



**Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας**  
**Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών**  
Πολυτεχνική Σχολή

## ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Βελτιστοποίηση διαχείρισης αποθεμάτων σε εταιρία εμπορίας  
γεωργικών μηχανημάτων**

**ΚΟΛΟΝΕΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:**

ΣΟΦΙΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΙΔΟΥ

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΝΕΝΕΣ

ΚΟΖΑΝΗ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2016



Εργαστήριο Ποσοτικών Μεθόδων  
στη Στατιστική και στην  
Επιχειρησιακή Έρευνα (MORSELAB)



## Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται βελτιστοποίηση του συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων, των κρίσιμων προϊόντων μιας επιχείρησης εμπορίας γεωργικών μηχανημάτων. Το βασικό πρόβλημα της εν λόγω επιχείρησης είναι ο μεγάλος αριθμός και ο κακός συντονισμός των παραγγελιών, καθώς επίσης και το σχετικά μεγάλο ύψος δεσμευμένου κεφαλαίου σε διατηρούμενο απόθεμα.

Στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας έγινε αξιολόγηση των προϊόντων και επιλέχθηκαν τα πλέον κρίσιμα προϊόντα της επιχείρησης (είκοσι οκτώ σε αριθμό) προς βελτιστοποίηση. Για τα προϊόντα αυτά έγινε έλεγχος εάν υπάρχει εποχικότητα στη ζήτησή τους. Στη συνέχεια, έγινε έλεγχος προσαρμογής κατανομής της ζήτησης, για όλα τα προϊόντα και για τις διάφορες περιόδους εποχικότητας, όπου υπήρχε, βάσει των παρελθοντικών στοιχείων ζήτησης που διατίθενται για τα έτη 2014-2015.

Για τον καλύτερο συντονισμό των πολυάριθμων παραγγελιών, προτείνεται σύστημα διαχείρισης με μία μεγάλη παραγγελία σε κάθε προμηθευτή κάθε μήνα. Για κάθε προϊόν και κάθε μήνα, υπολογίστηκε η οικονομικά βέλτιστη στάθμη παραγγελίας καθώς επίσης και το αντίστοιχο μέσο κόστος διαχείρισης. Έπειτα, έγινε προσομοίωση του προτεινόμενου μοντέλου, για την αποτίμηση της απόδοσής του, με βάση τα υπάρχοντα στοιχεία ζήτησης που αφορούν τη διετία 2014-2015. Ακόμη, υπολογίστηκε προσεγγιστικά το κόστος διαχείρισης που είχε η επιχείρηση κατά τη διετία 2014-2015 και από τη σύγκριση αυτού με το προτεινόμενο σύστημα διαχείρισης προέκυψε ότι η επιχείρηση είχε κατά 65,23% αυξημένο κόστος διαχείρισης αποθεμάτων απ' ό,τι θα μπορούσε να έχει, αν είχε εφαρμόσει το προτεινόμενο μοντέλο.

Τέλος, προτάθηκε και ένα τροποποιημένο σύστημα διαχείρισης με πιθανή ενδιάμεση παραγγελία στη μέση του μήνα, η εφαρμογή του οποίου όμως κρίθηκε οικονομικά ασύμφορη για την επιχείρηση.

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τους επιβλέποντες καθηγητές της διπλωματικής εργασίας, κυρία Σοφία Παναγιωτίδου και κύριο Γιώργο Νενέ, που μου έδωσαν τη ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα τέτοιο θέμα, το οποίο επιθυμούσα και για την καθοδήγησή τους όλο αυτό το διάστημα, γιατί μέσα από τη διαδικασία αυτή με έμαθαν να σκέφτομαι διαφορετικά. Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τον κ. Νενέ για την πατρική του αγάπη, για τις συμβουλές του και την καθοδήγησή του σε όλη μου τη φοιτητική περίοδο. Ευχαριστώ επίσης το διευθυντή της εταιρίας για τα στοιχεία που μου παρείχε.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον φίλο και συμφοιτητή, Περικλή-Σιλουανό Φαρμάκη, τόσο για τη στήριξή του όλο αυτό το διάστημα, αλλά και για τη βοήθειά του στη συγγραφή της διπλωματικής εργασίας με τα σχόλιά του. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη στήριξή της όλα αυτά τα χρόνια.

## Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	1
1.1 Περιγραφή της εταιρίας.....	1
1.2 Περιγραφή του προβλήματος.....	2
1.3 Σκοπός της εργασίας.....	4
Κεφάλαιο 2: Επιλογή προϊόντων .....	7
2.1 Εισαγωγή.....	7
2.2 Θεωρία της ABC Ανάλυσης.....	7
2.3 ABC ανάλυση στην υπό μελέτη επιχείρηση.....	9
Κεφάλαιο 3: Στατιστική ανάλυση παρελθοντικών στοιχείων ζήτησης .....	11
3.1 Παρελθοντικά στοιχεία ζήτησης.....	11
3.2 Έλεγχος κατανομής .....	12
3.2.1 Γενικά .....	12
3.2.2 Έλεγχος $\chi^2$ .....	15
3.2.3 Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov.....	16
3.3 Αποτελέσματα αναλύσεων.....	17
Κεφάλαιο 4: Ανάλυση R,S .....	25
4.1 Εισαγωγή.....	25
4.2 Σκοπός διατήρησης αποθεμάτων .....	26
4.3 Στοιχεία κόστους αποθεμάτων .....	27
4.3.1 Κόστος απόκτησης αποθέματος .....	27
4.3.2 Κόστος παραγγελίας .....	28
4.3.3 Κόστος διατήρησης .....	28
4.3.4 Κόστος έλλειψης .....	29
4.4 Το μοντέλο «R,S» .....	31
4.5 Ανάπτυξη του μοντέλου «R,S».....	36
4.5.1 Αντικειμενική συνάρτηση .....	36
4.5.2 Βελτιστοποίηση με οικονομικά κριτήρια.....	36
Κεφάλαιο 5: Εφαρμογή του μοντέλου στην επιχείρηση .....	41
5.1 Υπολογισμός στάθμης αναπαραγγελίας για προϊόντα με κανονική κατανομή.....	41
5.2 Υπολογισμός στάθμης αναπαραγγελίας για προϊόντα με κατανομή Poisson .....	45
5.3 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα.....	48

5.4 Κόστος εφαρμογής του προτεινόμενου μοντέλου .....	49
Κεφάλαιο 6: Σύγκριση προτεινόμενου και τρέχοντος συστήματος .....	53
6.1 Προσομοίωση προτεινόμενου συστήματος .....	53
6.2 Υπολογισμός κόστους διαχείρισης τρέχοντος συστήματος .....	55
6.3 Σύγκριση τρέχοντος και προτεινόμενου συστήματος διαχείρισης .....	57
Κεφάλαιο 7: Σύστημα διαχείρισης με ενδιάμεση παραγγελία .....	59
7.1 Το θεωρητικό μοντέλο .....	59
7.2 Υποθέσεις και συμβολισμοί.....	59
7.3 Προσομοίωση του συστήματος με ενδιάμεσες παραγγελίες .....	64
7.4 Αξιολόγηση του μοντέλου .....	66
Κεφάλαιο 8: Συμπεράσματα .....	69
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....	72
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Αποτελέσματα των αναλύσεων στο Minitab .....	73
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Κώδικας προσομοίωσης προτεινόμενου συστήματος.....	110
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Κώδικας προσομοίωσης συστήματος με ενδιάμεση παραγγελία .....	114
Βιβλιογραφία .....	117

# Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

## 1.1 Περιγραφή της εταιρίας

Η προς μελέτη εταιρία έχει ως αντικείμενό της την εμπορία και την επισκευή γεωργικών μηχανημάτων και εξαρτημάτων. Έχει έδρα το Αγρίνιο Αιτωλοακαρνανίας και έχει ιδρυθεί το 1974. Από το 1994 βρίσκεται στο χώρο όπου είναι και σήμερα, ο οποίος ανήκει στην εταιρία. Το πελατολόγιο της εταιρίας είναι ένα μεγάλο ποσοστό των αγροτών του νομού Αιτωλοακαρνανίας, αλλά και γειτονικών νομών, καθώς επίσης και πελάτες από όλη την Ελλάδα για την εμπορία μεγάλων γεωργικών μηχανημάτων. Διαθέτει περίπου έξι χιλιάδες προϊόντα, τα περισσότερα εκ των οποίων φτάνουν στην εταιρία από προμηθευτές ανά την Ελλάδα, ενώ κάποια από αυτά εισάγονται από το εξωτερικό.

Οι εγκαταστάσεις της εταιρίας αποτελούνται από δύο οικήματα. Ένα κατάστημα πωλήσεων μικρών προϊόντων στο Αγρίνιο και έναν μεγάλο χώρο στο έκτο χιλιόμετρο της εθνικής οδού Αγρινίου-Αντιρρίου, ο οποίος είναι χώρος επισκευής μεγάλων μηχανημάτων, αλλά και εκθεσιακός χώρος των μηχανημάτων αυτών. Και τα δύο αυτά οικήματα ανήκουν στην εταιρία.

Στο κατάστημα πωλήσεων εντός του Αγρινίου, εκτός από πωλήσεις γίνονται και επισκευές μικρών μηχανημάτων, όπως πριόνια, θαμνοκοπτικά, σκαπτικά κτλ. Στο κατάστημα πωλήσεων δουλεύουν δύο άτομα: ο διευθυντής της επιχείρησης και ένας ειδικευμένος τεχνικός, ο οποίος επισκευάζει όλα τα μηχανήματα που έρχονται για το λόγο αυτό στο κατάστημα.

Ο χώρος, ο οποίος διατίθεται από την επιχείρηση για συνεργείο είναι ο υπόγειος χώρος του οικήματος, αλλά λόγω του μεγάλου του μεγέθους λειτουργεί παράλληλα και σαν αποθηκευτικός χώρος. Έτσι, ο ειδικευμένος τεχνικός έχει στις αρμοδιότητές του και τη μερική ευθύνη της αποθήκης. Όταν αντιληφθεί ότι τελειώνουν τα αποθέματα κάποιου προϊόντος, τότε πρέπει να ενημερώσει το διευθυντή της επιχείρησης και ύστερα αυτός να κρίνει αν πρέπει να γίνει παραγγελία.

Ως χώρος αποθήκευσης, χρησιμοποιείται επίσης ο ισόγειος χώρος, όπου παράλληλα

είναι και εκθεσιακός χώρος, και επίσης και το πατάρι της επιχείρησης. Την ευθύνη του ισογείου και του παταριού, για την επίβλεψη των αποθεμάτων την έχει εξ ολοκλήρου ο διευθυντής της επιχείρησης.

Το κατάστημα, το οποίο βρίσκεται εκτός Αγρινίου, είναι όπως αναφέρθηκε και παραπάνω εκθεσιακός χώρος μεγάλων μηχανημάτων, όπως τρακτέρ, ρυμούλκα, πρέσες τριφυλλιών κτλ. Ακόμη, είναι χώρος επισκευής των προαναφερθέντων, αλλά και χώρος κατασκευής ρυμουλκών και άλλων σιδηροκατασκευών. Για τη λειτουργία του καταστήματος αυτού, χρειάζεται η συμβολή πέντε ατόμων. Ένας εξ αυτών είναι ο υπεύθυνος του καταστήματος. Πέραν αυτού, είναι ο ειδικευμένος τεχνικός μηχανουργικών κατεργασιών (τόρνευση, φρεζάρισμα κτλ.), ο ειδικευμένος τεχνικός μηχανολογικής επισκευής και συντήρησης μεγάλων μηχανημάτων, ο ειδικευμένος χρωματιστής μηχανολογικών κατασκευών και ο υπάλληλος γενικών καθηκόντων.

Η συγκεκριμένη επιχείρηση είναι μοναδική στο νομό Αιτωλοακαρνανίας, καθώς είναι η μοναδική που συνδυάζει όλες αυτές τις ιδιότητες (πωλήσεις, επισκευές, κατασκευές). Υπάρχουν ακόμη έντεκα καταστήματα ως εκθεσιακοί χώροι, τα οποία αποτελούν τους μεγαλύτερους ανταγωνιστές της, ο ένας εξ αυτών διαθέτει και υπηρεσίες επισκευής μηχανημάτων, κάτι το οποίο τον κάνει το σημαντικότερό της ανταγωνιστή. Υπάρχουν επίσης και πολλά άλλα μικρά συνεργεία και μηχανουργεία παρόμοιων κατασκευών ανά το νομό.

Αυτά καθιστούν αναγκαία την όσο το δυνατό μεγαλύτερη μείωση του κόστους διαχείρισης και παραγωγής της επιχείρησης, σε όσο το δυνατόν περισσότερους τομείς της, ώστε να διατηρηθεί ανταγωνιστική έναντι των υπολοίπων.

Στη συγκεκριμένη διπλωματική θα ασχοληθούμε με το κατάστημα πωλήσεων μικρών προϊόντων.

## **1.2 Περιγραφή του προβλήματος**

Το πρόβλημα που καλούμαστε να επιλύσουμε στην υπάρχουσα διπλωματική εργασία είναι η καλύτερη διαχείριση των αποθεμάτων της επιχείρησης και η πληροφόρησή της για καλύτερη αξιοποίηση των πόρων (παρελθοντικά στοιχεία ζήτησης). Η διαχείριση αυτή



περιλαμβάνει τη μεταφορά, τη διακίνηση και την αποθήκευση, με σκοπό την καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών της, η οποία βασίζεται στην επιστήμη των αποθεμάτων.

Η επιστήμη των αποθεμάτων ασχολείται με τη διαχείριση των προϊόντων μιας εταιρίας, έτσι ώστε οι απαιτήσεις των καταναλωτών να ικανοποιούνται πάντα ή τουλάχιστον σε μεγάλο βαθμό. Η επιστήμη αυτή περιλαμβάνει την πληροφόρηση, τη διακίνηση, το απόθεμα, την αποθήκευση, τη διαχείριση, τη συσκευασία και περιστασιακά την ασφάλεια των προϊόντων. Πολλοί μηχανικοί και οικονομολόγοι δίνουν έμφαση στην ελαχιστοποίηση του κόστους, το οποίο μπορεί να προκύψει από πολλές διαφορετικές ενέργειες που αφορούν την οικονομική διαχείριση της επιχείρησης, τη διαχείριση της παραγωγής και τη διαχείριση των αποθεμάτων της παραγωγής.

Θα γίνει προσπάθεια δημιουργίας ενός συστήματος διαχείρισης, το οποίο θα βελτιώνει το ετήσιο κόστος της επιχείρησης, βάσει των υπάρχοντων δεδομένων. Επειδή μιλάμε για γεωργικά μηχανήματα, η ζήτηση στα περισσότερα προϊόντα χωρίζεται σε υψηλή και χαμηλή, ανάλογα με την κατηγορία του μηχανήματος και τη γεωργική παραγωγή στην οποία απευθύνεται, η οποία αντίστοιχα έχει τη δική της εποχικότητα. Λίγα είναι ωστόσο τα προϊόντα, των οποίων η ζήτησή τους είναι κατά μέσο όρο σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια ενός έτους.

Έγινε προσπάθεια για τη μέγιστη δυνατή εγκυρότητα με τα στοιχεία και τις πληροφορίες να παραμένουν χρονικά επίκαιρα (με απόκλιση όχι μεγαλύτερη των δύο ετών). Οι πηγές άντλησης αυτών των πληροφοριών είναι εσωτερικές και διαθέτουν χρήσιμες πληροφορίες για τη συμπεριφορά της επιχείρησης. Τα στοιχεία αυτά αφορούν και τις τάσεις στις συνήθειες των πελατών του κλάδου. Έγινε προσπάθεια βέβαια να αξιολογηθεί η εγκυρότητα και η αντικειμενικότητα των δεδομένων, ώστε να επιλεγούν τα καταλληλότερα δεδομένα.

Όπως προαναφέρθηκε, τα προϊόντα της επιχείρησης είναι εποχικά. Κατά τη διάρκεια της φθινοπωρινής περιόδου υπάρχει μεγαλύτερη ζήτηση για πριόνια, μηχανήματα συλλογής ελιών, αλλά και πατητήρια σταφυλιών. Κατά τη χειμερινή περίοδο υπάρχει μεγαλύτερη ζήτηση σε ανταλλακτικά που αφορούν τη συντήρηση μεγάλων μηχανημάτων, όπως τρακτέρ.

Το όργωμα των χωραφιών ξεκινά συνήθως Φεβρουάριο-Μάρτιο, οπότε οι επισκευές των τρακτέρ γίνονται κατά τη χειμερινή περίοδο, ώστε τα μηχανήματα να είναι έτοιμα για χρήση τους μήνες αυτούς. Την περίοδο της άνοιξης, αυξημένη ζήτηση παρατηρείται σε θαμνοκοπτικά μηχανήματα για τον καθαρισμό χωραφιών και κήπων λόγω της ανάπτυξης των φυτών, ανταλλακτικά των μηχανημάτων αυτών καθώς και ανταλλακτικά που βοηθούν στο όργωμα των χωραφιών, όπως μαχαίρια σκαπτικών κτλ. Τη θερινή περίοδο η ζήτηση γενικώς είναι μειωμένη και η όποια ζήτηση που υπάρχει είναι γύρω από την επισκευή πριονιών κτλ. που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν από το Σεπτέμβριο που αρχίζει η φθινοπωρινή περίοδος.

Η τροφοδότηση της επιχείρησης γίνεται από προμηθευτές από όλη την Ελλάδα. Η παραλαβή των παραγγελιών γίνεται διαμέσου μεταφορικών εταιριών και η διεκπεραίωση των παραγγελιών – ανεξαρτήτως μεγέθους – γίνεται μέσα σε μία ή δύο μέρες, ανάλογα με τον προμηθευτή. Η εταιρία διαθέτει δεκαεπτά προμηθευτές, άλλα στην παρούσα διπλωματική θα μελετηθούν οι δύο μεγαλύτεροι.

Μέχρι στιγμής, η επιχείρηση δεν ακολουθεί κάποιο συγκεκριμένο σύστημα διαχείρισης. Οι παραγγελίες γίνονται σε ακανόνιστα χρονικά διαστήματα. Όταν γίνεται αντιληπτό ότι ένα προϊόν εξαντλείται ή το υπάρχον απόθεμα είναι πολύ μικρό, τότε γίνεται παραγγελία στον αντίστοιχο προμηθευτή για το συγκεκριμένο προϊόν, αλλά και για άλλα προϊόντα από τον προμηθευτή αυτόν, η ποσότητα παραγγελίας των οποίων είναι κατ' εκτίμηση. Οι ασυντόνιστες αυτές παραγγελίες συμβαίνουν λόγω της μη στενής παρακολούθησης της αποθήκης.

### **1.3 Σκοπός της εργασίας**

Σκοπός της διπλωματικής αυτής, είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος για την καλύτερη διαχείριση των αποθεμάτων, για επιλεγμένα κρίσιμα προϊόντα της επιχείρησης με στόχο την - όσο το δυνατό - μεγαλύτερη μείωση του κόστους σε ετήσια βάση.

Σύμφωνα με την άποψη του διευθυντή της επιχείρησης, το μεγάλο πρόβλημά της είναι ο μεγάλος αριθμός των παραγγελιών από τον κάθε προμηθευτή που πρέπει να μειωθεί. Η μεγάλη πρόκληση που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε είναι ο συντονισμός των παραγγελιών, για τα κρίσιμα αυτά προϊόντα, και η μείωση του δεσμευμένου κεφαλαίου που

υπάρχει αυτή τη στιγμή στην αποθήκη του καταστήματος, διατηρώντας παράλληλα την πιθανότητα εμφάνισης έλλειψης αποθέματος σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Η ανάλυση των συμπερασμάτων βασίζεται σε ποσοτικές μεταβλητές και οικονομικής, εμπειρικής και άλλης φύσεως παραμέτρους.



## Κεφάλαιο 2: Επιλογή προϊόντων

### 2.1 Εισαγωγή

Το μεγάλο πρόβλημα των επιχειρήσεων στις μέρες μας δεν είναι η συλλογή των πληροφοριών, αλλά ο τρόπος επεξεργασίας τους. Στην πλειονότητά τους, οι επιχειρήσεις διαθέτουν τα κατάλληλα στοιχεία, αλλά αγνοούν τον τρόπο να τα διαχειριστούν, έτσι ώστε να γίνουν εκμεταλλεύσιμα για την άρτια λειτουργία της ίδιας της επιχείρησης και κατ' επέκταση το επερχόμενο κέρδος.

Αν μία επιχείρηση επιθυμεί να μειώσει το κόστος παραγωγής της, τότε αυτό γίνεται σε σημαντικό βαθμό μέσα από τη διαχείριση των αποθεμάτων της. Αυτό όμως δεν είναι καθόλου εύκολο, καθώς θα πρέπει να διαθέτει προσωπικό το οποίο συνεχώς να ασχολείται με τη συλλογή και επεξεργασία των πληροφοριών, το οποίο της κοστίζει.

Η επιστήμη των αποθεμάτων καλείται να μας δώσει λύσεις στα εξής δύο μεγάλα ερωτήματα. Πρώτον, το "πότε" μια επιχείρηση θα πρέπει να κάνει την παραγγελία και δεύτερον, σε "τι ποσότητα". Καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις ελέγχου αποθεμάτων περιλαμβάνονται πολλά και διαφορετικά προϊόντα, είναι δύσκολο για την επιχείρηση να κάνει διαφορετικό προγραμματισμό για τα αποθέματα κάθε προϊόντος ξεχωριστά. Και αυτό είναι δύσκολο καθώς δεν έχουν όλα τα προϊόντα την ίδια βαρύτητα και η αντίστοιχη βελτιστοποίηση του καθενός είναι δύσκολη. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται η ABC ανάλυση (δημιουργήθηκε από τον Vilfredo Pareto το 18<sup>ο</sup> αιώνα), βάσει της οποίας ταξινομούνται τα προϊόντα ανάλογα με τη σημασία τους για την επιχείρηση.

### 2.2 Θεωρία της ABC Ανάλυσης

Ο σκοπός της ανάλυσης ABC είναι να ταξινομήσει όλα τα προϊόντα της επιχείρησης, για τα οποία διατηρούνται αποθέματα σε τρεις ομάδες, στην ομάδα A, στην ομάδα B και στην ομάδα C. Κύριο κριτήριο της ταξινόμησης αυτής είναι η αξία απόκτησης του κάθε προϊόντος, για τη συνολική ποσότητα σε κάποια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

Τα προϊόντα μιας επιχείρησης δεν αποφέρουν όλα το ίδιο κέρδος. Η ABC ανάλυση,

λοιπόν, αναγνωρίζει την ιδιαιτερότητα του κάθε προϊόντος και τελικά τα διαχωρίζει σε πρωτεύουσας σημασίας (A), δευτερεύουσας σημασίας (B) και τριτεύουσας (C), με απώτερο σκοπό για κάθε μια κλάση να δώσει την απάντηση στα δύο παραπάνω ερωτήματα, δηλαδή "πότε" και "σε τι ποσότητα".

#### ΟΜΑΔΑ Α:

Τα προϊόντα που ανήκουν σε αυτή την ομάδα είναι πρωτεύουσας σημασίας. Για το λόγο αυτό, τα αποθέματα αυτών των προϊόντων πρέπει να παρακολουθούνται προσεκτικά και να ελέγχονται συνεχώς. Συνήθως αναφέρεται στο 5-10% των προϊόντων μιας επιχείρησης, το οποίο της αποφέρει συνήθως το 50% των ετήσιων εσόδων της. Για τα προϊόντα αυτά κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία ενός συστήματος διαχείρισης για την παρακολούθηση και τη διακίνησή τους.

#### ΟΜΑΔΑ Β:

Τα προϊόντα που κατατάσσονται σε αυτή την κατηγορία είναι δευτερεύοντα. Δηλαδή, είναι μεν αναγκαία για τη λειτουργία της επιχείρησης, αλλά αποδίδουν κέρδη σε πολύ μικρότερο βαθμό από τα προϊόντα της ομάδας Α. Συνήθως, στην ομάδα Β ανήκει το 50% των προϊόντων, τα οποία συμβάλλουν αντίστοιχα περίπου στο 50% των ετήσιων εσόδων. Εδώ, θα πρέπει να ελεγχθεί αν η δημιουργία ενός συστήματος διαχείρισης θα αποφέρει κέρδος ή μόνο πολυπλοκότητα χωρίς το αντίστοιχο όφελος.

#### ΟΜΑΔΑ C:

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα προϊόντα μικρής σημασίας. Το ποσοστό τους είναι περίπου 40-45% και αποφέρουν λιγότερο από το 1% των ετήσιων εσόδων. Στην κατηγορία αυτή δε χρειάζεται κάποιο σύστημα παρακολούθησης, τα προϊόντα της κατηγορίας αυτής μπορούν απλώς να ακολουθούν πιο εμπειρικούς κανόνες διαχείρισης.

Στο Σχήμα 2.1 παρουσιάζεται ενδεικτικά ο αριθμός των προϊόντων μιας επιχείρησης σε κάθε κλάση και πώς κάθε κλάση επηρεάζει τα έσοδα σε μια χρονική περίοδο.



ΣΧΗΜΑ 2.1 Γραφική παράσταση κλάσεων και συνεισφορά εσόδων

Όπως κάθε μέθοδος, έτσι και η ABC ανάλυση έχει τα θετικά της, έχει και τα αρνητικά της. Το μεγάλο αρνητικό στη μέθοδο της ABC ανάλυσης είναι ότι εξετάζει τα προϊόντα από τη σκοπιά της αξίας απόκτησής τους και όχι από το επιτρεπόμενο κέρδος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, προϊόντα που φέρουν μεγάλο κέρδος να είναι στην ομάδα B και να μην τους δίνεται η ανάλογη σημασία.

### 2.3 ABC ανάλυση στην υπό μελέτη επιχείρηση

Τα δεδομένα που η επιχείρηση διαθέτει αφορούν τη διετία 2014-2015. Τα στοιχεία αυτά είναι για κάθε προϊόν τα ίδια και μέσα από αυτά μας επιτρέπεται να γνωρίζουμε, πότε έγινε πώληση, με ποια τιμή, πότε έγινε παραλαβή παραγγελίας και σε ποια τιμή.

Στην προκειμένη φάση, αυτό που μας ενδιαφέρει είναι η συνολική αξία απόκτησης του κάθε προϊόντος στη διετία αυτή, ώστε να προχωρήσουμε στην κατηγοριοποίησή τους. Η ταξινόμηση γίνεται με φθίνουσα σειρά της συνολικής αξίας απόκτησης.

Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται τα κρίσιμα προϊόντα που ανήκουν στην ομάδα A, όπως προέκυψαν μετά από την επεξεργασία των δεδομένων.

Πίνακας 2.1: Αποτελέσματα της ABC ανάλυσης

ABC ΑΝΑΛΥΣΗ		
Σειρά	Κωδικός	Συνολική αξία απόκτησης [€]
1	CS-280T	13570,39
2	CS-352ES	9976,68
3	SRM-510ES	6750,61
4	OP-91	4955,58
5	CS-3000ES	3313,75
6	NK-03-0006	2709
7	ΚΓ-999-001	1922,8
8	CS-500ES	1893,9
9	ΚΓ-999-114	1658,96
10	ΚΓ-999-101	1600
11	OP-325	1352,86
12	2T-00-0000	1190,28
13	ΚΓ-999-111	1067,24
14	2T-00-0001	864
15	ΚΓ-999-043	770
16	327-57	742,5
17	2T-00-0002	574,6
18	NK-03-0005	383,75
19	ΚΓ-999-044	371,25
20	150MPBK095	355,36
21	160SDEA041	333,2
22	100SDEA041	312,65
23	OP-73	240
24	04PT-16371	225
25	430410-3/8	203
26	140SDEA041	165
27	430411-13431	144
28	NK-03-0007	144

Από την ABC ανάλυση, προκύπτει λοιπόν, ότι τα πιο κρίσιμα προϊόντα είναι σε αριθμό είκοσι οκτώ με συνολικό κόστος 57.790,36€. Τα προϊόντα αυτά προέρχονται από δύο προμηθευτές, τους βασικότερους της επιχείρησης.



## Κεφάλαιο 3: Στατιστική ανάλυση παρελθοντικών στοιχείων ζήτησης

### 3.1 Παρελθοντικά στοιχεία ζήτησης

Στον Πίνακα 3.1 είναι καταγεγραμμένη η ζήτηση για κάθε προϊόν κατηγορίας Α, όπως αυτή προέκυψε μετά την επεξεργασία των στοιχείων που μας δόθηκαν από την εταιρία. Τα στοιχεία που μας δόθηκαν αφορούν τα έτη 2014 και 2015 (1-1-2014 έως 31-12-2015). Επίσης, λόγω της φύσης των προϊόντων, η μονάδα μέτρησης της ζήτησης είναι το ένα τεμάχιο.

Πίνακας 3.1: Μηνιαία ζήτηση των κρίσιμων προϊόντων κατά τη διετία 2014-2015

Κωδικός	Έτος	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ	ΜΑΪΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
CS-280T	2014	6	5	0	4	0	0	0	1	3	7	14	12
	2015	5	5	15	2	3	1	1	1	3	7	6	7
430410-3/8	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	2015	1	1	0	1	0	0	0	0	1	4	2	1
430411-13431	2014	2	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	2
	2015	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0
327-57	2014	3	4	4	4	0	1	0	1	3	3	1	3
	2015	3	3	3	3	1	0	0	0	1	1	3	1
NK-03-0005	2014	0	0	3	2	9	2	1	1	3	3	0	0
	2015	0	0	1	2	1	4	1	1	3	1	2	0
NK-03-0007	2014	1	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0
	2015	0	0	0	0	0	3	2	2	0	0	2	22
150MPBK095	2014	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2
	2015	1	0	1	0	0	1	0	0	1	4	3	0
160SDEA041	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1
	2015	1	0	2	1	1	0	1	0	2	2	2	3
140SDEA041	2014	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
	2015	1	1	3	3	0	0	0	0	2	2	1	1
ΚΓ-999-114	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2015	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1
ΚΓ-999-111	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2015	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	4
ΚΓ-999-101	2014	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2015	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
ΚΓ-999-044	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2015	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ΚΓ-999-043	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2015	0	0	0	0	4	0	1	0	1	0	0	0
ΚΓ-999-001	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	2015	0	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0
<b>100SDEA041</b>	2014	1	4	2	2	0	0	1	1	1	3	2	2
	2015	3	3	6	0	1	1	0	0	2	4	7	5
<b>OP-73</b>	2014	333	72	135	0	0	0	72	72	613	83	353	212
	2015	144	208	137	389	0	0	0	628	272	722	217	421
<b>SRM-510ES</b>	2014	0	0	0	1	0	2	2	1	0	1	0	0
	2015	0	1	0	2	3	3	0	1	2	3	0	0
<b>CS-3000ES</b>	2014	2	2	0	0	0	0	1	0	2	6	3	4
	2015	2	1	0	1	0	1	0	0	3	5	1	4
<b>CS-500ES</b>	2014	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0
	2015	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
<b>CS-352ES</b>	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	9	11	7	8
	2015	2	2	6	3	4	1	0	1	6	6	4	10
<b>2T-00-0002</b>	2014	22	38	16	46	44	18	12	8	16	50	24	40
	2015	16	34	32	20	52	12	37	30	52	52	31	47
<b>2T-00-0001</b>	2014	6	9	6	5	14	9	8	4	13	9	10	5
	2015	0	0	7	5	28	22	2	13	5	12	7	10
<b>2T-00-0000</b>	2014	4	3	3	7	1	4	4	0	4	9	8	10
	2015	6	9	20	17	16	7	2	1	7	10	6	9
<b>04PT-16371</b>	2014	2	2	2	0	0	0	0	0	3	2	4	3
	2015	1	2	0	6	2	0	0	0	0	3	3	5
<b>NK-03-0006</b>	2014	3	4	22	18	20	29	10	10	8	3	3	2
	2015	1	2	9	45	65	43	11	12	8	7	18	11
<b>OP-91</b>	2014	1330	960	1336	704	244	447	515	310	1076	2205	1930	1068
	2015	984	1494	2135	1475	597	295	359	412	1924	3172	3394	2656
<b>OP-325</b>	2014	1153	216	212	60	72	72	282	178	883	1054	694	476
	2015	494	764	1171	568	72	274	138	438	478	2136	1094	1034

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3.1, τα περισσότερα προϊόντα έχουν σχετικά χαμηλή ζήτηση κατά τη διάρκεια του μήνα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι είναι κατά κύριο λόγο προϊόντα σχετικά μεγάλα σε μέγεθος και ακριβά. Επίσης, παρατηρείται μία αυξητική τάση στη ζήτηση των προϊόντων στο έτος 2015 συγκριτικά με το 2014.

### 3.2 Έλεγχος κατανομής

#### 3.2.1 Γενικά

Για να είμαστε σε θέση να κάνουμε μια στατιστική ανάλυση, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση των στοιχείων της ζήτησης. Εκτός από τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση, επίσης απαραίτητο είναι να γνωρίζουμε και ποια είναι η στατιστική κατανομή που ακολουθούν τα στοιχεία της ζήτησης.

Από ένα γενικότερο έλεγχο παρατηρήσαμε πως η ζήτηση των προϊόντων ακολουθεί είτε κατανομή Poisson, είτε κανονική κατανομή. Αυτό βέβαια, δεν αποτελεί δεδομένο και πριν τα στοιχεία χρησιμοποιηθούν για οποιαδήποτε ανάλυση, θα πρέπει να γίνει έλεγχος προσαρμογής της ζήτησης σε αυτές τις κατανομές.

Για τον έλεγχο της προσαρμογής κατανομής χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πακέτο για στατιστικές εφαρμογές Minitab. Για κάθε προϊόν και για κάθε περίοδο (αν υπάρχει εποχικότητα) έγινε έλεγχος προσαρμογής σε κατανομή Poisson και σε κανονική κατανομή. Το επίπεδο σημαντικότητας το οποίο χρησιμοποιήθηκε ήταν 1% για κάθε ανάλυση.

Τα αποτελέσματα από το λογισμικό πακέτο ήταν η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και το ελάχιστο επίπεδο σημαντικότητας, στο οποίο απορρίπτεται η υπόθεση προσαρμογής των δεδομένων στην ελεγχόμενη κατανομή (P-value). Οι μαθηματικοί τύποι τους οποίους χρησιμοποιεί το στατιστικό πακέτο για τον υπολογισμό της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης είναι αντίστοιχα οι:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n x_i$$
$$s = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=0}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

όπου  $x_i$  είναι οι τιμές της μηνιαίας ζήτησης και  $n$  το πλήθος των μηνών που συνεκτιμώνται.

Η τιμή P-value σε έναν έλεγχο προσαρμογής δεδομένων σε κάποια θεωρητική κατανομή, αντιστοιχεί στην πιθανότητα εμφάνισης των παρατηρηθεισών αποκλίσεων των δειγματικών τιμών από τις θεωρητικές τιμές της κατανομής. Όταν η τιμή P-value είναι μεγαλύτερη του ορίου 1%, τότε ο έλεγχος προσαρμογής είναι αποδεκτός και ισχύει η αρχική υπόθεση, ότι δηλαδή το δείγμα προέρχεται από πληθυσμό που ακολουθεί την υπό έλεγχο κατανομή. Εάν η P-value είναι μικρότερη του ορίου 1%, τότε υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά και απορρίπτεται η αρχική υπόθεση προσαρμογής στην υπό έλεγχο κατανομή.

Για τον έλεγχο προσαρμογής κατανομής χρησιμοποιήθηκαν οι έλεγχοι  $\chi^2$  για τον έλεγχο προσαρμογής στην κατανομή Poisson και ο έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για τον έλεγχο προσαρμογής στην κανονική κατανομή, αλλά και την κατανομή Poisson. Δηλαδή για τον έλεγχο προσαρμογής σε κατανομή Poisson χρησιμοποιήθηκαν και οι δύο έλεγχοι. Για τον έλεγχο προσαρμογής σε κανονική κατανομή χρησιμοποιήθηκε μόνον ο έλεγχος Kolmogorov-Smirnov, καθώς χρησιμοποιείται απαραίτητως για περιπτώσεις που το μέγεθος του δείγματος είναι μικρό, όπως στην περίπτωση μας. Για έλεγχο προσαρμογής σε κατανομή Poisson, το λογισμικό πακέτο διέθετε μόνο τον έλεγχο  $\chi^2$ . Έτσι, για μεγαλύτερη αξιοπιστία των αναλύσεων, πραγματοποιήθηκε και ο έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για έλεγχο προσαρμογής σε κατανομή Poisson με χρήση του λογισμικού Excel, στο οποίο κατασκευάστηκε ο κώδικας, με τον οποίο γίνεται ο έλεγχος. Οι δύο έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν σε όλα τα προϊόντα και για τις διάφορες περιόδους εποχικότητας, όπου υπήρχαν.

Κατά την ανάλυση, υπήρξαν περιπτώσεις όπου το Minitab αδυνατούσε να διεκπεραιώσει ανάλυση. Αυτό οφειλόταν στον πολύ μικρό αριθμό των δεδομένων ή το μικρό αριθμό των κλάσεων της ζήτησης, και συνήθως αυτό συνέβαινε στα προϊόντα με εποχικότητα. Έτσι, για τις περιπτώσεις αυτές, θεσπίσαμε έναν άτυπο κανόνα, κατά τον οποίο στα προϊόντα με μέση τιμή κάτω από 10 τεμάχια ανά μήνα χρησιμοποιείται προσεγγιστικά η κατανομή Poisson, ενώ στα προϊόντα με μέση τιμή μεγαλύτερη των 10 τεμαχίων ανά μήνα χρησιμοποιείται προσεγγιστικά η κανονική κατανομή.

Επίσης, υπήρξαν και περιπτώσεις όπου φαινόταν η ζήτηση του προϊόντος να ακολουθεί κατανομή Poisson, αλλά λόγω μιας μεμονωμένης τιμής αυξημένης ζήτησης κατά τη διάρκεια κάποιου μήνα η προσαρμογή αυτή αλλοιωνόταν και τελικώς τα δεδομένα δεν προσαρμόζονται σε καμία απ' τις γνωστές κατανομές. Έτσι, θεωρήσαμε ότι η τιμή αυτής της ζήτησης είναι μια ακραία πιθανή περίπτωση και ότι ο πληθυσμός τελικώς ακολουθεί κατανομή Poisson. Στα προϊόντα με κανονική κατανομή, παρουσιάστηκαν προϊόντα με υπερβολικά αυξημένη τυπική απόκλιση. Στις περιπτώσεις αυτές, υπολογίστηκε η μέση τιμή των δειγμάτων συνεκτιμώντας όλες τις τιμές του δείγματος, ενώ η τυπική απόκλιση υπολογίστηκε χωρίς να ληφθούν υπόψη οι πολύ μεγάλες ή πολύ μικρές τιμές της ζήτησης.

### 3.2.2 Έλεγχος $\chi^2$

Ο έλεγχος  $\chi^2$  βασίζεται στην κατανομή  $\chi^2$ . Ο έλεγχος χρησιμοποιήθηκε ώστε να γίνει έλεγχος της ζήτησης των προϊόντων της επιχείρησης, αν ακολουθεί την κατανομή Poisson. Ο έλεγχος λοιπόν, χωρίζει τις παρατηρηθείσες τιμές ενός δείγματος σε κλάσεις και συγκρίνει τη συχνότητα των τιμών του δείγματος κατά κλάση με τη συχνότητα που αναμένουμε για κάθε κλάση με βάση τη θεωρητική κατανομή που υποθέτουμε ότι ακολουθεί ο πληθυσμός.

Υποθέτουμε ότι οι τιμές  $x_1, x_2, \dots, x_n$  είναι οι  $n$  τιμές ενός δείγματος του οποίου ο πληθυσμός δεν είναι γνωστό από ποια κατανομή προέρχεται. Σχηματίζεται λοιπόν, η κατανομή συχνότητας των τιμών αυτών, που έστω ότι έχει  $k$  κλάσεις με αντίστοιχες συχνότητες  $f_i$ , για  $i=1, 2, \dots, k$ . Στη συνέχεια διατυπώνουμε την υπόθεση ότι ο πληθυσμός του δείγματος ακολουθεί μια ορισμένη κατανομή με συνάρτηση πυκνότητας-πιθανότητας  $\phi(x)$ . Στη συνέχεια, υπολογίζεται η πιθανότητα  $p_i$  να παρουσιαστεί μια τιμή στην κλάση  $i$  της κατανομής του πληθυσμού και υπολογίζονται οι θεωρητικές τιμές της συχνότητας κάθε κλάσης  $m_i$ . Η συνάρτηση που χρησιμοποιεί ο έλεγχος είναι:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - m_i)^2}{m_i}$$

Για να ισχύει η αρχική μας υπόθεση, ότι δηλαδή το δείγμα προέρχεται όντως από την προς έλεγχο κατανομή, θα πρέπει οι διαφορές της παρατηρηθείσας συχνότητας και της θεωρητικής συχνότητας σε κάθε κλάση  $f_i - m_i$  να είναι μικρές και να μην είναι στατιστικά σημαντικές σε ορισμένο επίπεδο σημαντικότητας.

Η μεταβλητή  $\chi^2$  ακολουθεί την κατανομή  $\chi^2$  με  $k-1-\lambda$  βαθμούς ελευθερίας, όπου  $\lambda$  είναι ο αριθμός των παραμέτρων της υποθετικής κατανομής (π.χ. για την κανονική κατανομή είναι δύο παράμετροι, η μέση τιμή  $\mu$  και η τυπική απόκλιση  $\sigma$ ). Η μεταβλητή  $\chi^2$  ακολουθεί την κατανομή  $\chi^2$  όταν  $np_i \geq 5$  για κάθε  $i$  (όπου  $n$  είναι το μέγεθος του δείγματος).

Αν  $\chi^2=0$ , η παρατηρηθείσα και η προσδοκητή συχνότητα συμφωνούν απόλυτα. Αν  $\chi^2 > 0$ , τότε δε συμφωνούν και όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή αυτή, τόσο μεγαλύτερη είναι η ασυμφωνία. Όταν δε συμφωνούν πρέπει να συγκριθεί η υπολογισθείσα τιμή με αυτή των πινάκων της κατανομής  $\chi^2$ , για κατάλληλους βαθμούς ελευθερίας και σε ορισμένο επίπεδο

σημαντικότητας. Αν η τιμή  $\chi^2$  που υπολογίσθηκε είναι μεγαλύτερη από αυτή των πινάκων, τότε συμπεραίνουμε ότι υπάρχει σημαντική διαφορά και δεν ισχύει η αρχική υπόθεση, ότι δηλαδή ο πληθυσμός ακολουθεί την υπό έλεγχο κατανομή. Για κάθε  $\chi^2$  που υπολογίζεται, η τιμή αυτή στους πίνακες της κατανομής  $\chi^2$  αντιστοιχεί σε ένα επίπεδο σημαντικότητας (και για κατάλληλους βαθμούς ελευθερίας). Το επίπεδο σημαντικότητας αυτό είναι η τιμή P-value. Αν η τιμή αυτή P-value είναι μεγαλύτερη του επιπέδου σημαντικότητας που τέθηκε ως όριο, τότε ισχύει η αρχική υπόθεση.

Ο έλεγχος  $\chi^2$  είναι αποτελεσματικός όταν το μέγεθος του δείγματος είναι μεγάλο και δεν υπάρχουν κλάσεις με συχνότητα μικρότερη από 5.

### 3.2.3 Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov

Ο έλεγχος Kolmogorov-Smirnov σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο προσαρμογής των προϊόντων και σε κανονική κατανομή, αλλά και σε κατανομή Poisson. Ο συγκεκριμένος έλεγχος χρησιμοποιείται με οποιοδήποτε μέγεθος δείγματος και ειδικά για ελέγχους με μικρό δείγμα, όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα.

Έστω ότι θέλουμε να ελέγξουμε αν η μεταβλητή  $X$  ακολουθεί μια ορισμένη κατανομή, για την οποία διαθέτουμε ένα δείγμα. Ο έλεγχος ξεκινά ταξινομώντας τις τιμές του δείγματος κατά αύξουσα σειρά. Στη συνέχεια σχηματίζουμε την αθροιστική πιθανότητα του δείγματος για κάθε τιμή  $x_i$  και έστω ότι αυτή είναι  $\Phi^*(x)$ . Αν  $\Phi(x)$  είναι η αθροιστική πιθανότητα μέχρι την τιμή  $x$  της προς εξέταση κατανομής, για κάθε τιμή  $x_i$  του δείγματος υπολογίζεται η θεωρητική αθροιστική πιθανότητα. Η μέγιστη απόλυτη διαφορά ανάμεσα στη θεωρητική και την παρατηρηθείσα τιμή  $D_n(x)$ , δηλαδή,

$$D_n(x) = \max |\Phi^*(x) - \Phi(x)|$$

είναι μια τυχαία μεταβλητή. Αν το  $D_n(x) \geq D_x$ , τότε απορρίπτεται η αρχική υπόθεση και οι τιμές του δείγματος είναι απίθανο να προέρχονται από την κατανομή που υποθέσαμε. Το  $D_x$  έχει ορισθεί (υπάρχει σε πίνακες) και η τιμή του εξαρτάται από το επίπεδο σημαντικότητας και το μέγεθος του δείγματος.

Ο έλεγχος Kolmogorov-Smirnov είναι πάρα πολύ ακριβής για οποιοδήποτε μέγεθος δείγματος, αλλά έχει το μειονέκτημα σε σχέση με τον έλεγχο  $\chi^2$  ότι χρειάζεται οι τιμές του δείγματος να ταξινομηθούν κατά αύξουσα τάξη.

### 3.3 Αποτελέσματα αναλύσεων

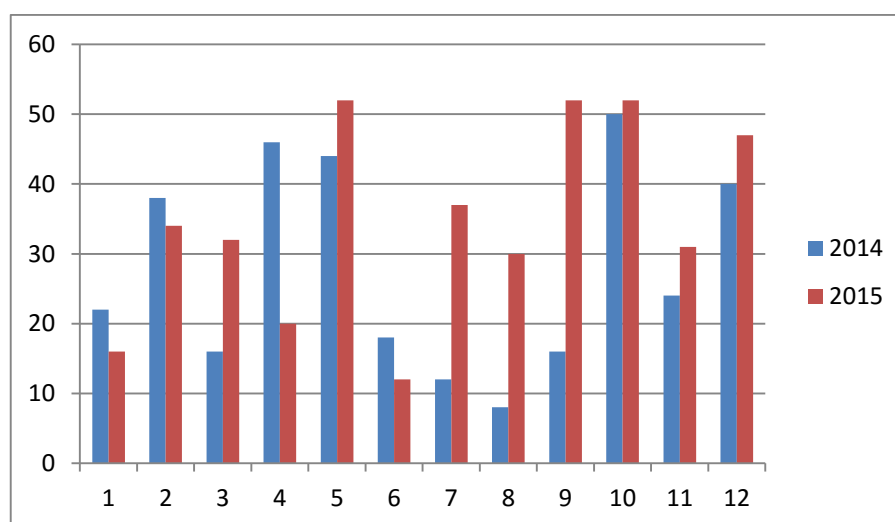
Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα από τους ελέγχους προσαρμογής που πραγματοποιήθηκαν, για όλα τα προϊόντα και για όλες τις περιόδους τους. Αφού λοιπόν πραγματοποιήθηκαν οι έλεγχοι, ο Πίνακας 3.2 περιλαμβάνει τα προϊόντα που δεν παρουσιάζουν εποχικότητα, την κατανομή, στην οποία προσαρμόζονται καλύτερα, καθώς και τη μέση τιμή και την τυπική τους απόκλιση. Τέλος, για τα προϊόντα που φαίνεται να ακολουθούν κατανομή Poisson, η αναγραφόμενη τιμή στην τυπική απόκλιση είναι αυτή της τετραγωνικής ρίζας της μέσης τιμής, καθώς από τη θεωρία της στατιστικής για την κατανομή Poisson ισχύει ότι η τυπική απόκλιση είναι η τετραγωνική ρίζα της μέσης τιμής.

Πίνακας 3.2 Στατιστικά χαρακτηριστικά ζήτησης μη εποχικών προϊόντων

Κωδικός	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Κατανομή
CS-280T	4,5	2,5	Κανονική
430410-3/8	0,5	0,7071	Poisson
430411-13431	0,542	0,7362	Poisson
NK-03-0005	1.667	12.911	Poisson
NK-03-0007	1,5	12.248	Poisson
160SDEA041	0,875	0,9354	Poisson
140SDEA041	0,833	0,9127	Poisson
ΚΓ-999-114	0,167	0,4087	Poisson
ΚΓ-999-111	0,333	0,5771	Poisson
ΚΓ-999-101	0,25	0,5	Poisson
ΚΓ-999-044	0,042	0,205	Poisson
ΚΓ-999-043	0,25	0,5	Poisson
ΚΓ-999-001	0,25	0,5	Poisson
100SDEA041	2.125	14.577	Poisson
CS-500ES	0,333	0,5771	Poisson
2T-00-0002	31,21	12	Κανονική
2T-00-0001	8.708	3,85	Κανονική
2T-00-0000	6.958	2,8	Κανονική

Για τα προϊόντα με κανονική κατανομή, η τυπική απόκλιση παραμένει υψηλή, ακόμη και μετά τη διορθωτική παρέμβαση. Αυτό σημαίνει, πώς υπάρχει μεγάλη πιθανότητα εμφάνισης αρνητικών τιμών της ζήτησης. Επειδή όμως η ζήτηση δε μπορεί να είναι αρνητική, αυτό σημαίνει πως στους υπολογισμούς λαμβάνεται ως μηδενική ζήτηση, δηλαδή υπάρχει μεγάλη πιθανότητα εμφάνισης μηδενικής ζήτησης.

Στο Σχήμα 3.1 φαίνεται η ζήτηση του προϊόντος 2T-00-0002. Με μπλε χρώμα είναι η ζήτηση για τους μήνες του έτους 2014 και με κόκκινο χρώμα είναι η ζήτηση για τους μήνες του έτους 2015.



ΣΧΗΜΑ 3.1 Ιστογράμμο της ζήτησης του προϊόντος 2T-00-0002 κατά τη διετία 2014-2015

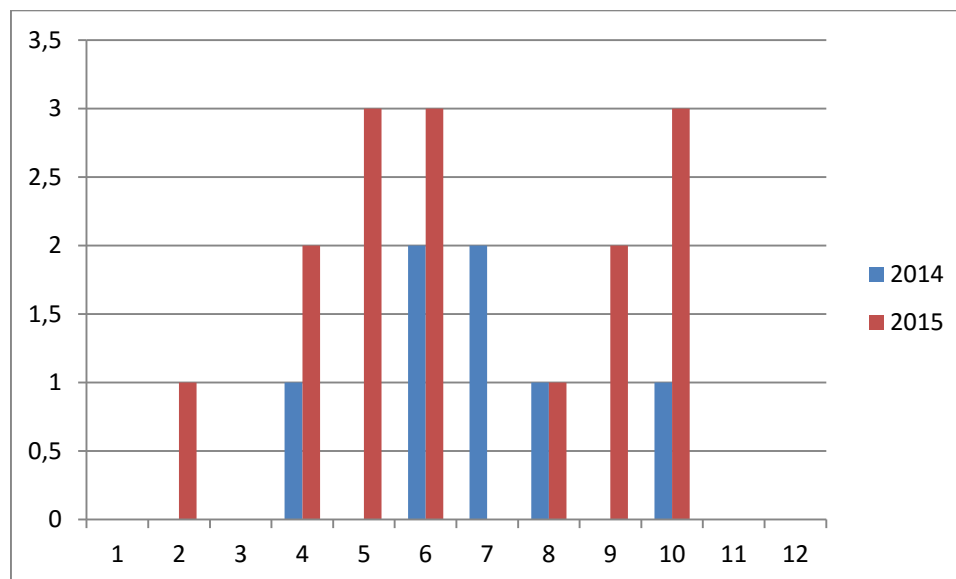
Από το γράφημα δε φαίνεται κάποια αυξητική τάση της ζήτησης σε συγκεκριμένη περίοδο. Ειδικά για το τρίμηνο Ιούλιος-Αύγουστος-Σεπτέμβριος, για το έτος 2014 η ζήτηση του προϊόντος φαίνεται να κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, ενώ αντίθετα για το έτος 2015 φαίνεται να κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα. Συνεπώς, θεωρούμε πως όλα τα παραπάνω είναι στο πλαίσιο της τυχαιότητας και ότι τελικά το προϊόν δε φαίνεται να έχει εποχικότητα στη ζήτησή του.

Για τα προϊόντα, η ζήτηση των οποίων φαίνεται να παρουσιάζει εποχικότητα, συνεκτιμήθηκε και η εποχικότητα των ομοειδών προϊόντων. Δηλαδή, αν για κάποιο προϊόν υπήρχε αμφιβολία σε ποιους μήνες αντιστοιχεί περίοδος υψηλής ζήτησης και αν ένας μήνας θα πρέπει να συμπεριληφθεί ή όχι στην περίοδο αυτή, λήφθηκε υπόψη και η αντίστοιχη



περίοδος των ομοειδών προϊόντων, αν δηλαδή ο μήνας αυτός στα ομοειδή προϊόντα έχει συμπεριληφθεί ή όχι στην περίοδο υψηλής ζήτησης.

Στο Σχήμα 3.2 παρουσιάζεται η ζήτηση του προϊόντος SRM-510ES κατά τη διετία 2014-2015.



ΣΧΗΜΑ 3.2 Ιστογράμμο της ζήτησης του προϊόντος SRM-510ES κατά τη διετία 2014-2015

Με μπλε χρώμα είναι επίσης η ζήτηση του προϊόντος το έτος 2014 και με κόκκινο χρώμα η ζήτηση του προϊόντος το έτος 2015. Από το Σχήμα 3.2 είναι φανερό πως το τρίμηνο Απρίλιος-Μάιος-Ιούνιος το προϊόν παρουσιάζει σαφώς μια αυξητική τάση σε σχέση με τους υπόλοιπους μήνες συνεκτιμώντας και τα δύο έτη. Φαίνεται επίσης πως και τον Ιούλιο του 2014 το προϊόν είχε σχετικά υψηλή ζήτηση, αλλά τον Ιούλιο του 2015 δεν είχε καθόλου ζήτηση και αντίστροφα για τις δύο χρονιές το μήνα Σεπτέμβριο.

Στον Πίνακα 3.3 παρουσιάζονται τα προϊόντα που φαίνεται να έχουν εποχικότητα, η μέση τιμή και η τυπική τους απόκλιση σε κάθε περίοδο, καθώς και η προσαρμοσμένη κατανομή για κάθε περίοδο και οι αντίστοιχοι μήνες της κάθε περιόδου. Ο έλεγχος προσαρμογής έγινε για κάθε περίοδο ξεχωριστά.

Πίνακας 3.3 Στατιστικά χαρακτηριστικά ζήτησης εποχικών προϊόντων

Κωδικός	Περίοδος	Μήνες περιόδου	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Κατανομή
327-57	χαμηλή	5,6,7,8	0,375	0,6124	Poisson
	υψηλή	1,2,3,4,9,10,11,12	26,875	16,394	Poisson
150MPBK095	χαμηλή	1,2,3,4,5,6,7,8,9	0,333	0,5771	Poisson
	υψηλή	10,11,12	2	1,414	Poisson
SRM-510ES	χαμηλή	1,2,3,7,8,9,10,11,12	0,611	0,7817	Poisson
	υψηλή	4,5,6	1,833	13,539	Poisson
CS-3000ES	χαμηλή	1,2,3,4,5,6,7,8	0,625	0,7906	Poisson
	υψηλή	9,10,11,12	3,5	18,708	Poisson
CS-352ES	χαμηλή	1,2,3,4,5,6,7,8	11,875	10,897	Poisson
	υψηλή	9,10,11,12	7,625	27,613	Poisson
04PT-16371	χαμηλή	1,2,3,4,5,6,7,8,9	1,111	1,054	Poisson
	υψηλή	10,11,12	3,333	18,257	Poisson
NK-03-0006	χαμηλή	1,2,7,8,9,10,11,12	7,063	2,47	Κανονική
	υψηλή	3,4,5,6	31,38	4,15	Κανονική
OP-91	χαμηλή	5,6,7,8	397,4	58,12	Κανονική
	υψηλή	1,2,3,4,9,10,11,12	1740	250,57	Κανονική
OP-325	χαμηλή	5,6,7,8	190,8	44	Κανονική
	υψηλή	1,2,3,9,10,11,12	780,4	247,9	Κανονική
OP-73	χαμηλή	5,6,7,8	96,5	32,53	Κανονική
	υψηλή	1,2,3,4,9,10,11,12	269,4	77,5	Κανονική

Για τη διεξαγωγή των παραπάνω αποτελεσμάτων υπήρξε διορθωτική παρέμβαση, όπου αυτό χρειαζόταν. Κάποια από τα προϊόντα με κανονική κατανομή, εμφάνιζαν αδικαιολόγητα μεγάλη τυπική απόκλιση. Υπολογίστηκε λοιπόν, η μέση τους τιμή συνεκτιμώντας όλα τα δεδομένα της ζήτησης, ενώ για τον υπολογισμό της τυπικής απόκλισης δε λήφθηκαν υπόψη οι ακραίες τιμές, πολύ μικρές ή πολύ μεγάλες σχετικά με τη μέση τιμή. Αφαιρέθηκε ουσιαστικά, ο θόρυβος των δεδομένων και η τυπική απόκλιση μειώθηκε σε πιο φυσιολογικά επίπεδα.

Η παρέμβαση αυτή έγινε κυρίως, διότι η καταγεγραμμένη ζήτηση δεν ανταποκρίνεται πάντα στην πραγματικότητα. Η ζήτηση δηλαδή, μπορεί να μην εμφανίστηκε απαραίτητα στον αντίστοιχο μήνα που καταγράφηκε, αλλά για φορολογικούς, λογιστικούς ή άλλους λόγους να μετατοπίστηκε.

Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 3.2.1, έγινε έλεγχος προσαρμογής της ζήτησης των προϊόντων σε κατανομή Poisson και με τον έλεγχο Kolmogorov-Smirnov, για πιο

αξιόπιστα αποτελέσματα. Παρακάτω, ακολουθεί η διαδικασία για ένα προϊόν χωρίς εποχικότητα και για ένα προϊόν με εποχικότητα.

Για το προϊόν 430411-13431 (προϊόν χωρίς εποχικότητα), η ζήτηση κατά τη διετία 2014-2015 παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.4:

Πίνακας 3.4 Ζήτηση προϊόντος 430411-13431 κατά τη διετία 2014-2015

ΜΗΝΑΣ	ΕΤΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2014	2
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2014	1
ΜΑΡΤΙΟΣ	2014	1
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2014	0
ΜΑΪΟΣ	2014	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	2014	1
ΙΟΥΛΙΟΣ	2014	0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2014	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2014	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2014	2
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2014	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2014	2
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	2015	0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	2015	2
ΜΑΡΤΙΟΣ	2015	0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	2015	0
ΜΑΪΟΣ	2015	0
ΙΟΥΝΙΟΣ	2015	0
ΙΟΥΛΙΟΣ	2015	2
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	2015	0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	2015	0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	2015	0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	2015	0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	2015	0

Το πρώτο βήμα του ελέγχου είναι να ταξινομήσει τις τιμές του δείγματος κατά αύξουσα σειρά. Το δεύτερο βήμα της διαδικασίας είναι να υπολογίσει την πιθανότητα εμφάνισης κάθε τιμής του δείγματος, η οποία είναι  $p_i = \frac{1}{N} = \frac{1}{24}$ . Το τρίτο βήμα του ελέγχου Kolmogorov-Smirnov είναι ο υπολογισμός της αθροιστικής πιθανότητα για κάθε τιμή του δείγματος. Στο τέταρτο βήμα της διαδικασίας, υπολογίζεται η αθροιστική πιθανότητα της θεωρητικής κατανομής. Στη συγκεκριμένη περίπτωση της κατανομής Poisson, με  $\lambda=0,542$ , η

μέση τιμή του δείγματος δηλαδή. Επειδή ο έλεγχος γίνεται για την κατανομή Poisson, η σχέση από την οποία προκύπτει είναι η θεωρητική αθροιστική πιθανότητα είναι η

$$F(n) = \sum_{x=0}^n \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

όπου  $F(n)$  είναι η θεωρητική αθροιστική πιθανότητα μέχρι την τιμή “n”. Το πέμπτο βήμα της διαδικασίας είναι ο υπολογισμός της απόλυτης διαφοράς της αθροιστικής πιθανότητας του δείγματος και της θεωρητικής αθροιστικής πιθανότητας και η εύρεση της μέγιστης απόλυτης διαφοράς. Στον Πίνακα 3.5 παρουσιάζεται αναλυτικά όλη η διαδικασία του ελέγχου.

Πίνακας 3.5 Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για το προϊόν 430411-13431

ΚΑΤΑ ΑΥΞΟΥΣΑ ΣΕΙΡΑ	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΤΙΜΗΣ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΔΕΙΜΑΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ	ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ $D_n(x)$
0	0,667	0,667	0,582	0,085
1	0,125	0,792	0,897	0,105
2	0,208	1	0,982	0,018

Η μέγιστη απόλυτη διαφορά βρίσκεται στην δεύτερη γραμμή της πέμπτης στήλης και είναι 0,105. Από τον πίνακα για κρίσιμες τιμές  $D_x$  για τον έλεγχο Kolmogorov-Smirnov, για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=1\%$  και μέγεθος δείγματος  $N=24$ , η τιμή του  $D_x$  είναι 0,3272 (με γραμμική παρεμβολή ανάμεσα στις τιμές του πίνακα για μεγέθη δείγματος 20 και 25). Η μέγιστη απόλυτη διαφορά είναι μικρότερη του  $D_x$ , οπότε δεν έχουμε λόγο να απορρίψουμε την αρχική υπόθεση, ότι οι τιμές του δείγματος προέρχονται από κατανομή Poisson.

Ακολουθεί η διαδικασία ελέγχου για το προϊόν SRM-510ES, στην υψηλή περίοδο ζήτησης στον Πίνακα 3.6.

Πίνακας 3.6 Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για την υψηλή περίοδο του προϊόντος  
SRM-510ES

ΚΑΤΑ ΑΥΞΟΥΣΑ ΣΕΙΡΑ	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΤΙΜΗΣ	ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ	ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ $D_n(x)$
0	0,1667	0,1667	0,16	0,0067
1	0,1667	0,3333	0,453	<b>0,1197</b>
2	0,3333	0,6667	0,722	0,0553
3	0,3333	1	0,886	0,114

Σε αυτή την περίπτωση, η μέγιστη απόλυτη διαφορά είναι 0,12. Η κρίσιμη τιμή του πίνακα για επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha=1\%$  και μέγεθος δείγματος  $N=6$ , είναι 0,618. Η υπολογισθείσα τιμή λοιπόν, είναι μικρότερη από αυτή των πινάκων και άρα δεν υπάρχει λόγος να απορριφθεί η αρχική υπόθεση, ότι δηλαδή οι τιμές του δείγματος προέρχονται από κατανομή Poisson.

Έγινε λοιπόν, ο έλεγχος για όλα τα προϊόντα και για όλες τις περιόδους ζήτησης και τα αποτελέσματα έδειξαν πως όλα τα προϊόντα προσαρμόζονται στην κατανομή Poisson.



## Κεφάλαιο 4: Ανάλυση R,S

### 4.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε και στο δεύτερο κεφάλαιο, η επιστήμη των αποθεμάτων καλείται να δώσει λύσεις στα ερωτήματα του "πότε" θα παραγγείλουμε και "σε τι ποσότητα". Η σύζευξη των δύο αυτών λύσεων, σκοπό έχει να ελαχιστοποιήσει το ετήσιο κόστος διαχείρισης αποθεμάτων της εταιρίας.

Το κόστος διαχείρισης των αποθεμάτων μιας επιχείρησης εξαρτάται φυσικά από το κόστος απόκτησης ή παραγωγής του προϊόντος, καθώς και από άλλες τρεις παραμέτρους. Αυτές είναι το κόστος παραγγελιών για εμπορικές επιχειρήσεις ή αντίστοιχα το κόστος έναρξης παραγωγής (set-up cost) για παραγωγικές επιχειρήσεις, το κόστος διατήρησης του αποθέματος και το κόστος που υφίσταται η επιχείρηση από την εμφάνιση έλλειψης σε δεδομένη ζήτηση. Η στάθμιση όλων αυτών των παραμέτρων μας ωθεί στη ζητούμενη μείωση του κόστους.

Υπάρχουν πολλοί και διάφοροι τρόποι για να προσεγγιστεί ένα πρόβλημα διαχείρισης αποθεμάτων. Κάθε πρόβλημα έχει τις δικές του ιδιαιτερότητες, οπότε για το κάθε πρόβλημα θα πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά ποιο από τα αναπτυχθέντα μοντέλα αποθεμάτων ταιριάζει ή εφαρμόζει καλύτερα.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το πρόβλημα που ζητήθηκε από την υπό μελέτη επιχείρηση να επιλυθεί ήταν κυρίως ο συντονισμός των παραγγελιών, αλλά παράλληλα και η βελτίωση της στάθμης των αποθεμάτων της αποθήκης. Κατά την άποψη του διευθυντή του εμπορικού καταστήματος, γίνονται πολλές παραγγελίες στην ίδια εβδομάδα από τον ίδιο προμηθευτή. Κάποιες φορές φτάνουν και τις τέσσερις παραγγελίες την εβδομάδα. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι κάποια από τα προϊόντα έχουν μεγάλο απόθεμα χωρίς την αντίστοιχη ζήτηση, ενώ πάλι κάποια άλλα παρουσιάζουν ελλείψεις.

Όπως προέκυψε από την ABC ανάλυση, τα προς εξέταση προϊόντα είναι είκοσι οκτώ (28). Εξ αυτών, τα δεκατρία (13) αντιστοιχούν στον προμηθευτή Α, ενώ τα υπόλοιπα στον προμηθευτή Β. Από τα ήδη υπάρχοντα μοντέλα αποθεμάτων θεωρήσαμε πως το βέλτιστο

μοντέλο για την περίπτωση μας είναι αυτό του "R,S system", το οποίο σημαίνει ότι ο χρόνος αναπαραγγελίας θα είναι σταθερός (R), η ποσότητα όμως παραγγελίας θα είναι μεταβλητή. Η επιθυμητή στάθμη του κάθε προϊόντος (S) θα είναι επίσης σταθερή. Αυτό σημαίνει πως πριν από κάθε παραγγελία, γίνεται προσεκτικός έλεγχος της αποθήκης, καταγραφή του υπάρχοντος αποθέματος για κάθε προϊόν και στη συνέχεια γίνεται παραγγελία, έως ότου η στάθμη του αποθέματος τη στιγμή της παραγγελίας να ανέλθει στα επιθυμητά επίπεδα.

Όπως κρίθηκε καλύτερο και εγκρίθηκε από το διευθυντή της επιχείρησης, αποφασίστηκε ο χρόνος αναπαραγγελίας στον κάθε προμηθευτή να είναι ένας μήνας και η παραγγελία να περιλαμβάνει όλα τα προϊόντα που του αντιστοιχούν. Έτσι, δεδομένου του συντονισμού των παραγγελιών στον κάθε προμηθευτή (και μειώνοντας έτσι δραστικά το κόστος των μεταφορών), το επόμενο βήμα είναι η επίλυση του προβλήματος της στάθμης των προϊόντων, ώστε το δεσμευμένο κεφάλαιο να διατηρείται όσο το δυνατό χαμηλότερο και η πιθανότητα εμφάνισης έλλειψης να είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

## **4.2 Σκοπός διατήρησης αποθεμάτων**

Ο σημαντικότερος λόγος για τον οποίο μια επιχείρηση θα πρέπει να έχει απόθεμα των προϊόντων της, είναι η ικανότητά της να εξυπηρετεί τους πελάτες της και την αντίστοιχη ζήτηση όσο το δυνατό γρηγορότερα και πιο άμεσα. Οι επιχειρήσεις αποσκοπούν στο να έχουν τους πελάτες τους ευχαριστημένους από άποψης χρόνου ικανοποίησης των αναγκών τους. Επίσης, ένα σενάριο εμφάνισης έλλειψης αποθέματος είναι ένα πρόβλημα, το οποίο επιφέρει κόστος για την επιχείρηση που δεν είναι εύκολο να υπολογιστεί. Σε επόμενη ενότητα θα αναφερθούμε εκτενέστερα σε αυτό το ζήτημα.

Ένας ακόμη λόγος της σημαντικότητας της διατήρησης αποθέματος είναι γιατί αρκετές φορές το κόστος παραγγελίας είναι μεγαλύτερο από το κόστος διατήρησης. Έτσι, συμφέρει περισσότερο να παραγγέλνονται μεγαλύτερες ποσότητες, οι οποίες διατηρούνται σε αποθήκες (και αυτή η παραπάνω ποσότητα για αποθήκευση να κοστίζει) και να γίνονται χρονικά πιο μακρινές παραγγελίες, παρά να γίνονται συχνότερες παραγγελίες για ποσότητες που απαιτούνται για άμεση ικανοποίηση της ζήτησης, καθώς το κόστος των παραγγελιών αυτών ξεπερνά το κόστος αποθήκευσης σε άλλη περίπτωση.



Ένας τελευταίος λόγος είναι ότι με παραγγελίες μεγαλύτερων ποσοτήτων (το οποίο σημαίνει απόθεμα), υπάρχει η πιθανότητα διεκδίκησης κάποιας έκπτωσης από τον προμηθευτή. Το σενάριο αυτό φυσικά, είναι ευσταθές εάν και εφόσον υπάρχει έκπτωση, η οποία θα πρέπει να ελεγχθεί αν συμφέρει την εταιρία.

Όλα τα παραπάνω βέβαια είναι απόρροια της στοχαστικότητας της ζήτησης, η οποία είναι ένας εξωγενής παράγοντας, ο οποίος δεν μπορεί να ελεγχθεί και προφανώς σχεδόν ποτέ δεν είναι γνωστή. Αυτό που μπορεί να γίνει λοιπόν, είναι να παρατηρηθεί το επίπεδο της ζήτησης από παρελθοντικά στοιχεία με τις όποιες διακυμάνσεις της και βάσει αυτών να γίνει η οργάνωση της αποθήκης για τους παραπάνω λόγους.

### **4.3 Στοιχεία κόστους αποθεμάτων**

Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 4.1 οι παράμετροι που επηρεάζουν το κόστος διαχείρισης των αποθεμάτων είναι οι εξής:

- κόστος απόκτησης αποθέματος
- κόστος παραγγελίας
- κόστος διατήρησης
- κόστος έλλειψης

Σχεδόν όλα τα προβλήματα είναι σύνθετα. Έτσι, και τα προβλήματα της διαχείρισης των αποθεμάτων είναι σύνθετα και μπορούν να επιμεριστούν σε άλλα μικρότερα. Για να καταλήξουμε στο βέλτιστο αποτέλεσμα, θα πρέπει να λύσουμε τα επιμέρους προβλήματα (τα οποία αναφέρονται παρακάτω) και στη συνέχεια να βρούμε τη χρυσή τομή, η οποία θα μας δώσει και τη μέγιστη μείωση του κόστους διαχείρισης.

#### **4.3.1 Κόστος απόκτησης αποθέματος**

Το κόστος απόκτησης αποθέματος εξαρτάται άμεσα από το κόστος απόκτησης προϊόντος. Συμβολίζεται "ν" και έχει μονάδες μέτρησης [€/τεμάχιο], αν μιλάμε για διακριτά προϊόντα. Η τιμή του περιλαμβάνει τόσο την τιμή αγοράς από τον προμηθευτή, όσο και τις διάφορες μεταβολές που προκύπτουν κατά το κόστος μεταφοράς ή και διάφορες άλλες, ώστε το προϊόν να είναι έτοιμο για πώληση. Η εκτίμηση της παραμέτρου αυτής είναι ιδιαίτερα

δύσκολη, όχι μόνο για τους παραπάνω λόγους, αλλά και γιατί μπορεί να μεταβάλλεται με το μέγεθος της παραγγελίας, εάν και εφόσον υπάρχουν περιπτώσεις εκπτώσεων. Εάν δεν υπάρχουν περιπτώσεις εκπτώσεων, τότε ο όρος αυτός δεν υπολογίζεται στην ανάλυση.

#### **4.3.2 Κόστος παραγγελίας**

Το κόστος παραγγελίας συνδέεται άμεσα με το σταθερό κόστος παραγγελίας  $A$ . Το κόστος  $A$  έχει μια ελάχιστη τιμή και μεταβάλλεται με το μέγεθος της παραγγελίας. Όπως αναφέραμε και πριν, οι διάφορες μεταβολές στο κόστος παραγγελίας προσαρμόζονται στην τιμή απόκτησης του προϊόντος  $v$ , ενώ το σταθερό κόστος είναι το  $A$ , εξ ου και σταθερό κόστος παραγγελίας.

Στην υπό μελέτη εταιρία, το σταθερό κόστος παραγγελίας είναι εύκολο να υπολογιστεί. Οι παραγγελίες που θα καταφτάνουν από το προμηθευτή  $A$ , έχει συμφωνηθεί να στέλνονται σε δύο παλέτες, με την τιμή της καθεμιάς να ανέρχεται στα 35€. Επομένως, για τον προμηθευτή  $A$ , το σταθερό κόστος παραγγελίας θα είναι  $A_1=70\text{€}$ .

Σε ότι αφορά τον προμηθευτή  $B$ , ο διευθυντής της επιχείρησης τού ανέλυσε το νέο σύστημα διαχείρισης, δηλαδή μία μεγάλη παραγγελία κάθε μήνα και τελικά συμφωνήθηκε, αντί κάποιας έκπτωσης στην τιμή απόκτησης των προϊόντων, να μεταφέρει ο ίδιος ο προμηθευτής με ίδια μέσα την παραγγελία στην εταιρία. Συνεπώς, το σταθερό κόστος παραγγελίας από τον προμηθευτή  $B$  θα είναι μηδενικό,  $A_2=0\text{€}$ .

#### **4.3.3 Κόστος διατήρησης**

Το κόστος διατήρησης είναι επίσης ένας παράγοντας, ο οποίος είναι πολύ δύσκολο να καθοριστεί. Ο όρος αυτός εξαρτάται αφ' ενός από το πόσο κοστίζει στην επιχείρηση η κάθε διατηρούμενη μονάδα προϊόντος, το οποίο συμβολίζεται με  $v \cdot r$ , όπου  $v$  είναι η αξία απόκτησης της κάθε μονάδας όπως περιγράφηκε στην ενότητα 4.3.1 και το  $r$  είναι το ποσοστιαίο κόστος διατήρησης. Δηλαδή, το μοναδιαίο κόστος διατήρησης εκφράζεται ως ποσοστό της αξίας απόκτησης του προϊόντος. Αφ' ετέρου, εξαρτάται από το μέσο διατηρούμενο απόθεμα κάθε προϊόντος.

Στην υπό μελέτη επιχείρηση, φαίνεται πως τα έξοδα που αφορούν το κόστος διατήρησης αποθέματος είναι το κόστος της ασφάλισης των προϊόντων, αλλά και τα έσοδα

που θα είχε η επιχείρηση από τα επιτόκια σε περίπτωση ίδιων κεφαλαίων που θα είχαν επενδυθεί σε τραπεζικά προϊόντα. Η επιχείρηση δεν ανοικιάζει το χώρο αποθήκευσης των προϊόντων της και δε χρησιμοποιεί λοιπές συσκευές για τη διατήρηση του αποθέματος (όπως ψυγεία κτλ.), συνεπώς δεν καταναλώνει οποιαδήποτε μορφή ενέργειας για διατήρηση, άρα δεν έχει και κόστος για κάτι τέτοιο.

Όπως προαναφέρθηκε όμως, η επιχείρηση έχει ασφαλισμένα τα προϊόντα της. Η εκτίμηση της ασφαλιστικής εταιρίας ήταν ότι το δεσμευμένο κεφάλαιο της επιχείρησης κοστολογείται στα 300.000€ και η αξία των κτιριακών εγκαταστάσεων επίσης στα 300.000€. Έτσι, η αξία της επιχείρησης κοστολογείται συνολικά στα 600.000€. Οι εισφορές προς την ασφαλιστική εταιρία για την αξία αυτή είναι 1.200€ ανά έτος. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η ασφαλιστική εταιρία χρεώνει την επιχείρηση 1€ το χρόνο για κάθε 500€ χρηματικής αξίας ( $\frac{1.200}{600.000} = \frac{1}{500}$ ). Συνεπώς,  $r=0.002\text{€}/(\text{€}\cdot\text{έτος})$  ή  $r=0.000167\text{€}/(\text{€}\cdot\text{μήνα})$ .

Σε ότι αφορά τα τραπεζικά επιτόκια, έγινε έρευνα αγοράς και διαπιστώθηκε πως το καλύτερο επιτόκιο αυτή τη στιγμή είναι 2%. Με αυτά και τα παραπάνω, προκύπτει το ποσοστιαίο κόστος διατήρησης να είναι  $2.2\% \text{€}/(\text{€}\cdot\text{χρόνο})$  ή  $0.1833\% \text{€}/(\text{€}\cdot\text{μήνα})$ .

#### 4.3.4 Κόστος έλλειψης

Το κόστος έλλειψης έχει τρεις κατηγορίες. Η πρώτη είναι με τη χρέωση ενός σταθερού ποσού ( $B_1$ ) σε περίπτωση εμφάνισης έλλειψης, ανεξαρτήτως ποσότητας, η δεύτερη είναι με τη χρέωση ενός ποσού για κάθε τεμάχιο που δεν εξυπηρετείται η ζήτηση ( $B_{2v}$ ), δηλαδή το κόστος έλλειψης εκφράζεται ως ποσοστό της αξίας απόκτησης του προϊόντος. Και η τρίτη περίπτωση είναι η χρέωση ενός ποσού για κάθε τεμάχιο και το χρονικό διάστημα που παρουσιάζεται έλλειψη. Στην υπό μελέτη επιχείρηση, το κόστος έλλειψης έχει τη δεύτερη μορφή, δηλαδή είναι συνάρτηση της ποσότητας έλλειψης.

Μετά από συνεννόηση με το διευθυντή της επιχείρησης, αποσαφηνίστηκε ότι στα προϊόντα με σχετικά μεγάλη τιμή πώλησης, όπως για παράδειγμα στα πριόνια που κοστίζουν περίπου 300€, το κόστος έλλειψης είναι μηδενικό. Αυτό γιατί, είναι ένα προϊόν το οποίο έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, πέντε με δέκα χρόνια, και σε περίπτωση έλλειψης ο πελάτης παραγγέλνει το προϊόν που επιθυμεί και περιμένει μέχρι να αποσταλεί από τον προμηθευτή.

Αντίστοιχα ισχύει και για τα υπόλοιπα κοστοβόρα προϊόντα.

Στην πραγματικότητα όμως δεν είναι έτσι. Μπορεί η έλλειψη να μην κοστίζει στην επιχείρηση από την καθυστέρηση της πώλησης, καθώς ο πελάτης περιμένει το προϊόν να έρθει από τον προμηθευτή, της στοιχίζει όμως το κόστος μεταφοράς μιας μεμονωμένης παραγγελίας. Με λίγα λόγια, μπορεί η επιχείρηση να μη χάνει τον πελάτη, αλλά επιβαρύνεται το κόστος μεταφοράς μιας έκτακτης παραγγελίας.

Στον Πίνακα 4.1 είναι καταγεγραμμένο για κάθε προϊόν το μοναδιαίο κόστος έλλειψης, έτσι όπως δόθηκε από την επιχείρηση.

Πίνακας 4.1 Μοναδιαίο κόστος έλλειψης ανά προϊόν και ποσοστό B<sub>2</sub>

Κωδικός	B <sub>2</sub> *ν [€/τιμχ]	ν [€/τιμχ]	B <sub>2</sub>
CS-280T	3	186,9	0,0161
430410-3/8	6,8	11,6	0,586
430411-13431	8,5	14,4	0,59
327-57	8,8	14,85	0,593
NK-03-0005	3,3	5,5	0,6
NK-03-0007	3,6	6	0,6
150MPBK095	6,5	11,52	0,564
160SDEA041	5	8,75	0,571
140SDEA041	4,5	8,25	0,545
KΓ-999-114	7	399	0,018
KΓ-999-111	7	260,02	0,027
KΓ-999-101	7	320	0,022
KΓ-999-044	6	123,75	0,05
KΓ-999-043	6	110	0,055
KΓ-999-001	7	240,35	0,029
100SDEA041	5,5	9,42	0,584
OP-73	0,07	0,15	0,467
SRM-510ES	4	327	0,012
CS-3000ES	3	148,5	0,02
CS-500ES	3	319,95	0,009
CS-352ES	3	134,82	0,022
2T-00-0002	0,5	0,85	0,588
2T-00-0001	2,8	4,8	0,583
2T-00-0000	3,8	6,6	0,576
04PT-16371	7,5	12,5	0,6
NK-03-0006	3,3	5,5	0,6
OP-91	0,06	0,13	0,462
OP-325	0,07	0,12	0,583

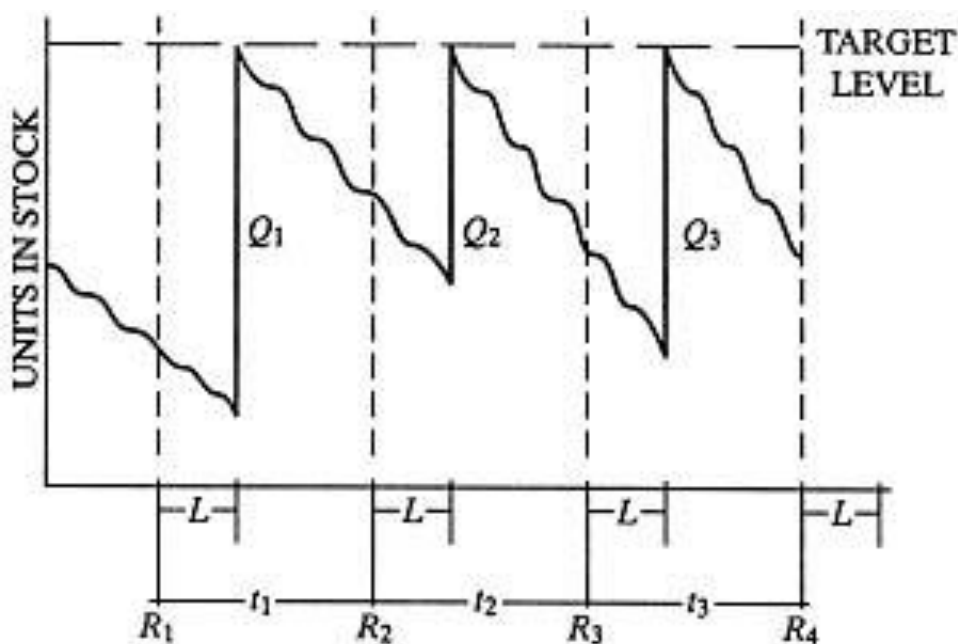
#### 4.4 Το μοντέλο «R,S»

Το συγκεκριμένο σύστημα διαχείρισης έχει ως χαρακτηριστικό του τη σταθερή περίοδο αναπαραγγελίας R. Αυτό σημαίνει πως κάθε χρονική περίοδο R θα πρέπει να γίνεται έλεγχος της στάθμης του αποθέματος και εν συνεχεία να γίνεται η αντίστοιχη παραγγελία.

Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό αυτού του συστήματος είναι η στάθμη αναπαραγγελίας S. Επειδή η ζήτηση είναι τυχαία κατά τη χρονική περίοδο R, δε μπορεί κάθε φορά να γίνεται

παραγγελία σε σταθερή ποσότητα. Έτσι, γίνεται εκτίμηση του επιπέδου της ζήτησης και της μεταβλητότητάς της στο χρονικό κύκλο και βάσει αυτών γίνονται παραγγελίες ούτως ώστε η στάθμη του αποθέματος να βρίσκεται σε ένα επίπεδο, ώστε να είναι το οικονομικά βέλτιστο για την επιχείρηση. Οπότε, γίνεται καταγραφή του υπάρχοντος αποθέματος στο τέλος της περιόδου  $R$  και γίνεται παραγγελία μέχρι την επιθυμητή στάθμη  $S$ .

Δε θα πρέπει να παραληφθεί όμως και ο χρόνος μέχρι την ικανοποίηση της παραγγελίας  $L$ . Αυτό γιατί, όταν γίνεται η παραγγελία θα περάσει χρόνος  $R$  μέχρι να ξαναγίνει έλεγχος για εκ νέου παραγγελία και η εκ νέου παραγγελία θα χρειαστεί χρόνο  $L$  μέχρι να γίνει η παράδοση. Έτσι, η στάθμη αναπαραγγελίας θα πρέπει να προετοιμάζεται για χρόνο « $R+L$ ». Όλα τα παραπάνω, παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.1.



ΣΧΗΜΑ 4.1: Διαγραμματική παράσταση συστήματος περιοδικής επιθεώρησης

Στην υπό μελέτη επιχείρηση, έχει επιλεγεί ο χρόνος αναπαραγγελίας να είναι ένας μήνας ( $R=1$ ), όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα. Από τα υπάρχοντα στοιχεία, ο χρόνος ικανοποίησης της παραγγελίας στην επιχείρηση, από οποιοδήποτε προμηθευτή και από οποιαδήποτε μεταφορική, είναι μία ή δύο εργάσιμες ημέρες. Το ποσό αυτό είναι αμελητέο στη διάρκεια του ενός μήνα και συνεπώς από εδώ και πέρα στην ανάλυση, ο χρόνος ικανοποίησης της παραγγελίας  $L$  θα είναι μηδενικός.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι δε χρειάζεται συνεχής επιθεώρηση της αποθήκης, η επιθεώρηση των προϊόντων μπορεί να γίνει ταυτόχρονα για όλα (την ίδια ημέρα π.χ.) και επίσης ανιχνεύει τις διάφορες μεταβολές στο επίπεδο της μέσης ζήτησης και της μεταβλητότητας.

Συγκεντρωτικά οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται:

$A_j$ : σταθερό κόστος μεταφοράς από τον προμηθευτή  $j$  [€]

$R$ : περίοδος αναπαραγγελίας [t]

$D$  ή  $\mu$ : μέση ζήτηση ανά μονάδα χρόνου [τεμάχια/t] ή [τεμάχια]

$\sigma$ : τυπική απόκλιση της ζήτησης [τεμάχια]

$v$ : αξία απόκτησης προϊόντος [€/τεμάχιο]

$r$ : ποσοστιαίο κόστος διατήρησης [€/€·t]

$B_{2v}$ : μοναδιαίο κόστος έλλειψης [€/τεμάχιο]

Ο ρυθμός ζήτησης των προϊόντων  $D$  είναι κατά μέσο όρο σταθερός και κινείται γύρω από ένα ορισμένο επίπεδο. Έτσι, προκύπτει ότι το μέγιστο διατηρούμενο απόθεμα είναι

$$S = D \cdot R + ss$$

όπου  $ss$  είναι το απόθεμα ασφαλείας.

Από το 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο προέκυψε η ζήτηση των προϊόντων να ακολουθεί είτε κανονική κατανομή είτε κατανομή Poisson. Δεδομένου ότι έχει επιλεγεί βελτιστοποίηση με σύστημα διαχείρισης “R,S”, για την κανονική κατανομή το μέσο διατηρούμενο απόθεμα (ΜΔΑ) είναι

$$M\Delta A = \frac{D \cdot R}{2} + ss$$

όπου  $\frac{DR}{2}$  είναι το μέσο απόθεμα που διατηρείται κατά τη διάρκεια κατανάλωσης της παραγγελίας και  $k \cdot \sigma$  ( $ss$ ) είναι το απόθεμα ασφαλείας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η ζήτηση είναι σε τεμάχια ανά μήνα και το  $R$  είναι ένας μήνας, άρα ο όρος  $\frac{DR}{2}$  ισούται με  $\frac{\mu}{2}$ . Επομένως, το μέσο διατηρούμενο απόθεμα για κανονική κατανομή είναι:

$$M\Delta A = \frac{\mu}{2} + ss$$

Το αντίστοιχο κόστος διατήρησης είναι

$$K_{\text{διατ}} = v \cdot r \cdot \left( \frac{\mu}{2} + ss \right)$$

Αντίστοιχα, για τα προϊόντα με κατανομή Poisson το μέσο διατηρούμενο απόθεμα είναι

$$M\Delta A = \sum_{x=0}^S \frac{(2S - x) \cdot P(x)}{2}$$

Στον παραπάνω τύπο βέβαια ισχύουν δύο υποθέσεις. Η πρώτη υπόθεση είναι ότι οι διάφορες ζητήσεις κατά τη χρονική περίοδο R απέχουν ίσα χρονικά διαστήματα, οπότε το μέσο απόθεμα της περιόδου είναι ο απλός μέσος όρος του αρχικού και του τελικού αποθέματος, όπως επίσης ότι το χρονικό διάστημα, κατά το οποίο εμφανίζεται έλλειψη είναι αμελητέο από τη στιγμή που καταναλώνεται όλο το απόθεμα και δεν επηρεάζει σημαντικά το μέσο απόθεμα.

Ο παραπάνω αναλυτικός τύπος μπορεί να προσεγγιστεί αρκετά καλά και από τον παρακάτω προσεγγιστικό τύπο, ο οποίος θεωρεί ότι το μέσο διατηρούμενο απόθεμα είναι η μέση ζήτηση διά δύο (δηλαδή η ποσότητα που κατά μέσο όρο ζητείται) και το απόθεμα ασφαλείας (S-λ). Δηλαδή,

$$M\Delta A = \frac{\lambda}{2} + (S - \lambda) = S - \frac{\lambda}{2} \text{ (προσεγγιστικός τύπος).}$$

Επομένως, θεωρούμε πως είναι μία πολύ καλή προσέγγιση και για ευκολία στους υπολογισμούς θα εφαρμόζεται ο άνωθεν προσεγγιστικός τύπος για τον υπολογισμό του μέσου διατηρούμενου αποθέματος. Το αντίστοιχο κόστος διατήρησης είναι

$$K_{\text{διατ}} = v \cdot r \cdot \left( S - \frac{\lambda}{2} \right)$$

Για τα προϊόντα που ακολουθούν κανονική κατανομή, η μέση έλλειψη (ΜΕ) είναι



$$ME = \int_{x=S}^{\infty} (x - S) \cdot f(x) \cdot dx$$

όπου αποδεικνύεται ότι η παραπάνω σχέση ισούται με  $ME=G(K) \cdot \sigma_{R+L}$ , και όπου

$$G(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}k^2} - k(1 - \Phi(k))$$

με  $\Phi(k)$  να είναι η αθροιστική πιθανότητα της κανονικής κατανομής. Αντίστοιχα, το μέσο κόστος έλλειψης είναι το γινόμενο του μοναδιαίου κόστους έλλειψης επί τη μέση έλλειψη επί τη συχνότητα εμφάνισης έλλειψης, δηλαδή

$$K_{\varepsilon\lambda} = B_2 \cdot v \cdot G(k) \cdot \sigma_{R+L} \cdot \frac{1}{R}$$

Για τα προϊόντα που ακολουθούν κατανομή Poisson, η μέση έλλειψη είναι

$$ME = \sum_{x=S+1}^{\infty} (x - S) \cdot P(x)$$

ενώ το μέσο κόστος έλλειψης προκύπτει ακριβώς αντίστοιχα όπως και για τα προϊόντα με κανονική κατανομή, δηλαδή:

$$\begin{aligned} K_{\varepsilon\lambda} &= \frac{B_2 \cdot v}{R} \cdot \sum_{x=S+1}^{\infty} (x - S) \cdot P(x) \rightarrow \\ K_{\varepsilon\lambda} &= \frac{B_2 \cdot v}{R} \cdot \left[ \sum_{x=0}^{\infty} (x - S) \cdot P(x) - \sum_{x=0}^S (x - S) \cdot P(x) \right] \rightarrow \\ K_{\varepsilon\lambda} &= \frac{B_2 \cdot v}{R} \cdot \left[ \sum_{x=0}^{\infty} x \cdot P(x) - S \cdot \sum_{x=0}^{\infty} P(x) + \sum_{x=0}^S (S - x) \cdot P(x) \right] \rightarrow \\ K_{\varepsilon\lambda} &= \frac{B_2 \cdot v}{R} \cdot \left[ \lambda - S + \sum_{x=0}^S (S - x) \cdot P(x) \right] \end{aligned}$$

## 4.5 Ανάπτυξη του μοντέλου «R,S»

### 4.5.1 Αντικειμενική συνάρτηση

Στην αντικειμενική συνάρτηση, το κόστος μεταφοράς είναι σταθερό και καθορισμένο κάθε μήνα και για τους δύο προμηθευτές. Για τον έναν είναι 70€ και για τον άλλον 0€. Έτσι, το κόστος μεταφοράς είναι 70€ κάθε μήνα και για τους δύο προμηθευτές. Επιπλέον, έχουμε το μέσο κόστος διατήρησης (MKΔ) και το μέσο κόστος έλλειψης (ΜΚΕ) για κάθε μήνα και για τα 28 διαφορετικά προϊόντα. Όμως, επειδή υπάρχει εποχικότητα σε ορισμένα προϊόντα θα πρέπει αυτά τα δύο κόστη να σταθμιστούν ανάλογα σε πόσους μήνες αντιστοιχεί η κάθε περίοδος. Έτσι, οι αντικειμενικές συναρτήσεις ξεχωριστά για τους δύο προμηθευτές που πρέπει να βελτιστοποιηθούν είναι:

$$TC_1 = \frac{A_1}{R} + \sum_{i=1}^{13} (MK\Delta + MKE)$$

$$TC_2 = \frac{A_2}{R} + \sum_{i=1}^{15} (MK\Delta + MKE)$$

Τα μεγέθη (MKΔ) και (ΜΚΕ), αν υπάρχει εποχικότητα, υπολογίζονται ως εξής:

$MK\Delta = \gamma \cdot MK\Delta_{\text{χαμ}} + (1-\gamma) \cdot MK\Delta_{\text{υψ}}$ , το οποίο  $\gamma$  είναι το ποσοστό της χαμηλής περιόδου ζήτησης στο έτος

$MKE = \gamma \cdot MKE_{\text{χαμ}} + (1-\gamma) \cdot MKE_{\text{υψ}}$ , το οποίο  $\gamma$  είναι το ποσοστό της χαμηλής περιόδου ζήτησης στο έτος

Δηλαδή, αν για παράδειγμα για ένα προϊόν η χαμηλή περίοδος είναι 7 μήνες ο συντελεστής στάθμισης είναι  $\gamma = \frac{7}{12}$ . Έτσι, έχουμε το μέσο μηνιαίο συνολικό κόστος, το οποίο εύκολα μετατρέπεται σε μέσο ετήσιο συνολικό κόστος πολλαπλασιάζοντάς το με 12.

### 4.5.2 Βελτιστοποίηση με οικονομικά κριτήρια

Στην υπό μελέτη επιχείρηση, η βελτιστοποίηση θα γίνει βάσει οικονομικών κριτηρίων. Δηλαδή, θα πρέπει για κάθε προϊόν (και για κάθε περίοδο αν υπάρχει), να επιλεγεί εκείνη η στάθμη αποθέματος, για την οποία το μέσο κόστος της αντικειμενικής συνάρτησης είναι το

ελάχιστο. Επειδή το κόστος μεταφορών είναι σταθερό, αρκεί να ελαχιστοποιήσουμε το άθροισμα του κόστους διατήρησης και του κόστους έλλειψης, ως προς τη βέλτιστη στάθμη παραγγελίας, δηλαδή ως προς το συντελεστή ασφαλείας  $k$ .

Βελτιστοποίηση για προϊόντα με κανονική κατανομή:

$$TC = v \cdot r \cdot \left( \frac{\mu}{2} + k \cdot \sigma_{R+L} \right) + B_2 \cdot v \cdot G(k) \cdot \sigma_{R+L} \cdot \frac{1}{R}$$

$$\frac{dTC}{dK} = 0 \rightarrow$$

$$v \cdot r \cdot \sigma_{R+L} + B_2 \cdot v \cdot G'(k) \cdot \sigma_{R+L} \cdot \frac{1}{R} = 0 \rightarrow (: v \cdot \sigma_{R+L})$$

Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας ανηγμένης κανονικής κατανομής:  $\varphi(k)$

$$\varphi(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{k^2}{2}}$$

$$\varphi'(k) = -k \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{k^2}{2}} \leftrightarrow \varphi'(k) = -k \cdot \varphi(k)$$

Αθροιστική πιθανότητα κανονικής κατανομής:  $\Phi(k)$

$$\Phi(k) = \int_{-\infty}^k \varphi(x) \cdot dx \leftrightarrow \varphi(k) = \Phi'(k)$$

$$G(k) = \varphi(k) - k \cdot [1 - \Phi(k)] \rightarrow$$

$$G'(k) = \varphi'(k) - [1 - \Phi(k) + k \cdot (-\Phi'(k))] \rightarrow$$

$$G'(k) = -k \cdot \varphi(k) - [1 - \Phi(k) - k \cdot \varphi(k)]$$

$$r + \frac{B_2}{R} [-k \cdot \varphi(k) - 1 + \Phi(k) + k \cdot \varphi(k)] = 0 \rightarrow$$

$$r + \frac{B_2}{R} \cdot [\Phi(k) - 1] = 0 \rightarrow$$

$$\Phi(k) = 1 - \frac{R \cdot r}{B_2}$$

Το R είναι γνωστό και ισούται με 1 μήνα, το  $r=0.00183\text{€}/(\text{€}\cdot\text{μήνα})$  και το  $B_2$  είναι επίσης γνωστό για κάθε προϊόν από τον Πίνακα 4.1 της ενότητας 4.3.4. Άρα, για να βρούμε το βέλτιστο S γνωρίζοντας το επίπεδο εξυπηρέτησης  $\Phi(k)$ , από τους πίνακες της κανονικής κατανομής βρίσκουμε το k για το οποίο αντιστοιχεί η τιμή αυτή και από τη σχέση

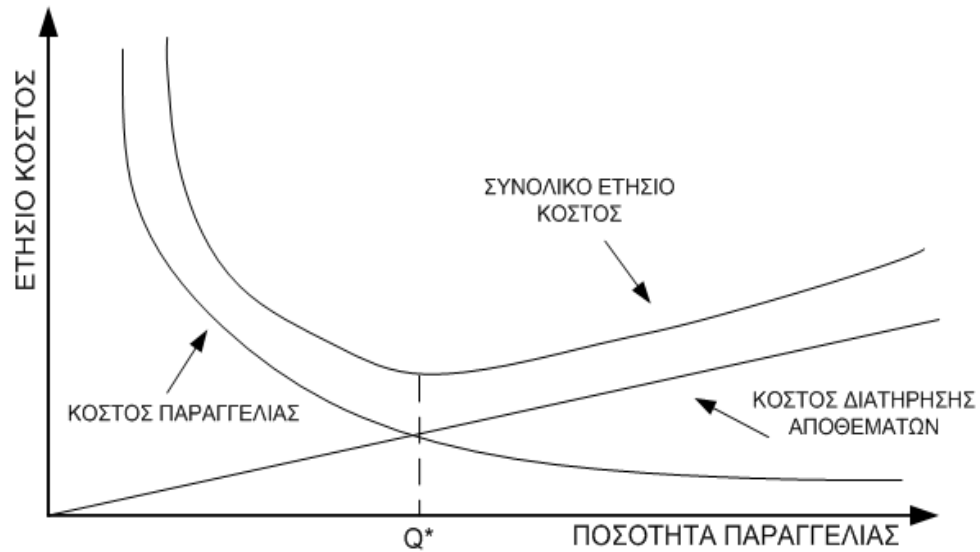
$$S = \mu + k \cdot \sigma$$

βρίσκουμε το βέλτιστο S. Σε περίπτωση που το S δεν είναι ακέραιος αριθμός, γίνεται στρογγυλοποίηση προς τα πάνω. Αυτό γιατί, τα προϊόντα της επιχείρησης είναι σε τεμάχια, δηλαδή ακέραιος αριθμός. Η στρογγυλοποίηση γίνεται προς τα πάνω για να διατηρείται το επίπεδο εξυπηρέτησης σε υψηλά επίπεδα (ή αντίστροφα να διατηρείται η πιθανότητα εμφάνισης έλλειψης σε χαμηλά επίπεδα). Τέλος, γίνεται ξανά υπολογισμός του συντελεστή k για το νέο (στρογγυλοποιημένο) S που προέκυψε.

Για τα προϊόντα με κατανομή Poisson, η συνάρτηση που θα πρέπει να βελτιστοποιήσουμε είναι η:

$$TC = v \cdot r \cdot \left( S - \frac{\lambda}{2} \right) + \frac{B_2 \cdot v}{R} \cdot \left[ \lambda - S + \sum_{x=0}^S (S - x) \cdot P(x) \right]$$

Επειδή όμως η συνάρτηση περιέχει αθροίσματα (διακριτές τιμές), δε γίνεται να παραγωγιστεί. Ο υπολογισμός των βέλτιστων S θα γίνει με πεπερασμένες διαφορές. Θα υπολογίζεται δηλαδή η TC για κάθε S και θα συγκρίνεται με την προηγούμενη. Όταν θα ισχύει ότι  $TC(S+1) > TC(S)$ , τότε το S είναι αυτό που ελαχιστοποιεί τη συνάρτηση. Αυτό διότι έχει αποδειχθεί ότι η συνάρτηση του κόστους είναι κυρτή όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2.



ΣΧΗΜΑ 4.2: Ποιοτική γραφική παράσταση Ποσότητας παραγγελίας - Κόστους

Στα προϊόντα με εποχικότητα υπάρχει ένα ζήτημα, το οποίο είναι η μετάβαση από την περίοδο της υψηλής ζήτησης στην περίοδο της χαμηλής. Αυτό γιατί, αν για παράδειγμα η υψηλή περίοδος ζήτησης τελειώσει με στάθμη 50 τεμάχια και η βέλτιστη στάθμη για τη χαμηλή περίοδο είναι 20 τεμάχια αυξάνει το υπολογισθέν μέσο διατηρούμενο απόθεμα. Βέβαια, σε μια τέτοια περίπτωση η οικονομική αλλοίωση είναι αμελητέα, οπότε δεν τη λαμβάνουμε υπόψη μας στην ανάλυση.



## Κεφάλαιο 5: Εφαρμογή του μοντέλου στην επιχείρηση

### 5.1 Υπολογισμός στάθμης αναπαραγγελίας για προϊόντα με κανονική κατανομή

Ο υπολογισμός της βέλτιστης στάθμης αναπαραγγελίας, για τα προϊόντα που φαίνεται ότι ακολουθούν κανονική κατανομή, θα γίνει μέσω του βέλτιστου επιπέδου εξυπηρέτησης, όπως αποδείχθηκε στην ενότητα 4.5.2, δηλαδή μέσω της σχέσης

$$\Phi(k) = 1 - \frac{R \cdot r}{B_2}$$

όπου  $R=1$  μήνας,  $r=0.00183\text{€}/(\text{€}\cdot\text{μήνα})$  (προσοχή: η μονάδα του χρόνου για τα  $R, r$  θα πρέπει να είναι η ίδια) και το ποσοστό  $B_2$  είναι γνωστό από τον Πίνακα 4.1 της ενότητας 4.3.4, όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα. Για τα προϊόντα με εποχικότητα, το επίπεδο εξυπηρέτησης που προκύπτει από τους υπολογισμούς ισχύει και για τη χαμηλή και για την υψηλή περίοδο ζήτησης. Το επίπεδο εξυπηρέτησης είναι η πιθανότητα να μην παρουσιαστεί έλλειψη και είναι  $P_1=\Phi(k)$ . Μία ακόμη στατιστική ιδιότητα των προϊόντων είναι το ποσοστό ικανοποίησης της ζήτησης από υπάρχον απόθεμα  $P_2$ , το οποίο είναι

$$P_2 = \frac{\mu - G(k) \cdot \sigma_{R+L}}{\mu} \rightarrow$$
$$P_2 = 1 - \frac{G(k) \cdot \sigma_{R+L}}{\mu}$$

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1 Βέλτιστη στάθμη αναπαραγγελίας για προϊόντα με κανονική κατανομή

Κωδικός	Περίοδος	B2	Φ(k)	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	S	Τελικό S	k
<b>CS-280T</b>	-	0,0161	0,8863	4,5	2,5	<b>7,52</b>	8	1,4
<b>2T-00-0002</b>	-	0,5882	0,9969	31,21	12	<b>64,04</b>	64	2,73
<b>2T-00-0001</b>	-	0,5833	0,9969	8.708	3,85	<b>19,23</b>	20	2,93
<b>2T-00-0000</b>	-	0,5758	0,9968	6.958	2,8	<b>14,6</b>	15	2,87
<b>NK-03-0006</b>	χαμηλή	0,6	0,997	7.063	2,47	<b>13,84</b>	14	2,81
	υψηλή			31,38	4,15	<b>42,76</b>	43	2,8
<b>OP-91</b>	χαμηλή	0,4615	0,996	397,4	58,12	<b>551,71</b>	552	2,66
	υψηλή			1740	250,57	<b>2.405.265</b>	2406	2,66
<b>OP-325</b>	χαμηλή	0,5833	0,9969	190,8	44	<b>311,06</b>	311	2,73
	υψηλή			780,4	247,9	<b>1457,93</b>	1458	2,73
<b>OP-73</b>	χαμηλή	0,4667	0,9961	96,5	32,53	<b>182,97</b>	183	2,66
	υψηλή			269,4	77,5	<b>475,41</b>	476	2,67

Στον Πίνακα 5.2 παρουσιάζονται αντίστοιχα το επίπεδο εξυπηρέτησης και το επίπεδο ικανοποίησης της ζήτησης από υπάρχον απόθεμα κάθε περιόδου για προϊόντα που ακολουθούν κανονική κατανομή.

Πίνακας 5.2 Επίπεδο εξυπηρέτησης και επίπεδο ικανοποίησης προϊόντων με κανονική κατανομή

Κωδικός	Επίπεδο εξυπηρέτησης	Επίπεδο ικανοποίησης
<b>CS-280T</b>	0,919	0,98
<b>2T-00-0002</b>	0,997	0,9997
<b>2T-00-0001</b>	0,998	0,9998
<b>2T-00-0000</b>	0,998	0,9998
<b>NK-03-0006</b>	0,998	0,9997
	0,997	0,9999
<b>OP-91</b>	0,996	0,9998
	0,996	0,9998
<b>OP-325</b>	0,997	0,9998
	0,997	0,9997
<b>OP-73</b>	0,996	0,9996
	0,996	0,9997

Για τον Πίνακα 5.1, η στήλη με το υπολογισθέν S προέκυψε από τη σχέση

$$k = \frac{S - \mu}{\sigma} \rightarrow$$

$$S = \mu + k \cdot \sigma$$



Το  $k$  υπολογίζεται από τους πίνακες της ανηγμένης κανονικής κατανομής γνωρίζοντας την αθροιστική πιθανότητα  $\Phi(k)$ .

Οι υπολογισμοί όμως δεν επιστρέφουν ακέραιους αριθμούς, όπως είναι τα προϊόντα της επιχείρησης (καθώς μετρούνται σε τεμάχια). Έτσι έγινε στρογγυλοποίηση προς τα πάνω, ώστε να διατηρείται το επίπεδο εξυπηρέτησης σε υψηλά επίπεδα και η πιθανότητα εμφάνισης έλλειψης στο χρονικό κύκλο να διατηρείται σε ακόμη χαμηλότερα επίπεδα. Στρογγυλοποίηση προς τα κάτω έγινε μόνο σε δύο περιπτώσεις, όπου η βέλτιστη στάθμη απέιχε από τον προς τα κάτω ακέραιο στο δεύτερο δεκαδικό ψηφίο και κρίθηκε ότι το κόστος έλλειψης σε αυτή την περίπτωση είναι αμελητέο σε σχέση με το κόστος διατήρησης σχεδόν μιας μονάδας επιπλέον.

Στη συνέχεια, αφού έγινε η επανορθωτική παρέμβαση στη στάθμη αναπαραγγελίας, επαναπροσδιορίστηκε ο συντελεστής ασφαλείας  $k$  για κάθε προϊόν και κάθε περίοδο, ο οποίος υπολογίζεται ως

$$k = \frac{S - \mu}{\sigma}$$

το οποίο θα χρειαστεί παρακάτω στον υπολογισμό του μέσου κόστους. Τέλος, υπολογίζεται εκ νέου το επίπεδο εξυπηρέτησης  $P_1 = \Phi(k)$  και το επίπεδο ικανοποίησης  $P_2$  της παραγγελίας από υπάρχον απόθεμα.

Ακολουθεί η διαδικασία υπολογισμού για το προϊόν CS-280T. Για το προϊόν, ο συντελεστής  $B_2$  είναι 0.0161, άρα

$$\Phi(k) = 1 - \frac{1 \cdot 0.00183}{0.0161} \rightarrow$$

$$\Phi(k) = 0.88634.$$

Για τιμή αθροιστικής πιθανότητας ανηγμένης κανονικής κατανομής ίση με  $\Phi(k) = 0.88364$  προκύπτει το  $k = 1,934$ . Το  $k$  ισούται με

$$k = \frac{S - \mu}{\sigma} \leftrightarrow$$

$$S = \mu + k \cdot \sigma$$

οπότε για μέση τιμή 4,5 και τυπική απόκλιση 2,5 που είναι για το συγκεκριμένο προϊόν, η βέλτιστη στάθμη προκύπτει  $S=7,5182$ . Επειδή όμως τα προϊόντα είναι σε τεμάχια (φυσικός αριθμός), υπάρχει επανορθωτική παρέμβαση και τελικά η βέλτιστη στάθμη προκύπτει  $S=8$ . Έτσι υπάρχει επαναπροσδιορισμός του  $k$  και γίνεται  $k=1,4$ , με το αντίστοιχο επίπεδο εξυπηρέτησης  $\Phi(k)=0,919243$ . Ομοίως, η διαδικασία για τον υπολογισμό της βέλτιστης στάθμης και των λοιπών προϊόντων.

Στο σημείο αυτό, θα δειχθεί αναλυτικά ο υπολογισμός τους μέσου μηνιαίου κόστους διαχείρισης για ένα εποχικό προϊόν και συγκεκριμένα το προϊόν «NK-03-0006». Για το προϊόν έχουμε  $B_2=0,6$ , άρα

$$\Phi(k) = 1 - \frac{1 \cdot 0,00183}{0,6} = 0,997$$

Από τον πίνακα της αθροιστικής πιθανότητας κανονικής κατανομής και για αθροιστική πιθανότητα 0,997 προκύπτει  $k=2,75$ . Η στάθμη του αποθέματος προκύπτει από τον τύπο

$$S = \mu + k \cdot \sigma$$

Για την περίοδο χαμηλής ζήτησης του προϊόντος, η μέση τιμή είναι  $\mu=7,063$  και η τυπική απόκλιση  $\sigma=2,47$ . Έτσι, η στάθμη του αποθέματος προκύπτει  $S=13,84$  τεμάχια. Λόγω όμως της φύσης των προϊόντων γίνεται στρογγυλοποίηση προς τα πάνω όπως εξηγήθηκε και παραπάνω, οπότε η στάθμη του αποθέματος προκύπτει να είναι 14 τεμάχια. Με τη στρογγυλοποίηση αυτή υπάρχει διόρθωση του  $k$  και έχουμε το νέο  $k=2,81$ . Για το νέο αυτό  $k$ , το νέο επίπεδο εξυπηρέτησης είναι  $P_1=\Phi(k)=\Phi(2,81)=0,9975$  και το επίπεδο ικανοποίησης της παραγγελίας από υπάρχον απόθεμα είναι

$$P_2 = 1 - \frac{G(2,81) \cdot 2,47}{7,063} = 99,74\%$$

Για την περίοδο υψηλής ζήτησης του προϊόντος, η μέση τιμή είναι  $\mu=31,38$  και η τυπική απόκλιση  $\sigma=4,15$ . Έτσι, η στάθμη του αποθέματος προκύπτει  $S=42,76$  τεμάχια. Με την στρογγυλοποίηση, η νέα στάθμη του αποθέματος θα είναι 43 τεμάχια. Με τη στρογγυλοποίηση αυτή υπάρχει διόρθωση του  $k$  και έχουμε το νέο  $k=2,8$ . Για το νέο αυτό  $k$ ,

το νέο επίπεδο εξυπηρέτησης είναι  $P_1 = \Phi(k) = \Phi(2,8) = 0,9974$  και το επίπεδο ικανοποίησης της παραγγελίας από υπάρχον απόθεμα είναι

$$P_2 = 1 - \frac{G(2,8) \cdot 4,15}{7,0631,383} = 99,99\%$$

Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 5.1, για τα προϊόντα με εποχικότητα, η χαμηλή και η υψηλή περίοδος έχουν σχεδόν τον ίδιο συντελεστή  $k$  (διαφορά στο δεύτερο δεκαδικό ψηφίο, οι οποίες διαφορές οφείλονται στη διαφορετική στρογγυλοποίηση του  $S$  στις περιόδους της χαμηλής και της υψηλής ζήτησης) και κατ' επέκταση και περίπου ίδιο επίπεδο εξυπηρέτησης.

## 5.2 Υπολογισμός στάθμης αναπαραγγελίας για προϊόντα με κατανομή

### Poisson

Ο υπολογισμός της βέλτιστης στάθμης αναπαραγγελίας σε αυτή την περίπτωση θα γίνει με πεπερασμένες διαφορές όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκε ένας κώδικας στο MatLab, στον οποίο εισάγονται ως δεδομένα η αξία απόκτησης προϊόντος  $v$ , ο συντελεστής  $B_2$  και η παράμετρος  $\lambda$  της κατανομής Poisson για το εκάστοτε προϊόν και την εκάστοτε περίοδο, εάν υπάρχει εποχικότητα.

Λόγω της κυρτότητας της καμπύλης του κόστους, ο κώδικας τερματίζει και υπολογίζει το βέλτιστο  $S$ , όταν ισχύει  $TC(S+1) - TC(S) > 0$  επιστρέφοντας την τιμή αυτή  $S$ , αλλά και το αντίστοιχο μέσο κόστος  $TC(S)$ , το οποίο προκύπτει και είναι

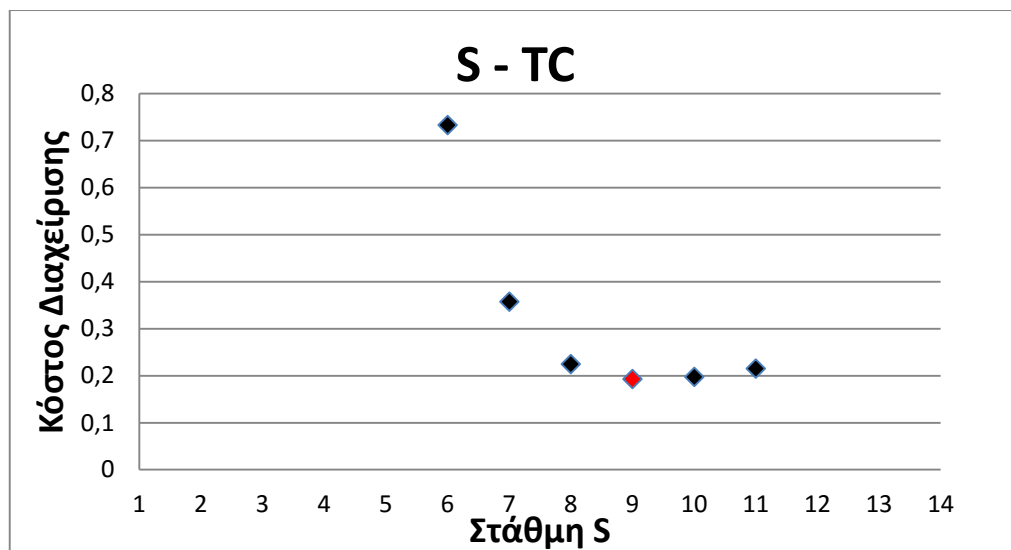
$$TC = v \cdot r \cdot \left( S - \frac{\lambda}{2} \right) + \frac{B_2 \cdot v}{R} \cdot \left[ \lambda - S + \sum_{x=0}^S (S - x) \cdot P(x) \right]$$

Οι τιμές του μέσου κόστους της περιόδου υψηλής ζήτησης για τα διάφορα  $S$ , για το προϊόν 04PT-16371 παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.3 Υπολογισμός Μέσου Συνολικού Κόστους της περιόδου υψηλής ζήτησης για το προϊόν 04PT-16371

S	Μέσο Κόστος Διατήρησης	Μέσο Κόστος Έλλειψης	Συνολικό Μέσο Κόστος
1	0	177,651	177,651
2	0,0076	114,248	114,324
3	0,305	65,712	68,762
4	0,0534	33,691	34,225
5	0,0763	15,433	16,196
6	0,0991	0,6348	0,7339
7	0,122	0,236	0,358
8	0,1449	0,0798	0,2247
9	0,1678	0,0247	<b>0,1925</b>
10	0,1906	0,007	0,1976
11	0,2135	0,0019	0,2154
12	0,2364	0,0005	0,2369
13	0,2593	0,0001	0,2594
14	0,2821	0	0,2821
15	0,305	0	0,305

Στο Σχήμα 4.3 απεικονίζεται η γραφική παράσταση του μέσου κόστους διατήρησης και έλλειψης για τα διάφορα S.



ΣΧΗΜΑ 4.3 Γραφική απεικόνιση των τιμών του κόστους συναρτήσει της στάθμης S

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.4. Το επίπεδο εξυπηρέτησης για κάθε προϊόν και εποχή, αν υπάρχει, είναι η πιθανότητα να μην εμφανιστεί έλλειψη κατά το χρονικό κύκλο και προκύπτει από τη σχέση:

$$P_1 = \sum_{x=0}^S P(x) = \sum_{x=0}^S \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

Αντίστοιχα με την κανονική κατανομή, το επίπεδο ικανοποίησης είναι η μέση ζήτηση αφαιρούμενη της μέσης έλλειψης προς τη μέση ζήτηση, δηλαδή

$$P_2 = \frac{\lambda - ME}{\lambda}$$

$$ME = \sum_{x=S+1}^{\infty} (x - S) \cdot P(x) \rightarrow$$

$$ME = \sum_{x=0}^{\infty} (x - S) \cdot P(x) - \sum_{x=0}^S (x - S) \cdot P(x) \rightarrow$$

$$ME = \sum_{x=0}^{\infty} x \cdot P(x) - S \cdot \sum_{x=0}^{\infty} P(x) + \sum_{x=0}^S (S - x) \cdot P(x) \rightarrow$$

$$ME = \lambda - S \cdot (1 - P_1) - \sum_{x=0}^S x \cdot P(x)$$

Άρα,

$$P_2 = \frac{1}{\lambda} \cdot \left( S \cdot (1 - P_1) + \sum_{x=0}^S x \cdot P(x) \right)$$

Πίνακας 5.4 Βέλτιστη στάθμη αναπαραγγελίας για προϊόντα με κατανομή Poisson

Κωδικός	Περίοδος	Παράμετρος λ	Βέλτιστη στάθμη S	Επίπεδο εξυπηρέτησης	Επίπεδο ικανοποίησης
430410-3/8	-	0,5	3	0,998	0,996
430411-13431	-	0,542	3	0,998	0,995
NK-03-0005	-	1,667	7	0,9997	0,9998
NK-03-0007	-	1,5	6	0,999	0,9993
160SDEA041	-	0,875	4	0,998	0,997
140SDEA041	-	0,833	4	0,998	0,998
ΚΓ-999-114	-	0,167	1	0,988	0,921
ΚΓ-999-111	-	0,333	3	0,9996	0,999
ΚΓ-999-101	-	0,25	1	0,974	0,885
ΚΓ-999-044	-	0,042	1	0,999	0,979
ΚΓ-999-043	-	0,25	1	0,974	0,885
ΚΓ-999-001	-	0,25	1	0,974	0,885
100SDEA041	-	2,125	7	0,998	0,999
CS-500ES	-	0,333	1	0,956	0,851
327-57	χαμηλή	1,1875	3	0,967	0,965
	υψηλή	7,625	8	0,645	0,879
150MPBK095	χαμηλή	0,333	3	0,9996	0,999
	υψηλή	2	7	0,999	0,9993
SRM-510ES	χαμηλή	0,611	1	0,875	0,748
	υψηλή	1,833	3	0,886	0,908
CS-3000ES	χαμηλή	0,625	2	0,974	0,952
	υψηλή	3,5	6	0,935	0,97
CS-352ES	χαμηλή	1,1875	3	0,967	0,965
	υψηλή	7,625	12	0,953	0,988
04PT-16371	χαμηλή	1,111	5	0,999	0,999
	υψηλή	3,333	9	0,998	0,999

Από τον Πίνακα 5.4 παρατηρείται το επίπεδο εξυπηρέτησης και το επίπεδο ικανοποίησης των προϊόντων να βρίσκεται σε αρκετά υψηλά επίπεδα.

### 5.3 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται ο Πίνακας 5.5 με τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των παραπάνω αναλύσεων, ο οποίος έχει δώδεκα στήλες, τους μήνες του χρόνου και είκοσι οκτώ γραμμές, τα προϊόντα της επιχείρησης. Το κάθε στοιχείο του πίνακα περιέχει τη στάθμη που θα πρέπει να προετοιμάσει η επιχείρηση για κάθε προϊόν τον αντίστοιχο μήνα. Για τα

εποχιακά προϊόντα, οι αντίστοιχοι μήνες της χαμηλής και της υψηλής περιόδου ζήτησης είναι καταγεγραμμένοι στον πίνακα 3.3, της ενότητας 3.3.

Πίνακας 5.5 Στάθμη αποθέματος ανά προϊόν και μήνα

ΜΗΝΕΣ ΚΩΔΙΚΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
CS-280T	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
430410-3/8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
430411-13431	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
327-57	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
NK-03-0005	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
NK-03-0007	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
150MPBK095	3	3	3	3	3	3	7	7	7	7	7	7
160SDEA041	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
140SDEA041	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
KΓ-999-114	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KΓ-999-111	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
KΓ-999-101	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KΓ-999-044	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KΓ-999-043	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
KΓ-999-001	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100SDEA041	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
OP-73	476	476	476	476	183	183	183	183	476	476	476	476
SRM-510ES	1	1	1	3	3	3	1	1	1	1	1	1
CS-3000ES	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	6	6
CS-500ES	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CS-352ES	3	3	3	3	3	3	3	3	12	12	12	12
2T-00-0002	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
2T-00-0001	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
2T-00-0000	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
04PT-16371	5	5	5	5	5	5	5	5	5	9	9	9
NK-03-0006	14	14	43	43	43	43	14	14	14	14	14	14
OP-91	2406	2406	2406	2406	552	552	552	552	2406	2406	2406	2406
OP-325	1458	1458	1458	1458	311	311	311	311	1458	1458	1458	1458

#### 5.4 Κόστος εφαρμογής του προτεινόμενου μοντέλου

Η εφαρμογή της παραπάνω πολιτικής έχει και το ανάλογο κόστος. Στην ενότητα αυτή υπολογίζεται το μέσο μηνιαίο κόστος για τη διατήρηση ή και την πιθανή έλλειψη, το οποίο επιβαρύνει την επιχείρηση. Για τα προϊόντα με εποχικότητα, αναγράφεται ο αριθμός των μηνών που διαρκεί η χαμηλή περίοδος και το μέσο μηνιαίο κόστος για τα προϊόντα αυτά

σταθμίζεται για τις περιόδους χαμηλής και υψηλής ζήτησης ανάλογα με το ποσοστό που διαρκεί η κάθε μια στο έτος, όπως περιγράφηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο. Στον Πίνακα 5.6 φαίνονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων.



Πίνακας 5.6 Μέσο μηνιαίο κόστος ανά προϊόν

Κωδικός	Περίοδος	Μήνες χαμηλής	Κόστος διατήρησης	Κόστος έλλειψης	Κόστος περιόδου	Μέσο μηνιαίο κόστος
CS-280T	-	-	19.667	0,2752	22.419	22.419
430410-3/8	-	-	0,0584	0,0132	0,0716	0,0716
430411-13431	-	-	0,0719	0,0222	0,0941	0,0941
NK-03-0005	-	-	0,0621	0,0014	0,0635	0,0634
NK-03-0007	-	-	0,0576	0,0041	0,0617	0,0617
160SDEA041	-	-	0,057	0,0121	0,0691	0,0691
140SDEA041	-	-	0,0541	0,0087	0,0628	0,0628
ΚΓ-999-114	-	-	0,6692	0,0924	0,7616	0,764
ΚΓ-999-111	-	-	13.483	0,0029	13.512	13.541
ΚΓ-999-101	-	-	0,5124	0,2016	0,714	0,7152
ΚΓ-999-044	-	-	0,2217	0,0052	0,2269	0,2271
ΚΓ-999-043	-	-	0,1761	0,1728	0,3489	19.043
ΚΓ-999-001	-	-	0,3849	0,2016	0,5865	0,5233
100SDEA041	-	-	0,1024	0,0113	0,1137	0,1127
CS-500ES	-	-	0,488	0,1493	0,6373	0,6473
2T-00-0002	-	-	0,0752	0,006	0,0812	0,0812
2T-00-0001	-	-	0,1373	0,0054	0,1427	0,1427
2T-00-0000	-	-	0,1391	0,0064	0,1455	0,1455
327-57	χαμηλή	4	0,0764	0,0058	0,0822	0,1626
	υψηλή	8	0,1809	0,0219	0,2028	
150MPBK095	χαμηλή	9	0,0597	0,0027	0,0624	0,081
	υψηλή	3	0,1265	0,009	0,1355	
SRM-510ES	χαμηλή	9	0,4156	0,6152	10.308	12.526
	υψηλή	3	12.468	0,6712	1.918	
CS-3000ES	χαμηλή	8	20.891	0	20.891	1.884
	υψηλή	4	1.155	0,3199	14.749	
CS-352ES	χαμηλή	8	0,5937	0,1255	0,8718	12.455
	υψηλή	4	2,02	0,2781	22.981	
04PT-16371	χαμηλή	9	30.831	0,0976	31.807	43.636
	υψηλή	3	78.147	0,6975	79.123	
NK-03-0006	χαμηλή	8	0,1054	0,0057	0,1111	0,1694
	υψηλή	4	0,2749	0,011	0,2859	
OP-91	χαμηλή	4	0,084	0,0042	0,0882	0,2851
	υψηλή	8	0,3655	0,018	0,3835	
OP-325	χαμηλή	4	0,0473	0,0031	0,0504	0,1846
	υψηλή	8	0,2343	0,0174	0,2517	
OP-73	χαμηλή	4	0,1901	0,0061	0,1962	0,197
	υψηλή	8	0,1807	0,0165	0,1972	

Για το προϊόν CS-280T το μέσο μηνιαίο κόστος διατήρησης είναι

$$\begin{aligned}v \cdot r \cdot \left(\frac{\mu}{2} + k \cdot \sigma\right) &= \\= 186,9 \cdot 0,00183 \cdot \left(\frac{4,5}{2} + 1,4 \cdot 2,5\right) &= \\= 1,9667\text{€}\end{aligned}$$

ενώ το μέσο κόστος έλλειψης είναι

$$\begin{aligned}B_2 v \cdot G(K) \cdot \sigma \cdot \frac{1}{R} &= \\3 \cdot 0,0367 \cdot 2,5 &= \\= 2,2419\text{€}\end{aligned}$$

Έτσι, το μέσο μηνιαίο κόστος διατήρησης και έλλειψης είναι  $1,9667+0,2752 = 2,2419\text{€}$ .

Για τα προϊόντα που έχουν εποχικότητα, το μέσο μηνιαίο κόστος είναι ο σταθμισμένος μέσος όρος της χαμηλής και της υψηλής περιόδου ζήτησης. Για παράδειγμα, για το προϊόν «327-57» το μέσο μηνιαίο κόστος είναι

$$\frac{4}{12} 0,0822 + \frac{8}{12} 0,2028 = 0,1626$$

Επομένως, συλλογικά για όλα τα προϊόντα η εφαρμογή του μοντέλου στην επιχείρηση, της κοστίζει κατά μέσο όρο **19,11€/μήνα**, για τη διατήρηση του αποθέματος και κόστος από πιθανή εμφάνιση έλλειψης.

Τα μεταφορικά έξοδα για την επιχείρηση είναι 70€ από τον ένα προμηθευτή και 0€ από τον άλλο προμηθευτή, όπως έχει αναλυθεί στην ενότητα 4.3.2. Οπότε, το μέσο συνολικό μηνιαίο κόστος διαχείρισης του αποθέματος είναι **89,11€/μήνα** και αντίστοιχα στο έτος  $12 \cdot 89,11 = 1.069,29\text{€/έτος}$ .

## Κεφάλαιο 6: Σύγκριση προτεινόμενου και τρέχοντος συστήματος

### 6.1 Προσομοίωση προτεινόμενου συστήματος

Στην ενότητα αυτή θα εξεταστεί η αποδοτικότητα του προτεινόμενου συστήματος προς εφαρμογή, με τα παρελθοντικά στοιχεία της ζήτησης, τα οποία είναι καταγεγραμμένα από την επιχείρηση για τη διετία 2014-2015 για κάθε προϊόν και τα οποία παρατίθενται στον πίνακα 3.1 της ενότητας 3.1.

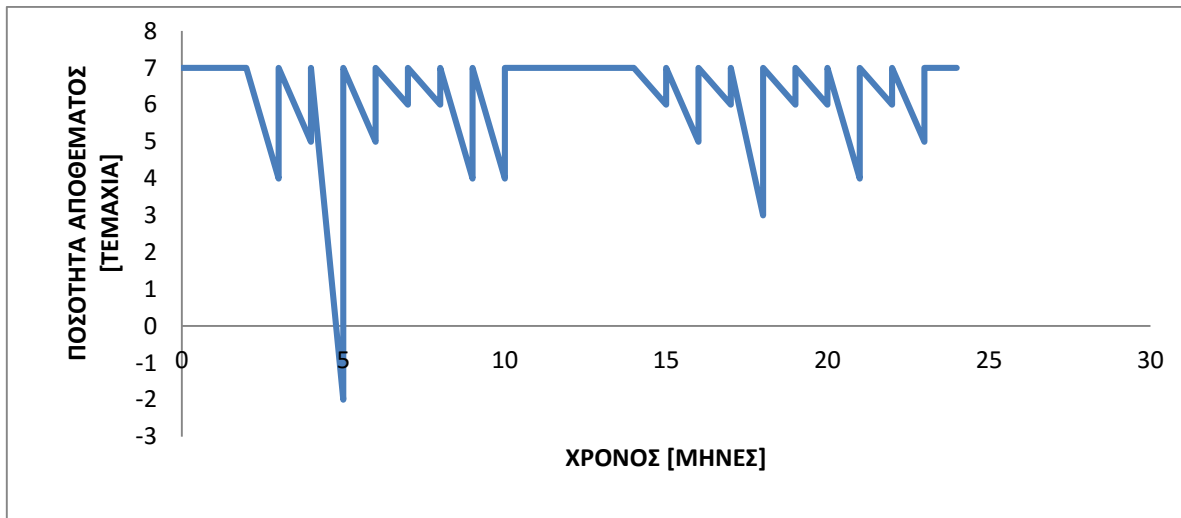
Για τις απαιτήσεις της ανάλυσης αυτής, πρέπει να γίνει μία καθοριστική προσομοίωση. Δημιουργήθηκε λοιπόν, ένας κώδικας στο MatLab, ο οποίος έχει ως δεδομένα εισόδου την αξία απόκτησης των προϊόντων, το συντελεστή  $B_2$ , ένα πίνακα στον οποίο εμπεριέχεται η μηνιαία ζήτηση του κάθε προϊόντος, όπως αναγράφεται στον πίνακα 3.1 και άλλον έναν πίνακα, όπου για κάθε μήνα είναι καταγεγραμμένη η αρχική στάθμη του αποθέματος κάθε προϊόντος, όπως αυτή υπολογίστηκε και αναγράφεται στον πίνακα 5.3.

Η προσομοίωση τελειώνει υπολογίζοντας το συνολικό κόστος (κόστος μεταφορών, κόστος διατήρησης και κόστος έλλειψης) για όλα τα προϊόντα στο τέλος του κύκλου, δηλαδή στη διετία. Στην αρχή του κύκλου το κόστος αυτό είναι μηδενικό και προσαυξάνεται κάθε μήνα. Για κάθε ένα προϊόν, αν στο τέλος του μήνα η στάθμη του αποθέματος είναι μεγαλύτερη του μηδενός, τότε το κόστος για την επιχείρηση είναι ο απλός μέσος όρος του αρχικού και του τελικού αποθέματος πολλαπλασιασμένο με το κόστος διατήρησης κάθε μονάδας  $v \cdot r$ . Αν η τελική στάθμη του αποθέματος είναι αρνητική, το κόστος για την επιχείρηση κατά τη διάρκεια του μήνα αυτού είναι

$$v \cdot r \cdot \left( \frac{S - 0}{2} \right)$$

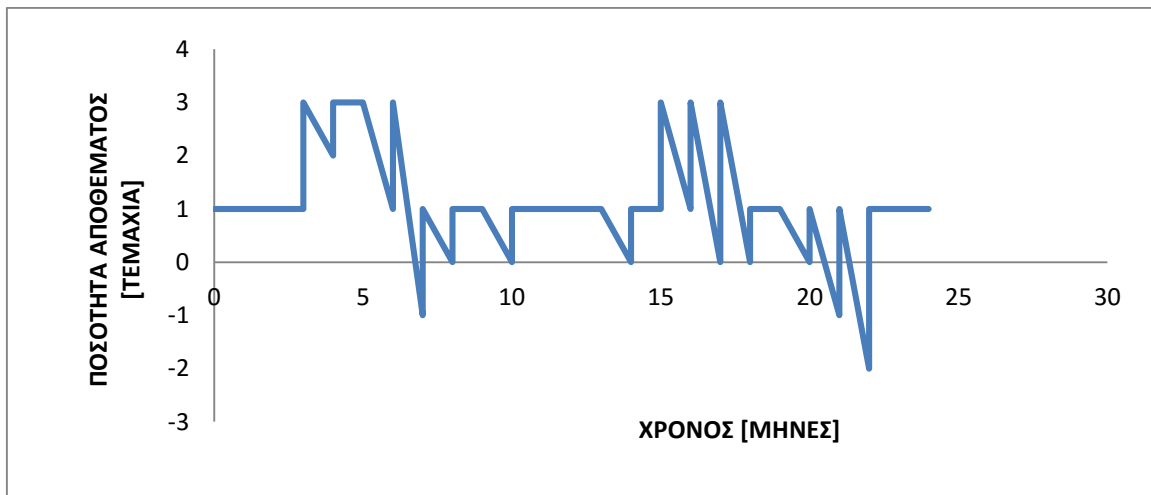
για τη διατήρηση του μέσου μηνιαίου διατηρούμενου αποθέματος μέχρι την κατανάλωσή του και η ποσότητα έλλειψης πολλαπλασιασμένη με το μοναδιαίο κόστος έλλειψης  $B_2v$ . Η προσομοίωση γίνεται για κάθε μήνα (24 μήνες) και για κάθε προϊόν (28 προϊόντα). Επίσης, κάθε νέο μήνα το κόστος προσαυξάνεται κατά 70€ λόγω του μηνιαίου κόστους μεταφοράς συνολικά και από τους δύο προμηθευτές.

Στο Σχήμα 6.1 φαίνεται η κίνηση της στάθμης που θα είχε το προϊόν «100SDEA041» (προϊόν χωρίς εποχικότητα) κατά τη διετία 2014-2015, αν η επιχείρηση εφάρμοζε το προτεινόμενο σύστημα και στο Σχήμα 6.2 απεικονίζεται η κίνηση της στάθμης του προϊόντος «SRM-510ES» (προϊόν με εποχικότητα), αν η επιχείρηση εφάρμοζε το προτεινόμενο σύστημα κατά την διετία.



ΣΧΗΜΑ 6.1 Προσομοίωση κίνησης της στάθμης του προϊόντος «100SDEA041»

Στο Σχήμα 6.1 φαίνεται πώς με την εφαρμογή του συγκεκριμένου συστήματος, θα παρουσιαζόταν έλλειψη μόνο μία φορά, το μήνα Μάιο του έτους 2014.



ΣΧΗΜΑ 6.2 Προσομοίωση κίνησης της στάθμης του προϊόντος «SRM-510ES»

Στην περίπτωση του Σχήματος 6.2, φαίνεται πώς η επιχείρηση θα είχε παρουσιάσει έλλειψη τρεις φορές κατά τη διετία, τον Ιούλιο του 2014 ένα τεμάχιο, το Σεπτέμβριο του 2015 επίσης ένα τεμάχιο και τον Οκτώβριο του 2015 δύο τεμάχια.

Ασχέτως με τα παραπάνω δύο προϊόντα που επιλέχθηκαν να παρουσιαστεί η κίνηση της στάθμης τους, σε πολύ λίγα προϊόντα και πολύ λίγες φορές θα εμφανιζόταν έλλειψη.

Αφού λοιπόν έγιναν όλα τα παραπάνω, το συνολικό κόστος διαχείρισης των αποθεμάτων για τη διετία υπολογίστηκε ότι θα ήταν **2.514€**. Πιο συγκεκριμένα, το κόστος μεταφορών κατά τη διετία θα ήταν 1.680€, το κόστος για τη διατήρηση των προϊόντων στα 818,9761€ και το κόστος από την εμφάνιση ελλείψεων στα 15€.

Στην ενότητα 5.4 του προηγούμενου κεφαλαίου, είχε υπολογιστεί το μέσο συνολικό ετήσιο κόστος διαχείρισης στα 1.069,288€, δηλαδή 2.138,575€ για τη διετία. Από τα αποτελέσματα, συμπεραίνεται ότι το κόστος διαχείρισης που θα είχε η επιχείρηση κατά τη διετία σχετικά με το θεωρητικό μέσο κόστος διαχείρισης έχει μια απόκλιση της τάξης του

$$\frac{2.514 - 2.138,575}{2.138,575} = 17,555\%$$

Παρατηρείται λοιπόν, μία διαφορά ανάμεσα στο θεωρητικό μέσο κόστος διαχείρισης και στο κόστος διαχείρισης που θα είχε η επιχείρηση, αν εφάρμοζε το προτεινόμενο σύστημα τη διετία 2014-2015. Η διαφορά αυτή οφείλεται στις αποκλίσεις των τιμών της ζήτησης από τις αντίστοιχες θεωρητικές τιμές. Ο κώδικας της προσομοίωσης διατίθεται στο παράρτημα Β.

## **6.2 Υπολογισμός κόστους διαχείρισης τρέχοντος συστήματος**

Σε αυτή την ενότητα θα γίνει μία προσέγγιση του διαχειριστικού κόστους των αποθεμάτων από πλευράς της επιχείρησης για τη διετία 2014-2015, σύμφωνα με την πολιτική, την οποία ακολουθούσε ως τώρα η επιχείρηση.

Σε ότι αφορά τα μεταφορικά έξοδα της επιχείρησης για τη διετία, δεν υπάρχουν αυτή τη στιγμή παραστατικά που να αποκαλύπτουν το πραγματικό κόστος μεταφορών. Έτσι, ο διευθυντής της επιχείρησης απ' την πλευρά του, αναφέρθηκε στο γεγονός ότι το ετήσιο κόστος μεταφορών, για τις αποστολές των προϊόντων από τους δύο προμηθευτές είναι

περίπου 3.000€, δηλαδή στη διαιτία 6.000€. Αυτό το ποσό βέβαια είναι το κόστος μεταφορών από τους δύο προμηθευτές, αλλά για όλα τα προϊόντα, τα οποία η επιχείρηση προμηθεύεται απ' αυτούς τους δύο.

Σύμφωνα με την ABC ανάλυση που έγινε στο δεύτερο κεφάλαιο, τα 28 προς βελτιστοποίηση προϊόντα της επιχείρησης είχαν αξία απόκτησης 57.790,50€ στη διαιτία. Η επιχείρηση κατά τη διαιτία, από τους δύο προμηθευτές έκανε παραγγελίες ύψους περίπου 110.000€. Αν λοιπόν, γίνει επιμερισμός των 6.000€ για κόστη μεταφορών που αντιστοιχούν στα 28 προς μελέτη προϊόντα, αυτά στη διαιτία είχαν προσεγγιστικά μεταφορικό κόστος περίπου στα  $\frac{57.790,50}{110.000} \cdot 6.000 = 3.152,12\text{€}$ .

Τα 28 όμως προς μελέτη προϊόντα είναι τα μεγαλύτερα της επιχείρησης από θέμα όγκου (πριόνια, θαμνοκοπτικά, σκαπτικά κτλ.), οπότε και τα ακριβότερα για μεταφορά. Συνεπώς, το μεταφορικό κόστος στη διαιτία είναι πολύ μεγαλύτερο από 3.152,12€. Τα υπόλοιπα προϊόντα που δε μελετώνται, είναι ανταλλακτικά και μικρά κυρίως σε μέγεθος αντικείμενα, οπότε το μεταφορικό τους κόστος είναι κατά πολύ μικρότερο από αυτό των υπό μελέτη προϊόντων.

Σε ότι αφορά το κόστος έλλειψης, η έλλειψη δεν ήταν καταγεγραμμένη από την επιχείρηση. Εξάλλου, αυτή ήταν και η αρχική υπόθεση κατά την ανάλυση των παρελθοντικών στοιχείων ζήτησης, ότι δηλαδή δεν υπάρχουν στοιχεία για την έλλειψη και ότι οι καταγεγραμμένες πωλήσεις θεωρούνται ως η πραγματική ζήτηση. Επομένως, κατά τη διαιτία 2014-2015 το κόστος έλλειψης για την επιχείρηση θεωρείται μηδενικό.

Το κόστος διατήρησης των 28 προϊόντων κατά τη διαιτία είναι δύσκολο να υπολογιστεί, λόγω της αταξίας των παραγγελιών και λόγω ελλιπών στοιχείων. Μπορεί όμως να προσεγγιστεί. Σύμφωνα με το προτεινόμενο σύστημα διαχείρισης, η επιχείρηση θα έκανε παραγγελίες για τα 28 προϊόντα ύψους 49.485€ αντί των 57.790,50€, που είναι το πραγματικό ύψος παραγγελιών της διαιτίας 2014-2015 όπως προκύπτει από τα παρελθοντικά στοιχεία της επιχείρησης. Έτσι, το ύψος των παραγγελιών μειώθηκε κατά  $\frac{57.790,50-49.485}{57.790,50} = 14,37\%$ . Το κόστος διατήρησης κατά τη διαιτία 2014-2015, αν η επιχείρηση εφάρμοζε το προτεινόμενο σύστημα θα ήταν 819€. Επομένως, το κόστος διατήρησης στη διαιτία θα ήταν στην καλύτερη

περίπτωση που θα υπήρχε κάποιο σύστημα διαχείρισης (και όχι αταξία) 819€ για τη διατήρηση των 49.485€ και  $2,2\% \cdot 8.305,5\text{€} = 182,72\text{€}$  για τα υπόλοιπα 8.305,5€ (=57.790,5-49.485), που θα ήταν το επιπλέον δεσμευμένο κεφάλαιο της επιχείρησης. Άρα το πραγματικό κόστος διατήρησης είναι προσεγγιστικά τουλάχιστον  $819 + 182,72 = 1001,72\text{€}$ .

Αθροιστικά λοιπόν στη διαιτία, το κόστος διαχείρισης των 28 προϊόντων ήταν περίπου:

Συνολικό κόστος = κόστος μεταφορών + κόστος διατήρησης + κόστος έλλειψης

$$\text{Συνολικό κόστος} = 3.152,12\text{€} + 1.001,72\text{€} + 0\text{€}$$

$$\text{Συνολικό κόστος} = \mathbf{4.153,84\text{€}}$$

### 6.3 Σύγκριση τρέχοντος και προτεινόμενου συστήματος διαχείρισης

Όπως υπολογίστηκε, το συνολικό κόστος διαχείρισης της επιχείρησης κατά τη διαιτία 2014-2015 ήταν περίπου 4.153,84€. Το συνολικό κόστος διαχείρισης, που θα είχε η επιχείρηση κατά τη διαιτία, αν εφάρμοζε το προτεινόμενο σύστημα με τη δεδομένη ζήτηση, θα ήταν 2.514€. Συνεπώς, υπάρχει αρκετά μεγάλη αύξηση του κόστους διαχείρισης από λανθασμένες κινήσεις της επιχείρησης από αυτό που θα μπορούσε να έχει, κατά 1.639,84€, το οποίο ποσό αντιστοιχεί σε ποσοστό αύξησης της τάξης του  $\frac{4.153,84 - 2.514}{2.514} = \mathbf{65,23\%}$ .

Με την εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου, δε μειώνεται σημαντικά μόνο το κόστος διαχείρισης της επιχείρησης, αλλά η εφαρμογή του έχει ως φυσικό επακόλουθο και άλλα πολλά πλεονεκτήματα. Ένα απ' αυτά είναι η μείωση του όγκου των προϊόντων στις αποθήκες της επιχείρησης για προϊόντα που δεν είχαν την αντίστοιχη ζήτηση, αλλά και ο μικρότερος κίνδυνος απαξίωσης των προϊόντων. Ακόμη, η επιχείρηση είναι πιο ήσυχη και δε χρειάζεται να χάνονται εργατοώρες για την καταμέτρηση των αποθεμάτων και προσπαθώντας να οργανώσουν παραγγελίες (με εμπειρικές και συνήθως λανθασμένες μεθόδους).

Επίσης, οι προμηθευτές είναι πιο ευχαριστημένοι, διότι πλέον θα είναι και αυτοί προετοιμασμένοι, σε ότι έχει να κάνει με τη δική τους ζήτηση και πιο συγκεκριμένα να

γνωρίζουν ότι από την εν λόγω εταιρία θα περιμένουν μια σχετικά μεγάλη παραγγελία στα τέλη του κάθε μήνα με περίπου σταθερή ποσότητα παραγγελίας γύρω από κάθε προϊόν για τον αντίστοιχο μήνα. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς η εφοδιαστική αλυσίδα θα έχει μεγαλύτερη ευελιξία.



## **Κεφάλαιο 7: Σύστημα διαχείρισης με ενδιάμεση παραγγελία**

### **7.1 Το θεωρητικό μοντέλο**

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστεί ένα ακόμη σύστημα διαχείρισης των αποθεμάτων της επιχείρησης, με σκοπό την ακόμη μεγαλύτερη μείωση του κόστους διαχείρισής τους.

Πρόκειται λοιπόν, για ένα σύστημα, στο οποίο υπάρχει η δυνατότητα ενδιάμεσης παραγγελίας στη μέση του μήνα, αν αυτό κριθεί απαραίτητο και για τα προϊόντα για τα οποία θα κριθεί απαραίτητο.

Η χρονική περίοδος εδώ, θα είναι όπως και πριν, ένας μήνας. Η χρονική περίοδος θα ξεκινά με τα προϊόντα να βρίσκονται σε μια ορισμένη στάθμη. Μετά το πέρας δύο εβδομάδων γίνεται έλεγχος των αποθεμάτων, καταγράφεται η στάθμη του υπάρχοντος αποθέματος, υπολογίζεται η διαφορά της από την αρχική στάθμη και στη συνέχεια, συνεκτιμώντας την πτώση της στάθμης των προϊόντων συνολικά, κρίνεται αν θα πρέπει να γίνει ενδιάμεση παραγγελία και αν ναι, έως ποια στάθμη αποθέματος για κάθε προϊόν.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ακόμη μεγαλύτερη μείωση του κόστους διαχείρισης, καθώς το παρόν σύστημα έχει περισσότερους βαθμούς ελευθερίας. Αυτό γιατί, η επιχείρηση έχει το δικαίωμα να κάνει την ενδιάμεση παραγγελία ώστε να αποφύγει πιθανές ελλείψεις στα προϊόντα της, αλλά παράλληλα δεν είναι και υποχρεωμένη να το κάνει, αν κρίνει σκόπιμο πως δεν τη συμφέρει.

### **7.2 Υποθέσεις και συμβολισμοί**

Οι βασικές υποθέσεις είναι ότι κάθε μήνα γίνεται παραγγελία και στους δύο προμηθευτές, για όλα τα προϊόντα έως μία ορισμένη στάθμη.

Στα μέσα του μήνα η επιχείρηση, κάνει πάλι έλεγχο της στάθμης των αποθεμάτων της και κρίνει αν θα κάνει ενδιάμεση παραγγελία από τον κάθε προμηθευτή, για ποια προϊόντα και σε τι ποσότητα. Η επιχείρηση δηλαδή μπορεί να κάνει παραγγελία είτε στον έναν προμηθευτή, είτε στον άλλον, είτε σε κανέναν ή και στους δύο μαζί.

Επίσης, σε όποιον προμηθευτή κρίνει ότι πρέπει να κάνει ενδιάμεση παραγγελία, δεν είναι απαραίτητο να συμπεριλάβει όλα τα προϊόντα στην παραγγελία όπως γίνεται στη βασική παραγγελία στην αρχή του κάθε μήνα.

Ακόμα η επιχείρηση, αν τελικά αποφασίσει να κάνει παραγγελία και εφόσον επιλέξει ποια προϊόντα θα συμπεριλάβει, η ποσότητα της παραγγελίας για κάθε προϊόν δεν έχει κάποιο περιορισμό, όπως στις βασικές παραγγελίες όπου γίνεται παραγγελία μέχρι τα αποθέματα να επανέλθουν σε μια επιθυμητή στάθμη. Εδώ, η ποσότητα παραγγελίας για κάθε προϊόν, μπορεί να είναι τόση ώστε το επίπεδο εξυπηρέτησης να επανέρχεται στο επιθυμητό επίπεδο για το υπόλοιπο διάστημα της χρονικής περιόδου, εάν και εφόσον η επιχείρηση κρίνει ότι είναι οικονομικά συμφέρουσα κίνηση.

Ακολουθεί ο συμβολισμός όλων των παραμέτρων:

- $V_i$ : αξία απόκτησης του προϊόντος  $i$  [€/τεμάχιο]
- $A_1$ : σταθερό κόστος μεταφοράς της βασικής παραγγελίας [€]
- $A_2$ : σταθερό κόστος μεταφοράς της ενδιάμεσης παραγγελίας [€]
- $D$ : η μέση ζήτηση σε δεδομένο χρονικό διάστημα [τεμάχια/χρόνο]
- $r$ : ποσοστιαίο κόστος διατήρησης [€/ (€·χρόνο)]
- $R$ : χρονική περίοδος παραγγελίας [χρόνος]
- $\mu$ : μέση τιμή της ζήτησης σε δεδομένο χρόνο, όταν η ζήτηση ακολουθεί κανονική κατανομή [τεμάχιο/χρόνο]
- $\sigma$ : η τυπική απόκλιση της ζήτησης σε δεδομένο χρόνο, όταν η ζήτηση ακολουθεί κανονική κατανομή [τεμάχια/χρόνο]
- $ss$ : απόθεμα ασφαλείας [τεμάχια]
- $k$ : συντελεστής ασφαλείας [αδιάστατη παράμετρος]
- $\lambda$ : μέση τιμή της ζήτησης σε δεδομένο χρόνο, όταν η ζήτηση ακολουθεί κατανομή Poisson [τεμάχια/χρόνο]
- $B_{2,i}$ : ποσοστιαίο μοναδιαίο κόστος έλλειψης σχετικά με την αξία απόκτησης του προϊόντος  $i$  [αδιάστατη παράμετρος]
- $P_{order}$ : η πιθανότητα να γίνει ενδιάμεση παραγγελία στο χρονικό κύκλο

Η αντικειμενική συνάρτηση, η οποία θα πρέπει να βελτιστοποιηθεί για κάθε προμηθευτή, σε αυτή την περίπτωση είναι η παρακάτω:

$$TC = \left[ \frac{A_1}{R} + \sum_{i=1}^N (v_i r(M\Delta A)_i + B_{2,i} v_i (ME)_i \frac{1}{R}) \right] \cdot (1 - P_{order})$$

$$+ \left[ \frac{A_1 + A_2}{R} + \sum_{i=1}^N (v_i r(M\Delta A')_i + B_{2,i} v_i (ME')_i \frac{1}{R}) \right] \cdot P_{order}$$

όπου “N” είναι τα προς βελτιστοποίηση προϊόντα, MΔA το μέσο διατηρούμενο απόθεμα κάθε προϊόντος όταν δε γίνεται ενδιάμεση παραγγελία, MΔA’ το μέσο διατηρούμενο απόθεμα κάθε προϊόντος όταν γίνεται ενδιάμεση παραγγελία, ME η μέση έλλειψη κάθε προϊόντος όταν δε γίνεται ενδιάμεση παραγγελία και ME’ είναι η μέση έλλειψη όταν γίνεται ενδιάμεση παραγγελία.

Η παραπάνω σχέση ουσιαστικά δείχνει ότι το συνολικό κόστος διαχείρισης είναι το άθροισμα του μέσου κόστους παραγγελίας, του μέσου κόστους διατήρησης των προϊόντων και του μέσου κόστους έλλειψης επί την πιθανότητα να μη γίνει παραγγελία και το μέσο κόστος διαχείρισης όταν γίνεται ενδιάμεση παραγγελία επί την πιθανότητα να γίνει ενδιάμεση παραγγελία. Το μέσο συνολικό κόστος με ενδιάμεση παραγγελία είναι το μέσο κόστος παραγγελίας (το οποίο είναι το μέσο κόστος της βασικής παραγγελίας και το μέσο κόστος της ενδιάμεσης παραγγελίας), το μέσο κόστος διατήρησης αποθέματος και το μέσο κόστος έλλειψης στο χρονικό κύκλο.

Ένα τέτοιο πρόβλημα βέβαια είναι τουλάχιστον δυσεπίλυτο. Υπάρχουν παράμετροι, οι οποίες είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθούν. Μία τέτοια παράμετρος είναι το σταθερό κόστος παραγγελίας της ενδιάμεσης παραγγελίας. Επειδή στην ενδιάμεση παραγγελία οι ποσότητες που θα παραγγελθούν δεν είναι σε καμία περίπτωση όσες στη βασική παραγγελία, η αποστολή των παραγγελθέντων δε θα γίνεται σε δύο παλέτες από τον έναν προμηθευτή ή με το ιδιωτικό φορτηγό του δεύτερου.

Για τον πρώτο προμηθευτή, η ποσότητα παραγγελίας σε μία ενδιάμεση παραγγελία, όχι μόνο μπορεί να μην είναι τόση ώστε να χρειάζεται το πολύ μια παλέτα (με μεταφορικό κόστος 35€), αλλά μπορεί η ποσότητα να είναι λιγότερη, οπότε να χρειαστεί να χρεωθούν ως ξεχωριστά τεμάχια από τη μεταφορική εταιρία. Αυτό σημαίνει ότι τα τεμάχια χρεώνονται πλέον βάσει όγκου (κάτι το οποίο είναι σχεδόν αδύνατο να υπολογιστεί) και φυσικά το μεταφορικό κόστος δεν είναι σταθερό, αλλά υπάρχουν πολλά επίπεδα εκπτώσεων σε μέρος της παραγγελίας, όσο μεγαλύτερη είναι η παραγγελία. Η όλη υπόθεση επηρεάζει έμμεσα βέβαια και το σταθερό κόστος παραγγελίας των βασικών παραγγελιών, καθώς λόγω πιθανής ενδιάμεσης παραγγελίας, στην επόμενη βασική παραγγελία οι ποσότητες των παραγγελθέντων ενδέχεται να μπορούν να ικανοποιηθούν με την αποστολή μίας μόνο παλέτας και όχι δύο. Αυτό με τη σειρά του θα πρέπει να σταθμιστεί και είναι επίσης δύσκολο.

Ο δεύτερος προμηθευτής, έχει συμφωνηθεί να αποστέλλει τα παραγγελθέντα με δικά του έξοδα, χρησιμοποιώντας το ιδιωτικό του φορτηγό, όπως προαναφέρθηκε, με την προϋπόθεση ότι η αξία της παραγγελίας στο σύνολό της να ξεπερνά τα 2.000€. Αν λοιπόν γίνεται ενδιάμεση παραγγελία, τότε αντιμετωπίζεται καταρχήν το πρόβλημα με τις μεταφορικές εταιρίες όπως και για τον πρώτο προμηθευτή και το αντίστοιχο κόστος, το οποίο είναι επίσης δύσκολο να εκτιμηθεί. Ακόμη, αν γίνει η ενδιάμεση παραγγελία, τότε η αξία της ποσότητας παραγγελίας ίσως δεν ξεπερνά τα 2.000€, οπότε τα παραγγελθέντα να μην αποσταλούν δωρεάν, αλλά να υπάρχει χρέωση. Κάτι το οποίο επίσης θα πρέπει να σταθμιστεί.

Ένα ακόμη μεγάλο πρόβλημα που θα πρέπει να επιλυθεί είναι η κατανομή της ζήτησης των προϊόντων και των στατιστικών της χαρακτηριστικών. Για τα προϊόντα, η ζήτηση των οποίων ακολουθεί κατανομή Poisson, η παράμετρος  $\lambda$  για τη χρονική περίοδο της ενδιάμεσης παραγγελίας θα είναι στο μισό της βασικής περιόδου, καθώς όπως ειπώθηκε και παραπάνω, η ενδιάμεση παραγγελία γίνεται στα μισά του χρονικού κύκλου. Δηλαδή  $\lambda_2 = \frac{1}{2} \cdot \lambda_1$ .

Στα προϊόντα, η ζήτηση των οποίων ακολουθεί κανονική κατανομή, θα πρέπει να προσδιοριστεί για τη χρονική περίοδο της ενδιάμεσης παραγγελίας η μέση τιμή της ζήτησης και η τυπική της απόκλιση.

$$\mu_{\beta} = 2 \cdot \mu_{\epsilon\nu\delta} \leftrightarrow$$

$$\mu_{\epsilon\nu\delta} = \frac{1}{2} \mu_{\beta}$$

$$\sigma_{\beta}^2 = 2\sigma_{\epsilon\nu\delta}^2 \leftrightarrow$$

$$\sigma_{\epsilon\nu\delta} = \sqrt{\frac{1}{2}} \cdot \sigma_{\beta}$$

όπου  $\mu_{\beta}$  και  $\sigma_{\beta}$  η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της ζήτησης αντίστοιχα, ενός προϊόντος στο χρονικό κύκλο όπου γίνεται η βασική παραγγελία και  $\mu_{\epsilon\nu\delta}$  και  $\sigma_{\epsilon\nu\delta}$  η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της ζήτησης αντίστοιχα, ενός προϊόντος στη χρονική περίοδο της ενδιάμεσης παραγγελίας. Η μέση τιμή στο χρονικό κύκλο είναι το άθροισμα των μέσων τιμών των δύο ενδιάμεσων κύκλων και η μεταβλητότητα στο χρονικό κύκλο είναι το άθροισμα των μεταβλητοτήτων των δύο ενδιάμεσων κύκλων. Η τυπική απόκλιση είναι η τετραγωνική ρίζα της μεταβλητότητας, οπότε καταλήγουμε στα άνωθεν αποτελέσματα.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημανθεί το σημαντικότερο πρόβλημα, που είναι η μετάβαση από τη μια περίοδο (μηνιαία ζήτηση) στην άλλη (δεκαπενθήμερη ζήτηση). Κάποια από τα προϊόντα της επιχείρησης υποθέσαμε ότι ακολουθούν κανονική κατανομή, για το λόγο ότι η ζήτηση δεν προσαρμοζόταν σε καμιά από τις δύο κατανομές ή προσαρμοζόταν ελαφρώς καλύτερα στην κανονική κατανομή, ενώ είχε μέση τιμή μικρότερη των δέκα τεμαχίων ανά μήνα και σχετικά υψηλή τυπική απόκλιση. Αν λοιπόν, γίνει προσπάθεια να ανάγουμε τα στατιστικά της χαρακτηριστικά στο δεκαπενθήμερο, η κατανομή αυτή θα έχει τη μισή μέση τιμή και τυπική απόκλιση, την τετραγωνική ρίζα της μισής μεταβλητότητας της μηνιαίας ζήτησης. Οπότε, η ζήτηση τότε μάλλον δεν ακολουθεί κανονική κατανομή, αλλά κατανομή Poisson και φυσικά θα πρέπει να γίνουν οι απαραίτητοι έλεγχοι προσαρμογής των δεδομένων στις δύο κατανομές για τις ζητήσεις των προϊόντων στο δεκαπενθήμερο.

Τέλος, ένα άλλο πολύ σημαντικό και δυσεπίλυτο πρόβλημα είναι ο υπολογισμός της πιθανότητας να γίνει ενδιάμεση αναπαραγγελία, γιατί είναι δύσκολο να αποφασιστεί ποια θα είναι η συνθήκη ώστε να γίνεται ενδιάμεση αναπαραγγελία. Μία λογική συνθήκη, η οποία θα μπορούσε να ορισθεί είναι να γίνεται ενδιάμεση αναπαραγγελία όταν το ενδεχόμενο

κόστος ελλείψεων για το υπόλοιπο δεκαπενθήμερο είναι μεγαλύτερο από το κόστος παραγγελίας και το επιπλέον κόστος διατήρησης των παραγγελθέντων. Το κόστος παραγγελίας βέβαια, είναι επίσης δύσκολο να εκτιμηθεί όπως αναλύθηκε παραπάνω.

### **7.3 Προσομοίωση του συστήματος με ενδιάμεσες παραγγελίες**

Όπως αναλύθηκε και στην προηγούμενη ενότητα, είναι αρκετά δύσκολη η ακριβής ανάπτυξη της αντικειμενικής συνάρτησης ενός τέτοιου προβλήματος. Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε το συγκεκριμένο πρόβλημα να προσομοιωθεί.

Έγινε προσπάθεια δημιουργίας ενός κώδικα, ο οποίος υπολογίζει το ετήσιο κόστος ενός τέτοιου συστήματος. Κατά την προσομοίωση, αποφασίστηκε ότι τα προϊόντα τα οποία θα ελέγχονται στα μέσα του μήνα δε θα είναι όλα, αλλά μόνο τα «μεγάλα» προϊόντα. Με τον όρο «μεγάλα» εννοούνται τα προϊόντα εκείνα τα οποία είναι γενικώς ακριβά, αλλά και επιφέρουν μεγαλύτερα κέρδη στην επιχείρηση ανά μονάδα προϊόντος. Τελικά, τα προϊόντα τα οποία επιλέχθηκαν είναι εκείνα με τιμή απόκτησης μεγαλύτερη των 100€.

Στην επιλογή αυτών των προϊόντων, συνετέλεσαν και πιο εμπειρικοί κανόνες όπως το γεγονός ότι για ένα αναλώσιμο προϊόν, σε περίπτωση έλλειψής του δε γίνεται παραγγελία, διότι το κόστος έλλειψης ενός τέτοιου προϊόντος είναι αρκετά μικρότερο του κόστους μεταφοράς του. Αντίθετα, σε περίπτωση έλλειψης ενός προϊόντος, όπως ένα πριόνι, συνήθως γίνεται παραγγελία, όχι τόσο για το κόστος έλλειψης που επιφέρει (διότι ο πελάτης το παραγγέλνει και περιμένει την αποστολή του από τον αντίστοιχο προμηθευτή), όσο για την καλύτερη και αμεσότερη εξυπηρέτηση του πελάτη.

Δημιουργήθηκε λοιπόν ένας κώδικας, ο οποίος έχει ως πίνακες εισόδου τη στάθμη των προϊόντων για κάθε μήνα, τη μέση τιμή της ζήτησης (και την τυπική απόκλιση για τα προϊόντα με κανονική κατανομή ζήτησης) για κάθε μήνα, ώστε βάσει αυτών να παράγονται τυχαίοι αριθμοί για κάθε κατανομή αντίστοιχα, την αξία απόκτησης κάθε προϊόντος και το κόστος έλλειψής του.

Οι πίνακες αυτοί μοιράστηκαν σε τρία τμήματα. Στα προϊόντα που θα ελέγχονται και ενδιάμεσα, στα προϊόντα, η ζήτηση των οποίων ακολουθεί κατανομή Poisson και στα

προϊόντα, η ζήτηση των οποίων ακολουθεί κανονική κατανομή. Όλα αυτά καθαρά για προγραμματιστικούς λόγους, ώστε να είναι ευκολότερη η παραγωγή των τυχαίων αριθμών που προαναφέρθηκαν.

Η συνθήκη, η οποία τέθηκε στον κώδικα, ώστε να γίνεται παραγγελία, είναι όταν η στάθμη αποθέματος στα μέσα του μήνα για τα προϊόντα που θα ελέγχονται, μειωθεί στο απόθεμα ασφαλείας  $ss$  ή και παρακάτω, αντί του αποθέματος  $\frac{\lambda}{2} + ss$ , που θα έπρεπε να είναι κανονικά. Έτσι, θα γίνεται παραγγελία για το προϊόν αυτό έως τη στάθμη  $\frac{\lambda}{2} + ss$ . Η ενδιάμεση παραγγελία γίνεται έστω κι αν σε ένα προϊόν η στάθμη του μειωθεί στο  $ss$ .

Από τα προϊόντα που επιλέχθηκαν να ελέγχονται ενδιάμεσα, εκτός του προϊόντος CS-280T, η ζήτηση των υπολοίπων στη χρονική διάρκεια του μήνα ακολουθεί κατανομή Poisson με παράμετρο  $\lambda_i$ . Έτσι, για τη χρονική περίοδο μέχρι τον ενδιάμεσο έλεγχο και τη χρονική περίοδο από τον ενδιάμεσο έλεγχο μέχρι το γενικό έλεγχο, η ζήτηση των προϊόντων αυτών ακολουθεί κατανομή Poisson με  $\frac{1}{2} \lambda_i$ .

Για το προϊόν CS-280T, η ζήτηση ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή 4,5 τεμάχια ανά μήνα και τυπική απόκλιση 2,5 τεμάχια. Αν ανάγουμε τη ζήτηση του προϊόντος αυτού στη διάρκεια του μισού μήνα, δεν είναι σίγουρο ότι η ζήτηση θα συνεχίσει να ακολουθεί την κανονική κατανομή, λόγω της πολύ μικρής μέσης τιμής ( $\frac{4,5}{2} = 2,25$ ), αλλά πιθανώς να ακολουθεί κατανομή Poisson. Έτσι, θεωρήσαμε πως και αυτό το προϊόν ακολουθεί κατανομή Poisson με παράμετρο  $\lambda=2,25$  ως πιο λογική κατανομή, καθώς η κατανομή Poisson αναφέρεται σε κατανομές με χαμηλή μέση τιμή.

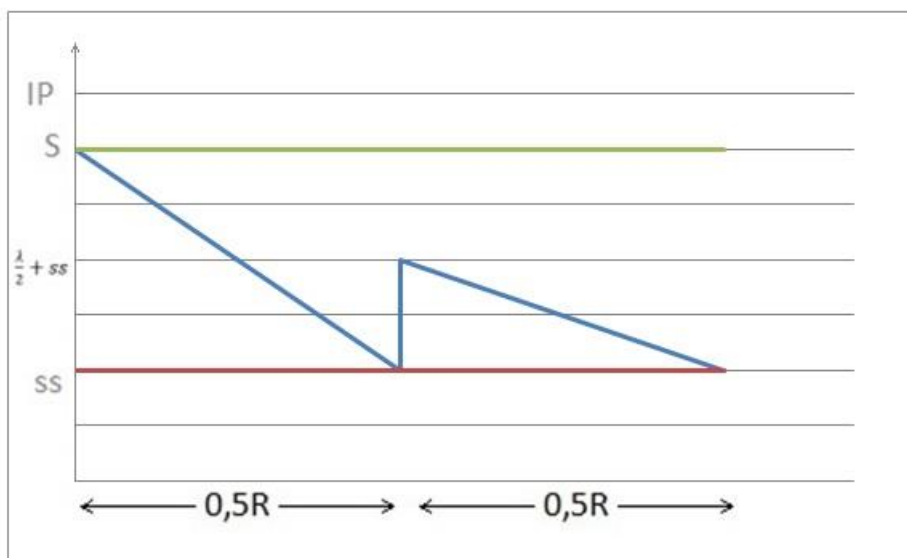
Η προσομοίωση έγινε για 1.000 επαναλήψεις, που κάθε επανάληψη υπολόγιζε το ετήσιο κόστος διαχείρισης. Το αποτέλεσμα της προσομοίωσης ήταν το μέσο ετήσιο κόστος στα 1.479€ με τυπική απόκλιση 66,55€. Το αντίστοιχο μέσο κόστος διαχείρισης του μοντέλου χωρίς ενδιάμεση παραγγελία είναι 1.069,288€. Ο κώδικας παρατίθεται στο παράρτημα Γ.

## 7.4 Αξιολόγηση του μοντέλου

Ενώ το μοντέλο αυτό προτάθηκε κυρίως για τη μείωση του κόστους διαχείρισης, παρατηρείται εν τέλει αύξηση αυτού. Αυτό γίνεται διότι τα προϊόντα που επιλέχθηκαν να ελέγχονται και ενδιάμεσα είναι μεγάλα και ακριβά και ο υποψήφιος αγοραστής θα περιμένει έως ότου το κατάστημα τα προμηθευτεί. Επομένως, η επιχείρηση δεν έχει κόστος από την απώλεια του πελάτη. Το κόστος έλλειψης αυτών των προϊόντων ουσιαστικά, είναι το κόστος της μεμονωμένης παραγγελίας τους.

Δηλαδή, το κόστος έλλειψης που θα είχε η επιχείρηση από πιθανή εμφάνιση έλλειψης ενός τέτοιου προϊόντος, το χρεώνεται ούτως ή άλλως, διότι έτσι κι αλλιώς το παραγγέλνει. Επίσης, επειδή η επιχείρηση σε αυτό το σύστημα παραγγέλνει έως τη στάθμη  $\frac{\lambda}{2} + ss$ , τις περισσότερες φορές παραγγέλνει και περισσότερα απ' ό,τι θα της έλλειπαν, επιβαρύνοντάς τη με ακόμη μεγαλύτερο κόστος, λόγω μεταφοράς μεγαλύτερης ποσότητας.

Στο σχήμα 7.1 παρουσιάζεται μία τυπική μεταβολή του αποθέματος ενός προϊόντος κατά τη διάρκεια ενός μήνα με ενδιάμεση παραγγελία. Η πράσινη γραμμή είναι η μέγιστη στάθμη του αποθέματος, η κόκκινη γραμμή είναι η στάθμη του αποθέματος ασφαλείας και η μπλε γραμμή συμβολίζει τη στάθμη του αποθέματος κάθε χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια της περιόδου.





### ΣΧΗΜΑ 7.1 Μεταβολή αποθέματος σε ένα μήνα με ενδιάμεση παραγγελία

Το μέσο διατηρούμενο απόθεμα (ΜΔΑ) τότε γίνεται

$$M\Delta A = \frac{1}{2} \left( \frac{\lambda + ss + ss}{2} \right) + \frac{1}{2} \left( \frac{\frac{\lambda}{2} + ss + ss}{2} \right)$$
$$M\Delta A = \frac{3}{8} \lambda + ss$$

Η παραπάνω σχέση προκύπτει ως εξής: για να γίνει παραγγελία, η στάθμη του αποθέματος θα πρέπει να μειωθεί τουλάχιστον έως τη στάθμη του αποθέματος ασφαλείας (ss) στα μέσα του μήνα. Η αρχική στάθμη του αποθέματος είναι  $S (= \lambda + ss)$  κι έτσι προκύπτει ο πρώτος όρος της σχέσης, όπου είναι το μέσο διατηρούμενο απόθεμα στο πρώτο μισό της περιόδου. Στα μέσα του μήνα, η στάθμη επανέρχεται στο  $\frac{\lambda}{2} + ss$  και μειώνεται κατά μέσο όρο έως το  $ss$ , στο υπόλοιπο μισό του μήνα. Έτσι, το μέσο διατηρούμενο απόθεμα κατά την περίοδο ενός μήνα όπου γίνεται ενδιάμεση παραγγελία είναι το παραπάνω, όπου είναι μικρότερο από το  $\frac{\lambda}{2} + ss$ , που θα είναι αντίστοιχα όταν δεν γίνονται ενδιάμεσες παραγγελίες. Βέβαια, όλη αυτή η μείωση του κόστους διατήρησης είναι αμελητέα συγκριτικά με το επιπλέον μεταφορικό κόστος.

Από τα αποτελέσματα είναι φανερό ότι σε καμία περίπτωση δε συμφέρει την επιχείρηση να κάνει ενδιάμεσες παραγγελίες. Ακόμη κι αν έκανε ενδιάμεσες παραγγελίες ελέγχοντας όλα τα προϊόντα της πάλι δε θα τη συνέφερε. Το μέσο κόστος έλλειψης στο σύστημα χωρίς ενδιάμεσες παραγγελίες είναι της τάξης των 2-3€. Ακόμη και στην καθοριστική προσομοίωση που έγινε με τα παρελθοντικά στοιχεία ζήτησης (τα οποία περιείχαν και ακραίες τιμές ζήτησης) το κόστος ελλείψεων ήταν 15€ στη διετία, δηλαδή 7,5€ στο έτος.

Οπότε, δε θα συνέφερε καθόλου την επιχείρηση να πραγματοποιεί και ενδιάμεσο έλεγχο δεσμεύοντας εργατοώρες από άλλες εργασίες για να μειώσει στην καλύτερη περίπτωση 7,5€ ανά έτος το κόστος διαχείρισης των προϊόντων της. Ο μόνος λόγος, για τον οποίο θα μπορούσε αυτό το σύστημα να έχει εφαρμογή είναι η καλύτερη και αμεσότερη εξυπηρέτηση των πελατών της επιχείρησης. Βέβαια, στο σύστημα χωρίς ενδιάμεσες

παραγγελίες, το επίπεδο εξυπηρέτησης είναι μεγαλύτερο του 95% για όλα τα προϊόντα, οπότε στη διάρκεια του μήνα ο χρόνος εμφάνισης έλλειψης θα είναι σχεδόν αμελητέος, κυρίως μικρότερος από μία εβδομάδα. Αυτό σημαίνει ότι για μια τέτοιου είδους αγορά ο πελάτης δε χάνεται, αλλά θα περιμένει μέχρι να γίνει η επόμενη παραγγελία και η αποστολή των προϊόντων, μέσα στην οποία θα είναι και το προϊόν που επιθυμεί.

Η όλη ανάλυση βέβαια έγινε για τη χειρότερη περίπτωση, κατά την οποία η επιχείρηση πραγματοποιεί ενδιάμεση παραγγελία έστω και αν ένα προϊόν είναι πιθανό να παρουσιάσει έλλειψη. Επίσης, κατά την προσομοίωση κάθε τεμάχιο είχε μεταφορικό κόστος σε μια ξεχωριστή ποσότητα. Στην πραγματικότητα υπάρχουν οικονομίες κλίμακας, οπότε το μεταφορικό κόστος κανονικά θα ήταν αρκετά μικρότερο. Το όλο σύστημα φυσικά, αποτελεί κυρίως σύστημα στρατηγικής σημασίας, καθώς μέσω αυτού η επιχείρηση θα βελτιώσει αρκετά την εξυπηρετική της ικανότητα και αντίστοιχα τη φήμη της στην αγορά, εφαρμόζοντας ένα σύστημα το οποίο της κοστίζει παραπάνω, περίπου 450€ σε βάθος διετίας.

## Κεφάλαιο 8: Συμπεράσματα

Η διάταξη της παρούσας διπλωματικής εργασίας ακολουθεί μια αλυσίδα απλών νοηματικών εννοιών που οικοδομούνται σταδιακά με στόχο να εξαχθούν ευκολότερα τα σχετικά συμπεράσματα. Τα στοιχεία και τα δεδομένα που δόθηκαν στα αρχικά κεφάλαια αποτελούν εργαλεία για την περαιτέρω κατανόηση στα συμπεράσματα που έπονται.

Αρχικά, μέσω της διαχείρισης αποθεμάτων, μια εταιρία μπορεί να μειώσει σε σημαντικό βαθμό το λειτουργικό της κόστος. Η διαχείριση αποθεμάτων, μία τάση που ξεκίνησε να αναπτύσσεται κυρίως σε επιχειρήσεις των Ηνωμένων Πολιτειών στη δεκαετία του '80, εμφανίζεται σήμερα ως μια ανάγκη πιο επιτακτική από ποτέ και για την ελληνική μικρομεσαία και όχι μόνο επιχείρηση. Το τωρινό -αρνητικό σχετικά- κλίμα πώλησης των προϊόντων, στην κύρια αγορά της χώρας, αναγκάζει την εταιρία να ελιχθεί μέσω της αναδιοργάνωσής της στον τομέα των αποθεμάτων.

Από την παρούσα διπλωματική εργασία φαίνεται πως μπορεί να μειωθεί το λειτουργικό κόστος μιας εταιρίας μελετώντας μόνο ένα μικρό μέρος των προϊόντων της, το οποίο οδηγεί σε μείωση 39,45% από τη διαχείρισή τους (περίπου 1.600€ ανά διετία, κυρίως από το συντονισμό των παραγγελιών). Έμμεσα, λοιπόν, προκύπτει ότι οι δυνατότητες ανάπτυξης και βελτιστοποίησης σε ολόκληρη τη δομή της επιχείρησης είναι απεριόριστες και μπορούν να τη θέσουν σε τροχιά μεγάλης ανάπτυξης, αφού είναι πρόθυμη να κατανοήσει σε βάθος το εσωτερικό της, αλλά και εξωτερικό της περιβάλλον.

Με το προτεινόμενο σύστημα η εταιρία θα ελέγχει τα αποθέματά της κάθε τέλος του μήνα και θα οργανώνει την παραγγελία της, ώστε να είναι έτοιμη να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις της αγοράς με μεγάλη αποτελεσματικότητα. Το μεγάλο πλεονέκτημα του συστήματος αυτού είναι ότι δεν απαιτεί ιδιαίτερο χρόνο για τον έλεγχο της αποθήκης, πράγμα που μπορεί να ανοίξει, με τη σειρά του, έναν καινούργιο κύκλο μελετών και σε επίπεδο επιχειρησιακής έρευνας, για τη βελτιστοποίηση τού χρονικού προγραμματισμού της, αλλά και του καταμερισμού εργασίας της, τις σχέσεις ανάμεσα στις διοικητικές, παραγωγικές κλπ βαθμίδες της με το προσωπικό κοκ.

Φυσικά για να επιτευχθούν οι στοχεύσεις της εταιρίας απέναντι στις δύσκολες συνθήκες ζήτησης που περιβάλλουν την έδρα της, θα πρέπει να γίνει μια ιδιαίτερα προσεκτική παρακολούθηση του συστήματος λειτουργίας της εταιρίας, ακολουθούμενη από μια εξίσου εκτενή και λεπτομερή ανάλυσή του και στη συνέχεια να ορισθούν με σαφήνεια και ακρίβεια οι παράμετροι που διέπουν, τόσο το σύστημα λειτουργίας αυτό καθ' αυτό, όσο και τη μελλοντική εξέλιξη της αγοράς. Αν και η μελλοντική εξέλιξη της αγοράς είναι εκτός του πεδίου έρευνας της παρούσης διπλωματικής εργασίας, η μελέτη της δεν παύει να είναι μια δέσμευση ψηλά στη λίστα της εταιρίας σε στρατηγικό επίπεδο οργάνωσης και στοχοθεσίας της.

Σε επόμενο χρόνο, προτείνεται η περαιτέρω ανάλυση των παραμέτρων που αφορούν στη μελλοντική εξέλιξη της αγοράς μέσω μιας ευρύτερης μελέτης της τελευταίας για να επαναπροσδιοριστούν οι ευκαιρίες που πρέπει η εταιρία να αδράξει αλλά και οι κίνδυνοι που ελλοχεύουν και τους οποίους θα πρέπει να αντιμετωπίσει στο μέλλον. Μέσω δηλαδή αναλύσεων PESTLE, SWOT και PEST θα μπορέσει η εταιρία να διατηρήσει το προφίλ της σε υψηλό επίπεδο και να διασφαλίσει το κύρος της σε ένα πολύ δυναμικό και ταυτόχρονα ευαίσθητο περιβάλλον, όπως το Ελληνικό. Αξίζει να αναφερθούν και οι συνιστώσες της προσφοράς, γιατί η εταιρία θα πρέπει να λάβει υπόψη της πως ορισμένα είδη πρώτων υλών, αναμένεται να επηρεάσουν τη διαχείριση των αποθεμάτων της σε μελλοντικό επίπεδο.

Με αφορμή αυτή τη διπλωματική εργασία η εταιρία διαπίστωσε και τις ανάγκες που υπάρχουν για την αναδιοργάνωσή της και το συγχρονισμό της, ώστε να καταστεί βιώσιμη, ανταγωνιστική και κερδοφόρα στο σύγχρονο περιβάλλον. Απόρροια δηλαδή αυτής της εργασίας είναι ότι τέθηκαν τα θεμέλια για την αλλαγή στον τρόπο σκέψης της εταιρίας σε δύο κυρίως επίπεδα.

Το πρώτο επίπεδο αναφέρεται σε ό,τι αφορά το συνεχή έλεγχο και παρακολούθηση της αποθήκης. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την εταιρία να μπορεί να είναι πάντα συνεπής στις παραγγελίες με συνεχή παρουσία και βελτίωση των κωδικών της στην αγορά, ή αντικατάστασή τους σύμφωνα με τη ζήτηση και σε συνδυασμό πάντα με τις προβλέψεις για την εξέλιξη της αγοράς. Με την προσοχή της στραμμένη πάνω στη πορεία και εξέλιξη των κωδικών που ήδη διαθέτει στην αγορά καθώς και στην προοπτική ανάπτυξης και διάθεσης

νέων κωδικών, η εταιρία θα έχει τη δυνατότητα μς διευρύνει τις δραστηριότητές της και να είναι σε θέση να κατακτήσει επιπλέον μερίδιο στην ελληνική αγορά.

Στο δεύτερο επίπεδο, έχουμε την αναθεώρηση της φιλοσοφίας της ολιστικά, ώστε λάθη διαχείρισης προερχόμενα από αποφάσεις, οι οποίες μέχρι κι σήμερα στηρίζονταν εν πολλοίς στην παραδοσιακή νοοτροπία, να αποφεύγονται πλέον μέσω αποφάσεων που θα λαμβάνονται σύμφωνα με τα τεχνοκρατικά της σύγχρονης διαχείρισης.

Αυτή η αλλαγή στη φιλοσοφία συνδέεται και με την ενδυνάμωση του στρατηγικού σχεδιασμού της εταιρίας, στο ευρύτερο πεδίο που περιλαμβάνει μεταξύ άλλων και τη στοχοθεσία και οφείλει να επαναπροσδιορίζεται όταν συντέχουν λόγοι. Η εταιρία θα ενισχυθεί από το ότι θα μπορεί να ελέγχει άμεσα την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα της στρατηγικής που αποφάσισε, εξετάζοντας το βαθμό υλοποίησης των επιμέρους στόχων, όπως το βαθμό διείσδυσης στην αγορά, το ρυθμό πωλήσεων και την τιμολογιακή πολιτική σε σχέση με το μικτό κέρδος.

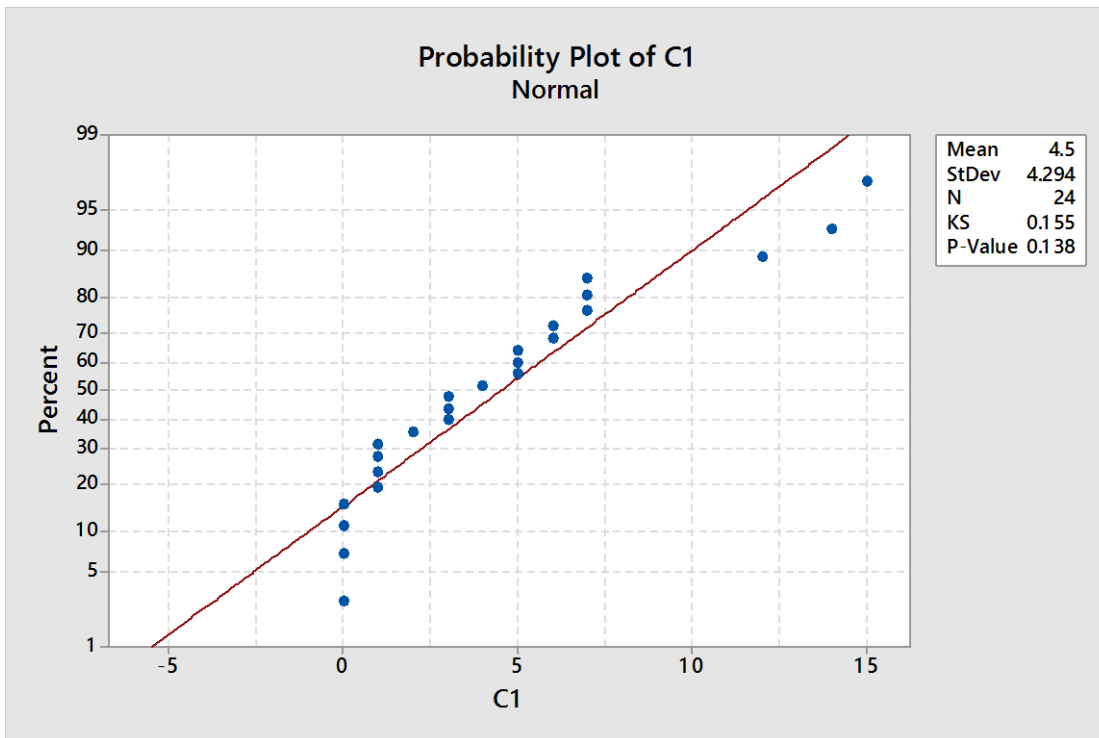
Επίσης, μέσω της διπλωματικής αυτής, αυτό που προτείνεται στην εταιρία για την περαιτέρω βελτίωση της αποδοτικότητάς της είναι καταρχήν, η καταγραφή της ζήτησης των προϊόντων, ακόμη και όταν αυτά δεν υπάρχουν, για πιο αξιόπιστα στοιχεία και κατ' επέκταση μια πιο ακριβή στατιστική ανάλυση.

Ακόμα, αυτό που σίγουρα θα βοηθούσε αρκετά την εταιρία στη διαχείρισή της, είναι η επέκταση της διαχείρισης των αποθεμάτων της και σε άλλους προμηθευτές, αλλά και απ' τους ήδη υπάρχοντες προμηθευτές, η επέκταση της μελέτης στα υπόλοιπα προϊόντα. Τέλος, καλό θα ήταν να ελεγχθεί πιο αναλυτικά το σύστημα διαχείρισης με ενδιάμεση παραγγελία, συλλέγοντας πιο ακριβή στοιχεία για τον τρόπο τιμολόγησης των μεταφορικών εταιριών.

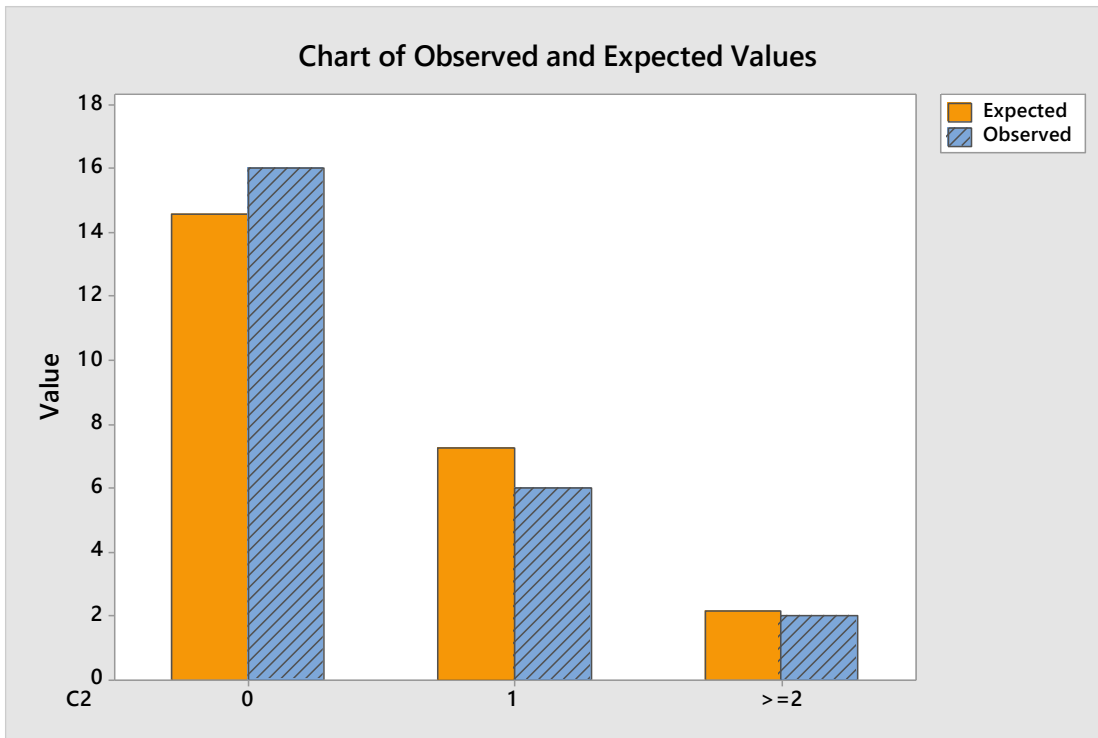
## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Αποτελέσματα των αναλύσεων στο Minitab

Έλεγχος Κολμογορον-Smirnov για το προϊόν CS-280T



Έλεγχος  $\chi^2$  για το προϊόν 430410-3/8



### Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution

Data column: C2

Poisson mean for C2 = 0.5

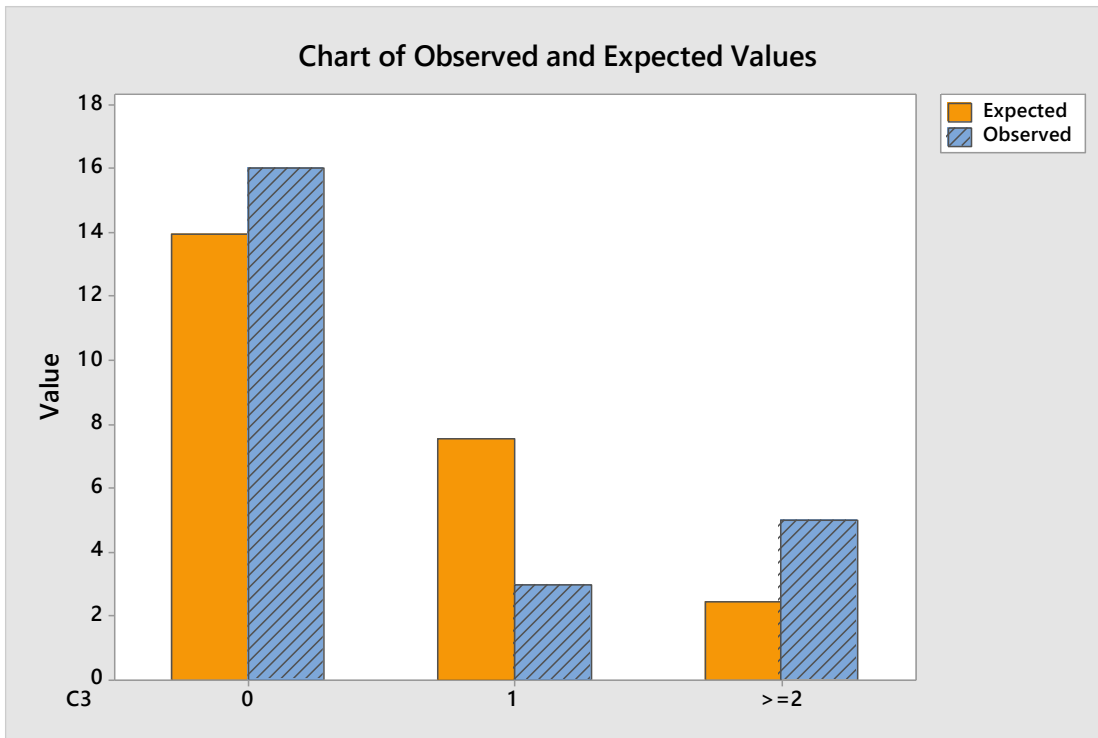
C2	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
0	16	0.606531	14.5567	0.143096
1	6	0.303265	7.2784	0.224532
>=2	2	0.090204	2.1649	0.012560

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
24	0	1	0.380188	0.538

1 cell(s) (33.33%) with expected value(s) less than 5.



Έλεγχος  $\chi^2$  για το προϊόν 430411-13431



**Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution**

Data column: C3

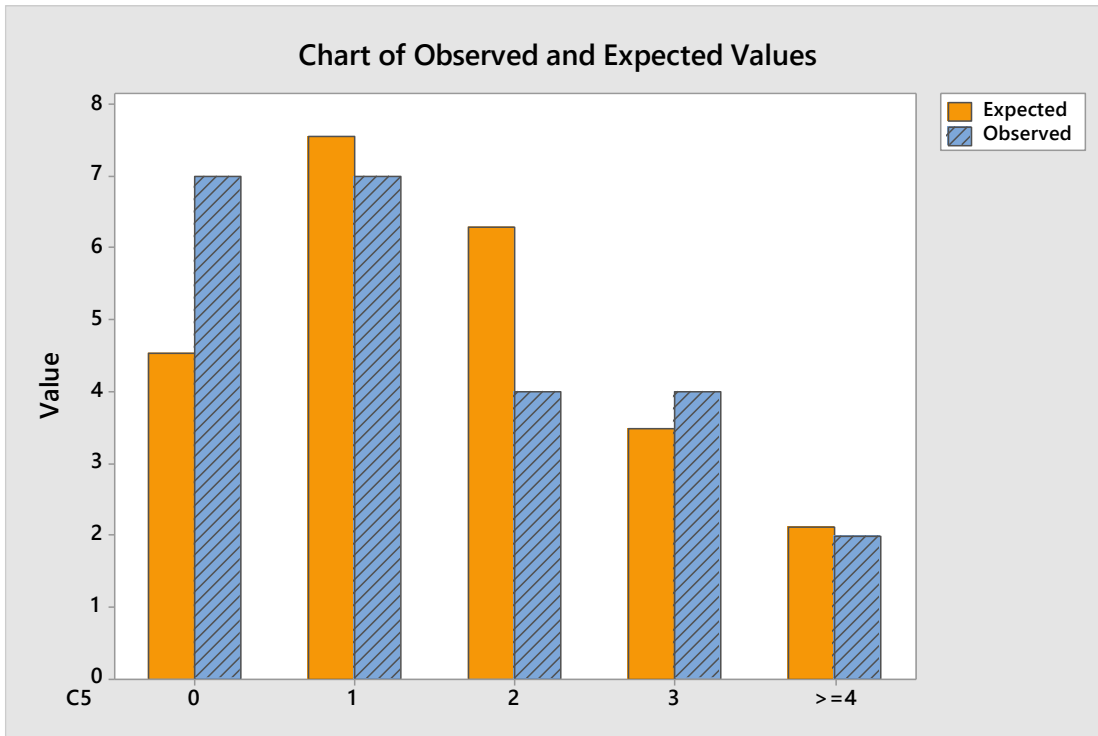
Poisson mean for C3 = 0.541667

C3	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
0	16	0.581778	13.9627	0.29727
1	3	0.315130	7.5631	2.75310
>=2	5	0.103093	2.4742	2.57841

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
24	0	1	5.62878	0.018

1 cell(s) (33.33%) with expected value(s) less than 5.

Έλεγχος  $\chi^2$  για το προϊόν NK-03-0005



**Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution**

Data column: C5

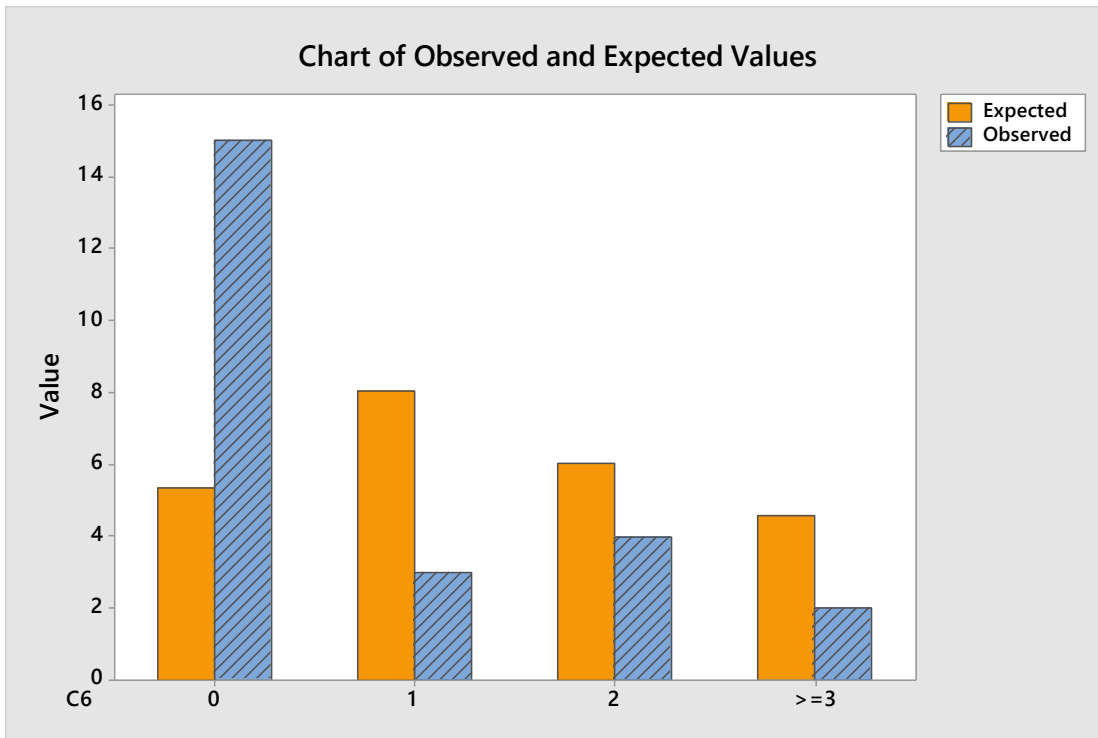
Poisson mean for C5 = 1.66667

C5	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
0	7	0.188876	4.53301	1.34260
1	7	0.314793	7.55502	0.04077
2	4	0.262327	6.29585	0.83721
3	4	0.145737	3.49770	0.07214
>=4	2	0.088267	2.11841	0.00662

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
24	0	3	2.29934	0.513

3 cell(s) (60.00%) with expected value(s) less than 5.

Έλεγχος  $\chi^2$  για το προϊόν NK-03-0007



**Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution**

Data column: C6

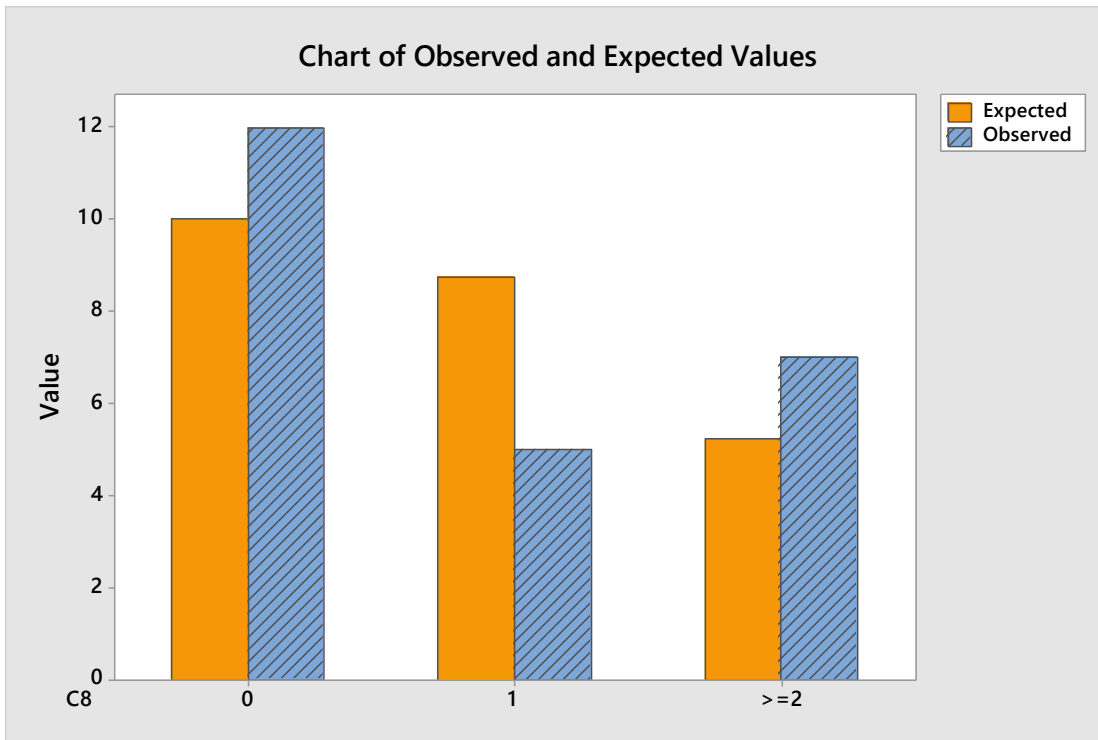
Poisson mean for C6 = 1.5

C6	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
0	15	0.223130	5.35512	17.3710
1	3	0.334695	8.03269	3.1531
2	4	0.251021	6.02451	0.6803
>=3	2	0.191153	4.58768	1.4596

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
24	0	2	22.6640	0.000

1 cell(s) (25.00%) with expected value(s) less than 5.

Έλεγχος  $\chi^2$  για το προϊόν 160SDEA041



**Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution**

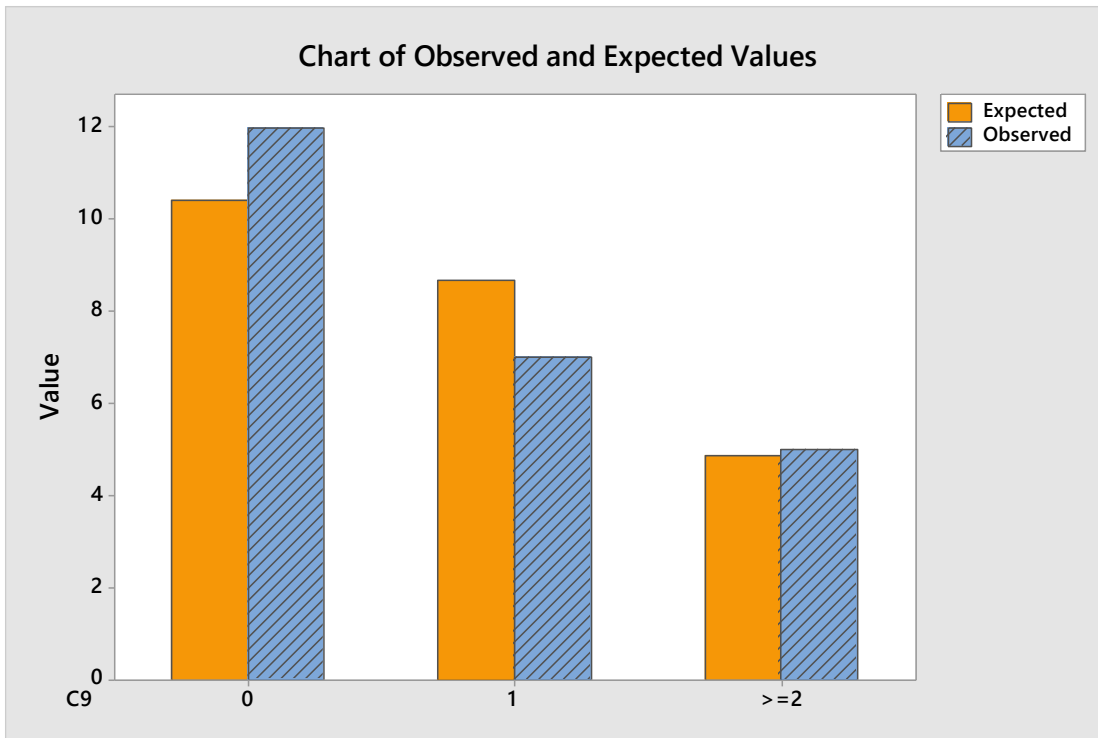
Data column: C8

Poisson mean for C8 = 0.875

C8	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
0	12	0.416862	10.0047	0.39794
1	5	0.364754	8.7541	1.60991
>=2	7	0.218384	5.2412	0.59020

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
24	0	1	2.59804	0.107

Έλεγχος  $\chi^2$  για το προϊόν 140SDEA041



**Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution**

Data column: C9

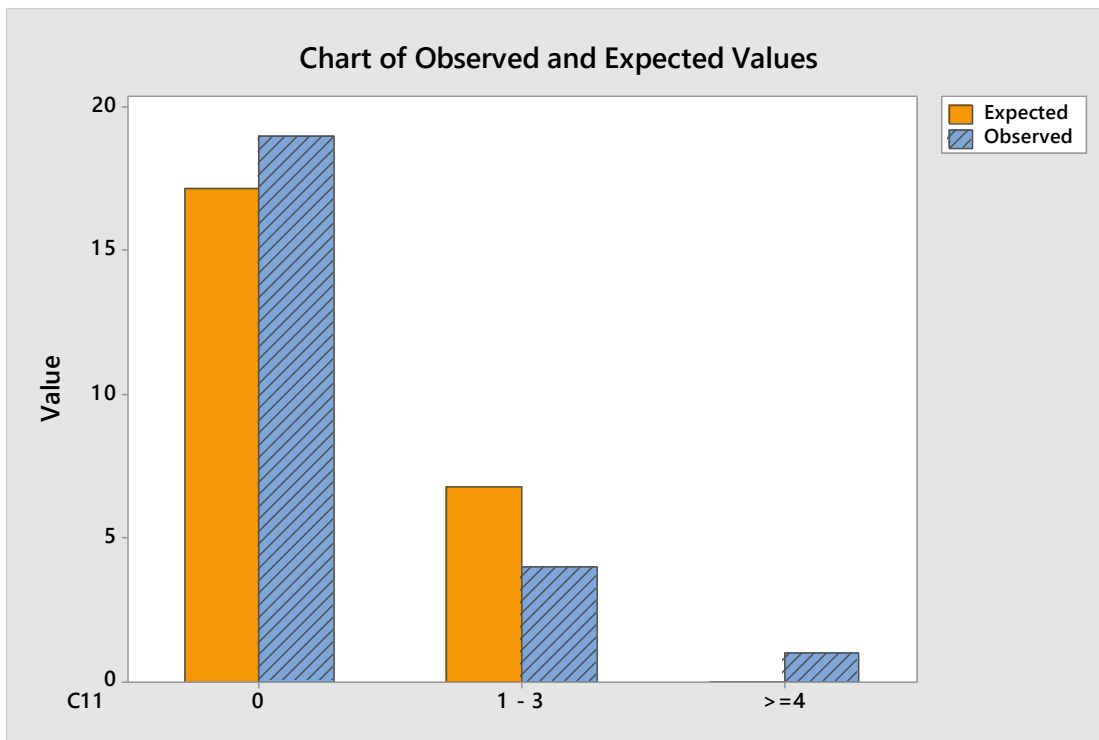
Poisson mean for C9 = 0.833333

C9	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
0	12	0.434598	10.4304	0.236212
1	7	0.362165	8.6920	0.329355
>=2	5	0.203237	4.8777	0.003068

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
24	0	1	0.568635	0.451

1 cell(s) (33.33%) with expected value(s) less than 5.

## Έλεγχος $\chi^2$ για το προϊόν ΚΓ-999-111



### Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution

Data column: C11

Poisson mean for C11 = 0.333333

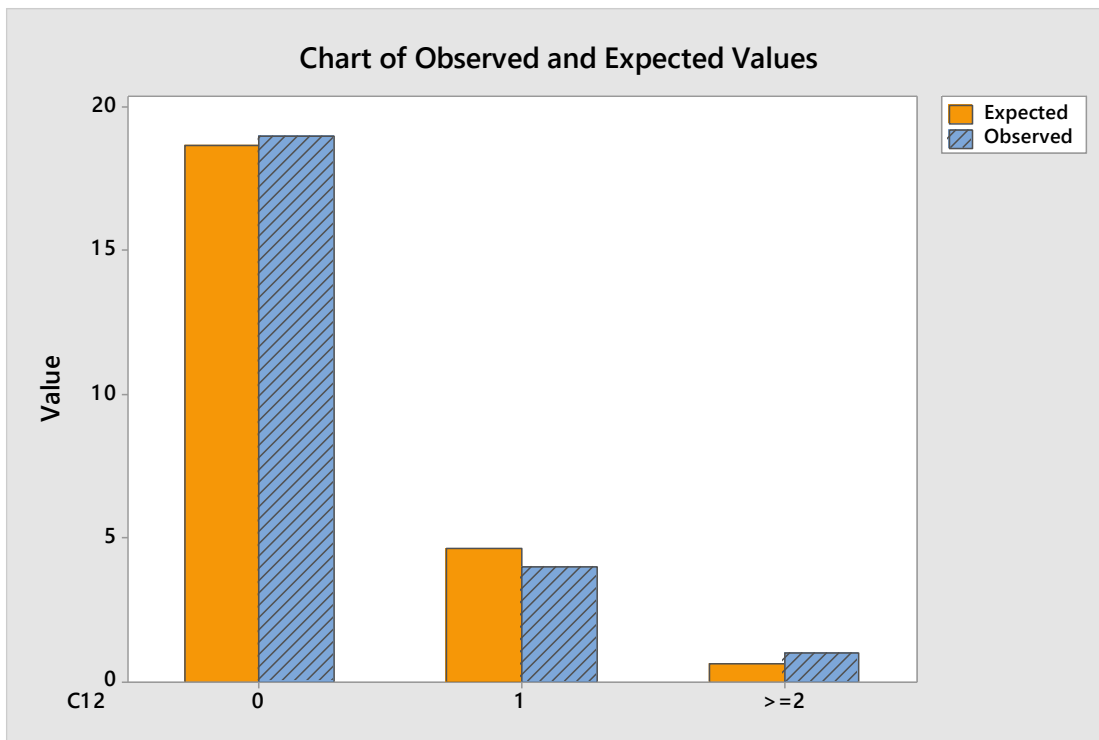
C11	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
0	19	0.716531	17.1968	0.189
1 - 3	4	0.283074	6.7938	1.149
>=4	1	0.000395	0.0095	103.604

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
24	0	1	104.942	0.000

WARNING: 1 cell(s) (33.33%) with expected value(s) less than 1. Chi-Square approximation probably invalid.

1 cell(s) (33.33%) with expected value(s) less than 5.

## Έλεγχος $\chi^2$ για το προϊόν ΚΓ-999-101



### Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution

Data column: C12

Poisson mean for C12 = 0.25

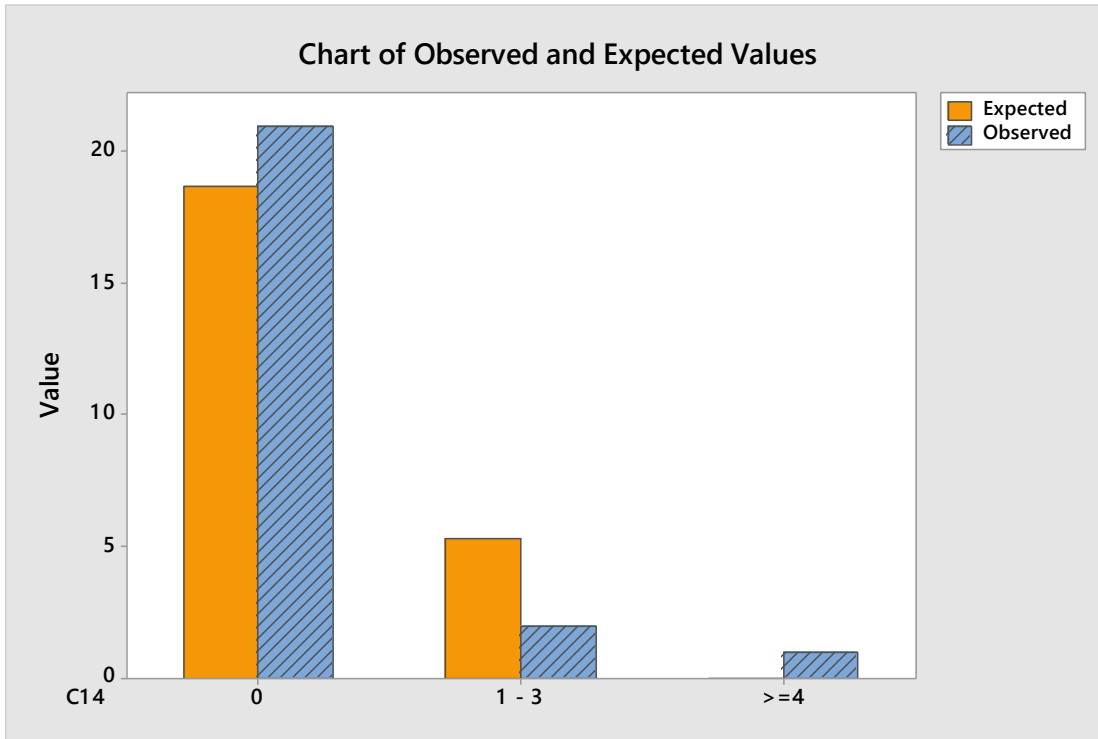
C12	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
0	19	0.778801	18.6912	0.005101
1	4	0.194700	4.6728	0.096872
>=2	1	0.026499	0.6360	0.208362

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
24	0	1	0.310335	0.577

WARNING: 1 cell(s) (33.33%) with expected value(s) less than 1. Chi-Square approximation probably invalid.

2 cell(s) (66.67%) with expected value(s) less than 5.

Έλεγχος  $\chi^2$  για το προϊόν ΚΓ-999-043



**Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution**

Data column: C14

Poisson mean for C14 = 0.25

C14	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
0	21	0.778801	18.6912	0.285
1 - 3	2	0.221066	5.3056	2.060
>=4	1	0.000133	0.0032	310.418

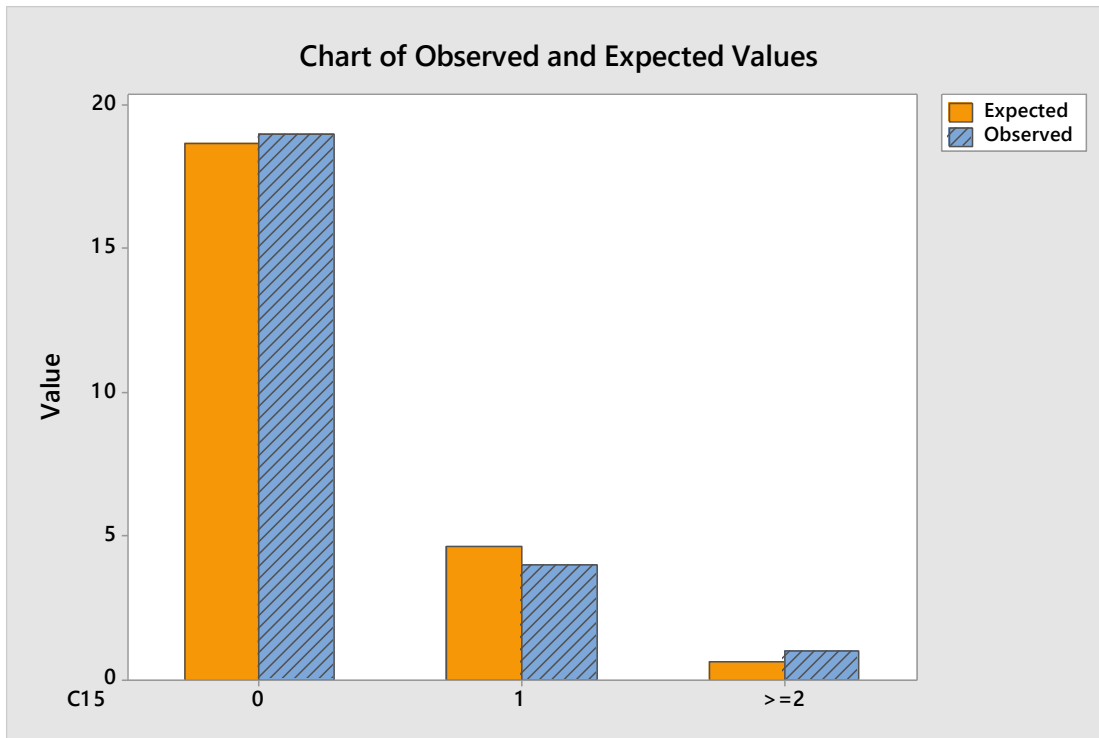
N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
24	0	1	312.763	0.000

WARNING: 1 cell(s) (33.33%) with expected value(s) less than 1. Chi-Square approximation probably invalid.

1 cell(s) (33.33%) with expected value(s) less than 5.



## Έλεγχος $\chi^2$ για το προϊόν ΚΓ-999-001



### Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution

Data column: C15

Poisson mean for C15 = 0.25

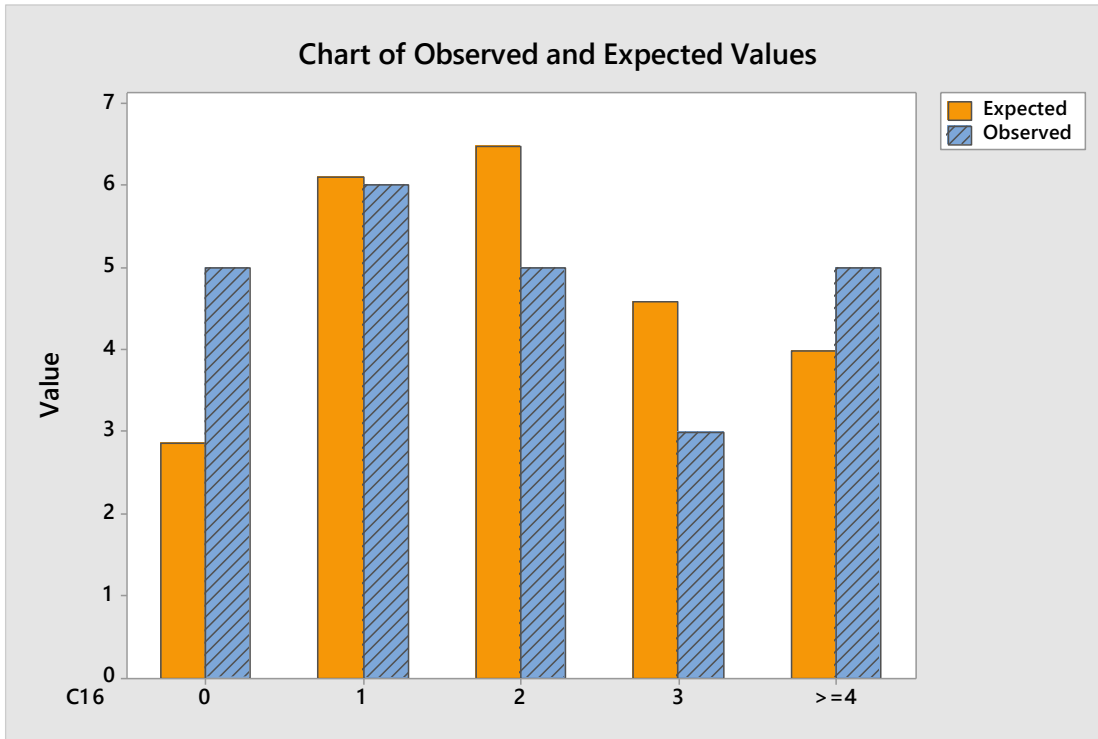
C15	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
0	19	0.778801	18.6912	0.005101
1	4	0.194700	4.6728	0.096872
>=2	1	0.026499	0.6360	0.208362

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
24	0	1	0.310335	0.577

WARNING: 1 cell(s) (33.33%) with expected value(s) less than 1. Chi-Square approximation probably invalid.

2 cell(s) (66.67%) with expected value(s) less than 5.

Έλεγχος  $\chi^2$  για το προϊόν 100SDEA041



Data column: C16

Poisson mean for C16 = 2.125

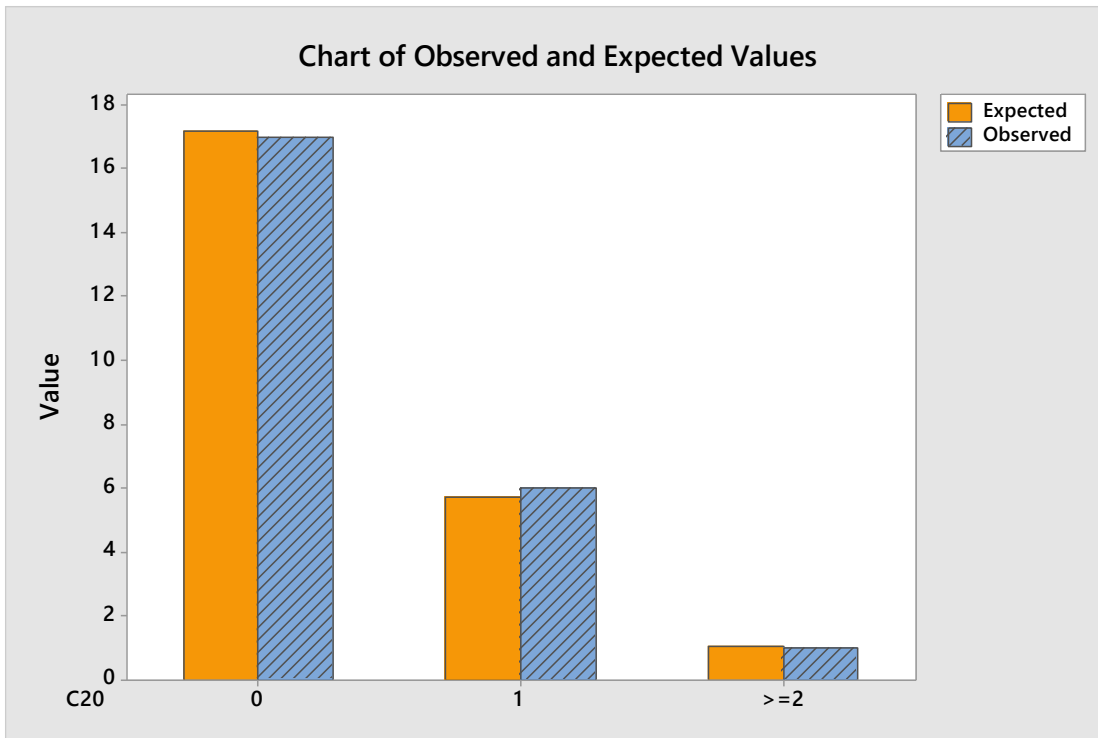
C16	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
0	5	0.119433	2.86639	1.58816
1	6	0.253795	6.09108	0.00136
2	5	0.269657	6.47177	0.33470
3	3	0.191007	4.58417	0.54745
>=4	5	0.166108	3.98658	0.25762

N N\* DF Chi-Sq P-Value

24 0 3 2.72929 0.435

3 cell(s) (60.00%) with expected value(s) less than 5.

Έλεγχος  $\chi^2$  για το προϊόν CS-500ES



**Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution**

Data column: C20

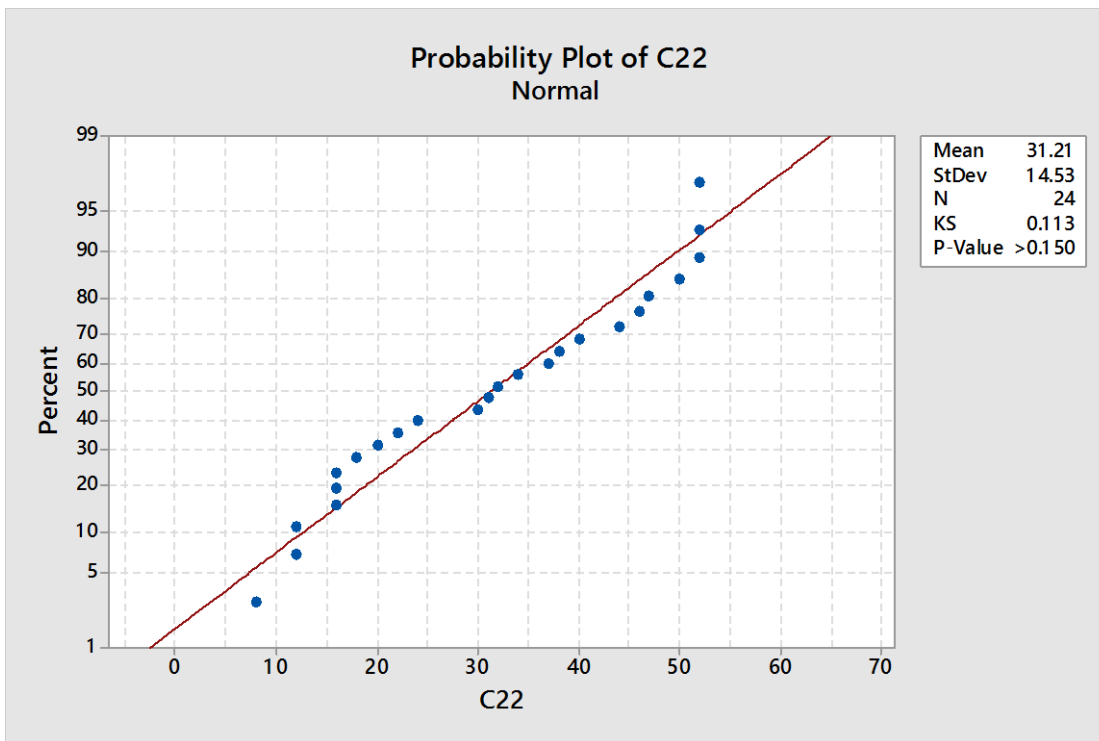
Poisson mean for C20 = 0.333333

C20	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
0	17	0.716531	17.1968	0.0022511
1	6	0.238844	5.7323	0.0125064
>=2	1	0.044625	1.0710	0.0047066

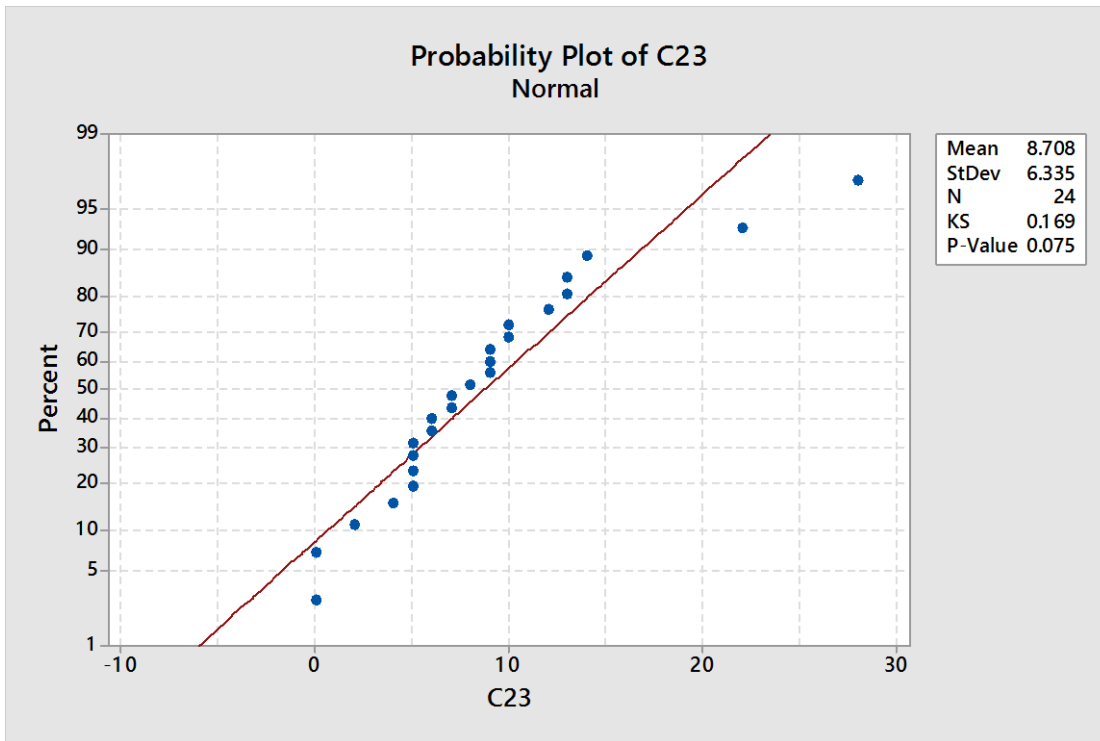
N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
24	0	1	0.0194640	0.889

1 cell(s) (33.33%) with expected value(s) less than 5

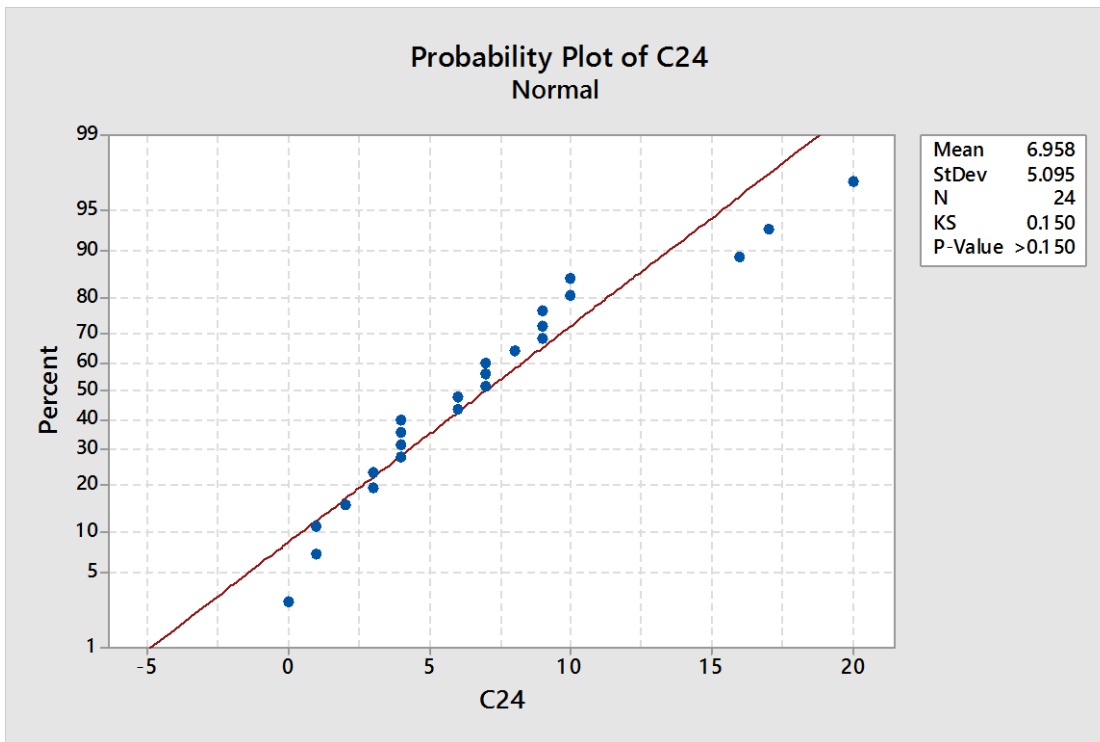
Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για το προϊόν 2T-00-0002



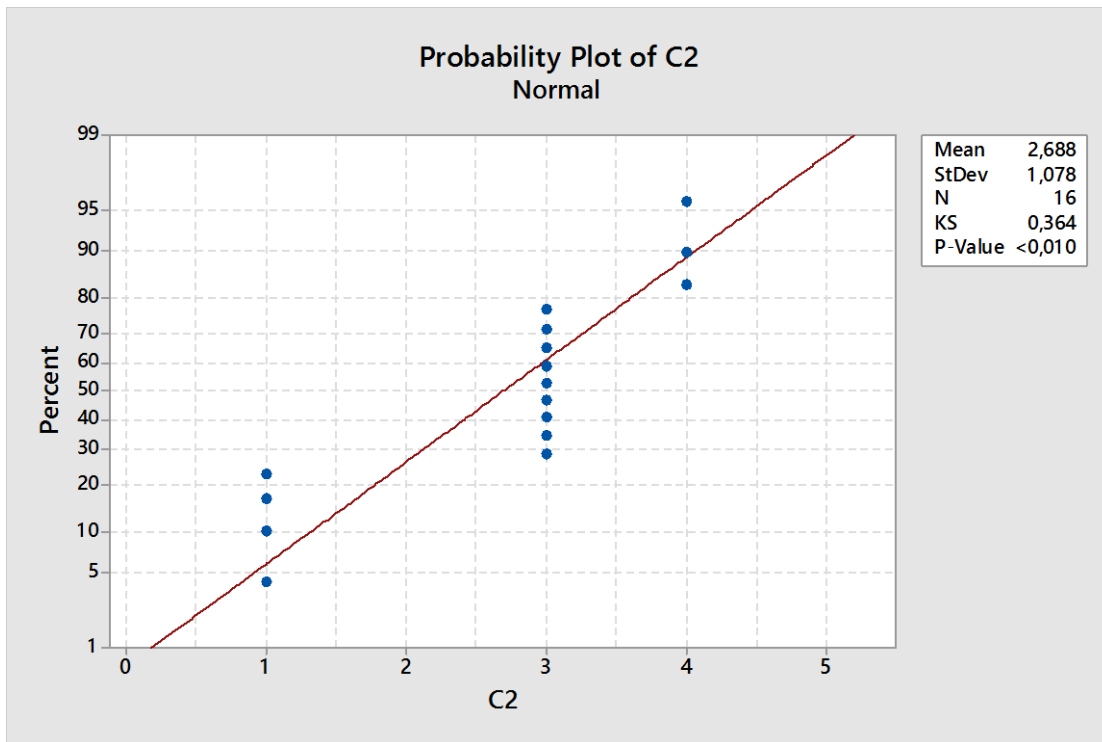
Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για το προϊόν 2T-00-0001



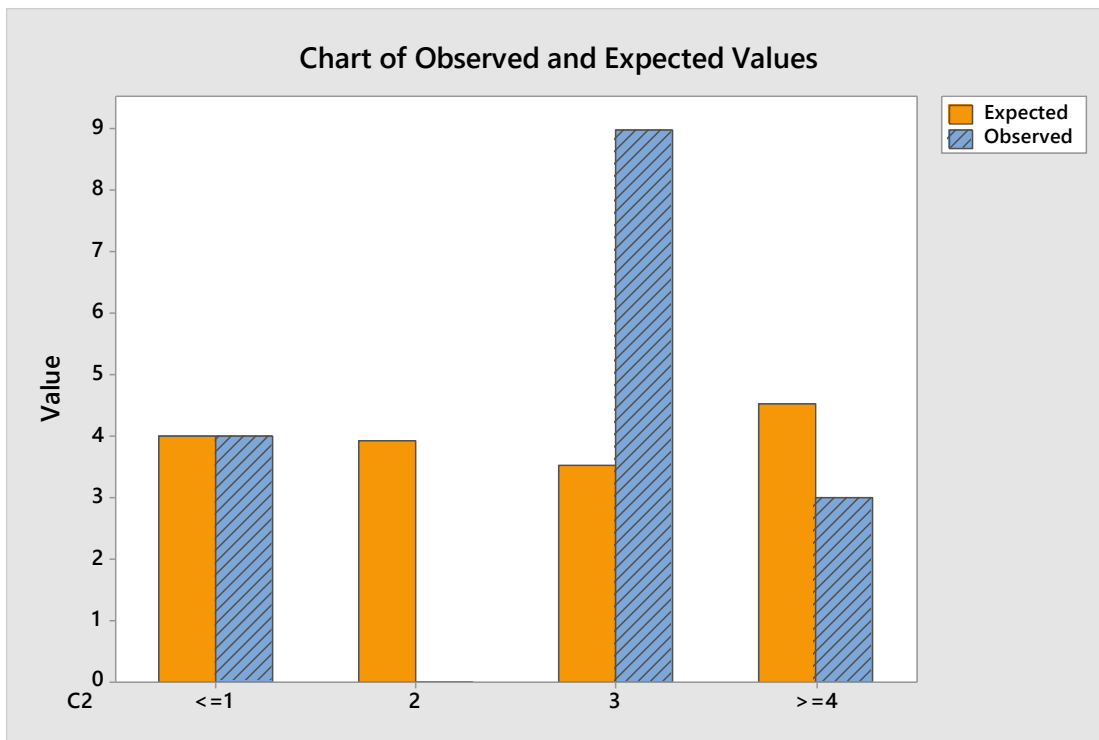
Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για το προϊόν 2T-00-0000



Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για την υψηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος 327-57



## Έλεγχος $\chi^2$ για την υψηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος 327-57



### Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution

Data column: C2

Poisson mean for C2 = 2,6875

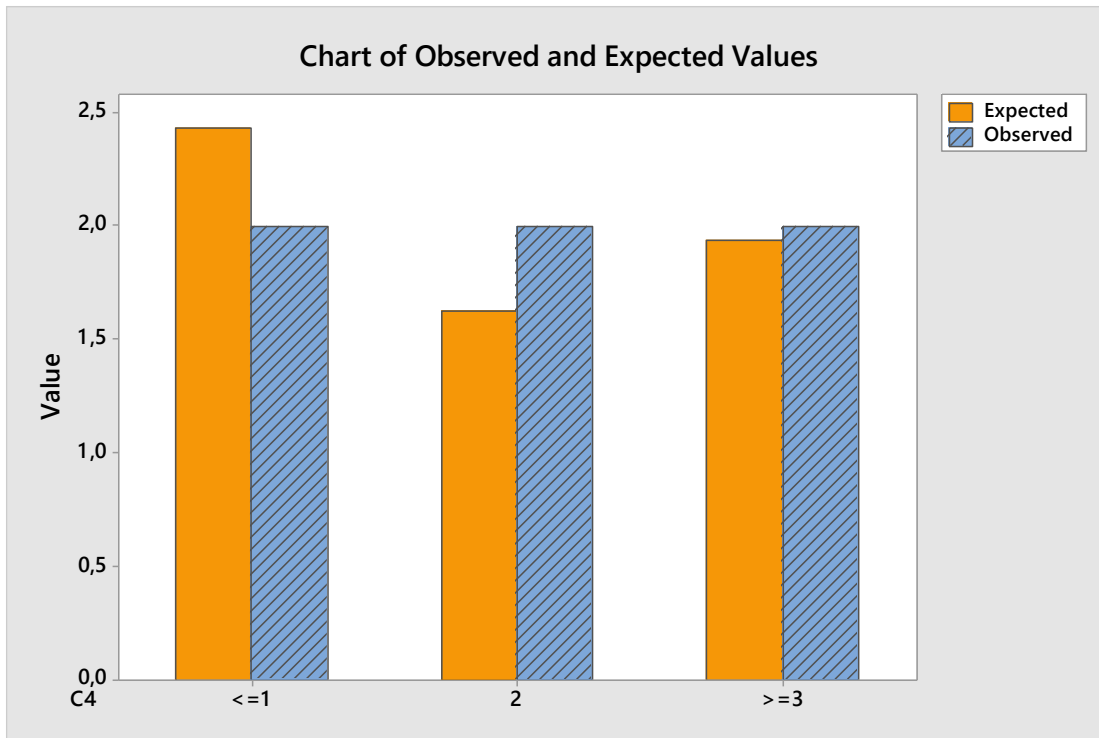
C2	Observed	Poisson		
		Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
<=1	4	0,250938	4,01500	0,00006
2	0	0,245754	3,93206	3,93206
3	9	0,220155	3,52247	8,51768
>=4	3	0,283154	4,53046	0,51701

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
16	0	2	12,9668	0,002

4 cell(s) (100,00%) with expected value(s) less than 5.



Έλεγχος  $\chi^2$  για την υψηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος 150MPBK095



### Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution

Data column: C4

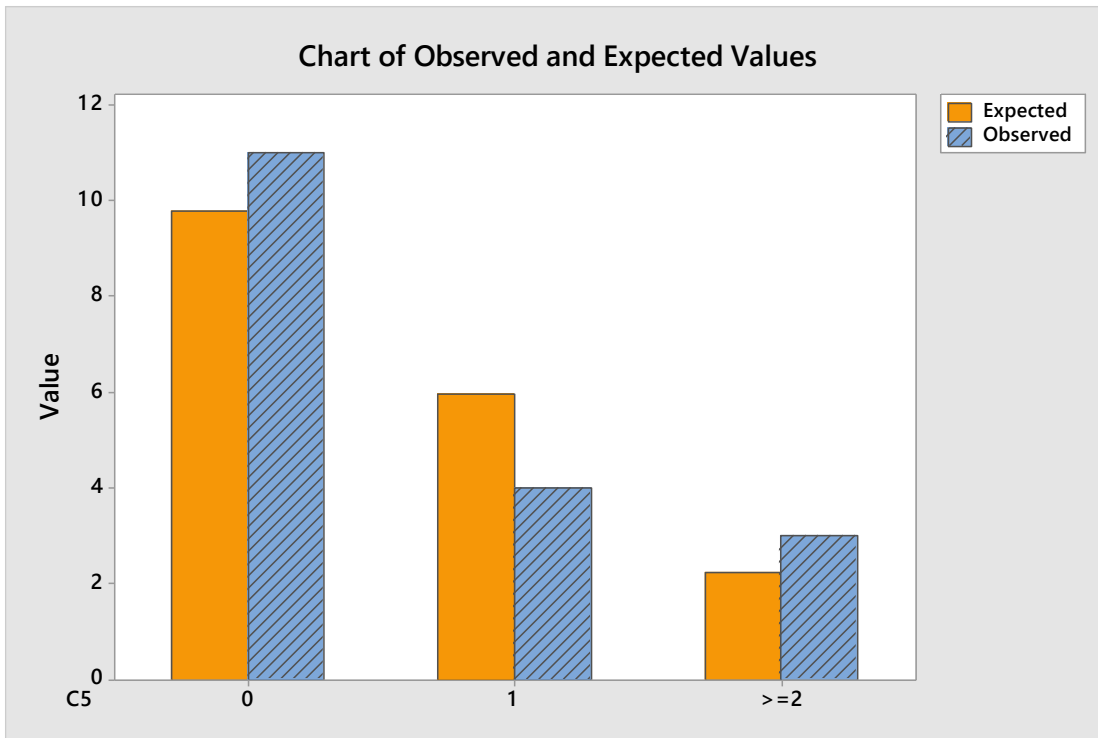
Poisson mean for C4 = 2

C4	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
<=1	2	0,406006	2,43604	0,0780476
2	2	0,270671	1,62402	0,0870421
>=3	2	0,323324	1,93994	0,0018593

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
6	0	1	0,166949	0,683

3 cell(s) (100,00%) with expected value(s) less than 5.

Έλεγχος  $\chi^2$  για την χαμηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος SRM-510ES



**Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution**

Data column: C5

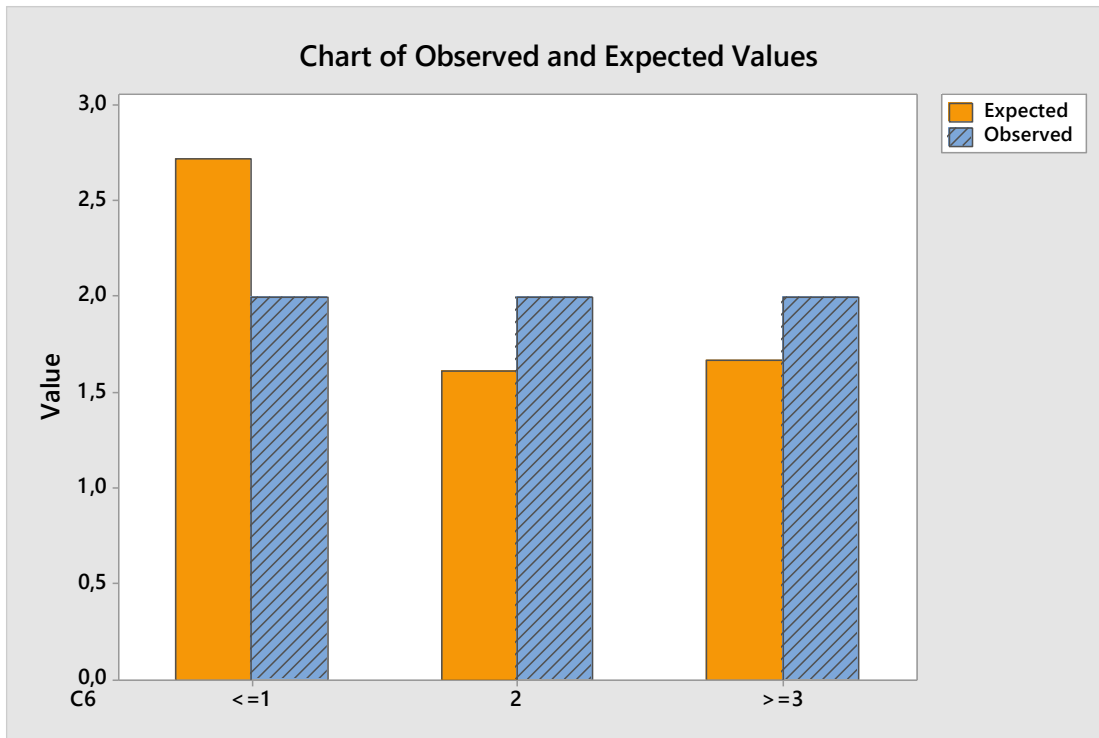
Poisson mean for C5 = 0,611111

C5	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
0	11	0,542747	9,76945	0,154998
1	4	0,331679	5,97022	0,650190
>=2	3	0,125574	2,26032	0,242055

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
18	0	1	1,04724	0,306

1 cell(s) (33,33%) with expected value(s) less than 5.

Έλεγχος  $\chi^2$  για την υψηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος SRM-510ES



**Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution**

Data column: C6

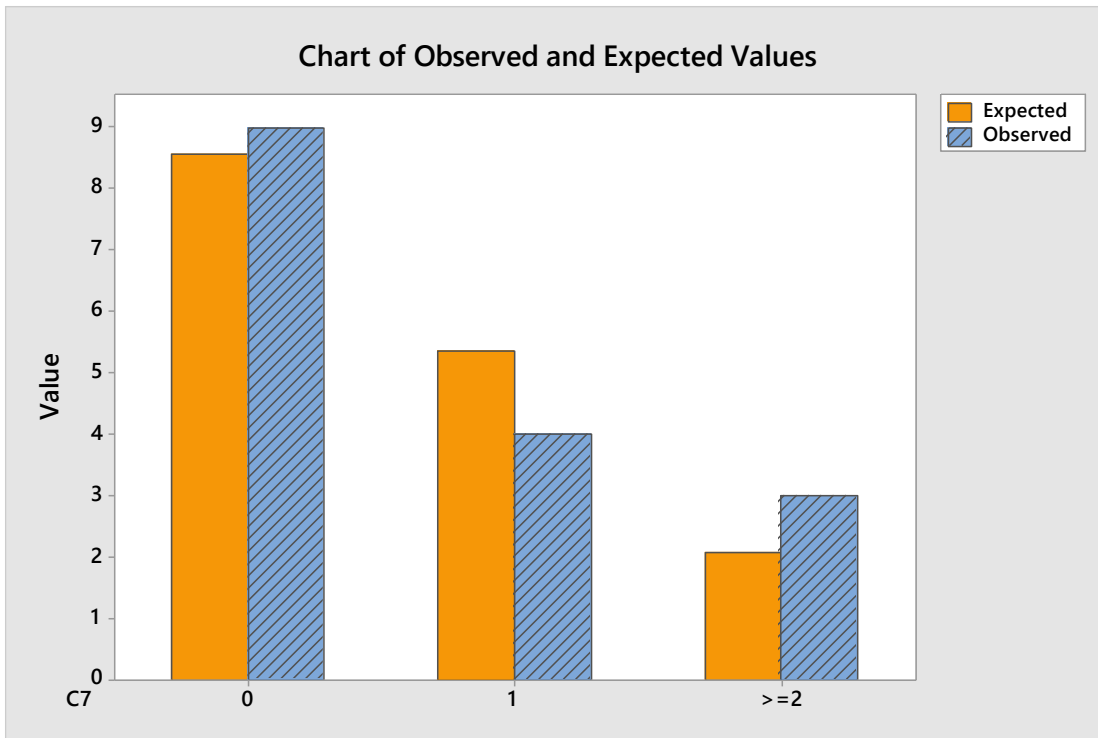
Poisson mean for C6 = 1,83333

C6	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
<=1	2	0,452993	2,71796	0,189650
2	2	0,268687	1,61212	0,093324
>=3	2	0,278321	1,66992	0,065243

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
6	0	1	0,348217	0,555

3 cell(s) (100,00%) with expected value(s) less than 5.

Έλεγχος  $\chi^2$  για την χαμηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος CS-3000ES



**Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution**

Data column: C7

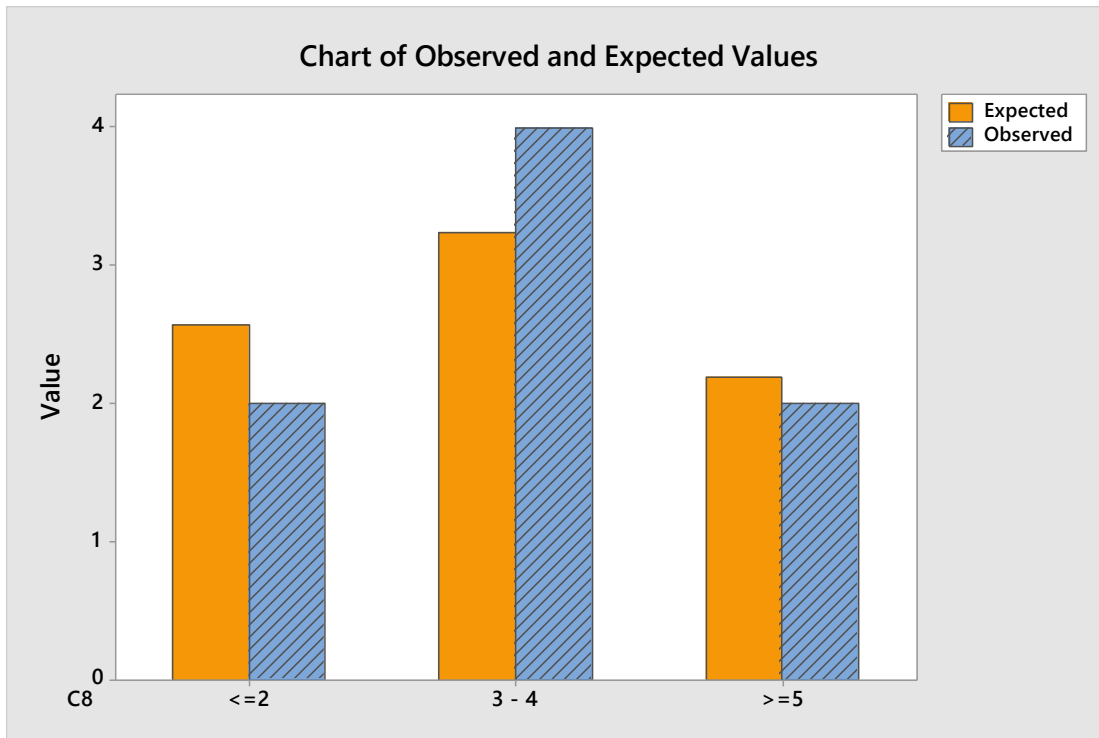
Poisson mean for C7 = 0,625

C7	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
0	9	0,535261	8,56418	0,022178
1	4	0,334538	5,35261	0,341808
>=2	3	0,130200	2,08320	0,403473

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
16	0	1	0,767459	0,381

1 cell(s) (33,33%) with expected value(s) less than 5.

Έλεγχος  $\chi^2$  για την υψηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος CS-3000ES



**Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution**

Data column: C8

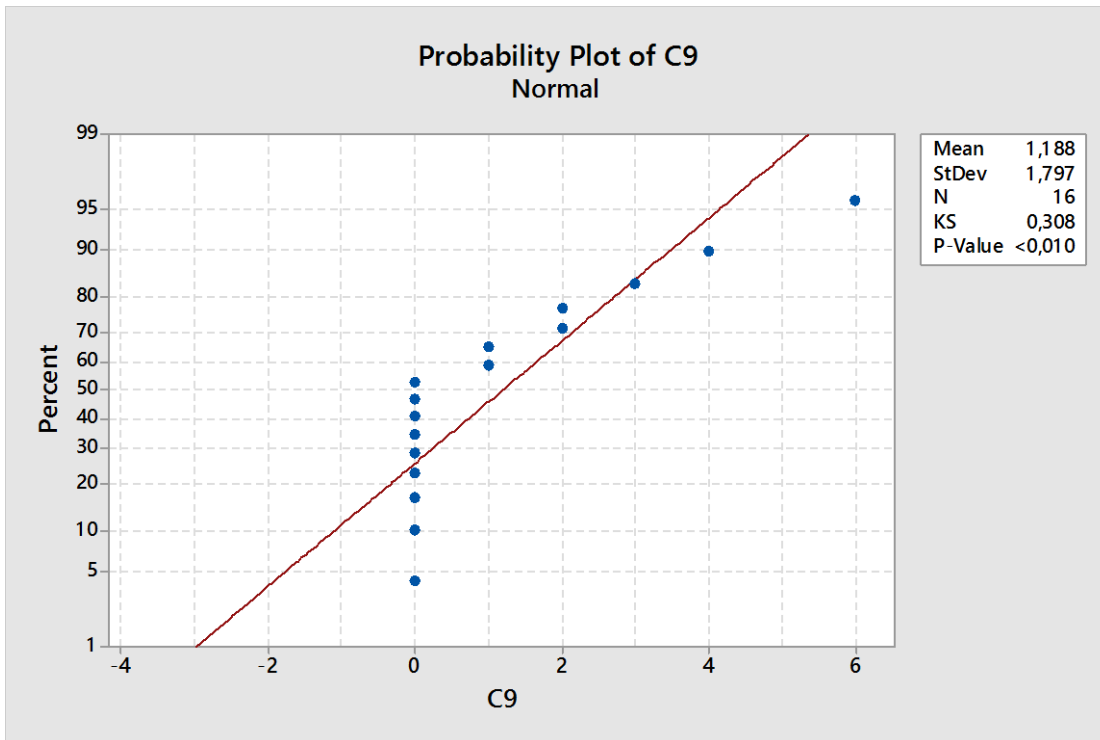
Poisson mean for C8 = 3,5

C8	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
<=2	2	0,320847	2,56678	0,125152
3 - 4	4	0,404598	3,23678	0,179963
>=5	2	0,274555	2,19644	0,017569

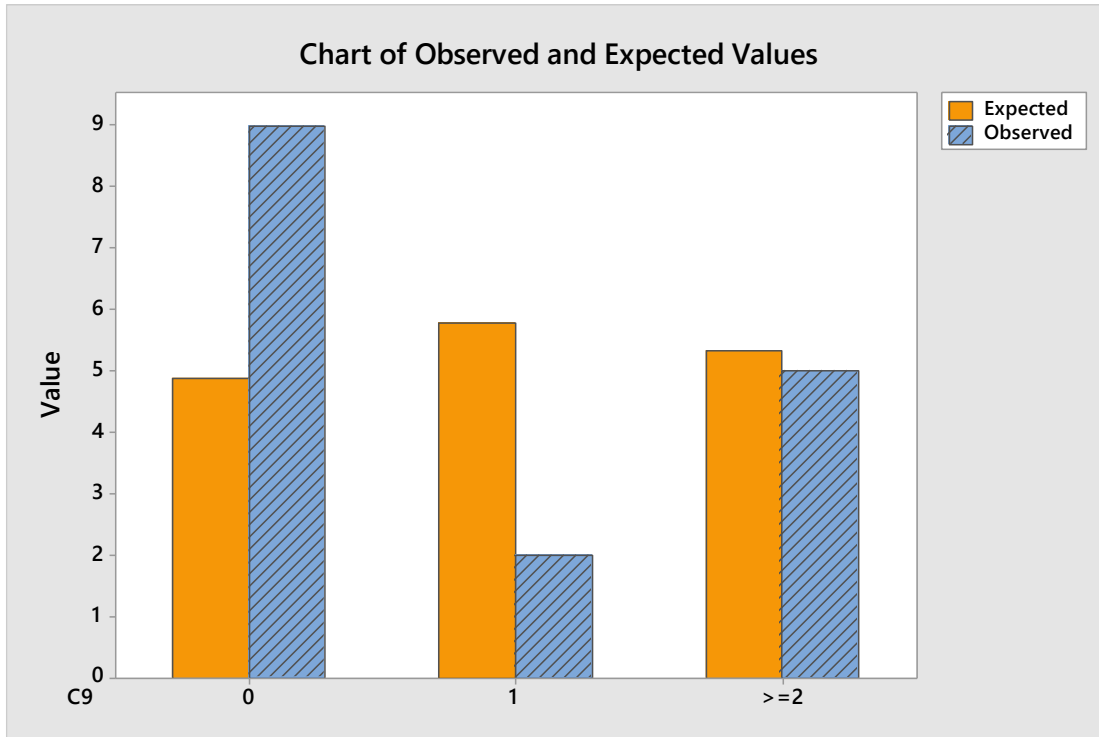
N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
8	0	1	0,322684	0,570

3 cell(s) (100,00%) with expected value(s) less than 5.

Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για τη χαμηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος CS-352ES



Έλεγχος  $\chi^2$  για τη χαμηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος CS-352ES



### Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution

Data column: C9

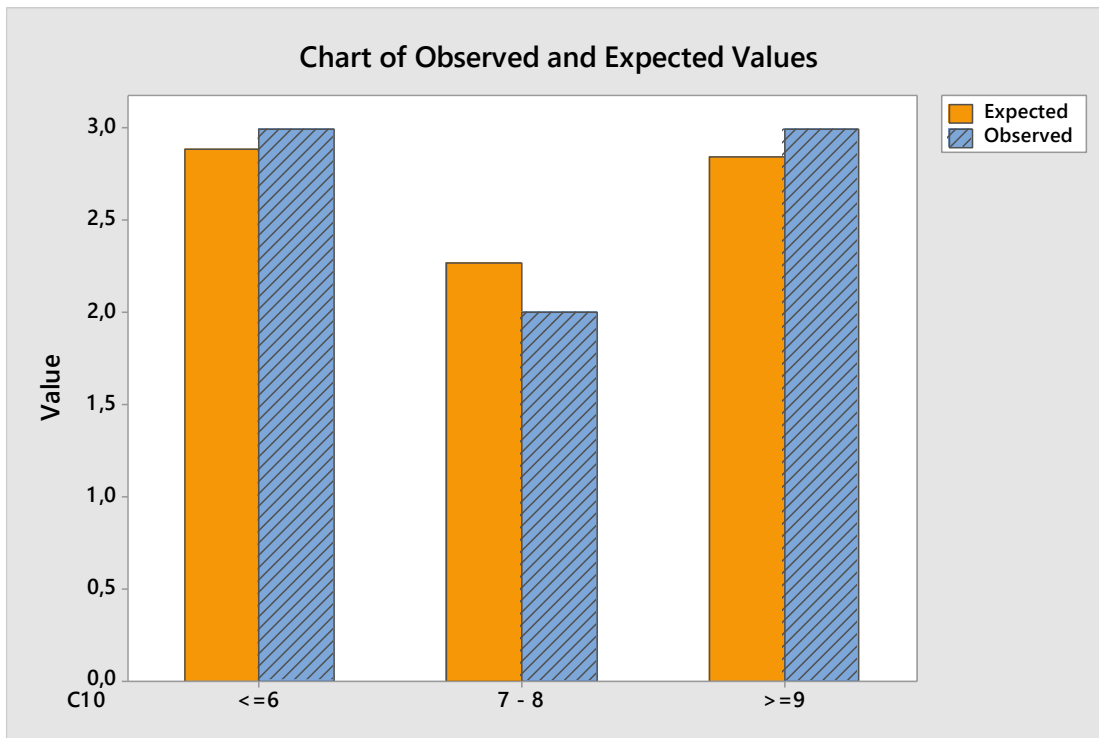
Poisson mean for C9 = 1,1875

C9	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
0	9	0,304983	4,87972	3,47902
1	2	0,362167	5,79467	2,48496
>=2	5	0,332850	5,32560	0,01991

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
16	0	1	5,98389	0,014

1 cell(s) (33,33%) with expected value(s) less than 5.

Έλεγχος  $\chi^2$  για την υψηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος CS-352ES



### Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution

Data column: C10

Poisson mean for C10 = 7,625

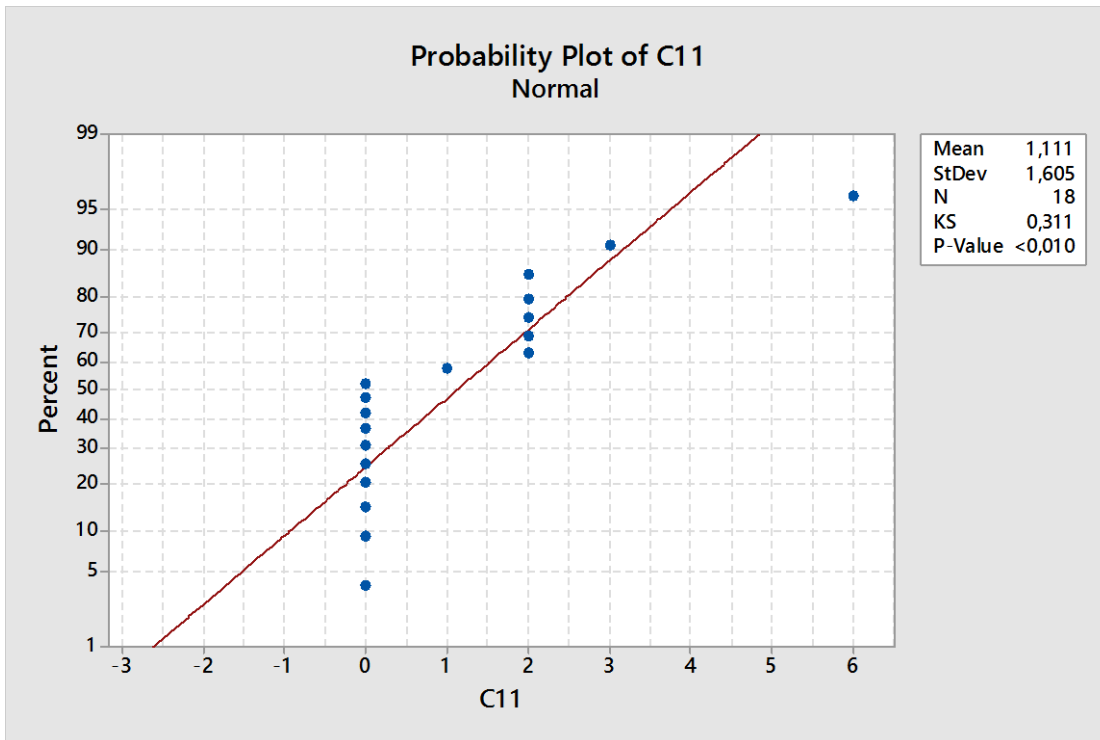
C10	Observed	Poisson Probability	Expected	Contribution to Chi-Sq
<=6	3	0,361281	2,89025	0,0041674
7 - 8	2	0,283454	2,26763	0,0315871
>=9	3	0,355264	2,84211	0,0087709

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
8	0	1	0,0445254	0,833

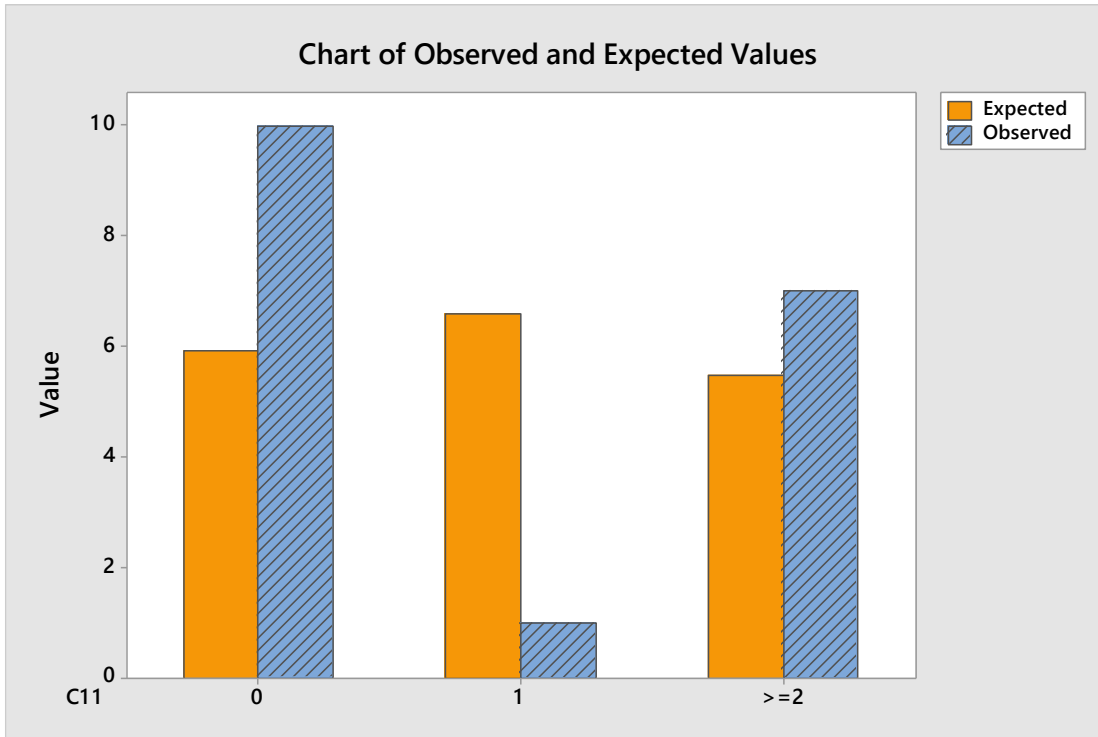
3 cell(s) (100,00%) with expected value(s) less than 5.



Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για τη χαμηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος 04PT-16371



Έλεγχος  $\chi^2$  για τη χαμηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος 04PT-16371



### Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution

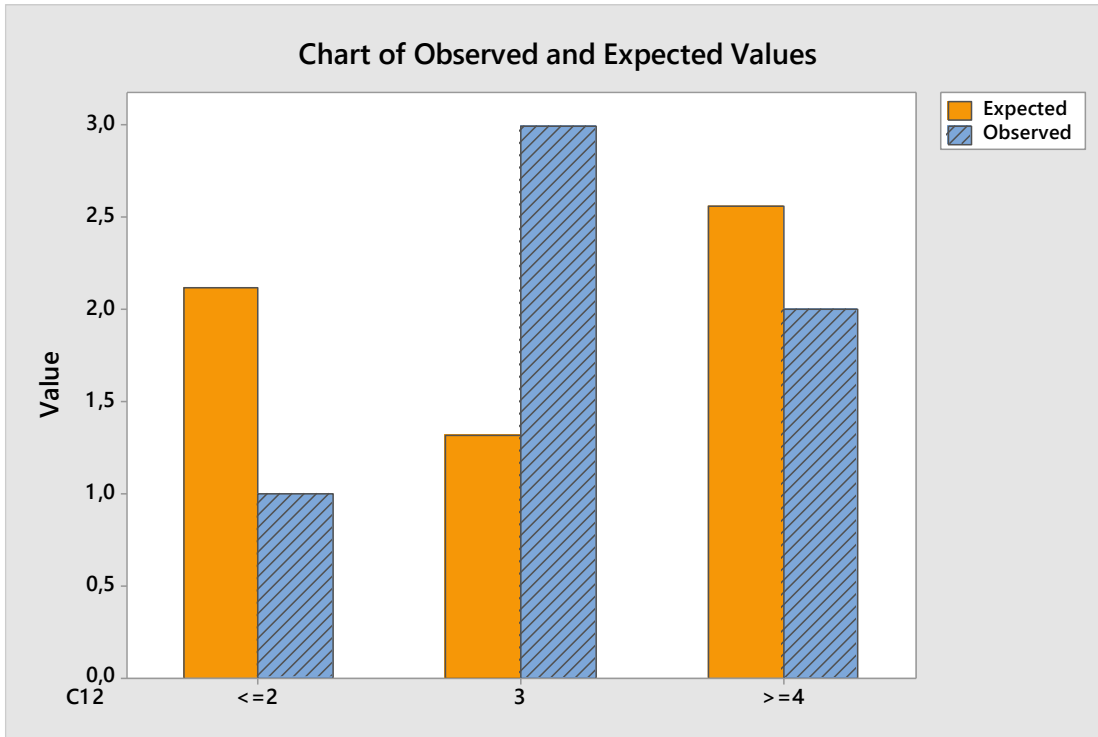
Data column: C11

Poisson mean for C11 = 1,11111

C11	Observed	Poisson		Contribution to Chi-Sq
		Probability	Expected	
0	10	0,329193	5,92547	2,80176
1	1	0,365770	6,58386	4,73575
>=2	7	0,305037	5,49067	0,41490

N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
18	0	1	7,95241	0,005

Έλεγχος  $\chi^2$  για τη υψηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος 04PT-16371



### Goodness-of-Fit Test for Poisson Distribution

Data column: C12

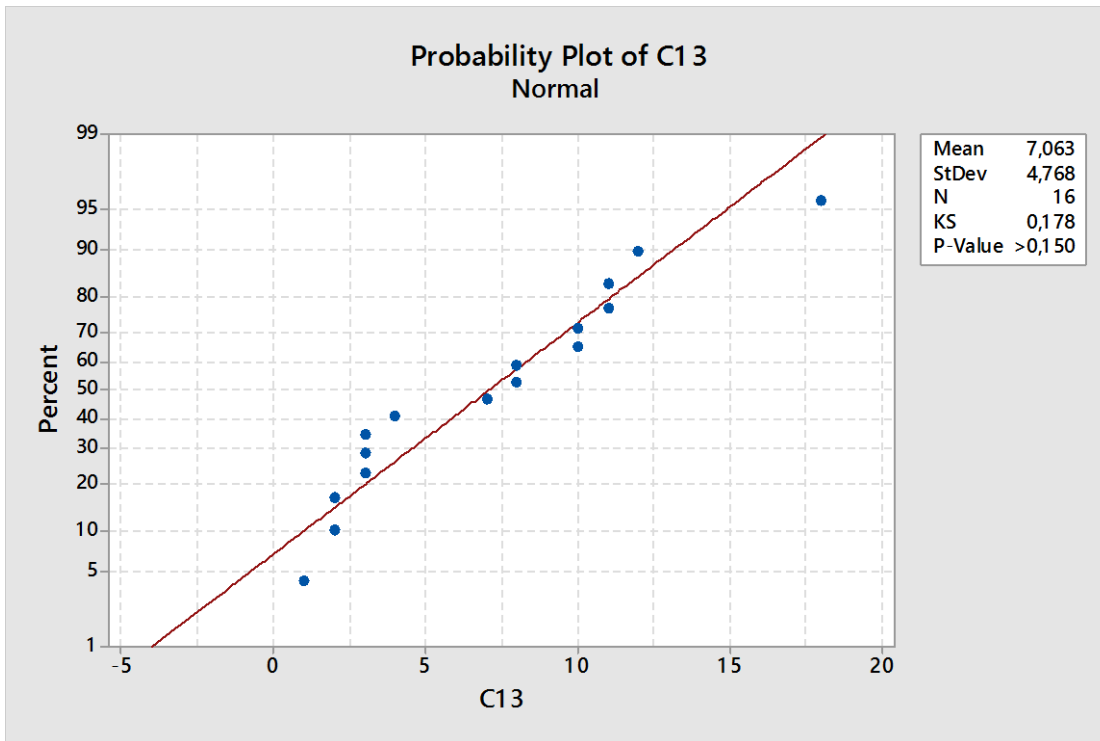
Poisson mean for C12 = 3,33333

C12	Observed	Poisson		Contribution to Chi-Sq
		Probability	Expected	
<=2	1	0,352776	2,11666	0,58910
3	3	0,220210	1,32126	2,13294
>=4	2	0,427014	2,56208	0,12331

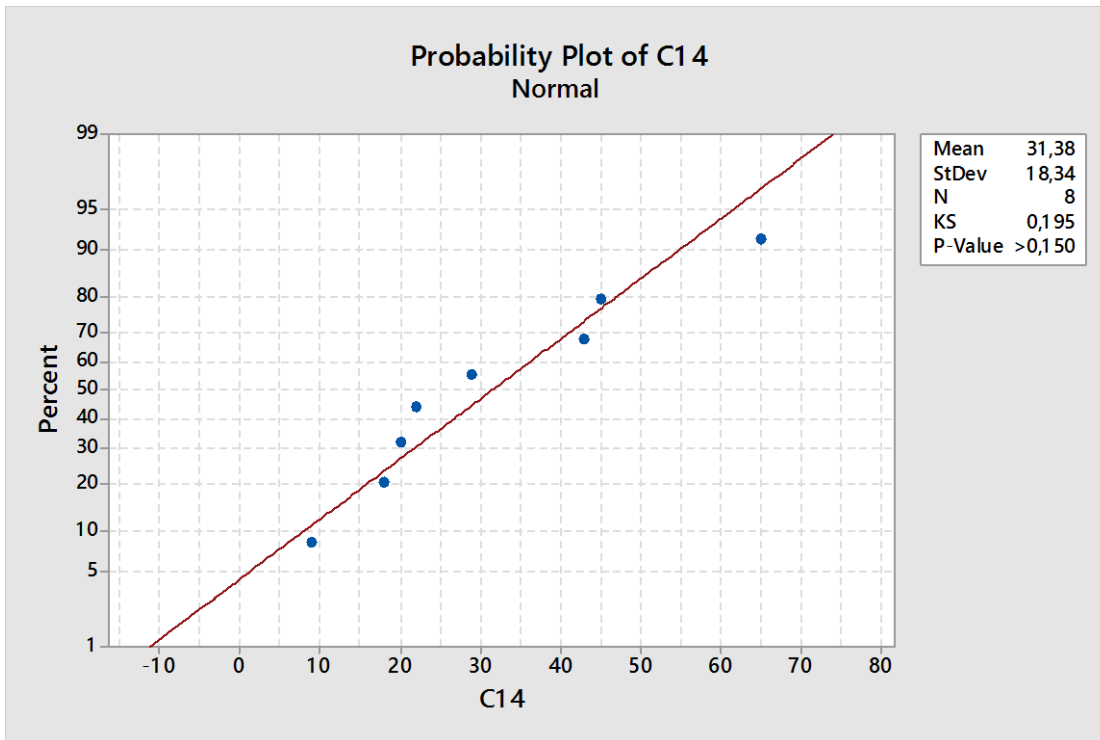
N	N*	DF	Chi-Sq	P-Value
6	0	1	2,84536	0,092

3 cell(s) (100,00%) with expected value(s) less than 5.

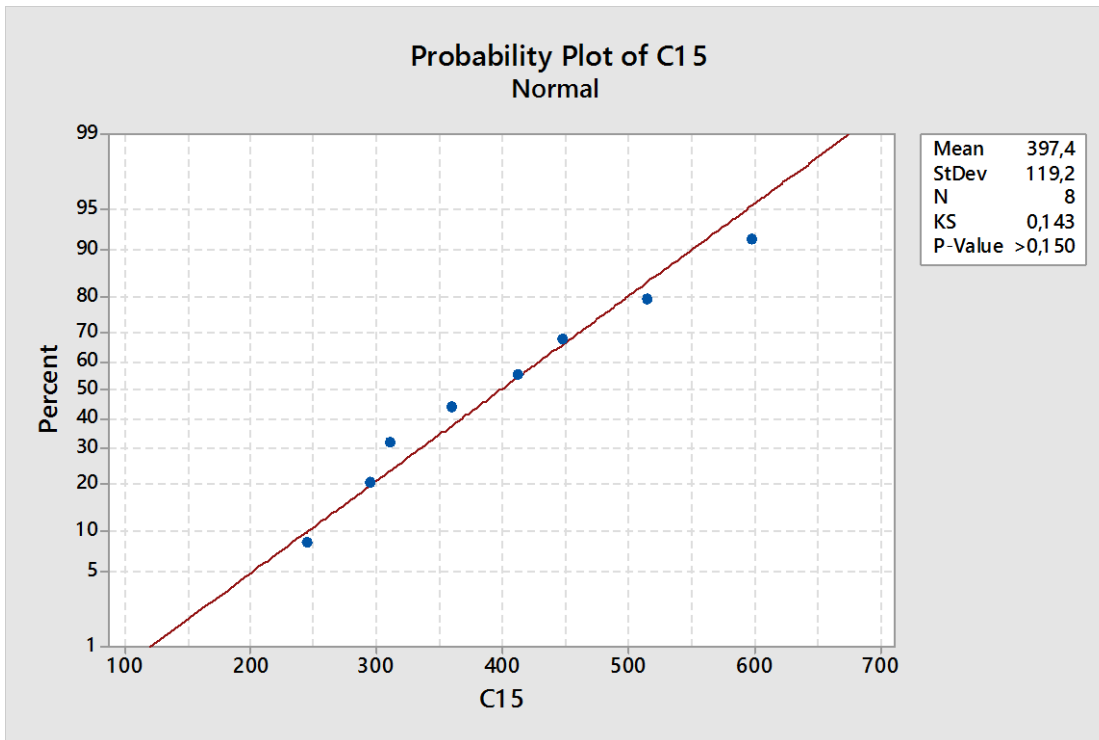
Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για τη χαμηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος NK-03-0006



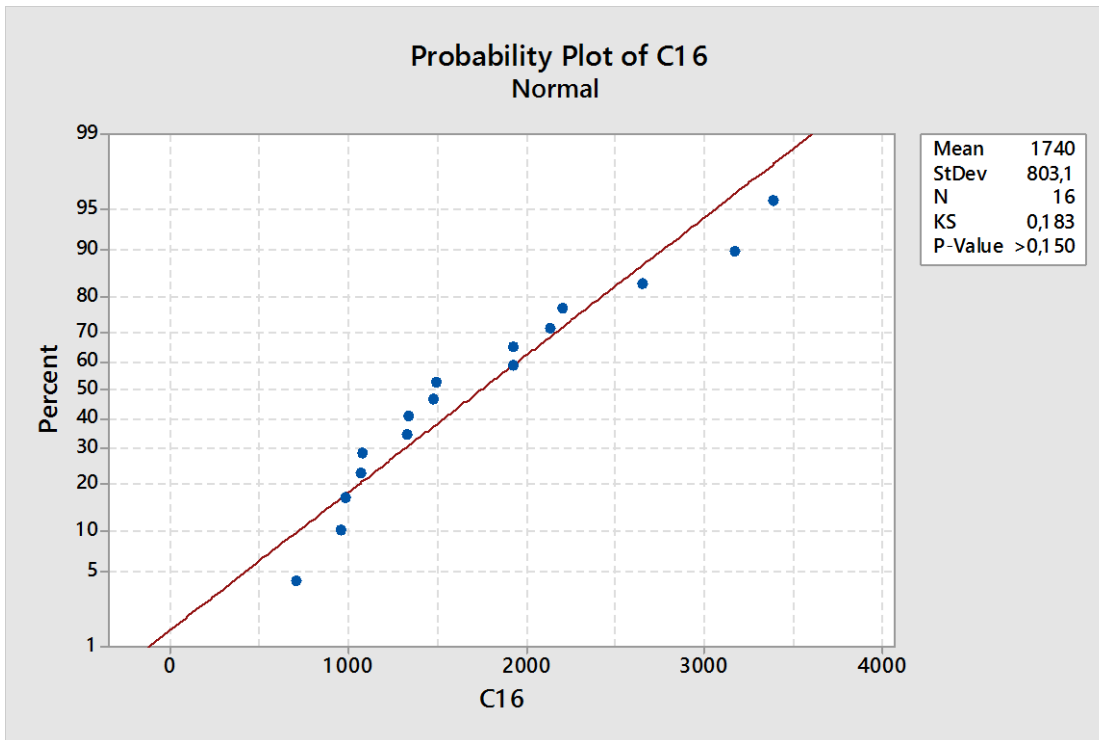
Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για τη υψηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος NK-03-0006



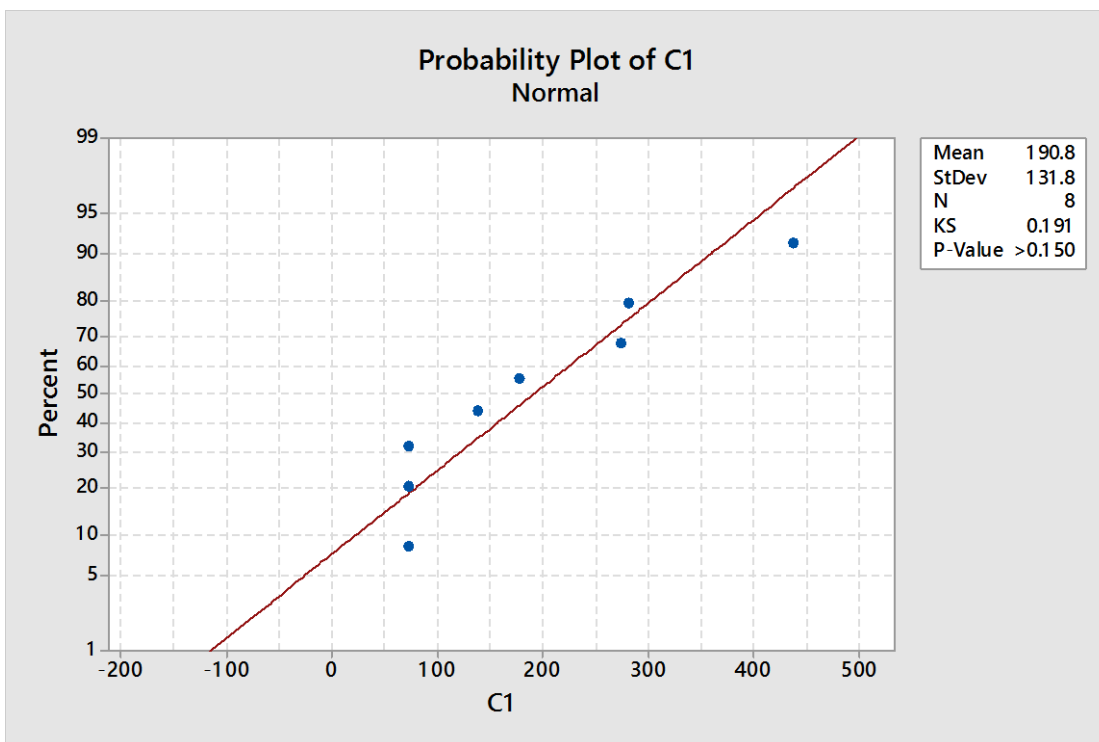
Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για τη χαμηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος OP-91



Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για τη υψηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος OP-91

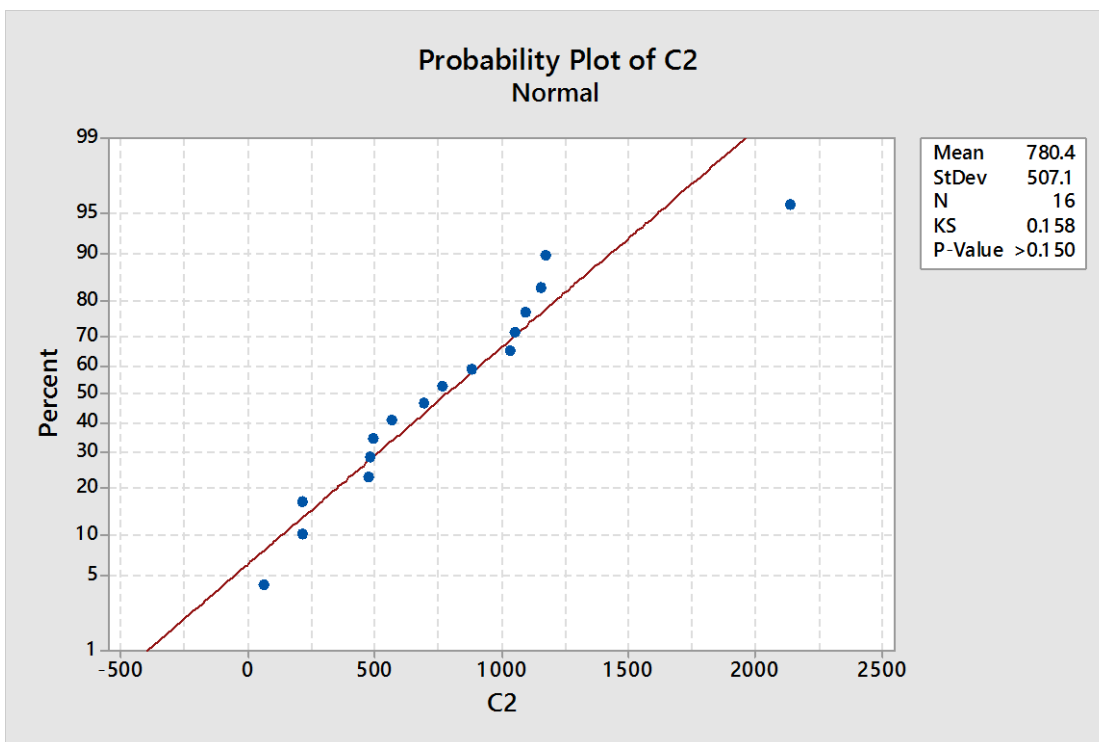


Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για τη χαμηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος OP-325

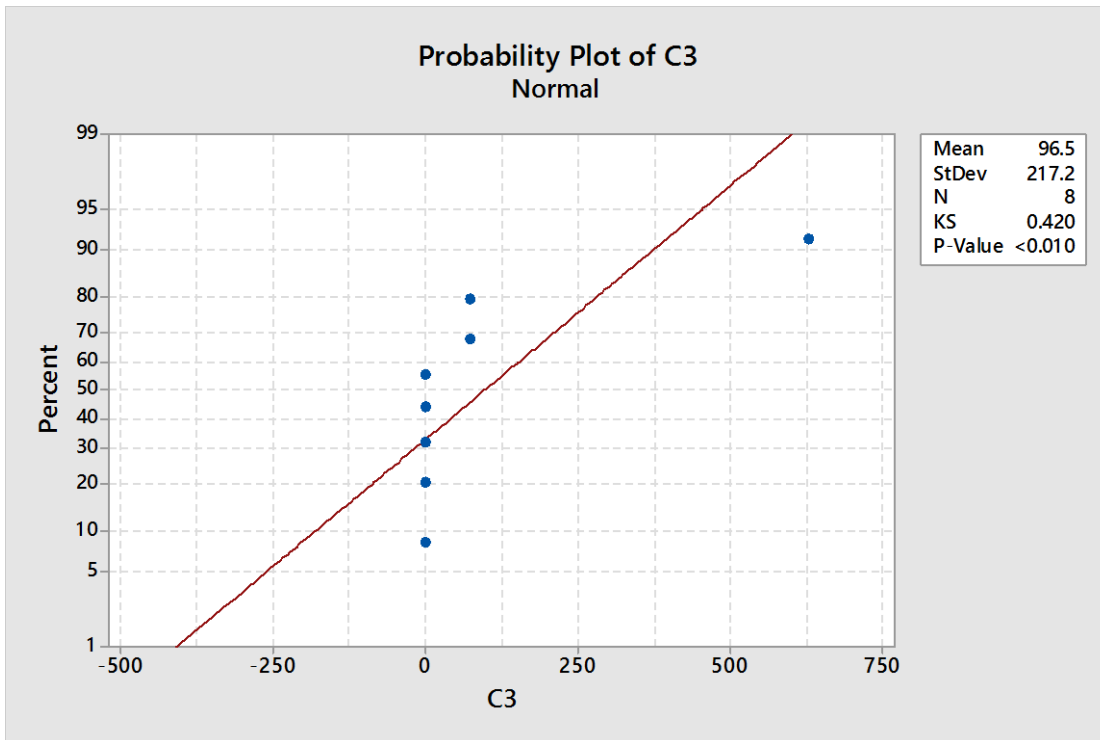




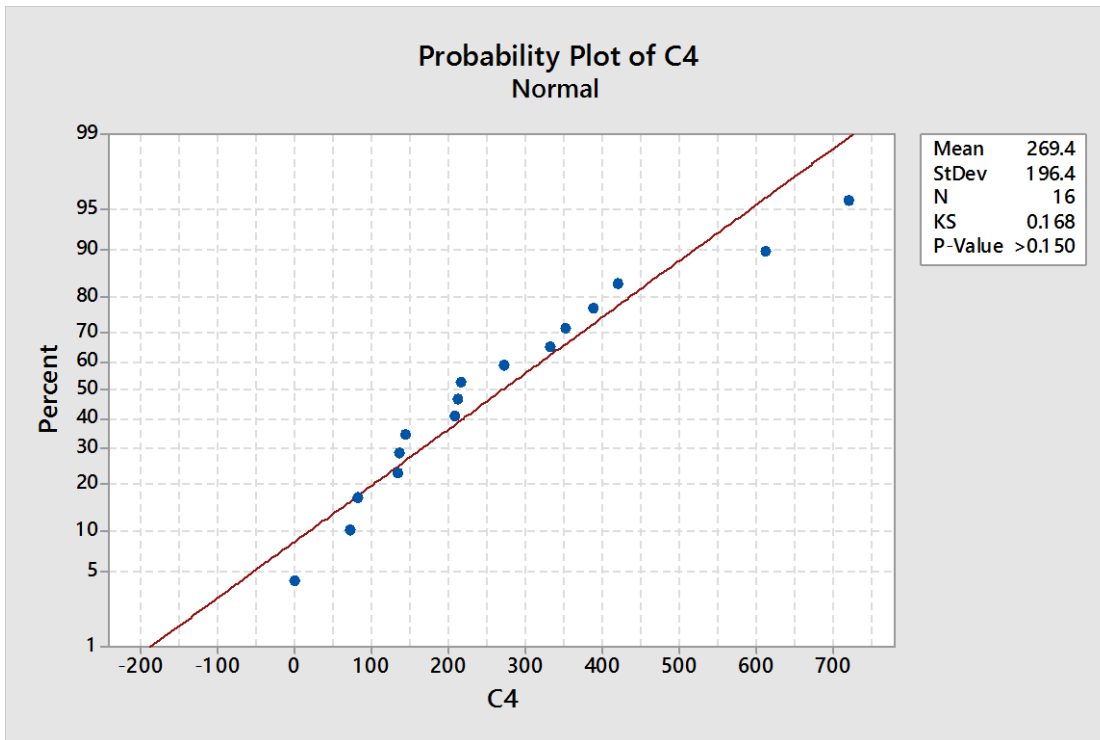
Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για τη υψηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος OP-325



Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για τη χαμηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος OP-73



Έλεγχος Kolmogorov-Smirnov για τη υψηλή περίοδο ζήτησης του προϊόντος OP-073



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Κώδικας προσομοίωσης προτεινόμενου συστήματος

```

clear all;
clc;

D=[6 0 2 3 0 1 1 0 3 0 0 1 0 0 0 1 333 0 2 0 0
22 6 4 2 3 1330 1153
5 0 1 4 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 4 72 0 2 0 0 38
9 3 2 4 960 216
0 0 1 4 3 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 135 0 0 0 0 16
6 3 2 22 1336 212
4 0 0 4 2 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 2 0 1 0 0 0 46
5 7 0 18 704 60
0 0 0 0 9 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 44
14 1 0 20 244 72
0 0 1 1 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 0 0 0 18
9 4 0 29 447 72
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 72 2 1 1 0 12
8 4 0 10 515 282
1 0 0 1 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 72 1 0 2 0 8
4 0 0 10 310 178
3 0 0 3 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 613 0 2 0 9 16
13 4 3 8 1076 883
7 1 2 3 3 0 2 3 0 0 0 0 0 0 0 3 83 1 6 0 11 50
9 9 2 3 2205 1054
14 0 0 1 0 0 1 2 0 0 0 0 0 0 0 2 353 0 3 1 7
24 10 8 4 3 1930 694
12 0 2 3 0 0 2 1 1 0 0 0 0 0 0 2 212 0 4 0 8
40 5 10 3 2 1068 476
5 1 0 3 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 3 144 0 2 1 2 16
0 6 1 1 984 494
5 1 2 3 0 0 0 0 1 0 0 2 0 0 1 3 208 1 1 0 2 34
0 9 2 2 1494 764
15 0 0 3 1 0 1 2 3 0 1 1 0 0 1 6 137 0 0 0 6
32 7 20 0 9 2135 1171
2 1 0 3 2 0 0 1 3 1 1 0 1 0 1 0 389 2 1 0 3 20
5 17 6 45 1475 568
3 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 4 1 1 0 3 0 0 4 52
28 16 2 65 597 72
1 0 0 0 4 3 1 0 0 1 1 0 0 0 2 1 0 3 1 0 1 12
22 7 0 43 295 274
1 0 2 0 1 2 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 37
2 2 0 11 359 138
1 0 0 0 1 2 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 628 1 0 0 1 30
13 1 0 12 412 438
3 1 0 1 3 0 1 2 2 0 0 1 0 1 0 2 272 2 3 1 6 52
5 7 0 8 1924 478
7 4 0 1 1 0 4 2 2 0 0 0 0 0 0 4 722 3 5 1 6 52
12 10 3 7 3172 2136
6 2 0 3 2 2 3 2 1 0 1 0 0 0 0 7 217 0 1 0 4 31
7 6 3 18 3394 1094
7 1 0 1 0 22 0 3 1 1 4 1 0 0 0 5 421 0 4 1 10
47 10 9 5 11 2656 1034];

```

```
D=D'
```

```

S=[8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8
3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
3 3
3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
3 3
8 8 8 8 3 3 3 3 8 8 8 8 8 8 8 8 3 3 3 3 8 8
8 8
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
6 6
3 3 3 3 3 3 3 3 3 7 7 7 3 3 3 3 3 3 3 3 7
7 7
4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4
4 4
4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4
4 4
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1
3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
3 3
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7
476 476 476 476 183 183 183 183 476 476 476 476 476 476 476 476 183 183 183
183 476 476 476 476
1 1 1 3 3 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 3 3 3 1 1 1 1
1 1
2 2 2 2 2 2 2 2 6 6 6 6 2 2 2 2 2 2 2 6 6
6 6
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1
3 3 3 3 3 3 3 3 12 12 12 12 3 3 3 3 3 3 3 12
12 12 12
64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64
64 64 64
20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
20 20 20
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
15 15 15
5 5 5 5 5 5 5 5 5 9 9 9 5 5 5 5 5 5 5 9
9 9
14 14 43 43 43 43 14 14 14 14 14 14 14 14 43 43 43 43 14 14 14
14 14 14
2406 2406 2406 2406 552 552 552 552 2406 2406 2406 2406
2406 2406 2406 2406 552 552 552 552 2406 2406 2406 2406
1458 1458 1458 1458 311 311 311 311 1458 1458 1458 1458
1458 1458 1458 1458 311 311 311 311 1458 1458 1458 1458]

```

```
v=[186.9  
11.6  
14.4  
14.85  
5.5  
6  
11.52  
8.75  
8.25  
399  
260.02  
320  
123.75  
110  
240.35  
9.42  
0.15  
327  
148.5  
319.95  
134.82  
0.85  
4.8  
6.6  
12.5  
5.5  
0.13  
0.12];
```

```
Bv=[3  
6.8  
8.5  
8.8  
3.3  
3.6  
6.5  
5  
4.5  
7  
7  
7  
6  
6  
7  
5.5  
0.07  
4  
3  
3  
3  
0.5  
2.8  
3.8  
7.5  
3.3
```

```

0.06
0.07];

r=0.00183;
d=S-D;
TC=0;
Tel=0;
Dv=0;
for j=1:24
    TC=TC+70;
    for i=1:28
        if d(i,j)>0
            TC=TC+v(i)*r*(S(i,j)+d(i,j))/2;
        else
            Tel=Bv(i)*abs(d(i,j));
            TC=TC+v(i)*r*S(i,j)/2+Bv(i)*abs(d(i,j));
        end
    end
end
TC
Tmet=24*70
Td=TC-Tel-24*70
Tel

```

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Κώδικας προσομοίωσης συστήματος με ενδιάμεση παραγγελία

```
clear all;
clc;

tic

ep=1000;
C=zeros(ep,1);
for k=1:ep
%endiamesi periodos
se=[8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
    1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
    3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
    1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
    1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
    1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
    1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
    1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
    1 1 1 3 3 3 1 1 1 1 1 1 1
    2 2 2 2 2 2 2 2 6 6 6 6
    3 3 3 3 3 3 3 3 12 12 12 12];

le=[2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5
    0.083 0.083 0.083 0.083 0.083 0.083 0.083 0.083 0.083 0.083 0.083 0.083 0.083
    0.167 0.167 0.167 0.167 0.167 0.167 0.167 0.167 0.167 0.167 0.167 0.167 0.167
    0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125
    0.021 0.021 0.021 0.021 0.021 0.021 0.021 0.021 0.021 0.021 0.021 0.021 0.021
    0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125
    0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125 0.125
    0.167 0.167 0.167 0.167 0.167 0.167 0.167 0.167 0.167 0.167 0.167 0.167 0.167
    0.305 0.305 0.305 0.917 0.917 0.917 0.305 0.305 0.305 0.305 0.305 0.305 0.305
    0.3125 0.3125 0.3125 0.3125 0.3125 0.3125 0.3125 0.3125 0.3125 1.75 1.75 1.75
    1.75
    0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 0.55 1.38 1.38 1.38 1.38];

ve=[186.9 3
    399 7
    260.02 7
    320 7
    123.75 6
    110 6
    240.35 7
    319.95 3
    327 4
    148.5 3
    134.82 3];

%poisson
sp=[3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
    3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
    7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
    6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
    4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4]
```



```

4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
8 8 8 8 3 3 3 3 8 8 8 8
3 3 3 3 3 3 3 3 7 7 7
5 5 5 5 5 5 5 5 9 9 9];

lp=[0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5
0.54 0.54 0.54 0.54 0.54 0.54 0.54 0.54 0.54 0.54 0.54 0.54
1.667 1.667 1.667 1.667 1.667 1.667 1.667 1.667 1.667 1.667 1.667 1.667
1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5
0.875 0.875 0.875 0.875 0.875 0.875 0.875 0.875 0.875 0.875 0.875 0.875
0.833 0.833 0.833 0.833 0.833 0.833 0.833 0.833 0.833 0.833 0.833 0.833
2.125 2.125 2.125 2.125 2.125 2.125 2.125 2.125 2.125 2.125 2.125
0.375 0.375 0.375 0.375 2.6875 2.6875 2.6875 2.6875 0.375 0.375 0.375
0.375
0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 0.333 2 2 2
1.111 1.111 1.111 1.111 1.111 1.111 1.111 1.111 1.111 0.333 0.333
0.333];

vp=[11.6 6.8
14.4 8.5
5.5 3.3
6 3.6
8.75 5
8.25 4.5
9.42 5.5
14.85 8.8
11.52 6.5
12.5 7.5];

%normal
sn=[64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64
20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
14 14 43 43 43 43 14 14 14 14 14 14
2406 2406 2406 2406 552 552 552 552 2406 2406 2406 2406
1458 1458 1458 1458 311 311 311 311 1458 1458 1458 1458
476 476 476 476 183 183 183 183 476 476 476 476];

mn=[31.21 31.21 31.21 31.21 31.21 31.21 31.21 31.21 31.21 31.21 31.21 31.21 31.21
8.708 8.708 8.708 8.708 8.708 8.708 8.708 8.708 8.708 8.708 8.708 8.708
6.958 6.958 6.958 6.958 6.958 6.958 6.958 6.958 6.958 6.958 6.958 6.958
7.063 7.063 31.38 31.38 31.38 31.38 7.063 7.063 7.063 7.063 7.063 7.063
397.4 397.4 397.4 397.4 1740 1740 1740 1740 397.4 397.4 397.4 397.4
190.8 190.8 190.8 190.8 780.4 780.4 780.4 780.4 190.8 190.8 190.8 190.8
96.5 96.5 96.5 96.5 269.4 269.4 269.4 269.4 96.5 96.5 96.5 96.5];

stdn=[12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12 12
3.85 3.85 3.85 3.85 3.85 3.85 3.85 3.85 3.85 3.85 3.85 3.85
2.8 2.8 2.8 2.8 2.8 2.8 2.8 2.8 2.8 2.8 2.8 2.8
2.47 2.47 4.15 4.15 4.15 4.15 2.47 2.47 2.47 2.47 2.47 2.47
58.12 58.12 58.12 58.12 250.57 250.57 250.57 250.57 58.12 58.12 58.12
58.12
44 44 44 44 247.9 247.9 247.9 247.9 44 44 44 44
32.53 32.53 32.53 32.53 77.5 77.5 77.5 77.5 32.53 32.53 32.53 32.53];

vn=[0.85 0.5

```

```

4.8 2.8
6.6 3.8
5.5 3.3
0.13 0.06
0.12 0.07
0.15 0.07];
%simulation
r=0.00183;
TC=0;
for j=1:12
    TC=TC+70;
    for a=1:7
        D=mn(a,j)+stdn(a,j)*randn(1);
        if D<0
            D=0;
        end
        tap=sn(a,j)-D;
        if tap>=0
            TC=TC+vn(a,1)*r*(sn(a,j)-tap)/2;
        else
            TC=TC+vn(a,1)*r*sn(a,j)+vn(a,2)*abs(tap);
        end
    end
end

for b=1:10
    D=poissrnd(lp(b,j));
    tap=sp(b,j)-D;
    if tap>=0
        TC=TC+vp(b,1)*r*(sp(b,j)-tap)/2;
    else
        TC=TC+vp(b,1)*r*sp(b,j)/2+vp(b,2)*abs(tap);
    end
end

for c=1:11
    for i=1:2
        S=se(c,j);
        D=poissrnd(le(c,j));
        S=se(c,j)-D;
        if S>=0
            TC=TC+ve(c,1)*0.5*r*(se(c,j)-S)/2;
        else
            TC=TC+ve(c,1)*0.5*r*se(c,j)/2+ve(c,2)*abs(S);
        end
        if S<fix(se(c,j)-le(c,j))
            se(c,j)=fix(se(c,j)-le(c,j)/2)+1;
            TC=TC+ve(c,2)*(se(c,j)-S);
        end
    end
end
end
C(k)=TC;
end
mean(C)
std(C)

toc

```

## Βιβλιογραφία

1. Νενές Γ., πανεπιστημιακές σημειώσεις, Διαχείριση Αποθεμάτων και Εφοδιαστικές Αλυσίδες, 2015, Κοζάνη
2. Ψωινός Δ., 1999, Στατιστική, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη