείται η συνάρτηση «rand» για την τυχαία συμπεριφορά του χρόνου παράδοσης των εισαχθέντων παραγγελιών που απεικονίζονται στη στήλη J.

Στη στήλη J, για το χρόνος παράδοσης, γίνεται ξανά χρήση της συνάρτησης «vlookup». Για την 1<sup>η</sup> μέρα το κελί J9 ορίζεται ο τύπος  $\text{VLOOKUP}(I9;E\$2:\$F\$4;2;1)$ . Ομοίως υπολογίζεται για τις υπόλοιπες μέρες.

Μια διαφορά με το προηγούμενο μοντέλο είναι ότι δεν δημιουργείται η στήλη «Θέση αποθέματος» για να υπολογιστεί πότε θα τοποθετηθεί η νέα παραγγελία στον προμηθευτή. Αυτό σημαίνει ότι αλλάζει και ο τρόπος υπολογισμού της στήλης K, «Τοποθέτηση παραγγελίας (N=1, O=0)». Αυτό θα γίνει με τις συναρτήσεις «IF» και «MOD». Ο τύπος που θα ορίζει το κελί K9 είναι  $\text{IF}(\text{MOD}(A9;B\$3)<0;0;1)$ . Η συνάρτηση MOD αποδίδει το υπόλοιπο της διαίρεσης ενός



αριθμού. Με τον τύπο αυτό ορίζεται ότι όταν το υπόλοιπο της διαίρεσης είναι διάφορο του μηδενός τότε δεν τίθεται παραγγελία. Έτσι στη στήλη αυτή θα ορίζεται ο αριθμός 1 για κάθε 30 ημέρες που περνούν διαφορετικά θα παίρνει την τιμή 0. Η στήλη αυτή είναι βοηθητική για τον υπολογισμό της στήλης «Παραλαβή».

Η στήλη L, «Ημέρα άφιξης παραγγελίας», δείχνει τη μέρα που θα εισέλθει το απόθεμα στην αποθήκη, όταν τοποθετηθεί η νέα παραγγελία και ορίζεται από τον τύπο  $IF(K9=0;0;J9+A9)$ .

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
8	Ημέρα	Αρχικό απόθεμα ημέρας	Παραλαβή	Ζήτηση	Ικανοποιημένη ζήτηση	Ελλείψεις	Τελικό απόθεμα ημέρας	Ποσότητα προς παραγγελία	rand#	Χρόνος παράδοσης	Τοποθέτηση παραγγελίας (N=1, O=0)	Ημέρα άφιξης παραγγελίας
9	1	1000	0	20	20	0	980	0	0,880627813	6	0	0
10	2	980	0	20	20	0	960	0	0,439436148	5	0	0
11	3	960	0	20	20	0	940	0	0,801444333	6	0	0
12	4	940	0	20	20	0	920	0	0,423242087	5	0	0
13	5	920	0	20	20	0	900	0	0,87021268	6	0	0
14	6	900	0	20	20	0	880	0	0,097971626	4	0	0
15	7	880	0	20	20	0	860	0	0,163910128	4	0	0

Πίνακας 12- Προσομοίωση Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Μεταβλητό Χρόνο Παράδοσης

Η στήλη C, που απεικονίζει την «παραλαβή» του αποθέματος που εισάγεται στην αποθήκη δεν εξαρτάται μόνο από την στήλη L, την «Ημέρα άφιξης παραγγελίας» αλλά και από τη στήλη «Ποσότητα προς παραγγελία». Η ποσότητα που υπολογίζεται στην τελευταία στήλη αυτή, είναι και η αντίστοιχη ποσότητα παραλαβής. Η ημέρα παραγγελίας έχει οριστεί στις 30 μέρες. Η παραλαβή θα γίνει τόσες μέρες αργότερα όσες ορίζει ο «χρόνος παράδοσης» της στήλης J. Έτσι ο τύπος που θα καθορίσει το κελί C43 δίνεται από τη σχέση  $IF(COUNTIF(L\$9:L42;A43)=1;SUM(\$H\$9:H42)-SUM(\$C\$9:C42);0)$ .

Διαχείριση Αποθεμάτων με Τεχνικές Προσομοίωσης

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
8	Ημέρα	Αρχικό απόθεμα ημέρας	Παραλαβή	Ζήτηση	Ικανοποιημένη ζήτηση	Ελλείψεις	Τελικό απόθεμα ημέρας	Ποσότητα προς παραγγελία	rand#	Χρόνος παράδοσης	Τοποθέτηση παραγγελίας (N=1, O=0)	Ημέρα άφιξης παραγγελίας
38	30	420	0	20	20	0	400	600	0,284201666	5	1	35
39	31	400	0	20	20	0	380	0	0,856283069	6	0	0
40	32	380	0	20	20	0	360	0	0,989120153	6	0	0
41	33	360	0	20	20	0	340	0	0,869000954	6	0	0
42	34	340	0	20	20	0	320	0	0,066852763	4	0	0
43	35	320	600	20	20	0	900	0	0,287391758	5	0	0
44	36	900	0	20	20	0	880	0	0,462246608	5	0	0

Πίνακας 13 - Προσομοίωση Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Μεταβλητό Χρόνο Παράδοσης (2)

Υπολογισμός του κόστους

Το κόστος υπολογίζεται κατά τον ίδιο τρόπο. Το κόστος αγοράς (στήλη M), υπολογίζεται αμέσως μόλις γίνει παραγγελία (πίνακας 14), πολλαπλασιάζοντας την ποσότητα παραγγελίας της στήλης H, επί την τιμή αγοράς ανά μονάδα προϊόντος που έχει οριστεί στο κελί J2. Το «Σταθερό κόστος διαχείρισης παραγγελίας» (στήλη N) είναι σταθερό στα 100€ όπως ορίζεται στο κελί J5 και ορίζεται με τον τύπο  $IF(K9=1; \$J\$5; 0)$ . Το «Μεταβλητό κόστος διαχείρισης παραγγελίας» (στήλη O), υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την ποσότητα παραγγελίας που έχει υπολογιστεί στην στήλη H, επί του κόστους διαχείρισης παραγγελίας ανά μονάδα προϊόντος, όπως έχει οριστεί στο κελί J4. Το κόστος ελλείψεων (στήλη P), υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των ελλείψεων της στήλης F, με το κόστος ελλείψεων ανά μονάδα προϊόντος, που έχει οριστεί στο κελί J6. Το κόστος διατήρησης αποθέματος, ισούται με το μέσο επίπεδο αποθέματος επί το κόστος διατήρησης ανά μονάδα που ορίζεται στο κελί J3. Το ετήσιο συνολικό κόστος υπολογίζεται στο κελί M4, αθροίζοντας τις στήλες που αφορούν το κόστος (στήλες M, N, O, P) μαζί με το κελί M2 που είναι το κόστος διατήρησης αποθέματος.

## Διαχείριση Αποθεμάτων με Τεχνικές Προσομοίωσης

	A	C	F	G	H	J	K	M	N	O	P
8	Ημέρα	Παραλαβή	Ελλείψεις	Τελικό απόθεμα ημέρας	Ποσότητα προς παραγγελία	Χρόνος παράδοσης	Τοποθέτηση παραγγελίας (N=1, O=0)	Κόστος αγοράς	Σταθερό κόστος διαχείρισης παραγγελίας	Μεταβλητό κόστος διαχείρισης παραγγελίας	Κόστος ελλείψεων
38	30	0	0	400	600	5	1	12000	100	9000	0
39	31	0	0	380	0	4	0	0	0	0	0
40	32	0	0	360	0	5	0	0	0	0	0
41	33	0	0	340	0	5	0	0	0	0	0
42	34	0	0	320	0	5	0	0	0	0	0
43	35	600	0	900	0	5	0	0	0	0	0
44	36	0	0	880	0	5	0	0	0	0	0

Πίνακας 14- Προσομοίωση Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Μεταβλητό Χρόνο Παράδοσης - Υπολογισμός Κόστους

### **Περίπτωση 2<sup>η</sup> Μεταβλητή ζήτηση και σταθερός χρόνος παράδοσης**

Ο χρόνος παράδοσης στην περίπτωση αυτή είναι σταθερός στις 5 μέρες, ενώ η ζήτηση είναι μεταβαλλόμενη με πιθανές τιμές 5, 15, 20 και 30 όπως στην 2η περίπτωση του μοντέλου προσομοίωσης με σταθερή ποσότητα παραγγελίας. (πίνακας 6). Η διαφορά κι εδώ με την προηγούμενη περίπτωση, είναι ότι η στήλη του χρόνου παράδοσης παραμένει σταθερή και αλλάζει η στήλη της ζήτησης, όπου οι συναρτήσεις «rand» και «vlookup» θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
8	Ημέρα	Αρχικό απόθεμα ημέρας	Παραλαβή	rand#	Ζήτηση	Ικανοποιημένη ζήτηση	Ελλείψεις	Τελικό απόθεμα ημέρας	Ποσότητα προς παραγγελία	Χρόνος παράδοσης	Τοποθέτηση παραγγελίας (N=1, O=0)	Ημέρα άφιξης παραγγελίας
9	1	1000	0	0,689471296	20	20	0	960	0	5	0	0
10	2	980	0	0,029773211	5	5	0	960	0	5	0	0
11	3	975	0	0,8700344	30	30	0	928	0	5	0	0
12	4	945	0	0,859406752	30	30	0	896	0	5	0	0
13	5	915	0	0,348572628	20	20	0	864	0	5	0	0
14	6	895	0	0,481874244	20	20	0	864	0	5	0	0
15	7	875	0	0,635341094	20	20	0	832	0	5	0	0

Πίνακας 15- Προσομοίωση Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Μεταβλητή Ζήτηση

### Υπολογισμός του κόστους

Ομοίως υπολογίζεται και το κόστος στον πίνακα 16:

	A	C	E	G	H	K	M	N	O	P
8	Ημέρα	Παραλαβή	Ζήτηση	Ελλείψεις	Τελικό απόθεμα ημέρας	Τοποθέτηση παραγγελίας (N=1, O=0)	Κόστος αγοράς	Σταθερό κόστος διαχείρισης παραγγελίας	Μεταβλητό κόστος διαχείρισης παραγγελίας	Κόστος ελλείψεων
38	30	0	30	0	352	1	12800	100	9216	0
39	31	0	20	0	336	0	0	0	0	0
40	32	0	20	0	320	0	0	0	0	0
41	33	0	15	0	304	0	0	0	0	0
42	34	0	20	0	272	0	0	0	0	0
43	35	640	20	0	896	0	0	0	0	0
44	36	0	15	0	864	0	0	0	0	0

Πίνακας 16- Προσομοίωση Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Μεταβλητή Ζήτηση - Υπολογισμός Κόστους

### Περίπτωση 3<sup>η</sup> Μεταβλητή ζήτηση και μεταβλητός χρόνος παράδοσης

Με τον ίδιο τρόπο δημιουργούνται τυχαίοι αριθμοί για τις μεταβαλλόμενες στήλες, μία για τη ζήτηση και μία για το χρόνο παράδοσης και αναπτύσσεται το μοντέλο προσομοίωσης όπως και στις περιπτώσεις 1 και 2. Παρακάτω στους πίνακες 17 και 18 παρουσιάζεται η προσομοίωση με μεταβλητή ζήτηση και χρόνο παράδοσης.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
8	Ημέρα	Αρχικό απόθεμα ημέρας	Παραλαβή	rand#	Ζήτηση	Ικανοποιημένη ζήτηση	Ελλείψεις	Τελικό απόθεμα ημέρας	Ποσότητα προς παραγγελία	rand#2	Χρόνος παράδοσης	Τοποθέτηση παραγγελίας (N=1, O=0)	Ημέρα άφιξης παραγγελίας
9	1	1000	0	0,058183782	15	15	0	960	0	0,00942924	4	0	0
10	2	985	0	0,007966121	5	5	0	960	0	0,40181856	5	0	0
11	3	980	0	0,626251646	20	20	0	960	0	0,99845912	6	0	0
12	4	960	0	0,748435853	20	20	0	928	0	0,84749083	6	0	0
13	5	940	0	0,005658043	5	5	0	928	0	0,25974954	5	0	0
14	6	935	0	0,339165936	20	20	0	896	0	0,97920024	6	0	0
15	7	915	0	0,248395169	15	15	0	896	0	0,22192029	5	0	0

Πίνακας 17- Προσομοίωση Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Μεταβλητή Ζήτηση & Χρόνο Παράδοσης

	A	C	E	G	H	K	L	N	O	P	Q
8	Ημέρα	Παραλαβή	Ζήτηση	Ελλείψεις	Τελικό απόθεμα ημέρας	Χρόνος παράδοσης	Τοποθέτηση παραγγελίας (N=1, O=0)	Κόστος αγοράς	Σταθερό κόστος διαχείρισης παραγγελίας	Μεταβλητό κόστος διαχείρισης παραγγελίας	Κόστος ελλείψεων
37	29	0	20	0	416	6	0	0	0	0	0
38	30	0	15	0	400	5	1	11776	100	8704	0
39	31	0	20	0	384	5	0	0	0	0	0
40	32	0	20	0	352	5	0	0	0	0	0
41	33	0	15	0	336	4	0	0	0	0	0
42	34	0	20	0	320	6	0	0	0	0	0
43	35	595	20	0	896	4	0	0	0	0	0

Πίνακας 18- Προσομοίωση Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Μεταβλητή Ζήτηση & Χρόνο Παράδοσης - Υπολογισμός Κόστους

## Εναλλακτικά Σενάρια

Ο καλύτερος τρόπος να εκτιμήσει μια επιχείρηση τα αποτελέσματα των μοντέλων προσομοίωσης και να αξιολογήσει εάν έχει επιλέξει τη σωστή πολιτική διαχείρισης αποθεμάτων, είναι να δοκιμαστούν εναλλακτικά σενάρια πάνω στα ίδια μοντέλα προσομοίωσης. Το μοντέλο, διαφοροποιείται αλλάζοντας τις τιμές των δεδομένων και γίνεται τελικός έλεγχος. Εξετάζονται διαφορετικές πολιτικές και γίνεται σύγκριση με το αρχικό σενάριο με στόχο την τροποποίηση και βελτιστοποίησή του. Μετά την αλλαγή των τιμών, η προσομοίωση τρέχει ξανά, δίνοντας νέα δεδομένα προς αξιολόγηση.

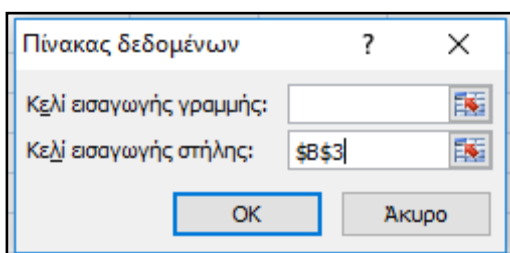
Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, απώτερος στόχος των επιχειρήσεων είναι να διαχειρίζεται το απόθεμα των προϊόντων της με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Οι αλλαγές στο μοντέλο προσομοίωσης γίνονται ανάλογα με το σύστημα διαχείρισης αποθέματος. Αν επιθυμούσε αλλαγή στην τιμή αγοράς γιατί το κόστος του προϊόντος είναι αρκετά υψηλό, τότε η επιχείρηση θα προχωρούσε σε ανεύρεση νέων προμηθευτών, πιθανότατα θα έκανε έρευνα αγοράς και θα αναζητούσε προσφορές προκειμένου να εξασφαλίσει νέες χαμηλότερες τιμές. Με την ίδια λογική θα λειτουργούσε εάν ήθελε να μειώσει το χρόνο παράδοσης, επιλέγοντας εχέμυθους προμηθευτές που θα εκτελούν τις παραγγελίες σε μικρότερο χρόνο. Το κόστος ελλείψεων, το κόστος διαχείρισης αποθέματος και το κόστος παραγγελίας (εκτός από το κόστος που δαπανάται κάθε φορά όταν τοποθετείται παραγγελία και είναι σταθερό) εξαρτώνται καθαρά από το μέγεθος της παραγγελίας

και το χρόνο που τοποθετείται η παραγγελία. Έτσι λοιπόν, οι τιμές που εξετάζονται παρακάτω, στο σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας είναι το σημείο αναπαραγγελίας και η ποσότητα που παραγγέλνεται κάθε φορά ενώ στο σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας, εξετάζονται ο χρόνος που τοποθετείται η παραγγελία και το μέγιστο επιτρεπτό απόθεμα που μπαίνει στην αποθήκη. Αυτές οι μεταβλητές καθορίζουν και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Από τη στιγμή που το βασικό μοντέλο προσομοίωσης δημιουργηθεί, μπορούν να απαντηθούν βασικά ερωτήματα που προβληματίζει κάθε επιχείρηση: πώς μια αλλαγή μπορεί να επηρεάσει το κόστος, και τι αλληλεπιδράσεις μπορεί να έχει στη λειτουργία του συστήματος. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εναλλακτικών σεναρίων και γίνεται σύγκριση μεταξύ των τιμών για κάθε σύστημα ξεχωριστά. Τα σεναρία που αναλύονται αφορούν την περίπτωση που και οι δύο παράμετροι, ζήτηση και χρόνος παράδοσης είναι συνεχώς μεταβαλλόμενα (περίπτωση 3<sup>η</sup>).

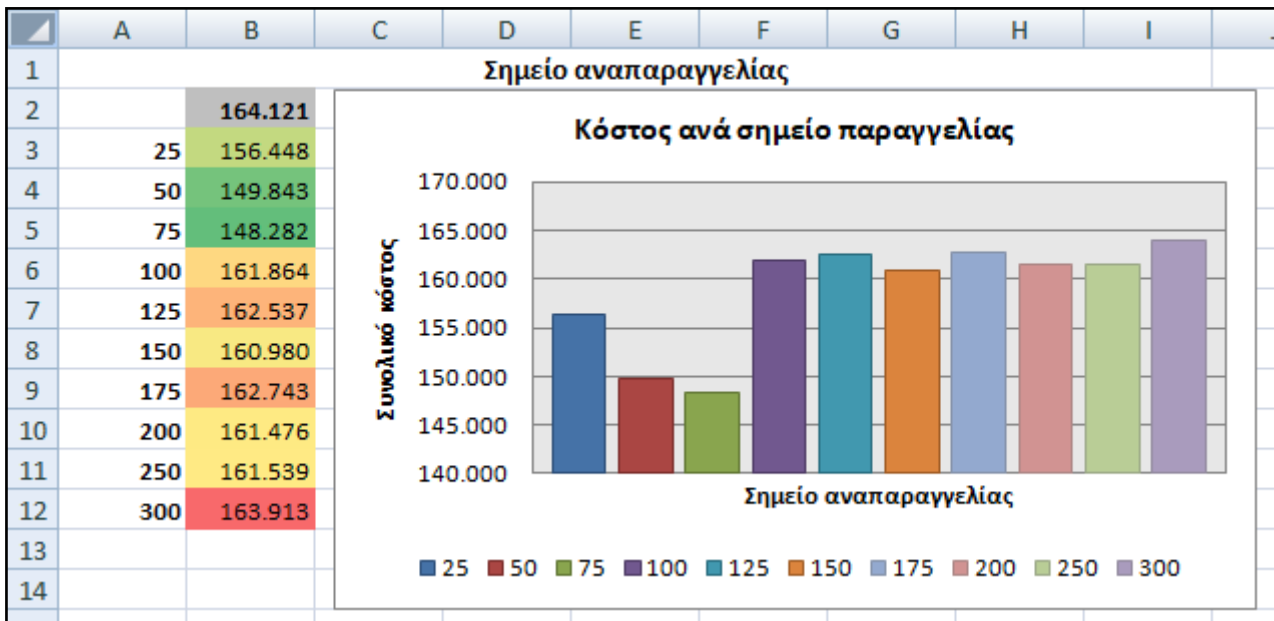
## Σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας

### Σενάριο 1 – Αλλαγή σημείου αναπαραγγελίας

Δημιουργείται στο Excel ένας πίνακας δεδομένων όπου φανερώνει πώς διαμορφώνεται το κόστος ανάλογα το σημείο αναπαραγγελίας ή/ και το μέγεθος παραγγελίας. Αρχικά, εισάγεται μια ακολουθία δοκιμαστικών τιμών του σημείου αναπαραγγελίας στη στήλη Α και στη συνέχεια εισάγεται ένας σύνδεσμος όπου φανερώνει το συνολικό κόστος του αρχικού μοντέλου και αποτυπώνεται στο κελί B2. Επιλέγεται όλος ο πίνακας A2:B12 και στον πίνακα δεδομένων (εικόνα 13) εισάγεται το κελί εισαγωγής στήλης του σημείου αναπαραγγελίας (κελί B3) και εμφανίζονται τα δεδομένα της εικόνας 14.



Εικόνα 13- Παράθυρο Διαλόγου για Μονοδιάστατο Πίνακα Δεδομένων

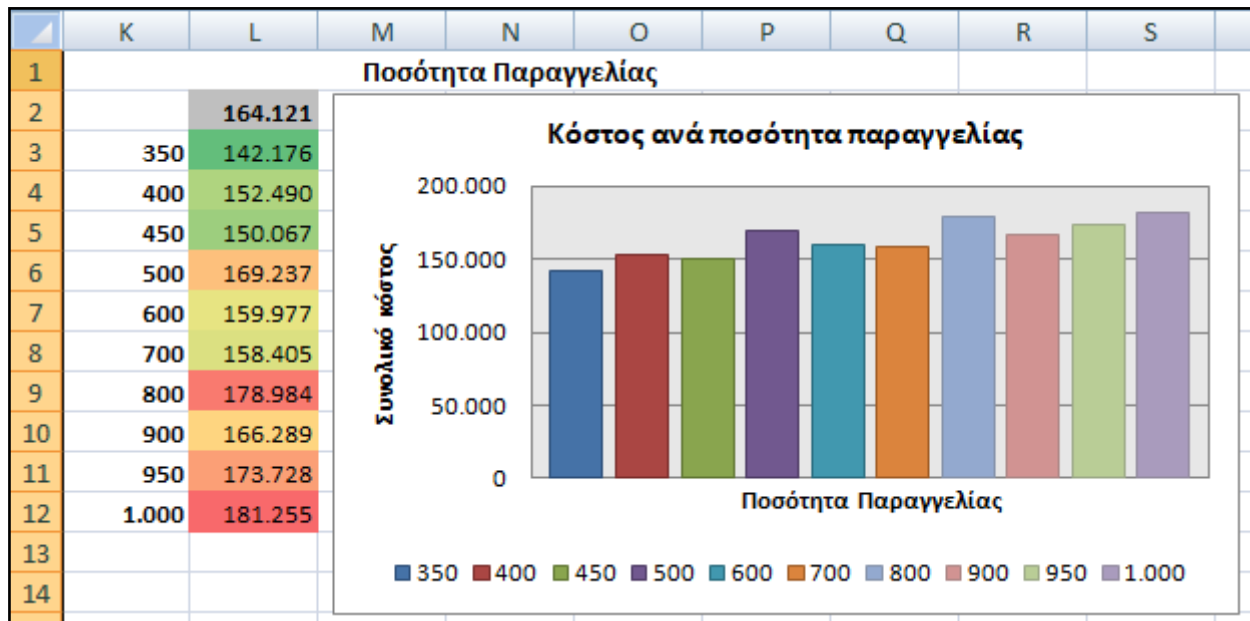


Εικόνα 14- Κόστος ανά Σημείο Αναπαραγγελίας

Η στήλη Β παρουσιάζει το συνολικό κόστος με βάση το σημείο αναπαραγγελίας. Παρατηρείται πως αν η επιχείρηση περιμένει να φτάσει το απόθεμα στα 25 τεμάχια το κόστος είναι αρκετά υψηλό αφού θα δημιουργηθούν πολλές ελλείψεις μέχρι την αναπλήρωση του αποθέματος. Επίσης μια αύξηση του κόστους παρατηρείται εάν τη στιγμή που τοποθετηθεί η παραγγελία το απόθεμα βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα, γιατί αυξάνεται το κόστος διατήρησης αποθέματος. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα το κόστος ελαχιστοποιείται στο σημείο που η παραγγελία τοποθετείται όταν το ύψος του αποθέματος πέσει στα 75 τεμάχια.

## Σενάριο 2 – Αλλαγή ποσότητας παραγγελίας

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία στην περίπτωση αλλαγής τιμών στην ποσότητα παραγγελίας. Έτσι δημιουργείται νέος πίνακας και εμφανίζονται τα δεδομένα του πίνακα K2:L12 και το διάγραμμα της εικόνας 15.



Εικόνα 15- Κόστος ανά Ποσότητα Παραγγελίας

Η στήλη K δείχνει το μέγεθος της παραγγελίας, ενώ η στήλη L δείχνει το αντίστοιχο κόστος ανάλογα το μέγεθός της. Σύμφωνα με το διάγραμμα, το κόστος ελαχιστοποιείται ακόμα περισσότερο όταν η ποσότητα παραγγελίας είναι στα 350 τεμάχια, ενώ όσο αυξάνεται η ποσότητα της παραγγελίας, το κόστος ανεβαίνει εξαιτίας της διατήρησης μεγάλου αποθέματος στην αποθήκη.

Συγκρίνοντας τα σενάρια που παρουσιάστηκαν, απορρέει το συμπέρασμα ότι συμφέρει την επιχείρηση να μειώσει την ποσότητα παραγγελίας γιατί προφανώς το κόστος διατήρησης είναι αρκετά πιο υψηλό σε σύγκριση με το κόστος παραγγελίας (αφού οι παραγγελίες μέσα στο έτος αυτόματα θα αυξηθούν) και το κόστος ελλείψεων (αφού μεγαλώνει η πιθανότητα να αυξηθούν οι εκκρεμότητες).

Τι γίνεται στην περίπτωση όμως που αλλάξουν οι τιμές και των δύο παραμέτρων;

### **Σενάριο 3 – Αλλαγή σημείου αναπαραγγελίας & ποσότητας παραγγελίας**

Για να γίνει ανάλυση των τιμών, δημιουργείται ο παρακάτω πίνακας χρησιμοποιώντας τον πίνακα δεδομένων με κελί εισαγωγής γραμμής την ποσότητα παραγγελίας και κελί εισαγωγής στήλης το σημείο αναπαραγγελίας:



Διαχείριση Αποθεμάτων με Τεχνικές Προσομοίωσης

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
18	164.121	350	400	450	500	600	700	800	900	950	1.000
19	25	151.270	158.290	155.245	157.150	158.294	157.543	153.191	172.099	175.259	150.887
20	50	162.797	150.818	155.258	149.915	156.766	155.044	151.207	182.404	179.620	149.160
21	75	153.817	161.850	151.496	163.158	156.338	152.849	175.988	178.640	175.870	145.525
22	100	151.155	158.438	163.977	161.090	153.401	153.064	146.702	165.769	173.391	180.488
23	125	150.891	145.194	146.518	161.391	152.053	150.757	173.406	164.170	182.633	192.123
24	150	151.018	157.585	161.800	161.646	173.006	151.414	173.819	164.121	173.711	179.278
25	175	152.224	158.681	162.037	162.894	173.095	150.900	173.520	164.109	173.085	179.200
26	200	164.337	158.970	162.387	162.901	152.716	175.636	174.094	164.821	173.960	183.027
27	250	163.493	172.994	163.809	162.162	173.594	176.178	173.975	164.671	174.232	183.503
28	300	164.154	159.551	162.234	163.337	173.812	179.234	173.626	165.321	173.945	184.085

Πίνακας 19- Υπολογισμός Κόστους ανά Σημείο Αναπαραγγελίας & Ποσότητα Παραγγελίας

Η στήλη Α αφορά το σημείο αναπαραγγελίας ενώ η γραμμή 18 αφορά το μέγεθος της παραγγελίας. Σύμφωνα με τα νούμερα του πίνακα, όσο αυξάνεται το σημείο αναπαραγγελίας, σταδιακά αυξάνεται και το συνολικό κόστος. Όταν αυξάνεται το μέγεθος της παραγγελίας ανεβαίνει το κόστος διατήρησης αποθέματος και το κόστος παραγγελίας, ενώ το σημείο αναπαραγγελίας είναι σχετικά πολύ χαμηλό. Παρατηρείται λοιπόν, ότι το κόστος είναι μεγαλύτερο εάν αυξηθούν ταυτόχρονα η παραγγελθείσα ποσότητα και το σημείο αναπαραγγελίας. Αυτό συμβαίνει γιατί αυτόματα αυξάνεται το κόστος διατήρησης αποθέματος σε αντίθεση με το κόστος ελλείψεων που τείνει να μηδενιστεί. Στα σημεία που το κόστος φαίνεται να μικραίνει είναι στο κελί C23, όπου το σημείο αναπαραγγελίας είναι στα 125 τεμάχια και η ποσότητα παραγγελίας στα 400 τεμάχια. Χαμηλό φαίνεται επίσης να διατηρείται το κόστος στην περίπτωση που παραγγέλνεται μεγάλη ποσότητα αλλά με χαμηλό σημείο αναπαραγγελίας (κελί K21). Εδώ η απόφαση θα κριθεί από την πολιτική που σκοπεύει να ακολουθήσει η εταιρεία. Θα κρίνει εάν θα προτιμήσει να διατηρήσει μεγάλο απόθεμα για να ικανοποιεί άμεσα τους πελάτες της ρισκάροντας όμως να δημιουργηθούν ελλείψεις αφού το σημείο αναπαραγγελίας είναι αρκετά χαμηλό ή θα ελέγχει νωρίτερα τη στάθμη του αποθέματος και θα αναπληρώνει το απόθεμα με μικρότερη ποσότητα αυξάνοντας τον αριθμό παραγγελιών μέσα στο έτος. Η δεύτερη περίπτωση σίγουρα αφορά περιπτώσεις που η επιχείρηση είναι εχέμυθη και είναι σίγουρη ότι δεν θα χάσει εύκολα την εμπιστοσύνη των πελατών της. Το χαμηλότερο κόστος παρόλα αυτά επιτυγχάνεται εάν η τοποθέτηση της παραγγελίας γίνεται όταν το

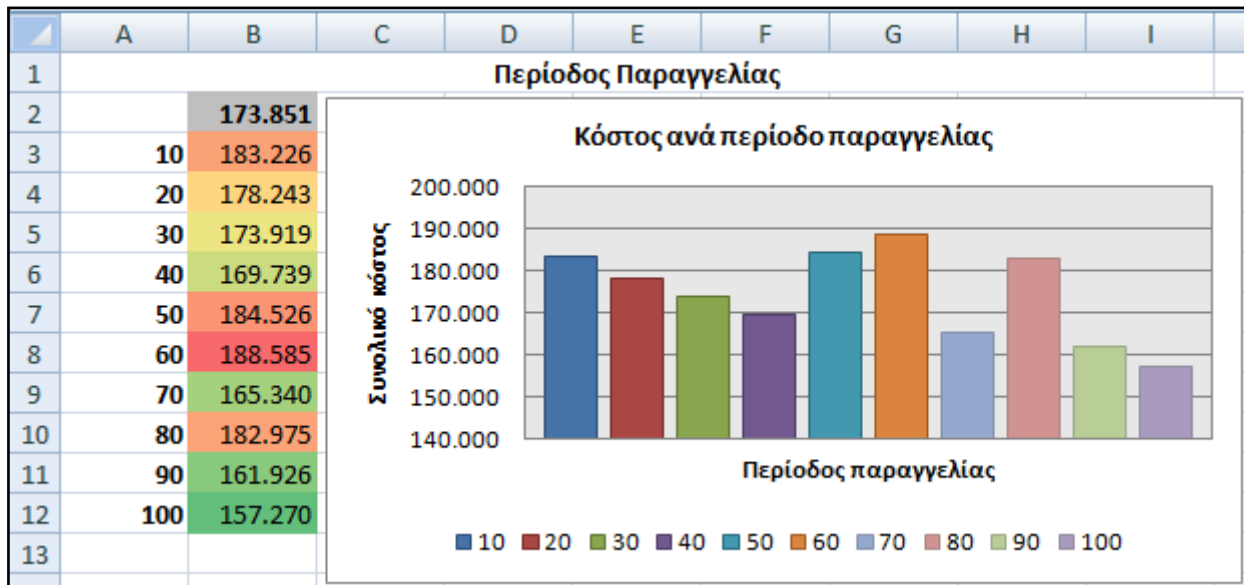
απόθεμα είναι κατά 75 τεμάχια μεγαλύτερο από ότι καθορίστηκε στην αρχή και μειωθεί η παραγγελίας κατά 100 τεμάχια.

Εν κατακλείδι, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των εναλλακτικών σεναρίων με το αρχικό σενάριο της προσομοίωσης, το επικρατέστερο για τη μείωση του κόστους, είναι να μειώσει μόνο την ποσότητα παραγγελίας κατά 150 τεμάχια.

## Σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας

### Σενάριο 1 – Αλλαγή περιόδου παραγγελίας

Αφού είναι έτοιμο το μοντέλο προσομοίωσης και στο σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας, μπορεί να γίνει ανάλυση των αποτελεσμάτων μεταβάλλοντας το χρόνο τοποθέτησης της παραγγελίας. Δημιουργείται ο παρακάτω πίνακας της εικόνας 16 όπου η στήλη Α δηλώνει την περίοδο παραγγελίας και η στήλη Β το συνολικό κόστος ανά περίπτωση:



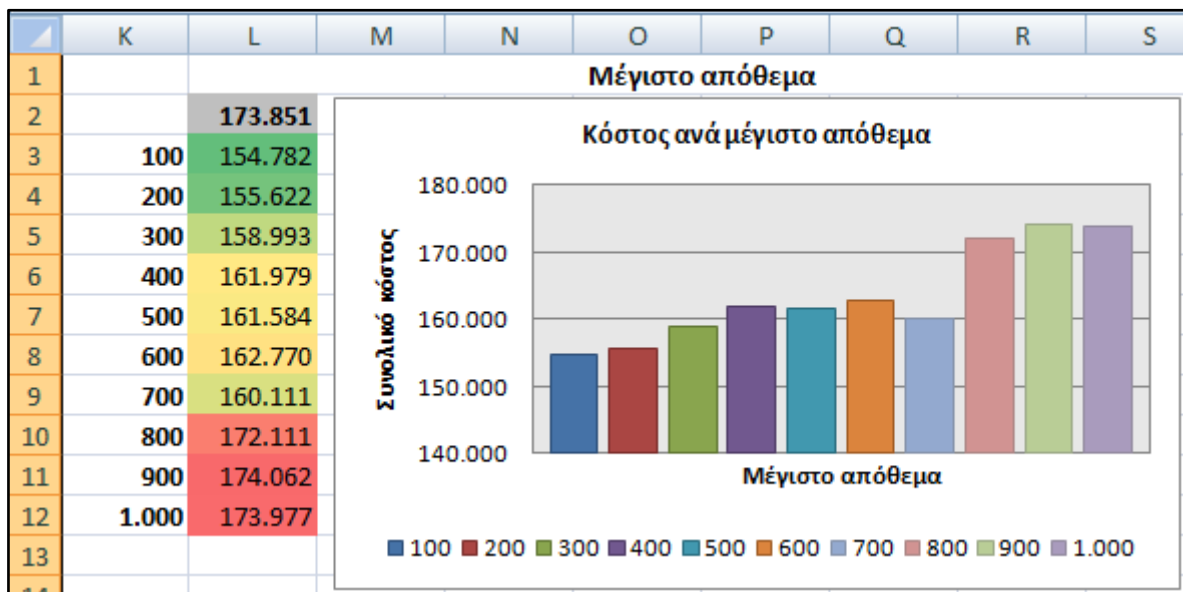
Εικόνα 16- Κόστος ανά Περίοδο Παραγγελίας

Με βάση τα αποτελέσματα του διαγράμματος της εικόνας 16 παρατηρείται ότι το κόστος μειώνεται όταν το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δύο παραγγελίες είναι μεγαλύτερο από την αρχική εκτίμηση της επιχείρησης. Συγκεκριμένα, το κόστος είναι ελάχιστο όταν η παραγγελία τοποθετείται ανά 100

μέρες (κελί B12). Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, το κόστος είναι μεγαλύτερο όταν η παραγγελία τοποθετείται ανά 50 με 60 μέρες, γιατί προφανώς το κόστος παραγγελίας είναι αρκετά υψηλό. Το κόστος μειώνεται όταν αυξάνεται το χρονικό διάστημα που τοποθετείται η παραγγελία (ανά 100 μέρες), κάτι που σημαίνει ότι η πιθανότητα αύξησης του κόστους ελλείψεων δεν είναι αρκετά σημαντική σε σύγκριση με τη διατήρηση υψηλού αποθέματος.

### Σενάριο 2 – Αλλαγή μέγιστης ποσότητας αποθέματος

Στο σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας όταν τοποθετείται η παραγγελία, το μέγεθος της παραγγελίας είναι πάντα διαφορετικό και εξαρτάται από το μέγιστο επιτρεπτό απόθεμα. Εάν αποφασίσει η επιχείρηση να αλλάξει το μέγεθος του αποθέματος, αλλάζει αυτόματα και το κόστος. Πιο αναλυτικά φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 17- Κόστος ανά Μέγιστο Επιτρεπτό Απόθεμα

Η στήλη K αναφέρεται στο μέγιστο επιτρεπτό απόθεμα με τη στήλη L να δείχνει το αντίστοιχο κόστος ανά περίπτωση. Παρατηρείται ότι το συνολικό κόστος είναι μικρότερο όσο λιγότερο απόθεμα μένει στην αποθήκη. Αυτό σημαίνει ότι το κόστος των ελλείψεων δεν είναι σημαντικό σε σύγκριση με τη διατήρηση του αποθέματος. Σίγουρα όμως αυτό δεν αρκεί για μια επιχείρηση που δεν επιθυμεί να κρατά εκκρεμότητες για μεγάλο χρονικό διάστημα μέχρι την επόμενη παραγγελία.

Για το λόγο αυτό γίνεται συνδυασμός αλλαγής τιμών και στον χρόνο παραγγελίας και στο μέγιστο απόθεμα.

### **Σενάριο 3 – Αλλαγή περιόδου παραγγελίας & μέγιστης ποσότητας παραγγελίας**

Σχηματίζεται ο παρακάτω πίνακας με τα δεδομένα της στήλης A να δείχνουν την περίοδο παραγγελίας και τα δεδομένα της γραμμής 17 να δείχνουν το μέγιστο επιτρεπτό απόθεμα:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
17	<b>173.851</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>300</b>	<b>400</b>	<b>500</b>	<b>600</b>	<b>700</b>	<b>800</b>	<b>900</b>	<b>1.000</b>
18	<b>10</b>	164.580	159.809	151.306	160.763	155.632	162.868	168.169	179.483	173.204	190.972
19	<b>20</b>	158.747	157.190	149.881	157.200	156.904	156.751	163.523	168.566	170.311	169.434
20	<b>30</b>	156.813	153.810	158.757	158.144	159.642	160.911	161.859	164.242	169.232	172.210
21	<b>40</b>	156.785	160.205	162.715	164.388	162.109	165.713	167.080	170.188	173.230	172.163
22	<b>50</b>	163.773	166.242	166.135	168.478	171.937	165.770	172.131	178.704	179.164	180.458
23	<b>60</b>	162.876	161.548	166.437	166.298	171.310	175.783	171.421	172.543	180.939	177.435
24	<b>70</b>	160.664	158.002	152.469	154.364	151.067	149.898	155.096	157.112	154.144	162.773
25	<b>80</b>	157.215	162.831	161.700	167.088	166.609	170.628	177.032	176.754	178.301	190.929
26	<b>90</b>	159.899	154.744	156.441	151.455	156.318	154.619	154.196	148.911	154.364	156.128
27	<b>100</b>	161.438	164.483	160.189	158.906	161.819	154.713	152.907	159.815	154.041	162.275

**Πίνακας 20- Υπολογισμός Κόστους ανά Περίοδο παραγγελίας & Μέγιστο Επιτρεπτό Απόθεμα**

Σύμφωνα με τα δεδομένα, το κόστος μπορεί να διατηρηθεί σε ακόμα πιο χαμηλά επίπεδα με μέγιστο απόθεμα των 800 τεμαχίων και με περίοδο παραγγελίας κάθε 90 ημέρες (κελί I26). Εξίσου χαμηλό μπορεί να διατηρηθεί το κόστος με μέγιστο απόθεμα 300 τεμάχια και περίοδο παραγγελίας τις 20 μέρες (κελί D19), ή με μέγιστο απόθεμα 600 τεμάχια και περίοδο παραγγελίας τις 70 μέρες (κελί G24). Αυτό σημαίνει ότι είναι θέμα απόφασης της επιχείρησης εάν θα προτιμήσει να κρατήσει μεγαλύτερο απόθεμα ώστε να αποφεύγει πιθανές ελλείψεις και να ικανοποιήσει άμεσα τη ζήτηση. Το κόστος όμως τείνει να αυξηθεί εάν υπάρχει μικρό διάστημα ανάμεσα στις παραγγελίες (κελί K18), κάτι που είναι πολύ λογικό γιατί όσο αυξάνεται ο αριθμός των παραγγελιών μέσα στο έτος, αυξάνεται αντίστοιχα και το κόστος παραγγελίας. Σε γενικές γραμμές η διατήρηση του χαμηλού αποθέματος κρατά το κόστος σε ικανοποιητικό επίπεδο. Συγκρίνοντας το αρχικό με τα τρία εναλλακτικά σενάρια, η βέλτιστη μείωση του κόστους, επιτυγχάνεται στο 3<sup>ο</sup>, όπου το κόστος θα μειωθεί, όταν αυξηθεί η περίοδος παραγγελίας κατά 60 μέρες, δηλαδή η παραγγελία θα

τοποθετείται ανά 3 μήνες και όχι κάθε μήνα, με μέγιστο επιτρεπτό απόθεμα στην αποθήκη κατά 200 τεμάχια λιγότερα.

## Σχόλια – Συμπεράσματα

Στο προηγούμενο κεφάλαιο, έγινε μια εκτίμηση του κόστους ανάλογα την πολιτική αποθεματοποίησης που ακολουθεί μια επιχείρηση και έλεγχος και ανάλυση εναλλακτικών σεναρίων. Η μελέτη έγινε με τη βοήθεια των μοντέλων προσομοίωσης τα οποία θεωρούνται αξιόπιστα εργαλεία. Χρησιμοποιούνται για να προβλέψουν κάτι που μπορεί να συμβεί στο μέλλον ενώ συμβάλλουν στην αποφυγή λανθασμένων αποφάσεων προφυλάσσοντας την επιχείρηση από δυσάρεστες εκπλήξεις. Επίσης, τα αποτελέσματα της προσομοίωσης θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία δεικτών απόδοσης KPIs, αφού απεικονίζουν την επίδοση μιας μεταβλητής και μπορούν να αξιολογήσουν τη δραστηριότητα της επιχείρησης. Τα μοντέλα προσομοίωσης μπορούν να συσχετιστούν με τα υπόλοιπα τμήματα προκειμένου να αντληθούν περισσότερες πληροφορίες για τη βελτιστοποίησή του αλλά και στη βοήθεια λήψεως αποφάσεων. Η συνεργασία με το τμήμα προμηθειών μπορεί να οδηγήσει στην εξεύρεση νέων προμηθευτών με στόχο τη μείωση κόστους αγοράς, την ταχύτερη εξυπηρέτηση και μείωση του χρόνου παράδοσης, εναλλακτικούς τρόπους μεταφοράς για τη μείωση του κόστους παραγγελίας κλπ. Το τμήμα παραγωγής μπορεί να βοηθήσει στην πλήρη και ακριβή ενημέρωση διάθεσης τελικού προϊόντος ενώ το τμήμα μάρκετινγκ και το τμήμα πωλήσεων μπορούν να εξασφαλίσουν ένα πιο ακριβή υπολογισμό κόστους ελλείψεων από χαμένες πωλήσεις και δυσαρέσκειας πελατών. Όλες αυτές οι ενέργειες είναι μια προσπάθεια βελτίωσης του τρόπου οργάνωσης και λειτουργίας της επιχείρησης.

Όσες περισσότερες φορές «τρέξει» η προσομοίωση μειώνεται η πιθανότητα λάθους και τα αποτελέσματα πλησιάζουν πιο κοντά στην πραγματικότητα. Επειδή όμως, τα αποτελέσματα που διεξάγονται είναι μόνο κατά προσέγγιση και τα μοντέλα βασίζονται στη θεωρία των πιθανοτήτων, θα ήταν χρήσιμο να γίνουν έλεγχοι εγκυρότητας των μοντέλων αυτών και να προσδιοριστεί εάν τα δεδομένα της προσομοίωσης υποστηρίζουν και αντιπροσωπεύουν την επιχείρηση στον πραγματικό κόσμο. Συγκεκριμένα, πρέπει να προσδιοριστεί η μεταβλητότητα (ή διασπορά) των αποτελεσμάτων αυτών. Η διασπορά δηλώνει πόσο μακριά απέχουν οι τιμές του μοντέλου από την αναμενόμενη

τιμή και κατ' επέκταση από τον αριθμητικό μέσο (Κουϊκόγλου, 2002). Για την εκτίμηση της αναμενόμενης τιμής πρέπει να «τρέξει» πολλές φορές η προσομοίωση για κάθε μοντέλο χωριστά ώστε να δημιουργηθεί ένα εύρος διαφορετικών τιμών ως δείγμα, για την εύρεση του αριθμητικού μέσου και της τυπικής απόκλισης. Οι δείκτες αυτοί θεωρούνται δείκτες αξιοπιστίας καθώς εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα για τα μοντέλα πάνω στα οποία γίνεται ο έλεγχος. Ο αριθμητικός μέσος (ή μέση τιμή), ορίζει το κεντρικό σημείο στο οποίο τείνουν να συγκεντρώνονται τα δεδομένα και η τυπική απόκλιση μετρά τη διασπορά των τιμών γύρω από τον αριθμητικό μέσο<sup>5</sup>. Όσο πιο χαμηλή είναι η τυπική απόκλιση, τόσο πιο κοντά τα δεδομένα τείνουν να είναι κοντά στην μέση τιμή αυτή. Ο αριθμητικός μέσος υπολογίζεται διαιρώντας το άθροισμα των τιμών του δείγματος με το πλήθος των τιμών αυτών και δίνεται από τη σχέση:  $x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ , ενώ η τυπική απόκλιση ορίζεται από τον τύπο:  $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}{n-1}}$ . Στη συνέχεια, μπορεί να υπολογιστεί ένα επιθυμητό διάστημα εμπιστοσύνης το οποίο θα αντανακλά την ακρίβεια της εκτίμησης αυτής. Σύμφωνα με τον ορισμό (Σωτηρόπουλος, 2012), υπάρχει 95% πιθανότητα ο πραγματικός μέσος όρος του δείγματος να βρίσκεται εντός του διαστήματος  $\pm 1,96$ . Υπολογίζεται από τον τύπο:  $x \pm 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ .

Για τη λήψη του δείγματος, επαναλαμβάνεται η προσομοίωση 100 φορές και αντιγράφονται οι τιμές σε νέο φύλλο εργασίας. Στη συνέχεια υπολογίζονται τα μέτρα απόκλισης για κάθε μοντέλο προσομοίωσης χωριστά, για την 3<sup>η</sup> περίπτωση, όπου η ζήτηση και ο χρόνος παράδοσης μεταβάλλονται συνεχώς.

<sup>5</sup>, Δρ. Δημήτρης Σωτηρόπουλος (2012) Σημειώσεις Στατιστική Ι, Μέτρα Διασποράς, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων

## Σταθερή ποσότητα παραγγελίας

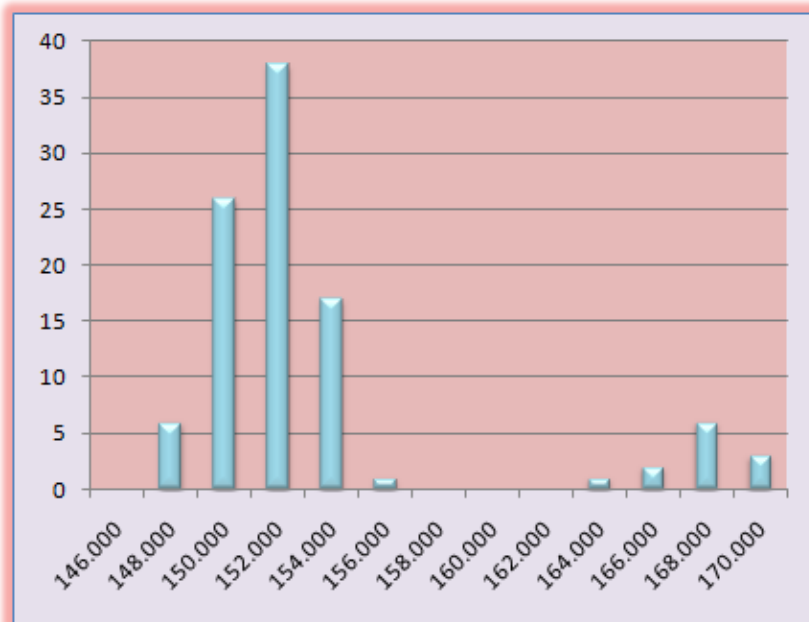
### Μέτρα απόδοσης προσομοίωσης

ΔΕΙΓΜΑ	100
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	152.599,25
ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	5.511,19
ΜΕΓΙΣΤΟ	169.351,00
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	146.410,00

### 95% διάστημα εμπιστοσύνης για μέσο κέρδος

ΚΑΤΩΤΑΤΟ ΟΡΙΟ	151.519,08
ΑΝΩΤΑΤΟ ΟΡΙΟ	153.679,42

ΚΟΣΤΟΣ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ
146.000	0
148.000	6
150.000	26
152.000	38
154.000	17
156.000	1
158.000	0
160.000	0
162.000	0
164.000	1
166.000	2
168.000	6
170.000	3



Εικόνα 18- Συγκεντρωτικά Στοιχεία Συστήματος Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του δείγματος, η ελάχιστη τιμή του κόστους ανέρχεται στις 146.410 € και η μέγιστη στις 169.351 €. Το διάγραμμα της εικόνας 18 παρουσιάζει τη συχνότητα που εμφανίζονται οι τιμές του δείγματος. Παρατηρείται ότι το εύρος των τιμών αυτών δεν είναι αντιπροσωπευτική παράμετρος απόκλισης καθώς εξαρτάται μόνο από τις δυο ακραίες τιμές του δείγματος, καθώς η διαφορά τους είναι αρκετά μεγάλη (22.941 €). Αυτό σημαίνει ότι όσο το δείγμα μεγαλώνει, τόσο το εύρος των τιμών θα συνεχίσει να αυξάνεται<sup>6</sup>. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαία η εύρεση της μέσης τιμής του κόστους όπου φανερώνει το σημείο που συγκεντρώνονται τα δεδομένα του δείγματος και ο υπολογισμός της τυπικής απόκλισης. Με τη μέση τιμή στις 152.599,25 € και την τυπική απόκλιση στις 5.511,19 € μπορεί να βρεθεί το διάστημα εμπιστοσύνης μέσα στο οποίο εκτιμάται ότι εμπεριέχεται η μέση τιμή. Βρίσκοντας από τον τύπο το κατώτατο και

<sup>6</sup> Πηγή: <http://users.auth.gr/dkugiu/Teach/CivilEngineer/descriptive.pdf>



ανώτατο όριο της μέσης τιμής, υπάρχει 95% πιθανότητα, η μέση τιμή και αντίστοιχα το αναμενόμενο κόστος, να κυμανθεί από 151.519,08 € έως 153.679,42 €.

## Σταθερή περίοδος παραγγελίας

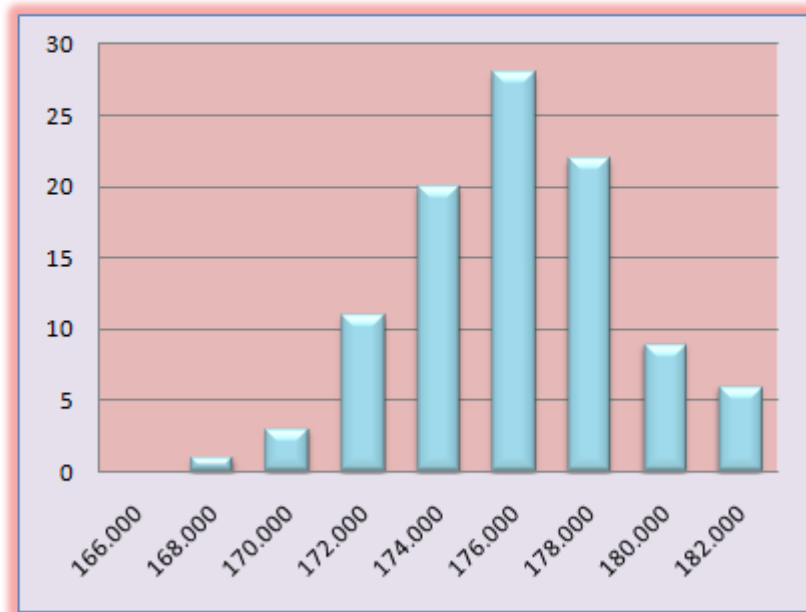
### Μέτρα απόδοσης προσομοίωσης

ΔΕΙΓΜΑ	100
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ	175.053,27
ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	2.948,58
ΜΕΓΙΣΤΟ	181.891,00
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	167.219,00

### 95% διάστημα εμπιστοσύνης για μέσο κέρδος

ΚΑΤΩΤΑΤΟ ΟΡΙΟ	174.475,36
ΑΝΩΤΑΤΟ ΟΡΙΟ	175.631,18

ΚΟΣΤΟΣ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ
166.000	0
168.000	1
170.000	3
172.000	11
174.000	20
176.000	28
178.000	22
180.000	9
182.000	6



Εικόνα 19- Συγκεντρωτικά Στοιχεία Συστήματος Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας

Αντίστοιχα, στο σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας, η ελάχιστη τιμή του κόστους ανέρχεται στις 167.219 € και η μέγιστη στις 181.891 € με διαφορά εύρους τιμών στις 14.672 €. Με τη μέση τιμή στις 175.053,27 € και την τυπική απόκλιση στις 2.948,58 €, βρίσκεται το 95% διάστημα εμπιστοσύνης, σύμφωνα με το οποίο υπάρχει 95% πιθανότητα η μέση τιμή να ανέρχεται από 174.475,36 € έως 175.631,18 €.

Συγκρίνοντας τα δύο αυτά συστήματα, παρατηρείται ότι το σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας παρουσιάζει μικρότερη τυπική απόκλιση και αντίστοιχα μικρότερο διάστημα εμπιστοσύνης από το σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας. Έτσι λοιπόν η εύρεση των

μέτρων απόκλισης μπορούν να βοηθήσουν όχι μόνο στην καλύτερη εκτίμηση του αναμενόμενου κόστους αλλά και στην επιλογή της συμφέρουσας πολιτικής αποθεματοποίησης.

Εν κατακλείδι, όταν η πολυπλοκότητα, η δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ της απόφασης και των γεγονότων και η ανάγκη για ανάπτυξη λεπτομερών διαδικασιών, συνυπάρχουν όλα μαζί σε μια αβέβαιη κατάσταση, τότε το μοντέλο γίνεται πολύ περίπλοκο για να επιλυθεί με οποιαδήποτε από τις τεχνικές του μαθηματικού προγραμματισμού και των αναλυτικών μοντέλων. Με την προσομοίωση γίνεται βαθύτερη κατανόηση και διερεύνηση όλων των παραμέτρων και περιορισμών μέσω εικονικού συστήματος, έτσι ώστε η επιχείρηση να μπορεί να έχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα στον τρόπο διαχείρισης αποθεμάτων. Σίγουρα όμως εάν κάποιος θέλει να επεκταθεί και να αναλύσει περισσότερο από στατιστικής πλευράς τα μοντέλα αυτά, θα πρέπει να έχει γνώσεις στατιστικής θεωρίας και πιθανοτήτων για μεγαλύτερη και πιο ακριβή ανάλυση των αποτελεσμάτων, (π.χ. τεχνικές μείωσης σφάλματος). Επιπλέον, στο εμπόριο κυκλοφορούν γλώσσες προγραμματισμού και πολλά λογισμικά πακέτα που κάνουν πιο εύκολη την χρήση των μοντέλων προσομοίωσης όπου υπάρχει δυνατότητα δυναμικής αναπαράστασης του συστήματος. Η επιχείρηση μπορεί να επιλέξει εκείνο που θα ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες της.

## Βιβλιογραφία

- Βλάχος, Δ. (2005) Σημειώσεις στη *Διαχείριση Αποθεμάτων*, Θεσ/νίκη, Διαθέσιμο στο: [http://library.tee.gr/digital/kma/kma\\_m1274.pdf](http://library.tee.gr/digital/kma/kma_m1274.pdf) [πρόσβαση 7 Αυγούστου 2017]
- Γαρδίκης, Δ. (2001), *Τα μοντέλα αποθεμάτων*, Εργασία στα πλαίσια του ΠΜΣ «Ναυτιλία, Μεταφορές και Διεθνές Εμπόριο», Πανεπιστήμιο Αιγαίου
- Γεωργίου, Α. Καπάρης, Κ., Κωνσταντάρας, Ι. (2015) *Τεχνικές Προσομοίωσης στη Διοικητική Επιστήμη*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα [www.kallipos.gr]
- Γιαννάκαινας, Β. (2004) *Ανατομία των Business Logistics*, Αθήνα: WoW Creations
- Δαμιανού, Χ., Παπαδάτος, Ν., Χαραλαμπίδης, Χ. Α. (2003) *Εισαγωγή στις Πιθανότητες και τη Στατιστική*, Σημειώσεις για το Τμήμα Μαθηματικών, Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Εμίρης, Δ. (2012) *Συστήματα Αποθεμάτων*, Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος «Προγραμματισμός & Έλεγχος Παραγωγής», Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης και Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Πειραιώς
- Κομηνέας, Σ., Χαρμανδάρης, Ε. (2015) *Μαθηματική Μοντελοποίηση: Μια σπουδή στις Φυσικές επιστήμες. Τμήμα Μαθηματικών και Εφαρμοσμένων Μαθηματικών*, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράματα και Βοηθήματα [www.kallipos.gr]
- Κουϊκόγλου, Β. (2002) *Προσομοίωση*. Σημειώσεις μαθήματος Πολυτεχνείο Κρήτης
- Κτενάς, Γ. (2015) *Διαχείριση Αποθεμάτων*, Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Λογιστικής, ΤΕΙ Ηπείρου
- Λάιος, Λ., Παπαδόπουλος, Χ. (2000) *Διαχείριση Αποθεμάτων στην Πράξη – Τρόποι για τη Μείωση Αποθεμάτων*, 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Προμηθειών & Διαχείρισης Υλικών «Προμήθειες 2000-Η μεταμόρφωση μιας δραστηριότητας
- Μπερμπέρης, Α. (2010) *Συστήματα Αποθήκης και Ελέγχου Αποθεμάτων*, Διπλωματική Εργασία στα πλαίσια του ΜΠΣ «Πληροφορική και Διοίκηση», Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης
- Παπαδημητρίου, Σ., Σχινάς, Ο. (2004) *Εισαγωγή στα Logistics*, Β΄ έκδοση, Αθήνα: Σταμούλης
- Παπαδόπουλος Χ. (2015) *Inventory Models*, Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος «Ειδικά Θέματα Διοίκησης Αποθεμάτων». Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Ρουμελιώτης, Μ. (2001) *Μοντελοποίηση και Προσομοίωση*, Στα πλαίσια ΠΣ Πληροφορικής, Θεματικής ενότητας «Γραμμικός Προγραμματισμός και Μοντελοποίηση», ΕΑΠ Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Πάτρα

Σφακιανάκης, Μ. (2007) *Προσομοίωση και Εφαρμογές*, 6<sup>η</sup> έκδοση, Αθήνα: Πατάκη

Δρ. Σωτηρόπουλος, Δ. (2012) *Μέτρα Διασποράς*, Σημειώσεις μαθήματος Στατιστική Ι, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων

Χαζάπης, Λ., Ζάραγκας, Γ. (2013) *Διοίκηση Λειτουργιών: Τα τετράδια μιας Οδύσσειας, τετράδιο 15 – Διαχείριση Αποθεμάτων*, Αθήνα Διαθέσιμο στο: <http://www.operations.gr/> [πρόσβαση 05 Οκτωβρίου 2017]

Χουρμουζιάδου, Ζ (2007) *Ανάπτυξη Γενικευμένου Μοντέλου Προσομοίωσης για Στοχαστικά Συστήματα Διαχείρισης Αποθεμάτων*, Εργασία στα πλαίσια του ΠΜΣ «Οργάνωση & Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων», Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T., Martin, K. (2014) *Διοικητική Επιστήμη: Ποσοτικές Μέθοδοι για τη Λήψη Επιχειρηματικών Αποφάσεων*, Κριτική

Johnson, J. C., Murphy, P. R. Jr., Wood D. F., (2006) “*Σύγχρονα Logistics Θεωρία Και Πρακτική*”, Πρώτη ελληνική έκδοση, Αθήνα: “ΕΛΛΗΝ” Γ. Παρίκος & ΣΙΑ Ε.Ε.

Albright, S. C., Winston, W. L. (2011) *Practical Management Science*. 4<sup>th</sup> edition, USA: Cengage Learning

Bai, L., Zhong, Y. (2008) *Improving Inventory Management in Small Business: a case study*, Master Project in International Logistics and Supply Chain Management, Jönköping University

Baker, P., Croucher, P., Rushton, A. (2010) *The Handbook of Logistics & Distribution Management*. 4<sup>th</sup> edition, UK: Kogan Page

Coyle, J., Bardi, E., Langley, J. Jr. (2003) *The Management of Business Logistics: A Supply Chain Perspective*, 7th edition, Chapter 2, pp. 37-52/63-69 Ohio: South-Western College Pub. Available at: <http://scmponline.skillbuilder.ca/siteuploads/document/OIPMAC-M3S1-D002.pdf> [accessed at 15 September 2017]

Gonzalez, J. L., Gonzalez, D. (2010) *Analysis of an Economic Order Quantity and Reorder Point Inventory Control Model for Company XYZ*, Fulfillment of the requirements for the degree of Bachelors of Science in Industrial Engineering, California Polytechnic State University

Gwynne, R. (2011) *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse* UK: Kogan Page

Hillier, S. F., Lieberman, J. G. (2010) *Introduction to Operations Research*. 9<sup>th</sup> edition, New York: McGraw-Hill

Kelton, W., Law, A. (1991) *Simulation Modeling and Analysis*. 2<sup>nd</sup> edition, New York: McGraw-Hill Inc.

Kelton, W., Sadowski, R., Sadowski, D. (2002) *Simulation with Arena*. 2<sup>nd</sup> edition, New York: McGraw-Hill Inc.

Mielczarek, B., Zabawa, J. (2007) *Tools of Monte Carlo Simulation in Inventory Management Problems*. Institute of Industrial Engineering and Management, Wroclaw University of Technology. 21st European Conference on Modeling and Simulation ECMS 2007, pp. 56 - 61, Prague, Czech Republic. Available at: <http://www.scs-europe.net/conf/ecms2007/ecms2007-cd/ecms2007/ecms2007%20pdf/ECMS2007.pdf> [accessed at 17 August 2017]

Mpwanya, M. F. (2005) *Inventory Management as a Determinant for Improvement of Customer Service*, Dissertation in the Department of Business Management Faculty of Economic and Management Sciences, University of Pretoria

Muckstadt, J. A., Sapra, A. (2010) *Principles of Inventory Management: When You Are Down to Four, Order More*, New York: Springer Available at [http://eprints.stiperdharmawacana.ac.id/16/1/%5BJohn\\_A.\\_Muckstadt%2C\\_Amar\\_Sapra%5D\\_Principles\\_of\\_Inve%28BookFi%29.pdf](http://eprints.stiperdharmawacana.ac.id/16/1/%5BJohn_A._Muckstadt%2C_Amar_Sapra%5D_Principles_of_Inve%28BookFi%29.pdf) [accessed at 26 August 2017]

Muravjovs, A. (2015) *Inventory Control System Analysis Using Different Simulation Modeling Paradigms*, Doctoral Thesis, Scientific Area “Transport and Communications” Scientific Subarea “Telematics and Logistics”, Transport and Telecommunication Institute, Riga

Neetu, Y. (2011) *Simulation and its Applications in Inventory Control*. National Workshop-Cum-Conference on Recent Trends in Mathematics and Computing (RTMC) Proceedings published in International Journal of Computer Applications® (IJCA) Available at: <http://research.ijcaonline.org/rtmc/number7/rtmc1053.pdf> [accessed at 13 September 2017]

Ragsdale, C. (2008) *Spreadsheet Modeling & Decision Analysis: A practical introduction to management science*. 5<sup>th</sup> edition, USA: Thomson South-Western

Reid, R. D., Sanders, N. R. (2007) *Operations Management*, 3<sup>rd</sup> edition, USA: Wiley

Stevenson, W. (2005) *Operation Management* 8th edition, McGraw-Hill/ Irwin

Vrat, P. (2014) *Materials Management: An Integrated Systems Approach*. India: Springer

Vrouentraets, (2013) *A Step Forward Optimizing Inventory Management*, Master Thesis in System Engineering, Policy Analysis and Management, Delft University of Technology Faculty of Technology, Policy and Management

Wanke, P. (2014) *A Conceptual Framework for Inventory Management: Focusing on Low-Consumption Items*. Production and Inventory Management Journal, Volume 49, No 1, p.6-23, Apics Foundation. Available at: <http://www.apics.org/docs/default-source/education/2014-apics-production-and-inventory-management-journal.pdf> [Accessed at 10 September 2017]

### Λιαδικτυακές Πηγές

<https://support.office.com/en-us/article/Introduction-to-Monte-Carlo-simulation-64c0ba99-752a-4fa8-bbd3-4450d8db16f1>

[http://eclass.teiion.gr/modules/document/file.php/DE253/\\_%CE%9A%CE%B5%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF-7.pdf](http://eclass.teiion.gr/modules/document/file.php/DE253/_%CE%9A%CE%B5%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF-7.pdf)

[https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/2489/1/02\\_chapter\\_1.pdf](https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/2489/1/02_chapter_1.pdf)

<http://www.mech.upatras.gr/~adamides/dpe/files/PROCESS-MODELLING.pdf>

[https://el.wikipedia.org/wiki/Monte\\_Carlo\\_\(%CE%BC%CE%AD%CE%B8%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CF%82\)](https://el.wikipedia.org/wiki/Monte_Carlo_(%CE%BC%CE%AD%CE%B8%CE%BF%CE%B4%CE%BF%CF%82))

[https://el.wikipedia.org/wiki/Διαχείριση\\_αποθεμάτων](https://el.wikipedia.org/wiki/Διαχείριση_αποθεμάτων)

[https://el.wikipedia.org/wiki/Τυπική\\_απόκλιση](https://el.wikipedia.org/wiki/Τυπική_απόκλιση)

[file:///C:/Users/nalex/Downloads/%CE%95%CF%80%CE%B9%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B5%CF%82%20-%20%CE%9C%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B5%CE%BB%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%AF%CE%B7%CF%83%CE%B7%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CE%A0%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CE%AF%CF%89%CF%83%CE%B7%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/nalex/Downloads/%CE%95%CF%80%CE%B9%CF%87%CE%B5%CE%B9%CF%81%CE%B7%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B5%CF%82%20-%20%CE%9C%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B5%CE%BB%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%AF%CE%B7%CF%83%CE%B7%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CE%A0%CF%81%CE%BF%CF%83%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CE%AF%CF%89%CF%83%CE%B7%20(5).pdf)

<http://flylib.com/books/en/3.287.1.224/1>

<http://www.investopedia.com/terms/i/inventory.asp>

<https://www.involvation.nl/en/articles/same-service-lower-costs-a-practical-application-of-service-level-differentiation/>. (n.d.).