

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΤΕΛΙΚΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ
«ISOMAT»

ΝΤΙΣΙΟΣ ΣΤΕΡΓΙΟΣ
ΑΕΜ.: 5193

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΤΑΓΑΡΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2018

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο οργάνωσης και διοίκησης επιχειρήσεων του τομέα βιομηχανικής διοίκησης του τμήματος μηχανολόγων μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Έχει ως αντικείμενο την οργάνωση και διαχείριση αποθεμάτων τελικών προϊόντων της εταιρείας «ISOMAT». Σκοπός της εργασίας είναι η οργάνωση της αποθήκης τελικών προϊόντων της εταιρείας που παράγονται εντός του εργοστασίου μέσω της εφαρμογής ενός επιστημονικά τεκμηριωμένου προτύπου διαχείρισης αποθεμάτων.

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να εκφράσω ειλικρινείς ευχαριστίες σε όλους τους ανθρώπους με τους οποίους συνεργάστηκα για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και οι οποίοι με βοήθησαν σημαντικά στην ολοκλήρωσή της. Θα ευχαριστήσω ονομαστικά:

Τον Καθηγητή κ. Γεώργιο Ταγαρά, ο οποίος μου εμπιστεύτηκε το θέμα και με την καθοδήγηση και τις συμβουλές του με βοήθησε σημαντικά στην ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα με τη σειρά να ευχαριστήσω επίσης, τον διευθυντή παραγωγής της εταιρείας ISOMAT, τον κ. Αβραμίδη Κωνσταντίνο για την άπογη συνεργασία και την αμέριστη βοήθειά του κάθε φορά που χρειάστηκε.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τα αδέρφια μου για την υλική αλλά κυρίως ηθική συμπαράστασή τους όλα αυτά τα χρόνια, καθώς έχουν συμβάλλει τα μέγιστα για την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Σκοπός της διπλωματικής εργασίας	1
1.2 Γενική παρουσίαση της εταιρείας «ISOMAT»	2
2. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ	4
2.1 Γενικά	4
2.2 Περιγραφή των υφιστάμενων διαδικασιών παραγωγής των τελικών προϊόντων.....	4
2.3 Χαρακτηριστικά της ζήτησης	5
3. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ	7
3.1 Γενικά	7
3.2 Κατηγοριοποίηση τελικών προϊόντων	9
3.3 Πρόβλεψη ζήτησης	10
3.4 Εκλογή συστήματος επιθεώρησης	13
3.5 Εκτίμηση στοιχείων κόστους	13
3.5.1 Σταθερό κόστος παραγγελίας ή ρύθμισης	13
3.5.2 Μοναδιαίο κόστος διατήρησης αποθέματος	14
3.5.3 Μοναδιαίο κόστος απόκτησης αποθέματος	16
3.5.4 Μοναδιαίο κόστος έλλειψης αποθέματος	17
3.6 Εκλογή προτύπου διαχείρισης αποθεμάτων	18
3.6.1 Το πρότυπο (Q,R)	18
3.6.2 Κόστος διατήρησης	18
3.6.3 Κόστος ρύθμισης	19
3.6.4 Κόστος έλλειψης	20

3.6.5 Μεταβλητό κόστος παραγγελίας	20
3.6.6 Συνάρτηση κόστους	21
3.7 Χρόνος ικανοποίησης της παραγγελίας	22
3.8 Επίπεδα εξυπηρέτησης σε σύστημα (Q,R)	23
3.8.1 Τύπος 1: Ποσοστό κύκλων χωρίς έλλειψη	23
3.8.2 Τύπος 2: Ποσοστό ζήτησης που ικανοποιείται άμεσα	24
3.9 Βέλτιστες πολιτικές (Q,R) που υπόκεινται στον περιορισμό τύπου 2	24
3.10 Περιγραφή του μοντέλου διαχείρισης αποθεμάτων	25
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ	30
4.1 Γενικά	30
4.2 Αποτελέσματα της του προτεινόμενου συστήματος στους εξεταζόμενους κωδικούς	30
4.2.1 Τελικό προϊόν ADIPLAST Δ1	31
4.2.2 Τελικό προϊόν ADIPLAST Δ5	34
4.2.3 Τελικό προϊόν ADIPLAST Δ20	37
4.2.4 Τελικό προϊόν ADIPLAST B150	40
4.2.5 Συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων	42
4.3 Ανάλυση ευαισθησίας	43
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	45
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	47
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	48

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο την οργάνωση και διαχείριση αποθεμάτων τελικών προϊόντων της εταιρείας «ISOMAT», τα οποία παράγονται εντός του εργοστασίου. Βασικός στόχος της εργασίας αυτής είναι η εύρεση, η ανάλυση και η εφαρμογή ενός συστήματος αποθεμάτων, το οποίο θα ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος διαχείρισης των αποθεμάτων της αποθήκης τελικών προϊόντων, ενώ συγχρόνως θα πετυχαίνει τα υψηλότερα δυνατά επίπεδα εξυπηρέτησης.

Μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει σήμερα η εταιρεία, είναι η μεγάλη μεταβλητότητα που παρουσιάζει η ζήτηση. Για να μπορέσει να κρατήσει τα πολύ υψηλά επίπεδα εξυπηρέτησης συντηρεί υψηλή στάθμη αποθεμάτων ασφαλείας. Αυτό σε συνδυασμό με τις οικονομικές συγκυρίες των τελευταίων ετών, οι οποίες έχουν οδηγήσει σε πολύ υψηλά επιτόκια δανεισμού, έχουν αυξήσει το συνολικό κόστος διαχείρισης αποθεμάτων.

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε χωρίζεται σε δυο βασικές ενότητες: 1) Ανάλυση της ζήτησης και αποεποχικοποίησή της μέσω ειδικών τεχνικών προβλέψεων ώστε να ποσοτικοποιηθεί η μεταβλητότητα και 2) Η εφαρμογή ενός συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων προσαρμοσμένο στις ανάγκες της επιχείρησης και στις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει η ζήτηση.

Το προτεινόμενο σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένο στις ιδιαιτερότητες της επιχείρησης, να είναι απλό και εύχρηστο ώστε να μπορεί να το εφαρμόσει η εταιρεία και να την οδηγήσει στη λήψη ορθών αποφάσεων.

Οι δυο βασικοί πυλώνες στους οποίους θα κινηθούμε ώστε να βρεθεί το καταλληλότερο για την εταιρεία πρότυπο διαχείρισης αποθεμάτων είναι: 1) πότε θα πρέπει να δοθεί εντολή για παραγωγή; και 2) ποιά θα πρέπει να είναι η παρτίδα της παραγωγής;

Μια παραγγελία θα πρέπει να τεθεί όταν η στάθμη του αποθέματος υποχωρήσει κάτω από τη στάθμη επαναπαραγγελίας (reorder level) και το μέγεθος της παρτίδας παραγγελίας θα πρέπει να είναι αυτό που θα ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος με το μικρότερο κίνδυνο να εμφανιστεί έλλειψη κατά τη διάρκεια του κύκλου. Μεγαλύτερη ανάλυση για τις δυο αυτές παραμέτρους θα δούμε στο 3^ο κεφάλαιο, όπου γίνεται η παρουσίαση του προτεινόμενου συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων.

Τέλος, μετά την ανάλυση του συστήματος διαχείρισης που προτείνεται, εφαρμόζεται πάνω σε πραγματικά δεδομένα ζήτησης ώστε να κρίνει η εταιρεία την καταλληλότητα και την αποτελεσματικότητα του προτεινόμενου συστήματος καθώς και κατά πόσο είναι σκόπιμη ή μη η εφαρμογή του. Αυτό θα γίνει συγκρίνοντας τα στοιχεία κόστους που προκύπτουν με τα υπάρχοντα στοιχεία κόστους της διαχείρισης αποθεμάτων.

1.2 ΓΕΝΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ «ISOMAT»

Η ISOMAT είναι μία ελληνική παραγωγική εταιρεία χημικών δομικών και κονιαμάτων με πολυεθνικό χαρακτήρα. Ιδρύθηκε το 1980 και σήμερα αποτελεί μία από τους σημαντικότερες βιομηχανίες δομικών υλικών στη Νοτιοανατολική Ευρώπη, με 3 παραγωγικές μονάδες σε Ελλάδα, Ρουμανία και Σερβία, 7 θυγατρικές εταιρίες σε Γερμανία, Ρωσία, Τουρκία, Ρουμανία, Σερβία, Βουλγαρία και Σλοβενία και εξαγωγικές πωλήσεις σε περισσότερες από 50 χώρες παγκοσμίως.

Η εταιρεία παράγει και διαθέτει ένα μεγάλο εύρος προϊόντων προηγμένης τεχνολογίας σε προσιτές τιμές για τον Έλληνα καταναλωτή. Συγκεκριμένα παράγει και διαθέτει τις εξής 6 βασικές κατηγορίες προϊόντων:

- 1) Στεγανωτικά υλικά
- 2) Χρώματα και σοβάδες
- 3) Κόλλες και αρμόστοκοι
- 4) Επισκευαστικά υλικά
- 5) Βελτιωτικά πρόσμικτα
- 6) Επιστρώσεις δαπέδων

Η ISOMAT δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στην καινοτομία και στη συνεχή ανάπτυξη νέων προϊόντων, για το λόγο αυτό διαθέτει ένα άρτια οργανωμένο τμήμα Έρευνας & Ανάπτυξης, επανδρωμένο με εξειδικευμένο επιστημονικό προσωπικό και αποτελούμενο από 5 διαφορετικά χημεία, στα οποία αναπτύσσονται κάθε χρόνο νέα προϊόντα, σύμφωνα με τις ανάγκες της αγοράς αλλά και των τεχνολογικών εξελίξεων του οικοδομικού κλάδου, ενώ προβαίνει σε βελτιώσεις των υφιστάμενων προϊόντων αν κριθεί αναγκαίο. Στην εικόνα 1.1 παρουσιάζονται οι εγκαταστάσεις της εταιρείας στον Άγιο Αθανάσιο Θεσσαλονίκης.

Εικόνα 1.1: Οι εγκαταστάσεις της εταιρείας στον Άγιο Αθανάσιο Θεσσαλονίκης



Λόγω του μεγάλου αριθμού των κωδικών της εταιρείας, η μελέτη περιορίστηκε στην ανάλυση κάποιων κωδικών της κατηγορίας που περιλαμβάνει τα βελτιωτικά πρόσμικτα, συγκεκριμένα στις 4 συσκευασίες του προϊόντος «ADIPLAST NEW», το οποίο είναι ένα προϊόν που είναι απόλυτα συνδεδεμένο με την οικοδομική δραστηριότητα και παράγεται σε πολύ μεγάλες ποσότητες από την εταιρεία.

Το προϊόν ADIPLAST είναι οικοδομική ρητίνη για πολλαπλές βελτιώσεις των κονιαμάτων, όπως βελτίωση της πρόσφυσης και της ελαστικότητας, μείωση της συρρίκνωσης πήξης, μεγάλη αύξηση της αντοχής σε τριβές και σε χημικές επιδράσεις, ενίσχυση της στεγανότητας κτλ. Ιδανικό για τη δημιουργία συγκολλητικής στρώσης μεταξύ παλιού και νέου σκυροδέματος ή κονιάματος.

Ένας επιπλέον λόγος που η ανάλυση περιορίστηκε στις 4 συσκευασίες του προϊόντος αυτού είναι ότι αποτελούν κωδικούς τύπου «Α» δηλαδή κωδικούς που έχουν προτεραιότητα στο χρόνο και στο χρήμα που θα δαπανηθούν για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη διαχείριση του αποθέματος και κατέχουν υψηλό ποσοστό του συνολικού κόστους της διαχείρισης των αποθεμάτων της εταιρείας. Ένας επιπλέον παράγοντας που οδήγησε στη μελέτη των συγκεκριμένων κωδικών είναι ότι είναι ενδεικτικοί για τα περισσότερα προϊόντα της κατηγορίας των βελτιωτικών και όχι μόνο. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν και για κωδικούς προϊόντων που παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά με τους κωδικούς αυτούς. Στην εικόνα 1.2 παρουσιάζουμε τις διαφορετικές συσκευασίες του κωδικού ADIPLAST.

Εικόνα 1.2: Το προϊόν ADIPLAST



2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το σύνολο των κωδικών της εταιρείας παράγονται εντός των εγκαταστάσεών της, οι δύο βασικές ομάδες προϊόντων της εταιρείας είναι τα υγρά και τα στερεά προϊόντα, τα οποία παρουσιάζουν βασικές διαφορές ως προς την παραγωγική διαδικασία, οι αποθήκες των πρώτων υλών βρίσκονται κοντά στο σημείο παραγωγής ώστε να μειώνονται οι χρόνοι μεταφοράς μειώνοντας έτσι το συνολικό χρόνο παραγωγής.

2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΤΑΚΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΩΝ ΤΕΛΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

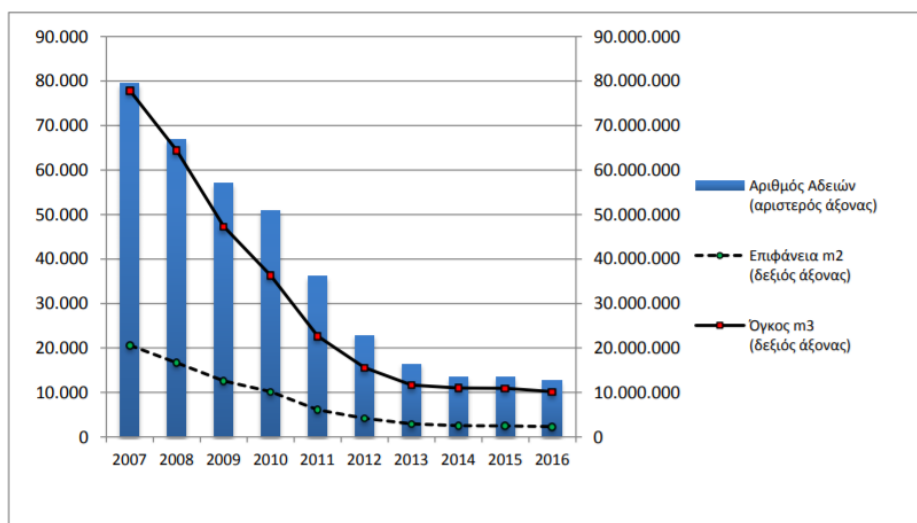
Όταν εμφανιστεί η ζήτηση, το τμήμα πωλήσεων μεταφέρει τις πληροφορίες της παραγγελίας στο τμήμα παραγωγής, εκεί εξετάζεται αν η στάθμη των αποθεμάτων καλύπτει το μέγεθος της παραγγελίας, αν συμβαίνει αυτό δίνει εντολή για αποστολή της παραγγελίας, σε άλλη περίπτωση δίνει εντολή για παραγωγή της παρτίδας.

Μόλις τα προϊόντα παραχθούν και συσκευαστούν κατά παρτίδες μεταφέρονται και ταξινομούνται στις κεντρικές αποθήκες της εταιρείας που βρίσκονται εντός των εγκαταστάσεων. Η εταιρεία διαθέτει σύγχρονα συστήματα ενδοεπιχειρησιακού σχεδιασμού (enterprise resource planning ERP) τα οποία δίνουν τη δυνατότητα παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο τη στάθμη των αποθεμάτων.

Τα εργαλεία αυτά παρέχουν τη δυνατότητα στην εταιρεία να χρησιμοποιήσει συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων συνεχούς επιθεώρησης, δηλαδή όταν η στάθμη του αποθέματος καταγράφεται συνεχώς. Είναι λογικό πως η συνεχής επιθεώρηση δίνει πιο έγκαιρη πληροφόρηση και κατά συνέπεια οδηγεί σε μικρότερο κόστος διαχείρισης και καλύτερη εξυπηρέτηση (λιγότερες ελλείψεις) με το ίδιο απόθεμα σε σχέση με ένα σύστημα περιοδικής επιθεώρησης.

2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ

Ένα μεγάλο ποσοστό των παραγόμενων από την εταιρεία κωδικών είναι σύμφωνα με αυτήν άρρηκτα συνδεδεμένοι με την εγχώρια οικοδομική δραστηριότητα η οποία σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ κατέγραψε μετά το 2008 κατακόρυφη πτώση. Στο σχήμα 2.1 παρουσιάζουμε το διάγραμμα των αριθμών αδειών που εκδίδονται κάθε έτος.

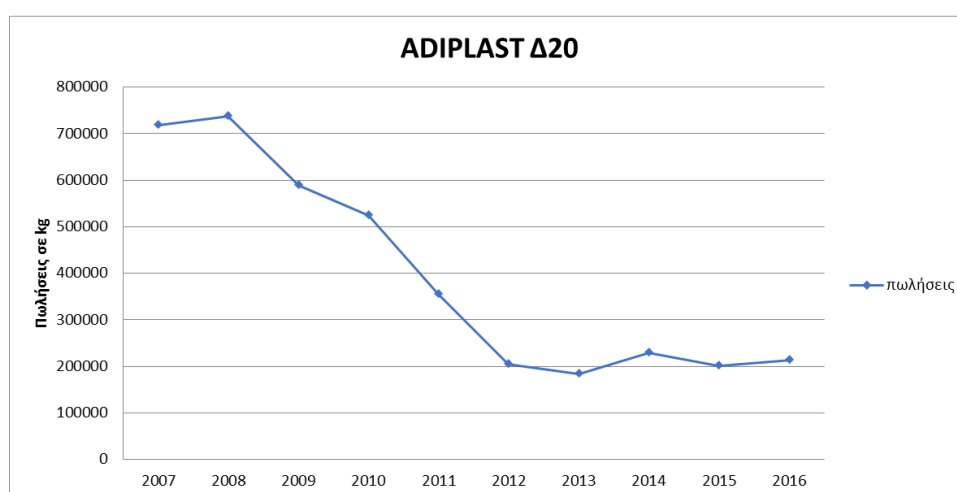


Σχήμα 2.1: Ετήσια ιδιωτική οικοδομική δραστηριότητα (2007-2016)

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, ALPHA BANK Δεκέμβριος 2017

Σχεδόν 15 φορές λιγότερες κατοικίες κατασκευάζονται σήμερα σε σύγκριση με το 2007, όταν η οικοδομική δραστηριότητα βρισκόταν στο απόγειό της. Κατά το οκτάμηνο (Ιανουάριος – Αύγουστος) του 2016 ολοκληρώθηκαν μόλις 4.853 νέες κατοικίες, όταν το αντίστοιχο διάστημα του 2007 είχαν κατασκευαστεί 71.936 κατοικίες. Αυτό προκύπτει από τα σχετικά στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής και των πολεοδομιών που επικαλείται σε πρόσφατη ανάλυσή της η Alpha Bank, καταδεικνύοντας το μέγεθος της πτώσης της αγοράς κατοικίας κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών και ιδίως από την αρχή της οικονομικής κρίσης μέχρι σήμερα.

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι κωδικοί της εταιρείας που εξαρτώνται από την οικοδομική δραστηριότητα να παρουσιάσουν μείωση στις πωλήσεις μετά το έτος 2008, ενδεικτικά θα αναφερθούμε στον κωδικό ADIPLAST Δ20 (όπου Δ20 το μέγεθος της συσκευασίας).

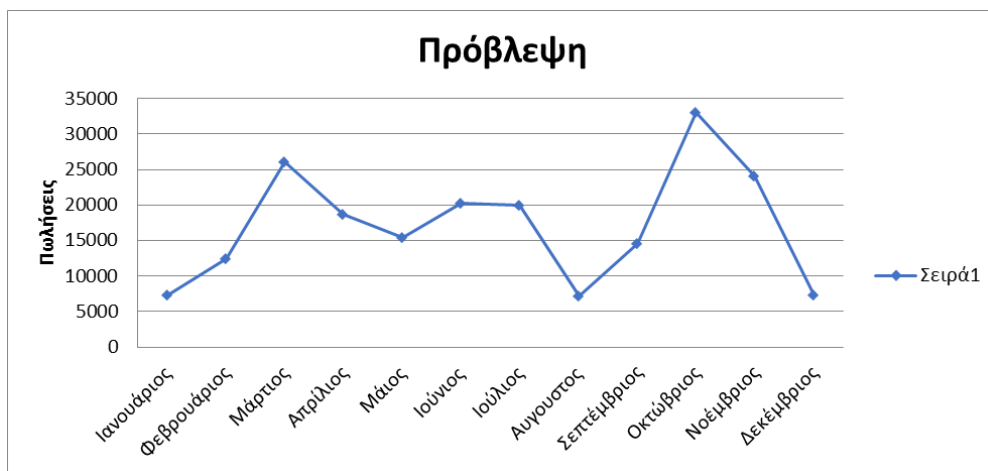


Σχήμα 2.2: Ετήσιες πωλήσεις κωδικού ADIPLAST Δ20

Όπως παρατηρούμε από το σχήμα 2.2, η αρνητική τάση στις πωλήσεις εμφανίζεται μέχρι το έτος 2012, από εκεί και έπειτα παρουσιάζεται ομαλοποίηση και σταθεροποίηση των πωλήσεων. Για να είναι έγκυρα τα αποτελέσματα του συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων και να μην εμφανίσουν αυξημένη μέση τιμή ζήτησης θα χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα των πωλήσεων από το έτος 2012 και μετά.

Λόγω της ιδιαιτερότητας των εργασιών που έχουν σχέση με την οικοδομική δραστηριότητα δηλαδή των καλών καιρικών συνθηκών που πρέπει να επικρατούν, η ζήτηση των προϊόντων της εταιρείας παρουσιάζει εποχιακή διακύμανση μέσα στο έτος. Υπάρχει δηλαδή αυξημένη ζήτηση την περίοδο που οι καιρικές συνθήκες επιτρέπουν οικοδομικές δραστηριότητες δηλαδή άνοιξη και καλοκαίρι και μείωση τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες.

Ένας ακόμη παράγοντας που σχετίζεται με την εποχικότητα των προϊόντων είναι το γεγονός ότι η εταιρεία παρέχει περιόδους εκπτώσεων τους φθινοπωρινούς μήνες για συγκεκριμένους κωδικούς. Όλα τα παραπάνω συμβάλουν στο να μην έχει σταθερή μέση τιμή η ζήτηση εντός του οικονομικού έτους. Ενδεικτικά θα παρουσιάσουμε τη πρόβλεψη της ζήτησης του προϊόντος ADIPLAST Δ20 βάσει ιστορικών δεδομένων.



Σχήμα 2.3: Πρόβλεψη της ζήτησης του κωδικού ADIPLAST Δ20

Από το σχήμα 2.3 μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι ο κωδικός ADIPLAST Δ20 παρουσιάζει δυο περιόδους μέσα στο έτος, η πρώτη: Ιανουάριος – Αύγουστος και η δεύτερη: Σεπτέμβριος – Δεκέμβριος. Στη περίπτωση αυτή αν θεωρήσουμε ότι η μέση τιμή της ζήτησης στη διάρκεια του έτους παραμένει σταθερή θα οδηγηθούμε σε λανθασμένα συμπεράσματα. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαίο να κάνουμε αποεποχικοποίηση της ζήτησης και να μην συμπεριλάβουμε στην ανάλυσή μας την μεταβλητότητα που οφείλεται στον παράγοντα της εποχικότητας.

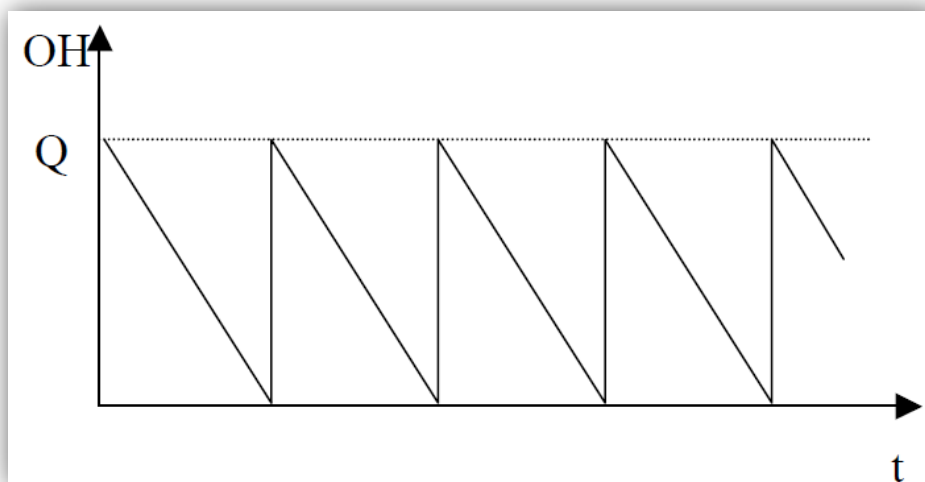
3 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η διαχείριση των αποθεμάτων αποτελεί σημαντικό τμήμα της παγκόσμιας οικονομίας. Συγκεκριμένα στις Η.Π.Α η αξία των διατηρούμενων αποθεμάτων για το 2003 ανήλθε σε 1,41 τρις δολάρια, που αντιστοιχεί στο 20 με 25%, του ακαθάριστου εθνικού προϊόντος (Α.Ε.Π). Οι διάφορες μέθοδοι για τη διαχείριση των αποθεμάτων βρίσκουν εφαρμογή στην παραγωγή, στο χονδρεμπόριο και στο λιανεμπόριο.

Για τη διαχείριση των αποθεμάτων καλούμαστε να απαντήσουμε σε ερωτήματα σχετικά με το πότε πρέπει να επιθεωρούμε το απόθεμα, κάθε πότε πρέπει να παραγγέλνουμε ή να παράγουμε, πόσο πρέπει να είναι το μέγεθος παραγωγής ή παραγγελίας και τέλος για ποια προϊόντα πρέπει να εφαρμόζουμε συγκεκριμένες πολιτικές διαχείρισης.

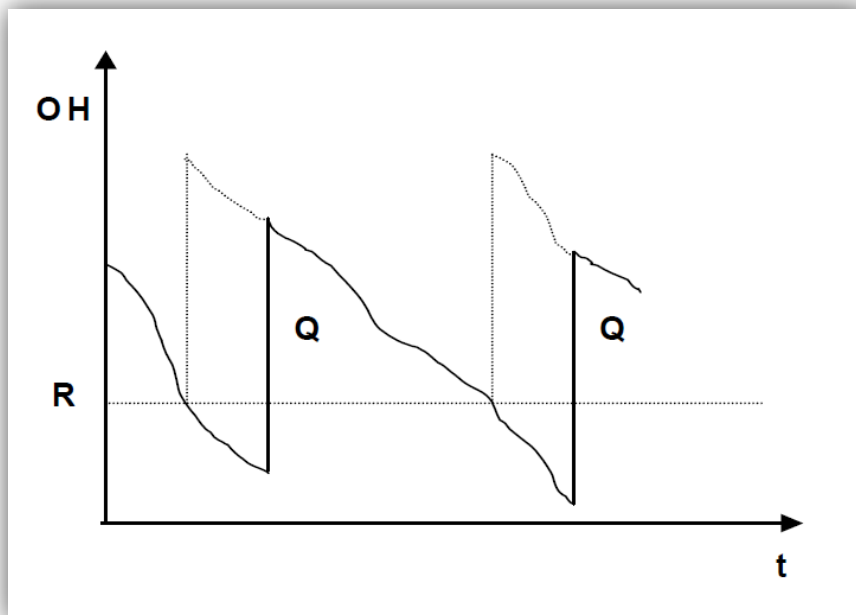
Υπάρχουν αρκετά μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων, το συγκεκριμένο πρόβλημα θα το προσεγγίσουμε χρησιμοποιώντας ως βασικό μοντέλο το EOQ (Economic Order Quantity) ή αλλιώς το μοντέλο της οικονομικής ποσότητας παραγγελίας, το οποίο είναι το απλούστερο και ιστορικά το πρώτο από όλα τα μοντέλα αποθεμάτων. Περιγράφει τη σημαντική εξισορρόπηση ανάμεσα στο σταθερό κόστος παραγγελίας και στο κόστος διατήρησης αποθέματος και αποτελεί τη βάση για την ανάλυση πιο πολύπλοκων και ρεαλιστικών συστημάτων. Παρά την απλή του μορφή, είναι το μοντέλο που ακόμα και σήμερα χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία. Στο σχήμα 3.1 παρουσιάζεται η στάθμη των αποθεμάτων συναρτήσει του χρόνου.



Σχήμα 3.1: Μεταβολή της στάθμης του αποθέματος με το χρόνο με το πρότυπο EOQ

Στο πρόβλημα που μελετάμε, τα προϊόντα παράγονται εντός των εγκαταστάσεων του εργοστασίου. Για να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε τον τύπο της ΕΟQ στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να θεωρήσουμε ότι ο ρυθμός παραγωγής είναι άπειρος. Στην πραγματικότητα ο ρυθμός παραγωγής είναι πολύ μεγαλύτερος από τον ρυθμό ζήτησης, έτσι μπορούμε να προσεγγίσουμε ικανοποιητικά το πρόβλημα χρησιμοποιώντας το πρότυπο ΕΟQ και τα παράγωγά του. Συγκεκριμένα το μοντέλο που περιγράφει με ικανοποιητική ακρίβεια το σύστημα που μελετάμε και περιλαμβάνει όλες τις παραμέτρους είναι το μοντέλο (Q,R).

Οι βασικές παραδοχές του μοντέλου ΕΟQ είναι ότι ο ρυθμός ζήτησης είναι γνωστός και σταθερός και ότι ο χρόνος ικανοποίησης της παραγγελίας είναι μηδενικός, στο πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε, τίποτα από τα παραπάνω δεν ισχύει, ο ρυθμός ζήτησης είναι τυχαίος και ο χρόνος ικανοποίησης παραγγελίας είναι θετικός. Οι βασικές παραδοχές του προτύπου (Q,R) είναι ότι η ζήτηση είναι τυχαία και στατική, αυτό σημαίνει ότι μέση τιμή της ζήτησης για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα σταθερού μήκους είναι σταθερή και ότι ο χρόνος ικανοποίησης της παραγγελίας είναι θετικός και σταθερός.



Σχήμα 3.2: Λειτουργία συστήματος (Q,R)

Στο σχήμα 3.2 παρατηρούμε τη λειτουργία συστήματος (Q,R), μόλις η στάθμη του αποθέματος φθάσει στο σημείο επαναπαραγγελίας «R» θέτουμε παραγγελία ποσότητας «Q» μονάδων.

3.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΕΛΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Οι διοικητικές αποφάσεις που αφορούν αποθέματα πρέπει να λαμβάνονται κατ' αρχήν σε επίπεδο μεμονωμένου υλικού ή προϊόντος. Η στοιχειώδης μονάδα αποθέματος που ελέγχουμε ονομάζεται κωδικός ή stock-keeping unit (SKU), όπου ο κωδικός είναι η μονάδα αποθέματος απόλυτα προσδιορισμένη σε ότι αφορά τη λειτουργία, τη μορφή, το μέγεθος, το χρώμα και τη θέση τοποθέτησης.

Η μελέτη ενός μεγάλου αριθμού συστημάτων αποθεμάτων με πολλούς κωδικούς απεκάλυψε μια χρήσιμη στατιστική συμπεριφορά στη χρήση των διαφόρων προϊόντων. Ειδικότερα, περί το 20% των κωδικών αποθεμάτων αντιστοιχούν στο 80% της αξίας του συνολικού αποθέματος σε ετήσια βάση. Αυτό δείχνει ότι δεν απαιτείται η ίδια βαρύτητα στον προγραμματισμό και τον έλεγχο όλων των κωδικών. Συνήθως χρησιμοποιούμε τρεις διαβαθμίσεις προτεραιότητας: Α (πιο σημαντικά), Β (μέσης σημασίας), και C (λιγότερο σημαντικά). Ο κατάλληλος αριθμός διαβαθμίσεων για μια συγκεκριμένη επιχείρηση εξαρτάται από την κατάσταση και το βαθμό στον οποίο επιθυμούμε να διαφοροποιήσουμε την προσπάθεια στις διάφορες ομάδες κωδικών. Για παράδειγμα, κάποιος μπορεί να ορίσει περισσότερες κατηγορίες αν κάθε κατηγορία έχει διαφορετικό χειρισμό. Ο αριθμός τρία είναι το ελάχιστο αλλά και πιο συχνά χρησιμοποιούμενο πλήθος κατηγοριών.

Η ανάλυση αυτή είναι γνωστή ως ανάλυση Pareto από το όνομα του Ιταλού Vilfredo Pareto (9^{ος} αιώνας) που παρατήρησε πως το 80% περίπου του πλούτου της Ιταλίας ήταν στα χέρια του 15 – 20% του πληθυσμού τους. Η ομάδα Α απαιτεί την πιο μεγάλη προσοχή και συνήθως κάθε κωδικός εξετάζεται χωριστά. Η ομάδα αυτή συνήθως περιλαμβάνει το 5% έως 10% των κωδικών. Συνήθως η αξία αυτών των κωδικών είναι το 50% της συνολικής αξίας του αποθέματος.

Η ομάδα Β περιλαμβάνει κωδικούς (περίπου το 50%) μικρότερης αλλά όχι ασήμαντης αξίας (σχεδόν το υπόλοιπο 50% της συνολικής αξίας). Κάποια εγχειρίδια συνιστούν να κατατάσσουμε μικρότερο αριθμό κωδικών στην ομάδα Β, όμως η πρόοδος των υπολογιστών τα τελευταία χρόνια μας δίνει τη δυνατότητα να αυξήσουμε τον αριθμό. Για την ομάδα Β μπορεί να χρησιμοποιηθούν τεχνικές της ομάδας Α με τη διαφορά ότι στα προϊόντα της ομάδας Α υπάρχει συχνά υποκειμενική παρέμβαση από τον χειριστή. Επίσης, κάποιες παράμετροι του συστήματος θα επιθεωρούνται πιο συχνά στους κωδικούς της ομάδας Α από ότι στους κωδικούς της ομάδας Β.

Η ομάδα C περιλαμβάνει τους αρκετούς εναπομείναντες κωδικούς, οι οποίοι έχουν μικρή συμμετοχή στην αξία του αποθέματος. Οι διαδικασίες απόφασης για τους κωδικούς αυτούς πρέπει να είναι απλές για να μην φορτώνουν το σύστημα διαχείρισης με μεγάλους όγκους πληροφοριών και χρόνο επεξεργασίας. Για τα προϊόντα αυτά, οι επιχειρήσεις συνήθως διατηρούν σχετικά μεγάλους όγκους αποθεμάτων για να ελαχιστοποιήσουν την περίπτωση έλλειψης τέτοιων ασήμαντων υλικών ή προϊόντων. Οι κωδικοί για τους οποίους θα γίνει η ανάλυση ανήκουν στην κατηγορία Α.

3.3 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΖΗΤΗΣΗΣ

Όπως προαναφέραμε η ζήτηση των κωδικών που μελετάμε διακρίνεται από δυο βασικά χαρακτηριστικά: 1) η χρονοσειρά της ετήσιας ζήτησης παρουσιάζει αρνητική τάση από το έτος 2007 μέχρι το 2011 και σταθεροποιείται από το 2012 έως σήμερα. 2) Λόγω της ιδιαιτερότητας των προϊόντων η ζήτηση παρουσιάζει εποχιακές διακυμάνσεις μέσα στο οικονομικό έτος.

Για να αντιμετωπίσουμε το πρώτο χαρακτηριστικό κρίθηκε σκόπιμο να μη συμπεριληφθούν στην ανάλυση μας τα στοιχεία των πωλήσεων της περιόδου 2007-2011. Για να αντιμετωπίσουμε τη διακύμανση της μέσης τιμής εντός του οικονομικού έτους θα χρειαστεί να αποεποχικοποιήσουμε τη χρονοσειρά της ζήτησης μέσω ειδικών τεχνικών πρόβλεψης. Ενδεικτικά θα παρουσιάσουμε τις τεχνικές πρόβλεψης που εφαρμόστηκαν στον κωδικό ADIPLAST Δ20.

Μια χρονοσειρά εμφανίζει εποχικότητα όταν, η μορφή της επαναλαμβάνεται κάθε N περιόδους, για κάποια τιμή N (η οποία θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με 3). Ο αριθμός των περιόδων μέχρις ότου η μορφή της χρονοσειράς να αρχίζει να επαναλαμβάνεται καλείται μήκος της εποχής.



Σχήμα 3.3: Πραγματική ζήτηση κωδικού ADIPLAST Δ20 περιόδου 2012-2016

Από το σχήμα 3.3 μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε ότι η χρονοσειρά δεν διακρίνεται από κάποια τάση αρνητική ή θετική, παρουσιάζει όμως περιοδική διακύμανση καθώς η μορφή της επαναλαμβάνεται. Η μέθοδος που χρησιμοποιήσαμε για να αποεποχικοποιήσουμε τη χρονοσειρά είναι η αποεποχικοποίηση με τη βοήθεια του απλού κινούμενου μέσου όρου. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή γίνεται εκτίμηση των συντελεστών εποχικότητας με τον υπολογισμό κινουμένων μέσων όρων N περιόδων, όπου N είναι το μήκος της σεζόν.

Πίνακας 3.1: Εποχιακοί συντελεστές της χρονοσειράς του κωδικού ADIPLAST Δ20

Μήνας	συντελεστές	πρόβλεψη
Ιανουάριος	0,4220	7262
Φεβρουάριος	0,7250	12477
Μάρτιος	1,5160	26092
Απρίλιος	1,0890	18742
Μάιος	0,8985	15464
Ιούνιος	1,1746	20215
Ιούλιος	1,1602	19968
Αύγουστος	0,4188	7208
Σεπτέμβριος	0,8472	14582
Οκτώβριος	1,9191	33029
Νοέμβριος	1,4026	24139
Δεκέμβριος	0,4271	7351

Στον πίνακα 3.1 παραθέτονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής της μεθόδου αποεποχικοποίησης, οι συντελεστές αυτοί μας ενημερώνουν, ότι κατά μέση τιμή οι πωλήσεις του πρώτου μήνα κάθε έτους είναι περίπου 58% κάτω της μέσης τιμής των ετήσιων πωλήσεων, οι πωλήσεις του δεύτερου μήνα κάθε έτους είναι 28% κάτω της μέσης τιμής των ετήσιων πωλήσεων κ.ο.κ. Πιο αναλυτικά ο εποχιακός συντελεστής του μήνα Ιανουαρίου προέκυψε διαιρώντας τη ζήτηση του μήνα αυτού ως προς τη μέση τιμή της ετήσιας ζήτησης του αντίστοιχου έτους. Από τα δεδομένα πωλήσεων 5 ετών προέκυψαν 5 εποχιακοί συντελεστές, ο τελικός εποχιακός συντελεστής, που στη προκειμένη περίπτωση ισούται με 0,4220 προέκυψε από τη μέση τιμή των 5 εποχιακών συντελεστών. Το επόμενο βήμα στη διαδικασία είναι η διαίρεση κάθε παρατήρησης με τον αντίστοιχο εποχιακό συντελεστή, έτσι ώστε να γίνει αποεποχικοποίηση της ζήτησης.



Σχήμα 3.4: Αποεποχικοποιημένη ζήτηση του κωδικού ADIPLAST Δ20

Από το σχήμα 3.4 παρατηρούμε ότι στη χρονοσειρά της ζήτησης οι κορυφές έχουν αμβλυνθεί σε σύγκριση με τη χρονοσειρά του σχήματος 3.3. Η απόκλιση από τη μέση τιμή οφείλεται τώρα σε τυχαίους παράγοντες και όχι στην εποχικότητα.

Λόγω του ότι η ζήτηση του κωδικού ADIPLAST Δ20 παρουσιάζει δύο περιόδους μέσα στο οικονομικό έτος, μια περίοδο χαμηλής και μια υψηλής ζήτησης, θα πρέπει να εφαρμοστούν δύο συστήματα αποθεμάτων με διαφορετικά δεδομένα εισόδου, ένα για κάθε περίοδο.

Πίνακας 3.2: Χαρακτηριστικά αποεποχικοποιημένης ζήτησης του κωδικού ADIPLAST Δ20 ανά περίοδο

	1. Περίοδος χαμηλής ζήτησης	2. Περίοδος υψηλής ζήτησης
	Ιανουάριος-Αύγουστος	Σεπτέμβριος-Δεκέμβριος
Μέση τιμή (kg)	14936	28584
Τυπική απόκλιση (kg)	6121	4444

Από τον πίνακα 3.2 μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε ότι η μέση τιμή της μηνιαίας ζήτησης της δεύτερης περιόδου είναι σχεδόν δύο φορές μεγαλύτερη από αυτήν της πρώτης.

Πίνακας 3.3: Χαρακτηριστικά της μη αποεποχικοποιημένης ζήτησης κωδικού ADIPLAST Δ20

Μη αποεποχικοποιημένη ζήτηση	
Μέση τιμή (kg)	17211
Τυπική απόκλιση (kg)	9837

Συγκρίνοντας τα χαρακτηριστικά της ζήτησης του πίνακα 3.3 με αυτά του πίνακα 3.2 παρατηρούμε ότι εφαρμόζοντας ένα ενιαίο σύστημα αποθεμάτων σε όλη τη διάρκεια του έτους, βασισμένο στα στοιχεία της μη αποεποχικοποιημένης ζήτησης τα αποτελέσματα θα οδηγούσαν σε λανθασμένες αποφάσεις σχετικά με τη διαχείριση των αποθεμάτων. Συγκεκριμένα τη πρώτη περίοδο το σύστημα θα δημιουργούσε υψηλή στάθμη αποθεμάτων και τη δεύτερη περίοδο δε θα μπορούσε να πετύχει το επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης.

3.4 ΕΚΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΘΕΩΡΙΣΗΣ

Τα στοχαστικά συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων ταξινομούνται με βάση τη συχνότητα επιθεώρησης σε συστήματα: (1) περιοδικής επιθεώρησης και (2) συνεχούς επιθεώρησης. Περιοδική επιθεώρηση σημαίνει ότι το επίπεδο αποθέματος είναι γνωστό μόνο σε διακριτά σημεία στο χρόνο, ενώ συνεχής επιθεώρηση σημαίνει ότι το επίπεδο αποθέματος είναι γνωστό κάθε χρονική στιγμή.

Λόγω του εξειδικευμένου συστήματος μηχανογράφησης της εταιρείας που καταγράφει σε πραγματικό χρόνο τη στάθμη των αποθεμάτων κρίνεται σκόπιμο να επιλεγεί το σύστημα της συνεχούς επιθεώρησης καθώς αυτό οδηγεί σε καλύτερα ποσοστά εξυπηρέτησης με μικρότερη στάθμη αποθεμάτων και μειωμένο κόστος.

3.5 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΟΣΤΟΥΣ

Τα στοιχεία κόστους που προκύπτουν εφαρμόζοντας το πρότυπο (Q,R) είναι τα εξής:

- 1) Σταθερό κόστος K (€) ανά παραγγελία.
- 2) Κόστος διατήρησης h (€) ανά διατηρούμενη μονάδα ανά έτος.
- 3) Μεταβλητό κόστος παραγγελίας c (€) ανά μονάδα.
- 4) Κόστος έλλειψης p (€) ανά μονάδα ζήτησης, που δεν ικανοποιείται.

3.5.1 ΣΤΑΘΕΡΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ Ή ΡΥΘΜΙΣΗΣ

Η παράμετρος K συμβολίζει το σταθερό κόστος που σχετίζεται με μια παραγγελία (ανεξάρτητο του μεγέθους της). Για τον έμπορο ονομάζεται κόστος παραγγελίας και περιλαμβάνει το κόστος των εντύπων παραγγελίας, ταχυδρομικά ή και τηλεφωνικά έξοδα, εξουσιοδοτήσεις, πληκτρολόγηση, παραλαβή, πιθανό έλεγχο και χειρισμό των τιμολογίων του προμηθευτή. Το κόστος ρύθμισης της παραγωγής περιλαμβάνει πολλές από τις παραπάνω δαπάνες και επιπρόσθετα το κόστος διακοπής της παραγωγής (σταμάτημα παραγωγής, αμοιβή τεχνικού που κάνει τη ρύθμιση).

Στην περίπτωση που μελετάμε, επειδή τα προϊόντα παράγονται εντός του εργοστασίου προκύπτει σταθερό κόστος ρύθμισης ανεξάρτητο από το μέγεθος της παραγόμενης παρτίδας. Το κόστος ρύθμισης προκύπτει από τις αμοιβές των τεχνικών που κάνουν τη ρύθμιση. Στους κωδικούς που μελετάμε απαιτείται ρύθμιση της γραμμής παραγωγής και ρύθμιση των μηχανημάτων συσκευασίας, επιπλέον προκύπτει κόστος λόγω ελέγχου ποιότητας της παρτίδας που παράγεται. Μετά από εκτενή ανάλυση των διεργασιών αυτών και σε συνεργασία με τον υπεύθυνο παραγωγής της εταιρείας καταλήξαμε ότι το σταθερό κόστος ρύθμισης ανέρχεται σε 20€ για όλους τους κωδικούς.

Πίνακας 3.4: Ανάλυση του σταθερού κόστους ρύθμισης σε επιμέρους στοιχεία

Υπολογισμός κόστους παραγγελίας ή ρύθμισης (Κ)				
κωδικός	Δ1	Δ5	Δ20	B150
Κόστος ρύθμισης γραμμής	10,00 €	10,00 €	10,00 €	10,00 €
Κόστος ρύθμισης συσκευασίας	5,00 €	5,00 €	5,00 €	5,00 €
Κόστος ελέγχου ποιότητας	5,00 €	5,00 €	5,00 €	5,00 €
Συνολικό κόστος Παραγγελίας	20,00 €	20,00 €	20,00 €	20,00 €

3.5.2 ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ

Το κόστος διατήρησης περιλαμβάνει το ευκαιριακό κόστος του επενδυμένου κεφαλαίου, τα λειτουργικά έξοδα της αποθήκης, τα κόστη χειρισμού και μέτρησης, το κόστος των ειδικών απαιτήσεων αποθήκευσης, τα κόστη φθοράς, καταστροφής, κλοπής, τεχνολογικής απαξίωσης, ασφάλισης και τους σχετικούς φόρους. Η πιο συνηθισμένη του μορφή είναι η εξής:

$$\text{Μέσο ετήσιο κόστος διατήρησης} = C \cdot I \cdot \overline{O\bar{H}}$$

Όπου « $\overline{O\bar{H}}$ », το μέσο ετήσιο απόθεμα σε μονάδες, «I» το μοναδιαίο κόστος διατήρησης, που αντιστοιχεί στο κόστος διατήρησης αποθέματος αξίας ενός ευρώ για ένα χρόνο και «C», το μοναδιαίο κόστος απόκτησης αποθέματος.

Μέρος του κόστους διατήρησης αποθέματος σχετίζεται με το κόστος από την τεχνολογική απαξίωση των αποθεμάτων. Σε ορισμένες περιπτώσεις προϊόντων το κόστος αυτό είναι πολύ σημαντικό. Ένα άλλο μέρος του κόστους διατήρησης αποθέματος σχετίζεται με το κόστος λόγω της μικρής διάρκειας ζωής του προϊόντος που αποθηκεύεται. Σημαντικό μέρος του κόστους διατήρησης είναι το ευκαιριακό κόστος του δεσμευμένου κεφαλαίου που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί αλλιώς και το ευκαιριακό κόστος του διαθέσιμου χώρου αποθήκευσης. Κανένα από τα δύο δεν μετριέται από τα παραδοσιακά λογιστικά συστήματα.

Το ευκαιριακό κόστος του κεφαλαίου είναι εύκολο να ορισθεί. Είναι η απόδοση που θα μπορούσε να επιτευχθεί στην αμέσως πιο ελκυστική επένδυση αν αυτό δεν επενδυόταν σε αποθέματα. Βέβαια, μια τέτοια προσέγγιση δεν είναι πρακτική μια και οι πιθανές επενδύσεις μπορεί να αλλάζουν από μέρα σε μέρα. Γι αυτό συνήθως καθορίζεται μια τιμή, η οποία δεν αλλάζει αν δεν συμβούν σημαντικές αλλαγές στο περιβάλλον της επιχείρησης.

Η τιμή αυτή είναι το κόστος κεφαλαίου και εξαρτάται από την προέλευση των κεφαλαίων και το βασικό επιτόκιο δανεισμού. Εξαρτάται επίσης από το ρίσκο μιας επένδυσης σε αποθέματα που είναι συνάρτηση του είδους του αποθέματος

Η τιμή του I εξαρτάται επίσης από το κόστος αποθήκης που είναι συνάρτηση του όγκου, βάρους, ειδικών απαιτήσεων χειρισμού, ασφάλειας και φόρων. Μια τέτοια ανάλυση γίνεται σπάνια και το I έχει μια τιμή για τα περισσότερα προϊόντα μιας επιχείρησης. Στο σύστημα που μελετάμε, το μοναδιαίο κόστος διατήρησης αποθέματος προκύπτει από τρεις παράγοντες:

- 1) Το κόστος κεφαλαίου.
- 2) Το κόστος λόγω μικρής διάρκειας ζωής του προϊόντος.
- 3) Το κόστος αποθήκευσης.

Το κόστος κεφαλαίου προκύπτει από το βασικό επιτόκιο δανεισμού τραπεζών προς τις επιχειρήσεις, το οποίο λόγω των οικονομικών συγκυριών της περιόδου είναι αρκετά υψηλό και ανέρχεται στο 8% .

Το κόστος λόγω μικρής διάρκειας ζωής του προϊόντος αποτελεί και αυτό επιμέρους στοιχείο του συνολικού κόστους διατήρησης αποθέματος. Λόγω της ιδιαιτερότητας των κωδικών που μελετάμε, η εταιρεία θέτει μια ενδεικτική ημερομηνία λήξης των προϊόντων, με σκοπό τη διατήρηση στο ακέραιο των ιδιοτήτων τους κατά τη διάρκεια του χρόνου ζωής τους. Αυτό με τη σειρά του οδηγεί σε μικρή, αλλά σταδιακή μείωση της αξίας των αποθηκευμένων προϊόντων. Ύστερα από σχετική ανάλυση προέκυψε ότι κατά μέσο όρο το ετήσιο κόστος λόγω διάρκειας ζωής, ανέρχεται στο 7% της αξίας του αποθέματος.

Τέλος στο κόστος αποθήκευσης εντάσσουμε τις δαπάνες του προσωπικού που είναι επιφορτισμένο με τη διαχείριση του αποθέματος, δηλαδή του προσωπικού που ασχολείται με τη ταξινόμηση και παρακολούθηση των αποθεμάτων. Εντάσσουμε επίσης το κόστος της φροντίδας και της προφυλάξεως του αποθέματος στις αποθήκες, αυτό είναι οι μισθοί των φυλάκων και το ενεργειακό κόστος συντήρησης μιας αποθήκης. Το κόστος του χώρου αποθηκεύσεως είναι συνήθως σταθερό και μπορούμε να το εκτιμήσουμε σχετικά εύκολα με ακρίβεια, το κάνουμε όμως σπάνια στη πράξη καθώς αποτελεί μικρό ποσοστό του κόστους διατήρησης.

Το ετήσιο κόστος αποθήκευσης είναι στη πράξη περίπου στο 1% της αξίας του αποθέματος. Το συνολικό μοναδιαίο κόστος διατήρησης ανέρχεται στο 16% της αξίας του αποθέματος. Στον πίνακα 3.5 παρουσιάζονται αναλυτικά για κάθε κωδικό τα στοιχεία του κόστους διατήρησης.

Πίνακας 3.5: Ανάλυση του κόστους διατήρησης

Υπολογισμός συνολικού κόστους διατήρησης (I)				
Κωδικός ADIPLAST	Δ1	Δ5	Δ20	B150
Κόστος κεφαλαίου	8,00%	8,00%	8,00%	8,00%
Κόστος λόγω μειωμένης διάρκειας ζωής	7%	7%	7%	7%
Κόστος αποθήκευσης	1%	1%	1%	1%
Συνολικό κόστος διατήρησης	16%	16%	16%	16%

Το κόστος διατήρησης σε κάθε χρονική στιγμή είναι ανάλογο προς το επίπεδο αποθέματος σε εκείνη τη χρονική στιγμή.

3.5.3 ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΚΤΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ

Το μοναδιαίο κόστος απόκτησης ενός προϊόντος συμβολίζεται με c (€ /τεμάχιο). Για έναν έμπορο το κόστος αυτό είναι η τιμή (συμπεριλαμβανομένου των μεταφορικών) που πληρώνει στον προμηθευτή συν οποιαδήποτε δαπάνη απαιτείται για να καταστήσει το προϊόν έτοιμο για πώληση. Μπορεί να εξαρτάται, αν υπάρχουν εκπτώσεις, από το μέγεθος της παραγγελίας.

Για τους παραγωγούς, το παραπάνω κόστος είναι πιο δύσκολο να υπολογισθεί. Πάντως, σπάνια αυτό συμπίπτει με το κόστος παραγωγής που γράφεται στα λογιστικά βιβλία. Η μοναδιαία αξία πρέπει να περιλαμβάνει το πραγματικό ποσό (μεταβλητό κόστος) που ξοδεύτηκε έτσι ώστε το προϊόν αυτό να καταστεί διαθέσιμο για χρήση (είτε πώληση, είτε ενσωμάτωσή του σε κάποιο προϊόν ως ημιέτοιμο). Παρά το ότι η εκτίμηση αυτού του κόστους είναι δύσκολη εντούτοις η επίδραση ενός πιθανού σφάλματος είναι μικρή στα πρότυπα των επόμενων κεφαλαίων. Έτσι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ως αρχική εκτίμηση το λογιστικό κόστος αν αυτό δεν είναι εμφανώς λάθος.

Στη περίπτωση των κωδικών που μελετάμε, ουσιαστικά είναι το ίδιο προϊόν σε διαφορετικό μέγεθος συσκευασίας, το μοναδιαίο κόστος απόκτησης απαρτίζεται από δύο επιμέρους στοιχεία κόστους:

- 1) Το κόστος των πρώτων υλών
- 2) Το μεταβλητό κόστος παραγωγής που διαφέρει ανά συσκευασία.

Το κόστος των πρώτων υλών ανέρχεται σε 0,70€ ανά κιλό και το μεταβλητό κόστος παραγωγής μετά από ανάλυση προκύπτει ότι είναι 0,10€ ανά κιλό παραγόμενου προϊόντος. Τα παραπάνω στοιχεία αποτελούν όχι μόνο το λογιστικό κόστος παραγωγής αλλά το τελικό κόστος απόκτησης των προϊόντων. Στον πίνακα 3.6 παρουσιάζεται για κάθε κωδικό το μοναδιαίο κόστος απόκτησης έτσι όπως έχει διαμορφωθεί.

Πίνακας 3.6: Ανάλυση του μοναδιαίου κόστους απόκτησης

Υπολογισμός μοναδιαίου κόστους απόκτησης (c)

Κωδικός ADIPLAST	Δ1	Δ5	Δ20	B150
Α' ύλες	0,70 €	3,50 €	14,00 €	105,00 €
Επιπρόσθετα στοιχεία κόστους	0,10 €	0,50 €	2,00 €	15,00 €
Συνολικό Κόστος απόκτησης	0,80 €	4,00 €	16,00 €	120,00 €

3.5.4 ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ

Το κόστος έλλειψης είναι το κόστος που αφορά στην έλλειψη διαθέσιμου αποθέματος για την ικανοποίηση της ζήτησης, όταν αυτή εμφανίζεται. Αυτό το κόστος ερμηνεύεται με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με το αν η ανικανοποίητη ζήτηση ικανοποιείται με καθυστέρηση (back orders) ή χάνεται.

Στην περίπτωση που η ζήτηση ικανοποιείται με καθυστέρηση, το κόστος έλλειψης περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία κόστους που σχετίζονται με την τήρηση βιβλίων και όλα τα στοιχεία κόστους που αφορούν τη καθυστέρηση.

Στην περίπτωση που η ζήτηση χάνεται το κόστος έλλειψης περιλαμβάνει το χαμένο κέρδος που θα είχαμε από την πώληση, αν είχαμε διαθέσιμο απόθεμα. Σε κάθε περίπτωση θα περιείχε επιπλέον το κόστος κακής φήμης (loss of goodwill cost), το οποίο είναι το μέτρο ικανοποίησης του πελάτη. Η εκτίμηση του κόστους κακής φήμης είναι στη πράξη πολύ δύσκολη.

Για τον καθορισμό του κόστους έλλειψης χρησιμοποιείται το σύμβολο «ρ» που είναι € ανά μονάδα ανικανοποίητης ζήτησης. Κάθε φορά που εμφανίζεται ζήτηση, η οποία δε μπορεί να ικανοποιηθεί άμεσα, επιδρά ένα κόστος «ρ» ανεξάρτητα της διάρκειας του χρόνου που απαιτείται έως ότου ικανοποιηθεί τελικά η ζήτηση. Ένας εναλλακτικός τρόπος υπολογισμού του κόστους έλλειψης είναι η μέτρηση του «ρ» σε ευρώ ανά τεμάχιο ανά χρονική μονάδα έλλειψης αποθέματος.

Στο σύστημα αποθεμάτων που μελετάμε ήταν δύσκολο έως αδύνατο να υπολογίσουμε το κόστος έλλειψης ανά μονάδα αποθέματος, καθώς δε μπορούσε να υπολογισθεί και να ποσοτικοποιηθεί το μακροπρόθεσμο κόστος κακής φήμης. Θα δούμε στη πορεία ότι το γεγονός αυτό έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη επιλογή του προτύπου διαχείρισης αποθεμάτων.

3.6 ΕΚΛΟΓΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

3.6.1 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ (Q,R)

Το πρότυπο διαχείρισης αποθεμάτων που μπορεί να περιγράψει με αρκετά μεγάλη ακρίβεια το πρόβλημα που μελετάμε, είναι το σύστημα συνεχούς επιθεώρησης (Q,R), η πολιτική που ακολουθούμε στην περίπτωση αυτή είναι παραγγελία ποσότητας Q μονάδων, κάθε φορά που το διαθέσιμο απόθεμα πέφτει κάτω από το R. Στο απλό μοντέλο της EOQ, η μόνη ανεξάρτητη μεταβλητή είναι η Q, η ποσότητα παραγγελίας. Η τιμή του R καθορίζεται από τα Q, λ και τ. Όπου «λ» είναι η μέση ετήσια ζήτηση και «τ» ο χρόνος ικανοποίησης της παραγγελίας. Για να ληφθεί υπόψη η τυχαία ζήτηση, έχουμε να αντιμετωπίσουμε πλέον δυο ανεξάρτητες μεταβλητές απόφασης, την Q και την R.

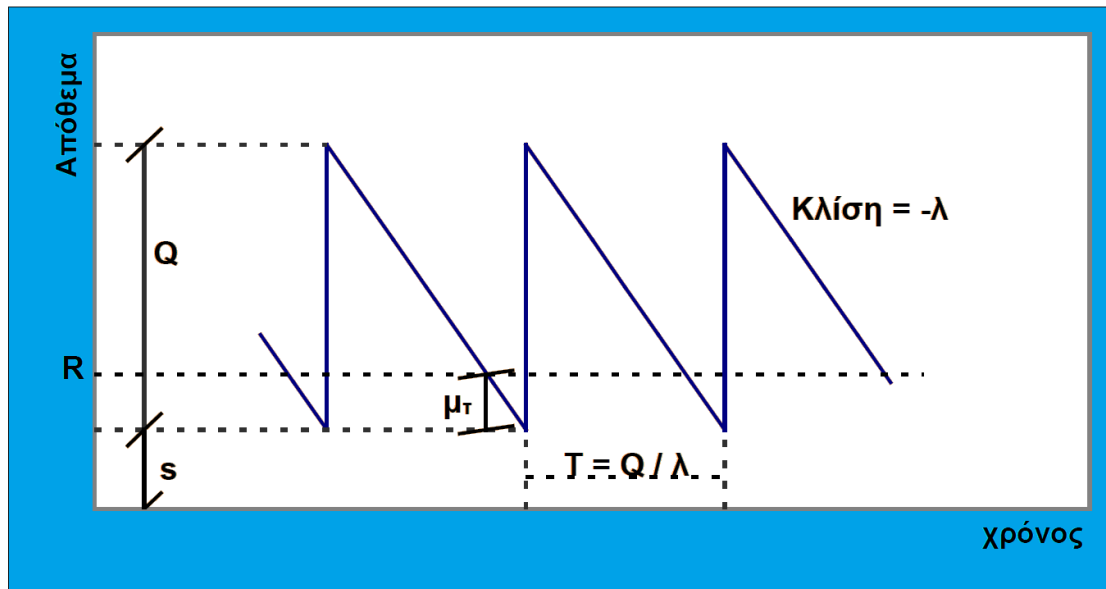
Για να μπορέσουμε να εφαρμόσουμε το πρότυπο (Q,R) θα πρέπει να ισχύουν οι εξής παραδοχές: (1) Το σύστημα είναι συνεχούς επιθεώρησης, (2) Η ζήτηση είναι τυχαία και στατική (stationary) δηλαδή η μέση τιμή της ζήτησης για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα σταθερού μήκους είναι σταθερή και (3) Υπάρχει σταθερός χρόνος ικανοποίησης παραγγελίας «τ».

Στην περίπτωσή μας οι παραδοχές 1 και 3 ισχύουν, όμως σε ότι αφορά τη δεύτερη παραδοχή, η ζήτηση είναι τυχαία, δεν είναι όμως στατική καθώς η μέση της τιμή παρουσιάζει μεταβολές κατά τη διάρκεια του οικονομικού έτους. Για τον λόγο αυτό θα εφαρμόσουμε το σύστημα τόσες φορές, όσες είναι και οι μεταβολές στα χαρακτηριστικά της ζήτησης, αυτό σημαίνει ότι το πρότυπο θα λειτουργεί με διαφορετικά δεδομένα εισόδου για τη σεζόν χαμηλής ζήτησης και διαφορετικά για τη σεζόν υψηλής ζήτησης.

3.6.2 ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ

Έστω ότι ο μέσος ρυθμός ζήτησης είναι «λ» μονάδες ανά έτος, το αναμενόμενο επίπεδο αποθέματος κυμαίνεται γραμμικά μεταξύ των «s» και «Q+s».

Το «s» καλείται απόθεμα ασφαλείας και ορίζεται ως το αναμενόμενο επίπεδο του διαθέσιμου αποθέματος πριν φτάσει μια παραγγελία. Δίνεται από τη σχέση: $s = R - \lambda * \tau$, όπου τ , ο χρόνος ικανοποίησης παραγγελίας.



Σχήμα 3.5: Αναμενόμενο επίπεδο αποθέματος σε σύστημα (Q,R)

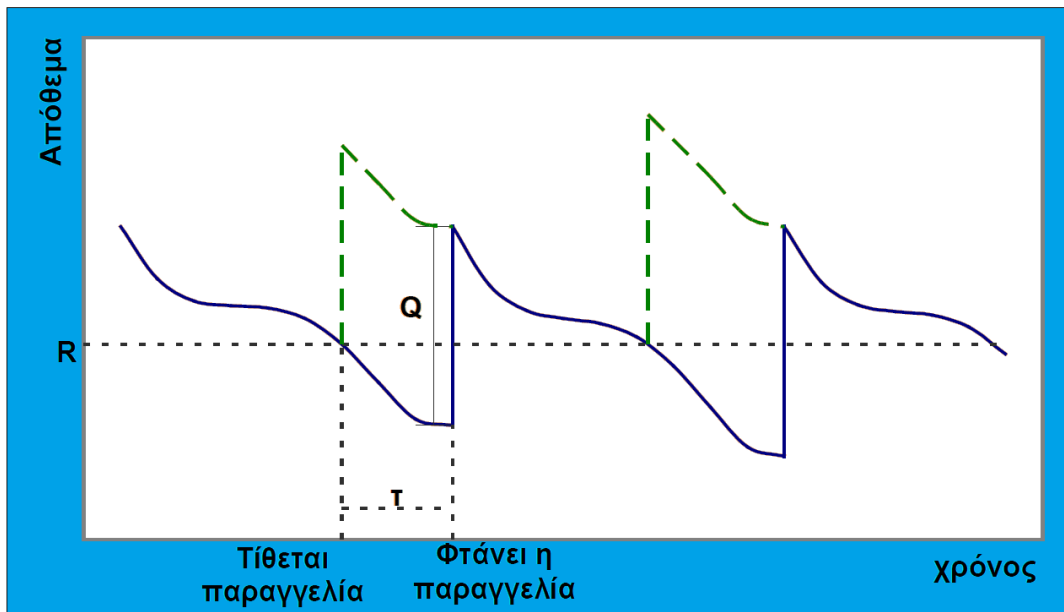
Το κόστος της διατήρησης εκτιμάται από τη μέση τιμή της καμπύλης του αναμενόμενου αποθέματος. Η μέση τιμή της συνάρτησης του σχήματος 3.5 είναι: $s + \frac{Q}{2} = R - \lambda * \tau + Q/2$ (1)

3.6.3 ΚΟΣΤΟΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ

Ως κύκλος ορίζεται ο χρόνος μεταξύ αφίξεων δυο διαδοχικών παραγγελιών ποσότητας Q, έστω T το αναμενόμενο μήκος του κύκλου. Επειδή το κόστος ρύθμισης επιδρά ακριβώς μια φορά σε κάθε κύκλο, χρειαζόμαστε μια έκφραση για το μέσο μήκος του κύκλου, έτσι ώστε να μπορέσουμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια το κόστος ρύθμισης ανά μονάδα χρόνου.

Από το σχήμα 3.5 παρατηρούμε ότι η απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών αφίξεων παραγγελιών είναι Q/λ. Η μέση ζήτηση κατά τη διάρκεια της περιόδου T είναι $\lambda * T$. Παρόλα αυτά, επειδή ο αριθμός των μονάδων εισερχόμενου αποθέματος σε κάθε κύκλο είναι Q και υπάρχει διατήρηση μονάδων, ο αριθμός των μονάδων που ζητούνται σε κάθε κύκλο κατά μέση τιμή θα είναι επίσης Q. Έτσι προκύπτει ότι το μέσο κόστος ρύθμισης ανά μονάδα χρόνου είναι $K/T = K * \lambda / Q$.

3.6.4 ΚΟΣΤΟΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ



Σχήμα 3.6: Μεταβολές αποθέματος συναρτήσει του χρόνου για σύστημα συνεχούς επιθεώρησης

Από το σχήμα 3.6 παρατηρούμε ότι το μόνο κομμάτι του κύκλου, κατά τη διάρκεια του οποίου το σύστημα είναι εκτεθειμένο σε ελλείψεις, είναι αυτό ανάμεσα στο χρόνο που τίθεται η παραγγελία και στο χρόνο που αυτή φτάνει (χρόνος ικανοποίησης παραγγελίας). Ο αριθμός των μονάδων της ανικανοποίητης ζήτησης είναι απλά η ποσότητα της ζήτησης μέσα στο χρόνο ικανοποίησης της παραγγελίας, D , που ξεπερνά το επίπεδο επαναπαραγγελίας R . Προκύπτει ότι ο αναμενόμενος αριθμός ελλείψεων που προκύπτουν σε ένα κύκλο δίνεται από την έκφραση:

$$E(\max\{D - R, 0\}) = \int_R^{\infty} (x - R)f(x)d(x) = n(R) \quad (2)$$

3.6.5 ΜΕΤΑΒΛΗΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ

Μακροπρόθεσμα ο αριθμός των μονάδων του εισερχόμενου αποθέματος και ο αριθμός των μονάδων του εξερχόμενου αποθέματος είναι ο ίδιος. Αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε πολιτική, θα ανεφοδιάζει κατά μέσο όρο το απόθεμα στο ρυθμό ζήτησης. Συνεπάγεται, ότι το αναμενόμενο μεταβλητό κόστος παραγγελίας ανά μονάδα του χρόνου είναι $\lambda \cdot c$. Επειδή ο όρος αυτό είναι ανεξάρτητος των μεταβλητών απόφασης Q και R , δεν επηρεάζει τη βελτιστοποίηση.

Το μεταβλητό κόστος παραγγελίας αποτελεί κομμάτι της βελτιστοποίησης έμμεσα, αφού το κόστος διατήρησης «h» είναι γινόμενο του ετήσιου επιτοκίου και του μεταβλητού κόστους παραγγελίας ($h=I*c$).

3.6.6 ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ

Για την αναλυτική προσέγγιση της συνάρτησης του κόστους θα εξαχθεί μια έκφραση για το αναμενόμενο μέσο ετήσιο κόστος συναρτήσει των μεταβλητών απόφασης (Q, R) και θα προσδιοριστούν οι βέλτιστες τιμές των (Q, R) για την ελαχιστοποίηση του κόστους.

Έστω $G(Q,R)$ το αναμενόμενο κόστος διατήρησης, ρύθμισης και έλλειψης. Συνδυάζοντας τις εκφράσεις που εξήχθησαν στην προηγούμενως για καθέναν από τους όρους αυτούς προκύπτει:

$$G(Q, R) = h \left(\frac{Q}{2} + R - \lambda * \tau \right) + K * \frac{\lambda}{Q} + p * \lambda * n(R)/Q \quad (3)$$

Ο στόχος είναι να επιλεγθούν τα Q και R, τα οποία ελαχιστοποιούν τη συνάρτηση $G(Q,R)$. Μετά από πράξεις προκύπτει ότι: **Sven Axsäter (2015)**

$$Q = \sqrt{\frac{2 * \lambda * [K + p * n(R)]}{h}} \quad (4)$$

Και

$$1 - F(R) = \frac{Q * h}{p * \lambda} \quad (5)$$

Η βέλτιστη λύση βρίσκεται από την επαναληπτική επίλυση του συστήματος των δύο παραπάνω εξισώσεων. Το ζεύγος (Q,R) που ικανοποιεί τις δύο αυτές εξισώσεις αντιστοιχεί στην ελάχιστη τιμή της συνάρτησης κόστους.

Η διαδικασία επίλυσης απαιτεί επαναλήψεις μεταξύ των εξισώσεων (4) και (5), μέχρις ότου δύο διαδοχικές τιμές των Q και R να συγκλίνουν. Η διαδικασία ξεκινά χρησιμοποιώντας ως $Q_0 = EOQ$. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται στην εξίσωση (5) για τον υπολογισμό του R_1 κ.ο.κ. Η σύγκλιση συνήθως επιτυγχάνεται μετά από δύο ή τρεις επαναλήψεις.

Όταν η ζήτηση κατανέμεται κανονικά, το $n(\mathbf{R})$ υπολογίζεται μέσω της συνάρτησης μερικής προσδοκητής τιμής (standardized loss function) $L(z)$, η οποία ορίζεται ως:

$$L(z) = \int_z^{\infty} (t - z)\varphi(t)dt = \varphi(z) - z * [1 - \Phi(z)] \quad (6)$$

όπου $\varphi(z)$ και $\Phi(z)$ είναι η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας και η αθροιστική συνάρτηση πιθανότητας της ανηγμένης κανονικής τυχαίας μεταβλητής. Αν η ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας είναι κανονική με μέση τιμή μ_τ και τυπική απόκλιση σ_τ , τότε ο μέσος αριθμός ελλείψεων ανά κύκλο είναι:

$$n(\mathbf{R}) = \sigma_\tau * L * \left(\frac{\mathbf{R} - \mu_\tau}{\sigma_\tau} \right) = \sigma_\tau * L(z) \quad (7)$$

Οι τιμές της συνάρτησης $L(z)$ παρατίθενται στο παράρτημα.

3.7 ΧΡΟΝΟΣ ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ

Μια έλλειψη μπορεί να συμβεί σε περιόδους που η στάθμη του αποθέματος είναι χαμηλή. Η απόφαση για την τοποθέτηση μιας παραγγελίας εξαρτάται πάντα από το πόσο χαμηλά θα επιτρέψουμε να πέσει το απόθεμα πριν η παραγγελία φτάσει. Η ιδέα είναι να παραγγείλουμε αρκετά νωρίς, έτσι ώστε η ζήτηση που θα παρουσιασθεί μέχρι να ικανοποιηθεί η παραγγελία να οδηγήσει σπάνια σε έλλειψη.

Ο χρόνος ικανοποίησης μιας παραγγελίας (lead time), τ , ορίζεται ως ο χρόνος από τη στιγμή που τοποθετούμε την παραγγελία μέχρι τη στιγμή που αυτή βρίσκεται στο ράφι, έτοιμη να ικανοποιήσει τη ζήτηση από τους πελάτες. Στο σύστημα που μελετάμε, επειδή τα προϊόντα παράγονται εντός των εγκαταστάσεων, ο χρόνος ικανοποίησης παραγγελίας αποτελείται κυρίως από το χρόνο παραγωγής και τις επιμέρους διαδικασίες, ώστε να παραστεί το προϊόν έτοιμο για διάθεση. Συγκεκριμένα αναλύσαμε τον χρόνο αυτό σε πέντε υποκατηγορίες:

- 1) Χρόνος εισαγωγής της παραγγελίας στο σύστημα
- 2) Χρόνος αναμονής για παραγωγή
- 3) Χρόνος παραγωγής
- 4) Χρόνος μεταφοράς στην αποθήκη
- 5) Χρόνος προετοιμασίας στην αποθήκη

Ο χρόνος αναμονής για παραγωγή υφίσταται διότι απομονώσαμε και μελετήσαμε στην εργασία αυτή τέσσερις κωδικούς. Επειδή στη πραγματικότητα η εταιρεία διαθέτει τεράστιο αριθμό παραγόμενων προϊόντων, και υπάρχει πολύ μεγάλη πιθανότητα να μη μπορεί να δοθεί εντολή για παραγωγή των κωδικών που μελετάμε τη στιγμή που η στάθμη τους πέσει κάτω από το επίπεδο επαναπαραγγελίας. Προσθέσαμε αυτή την υποκατηγορία ώστε να ληφθεί υπόψη από το πρότυπο και να δώσει πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα.

Η παραγωγική διαδικασία των προϊόντων που μελετάμε, αποτελείται από δύο στάδια, τη παραγωγή του υλικού και τη διαδικασία συσκευασίας. Οι χρόνοι αυτοί δεν είναι σταθεροί καθώς μεταβάλλονται ανάλογα με το μέγεθος της παραγγελίας. Έτσι ο χρόνος παραγωγής εξαρτάται από το μέγεθος της ποσότητας παραγγελίας. Πιο αναλυτικά για τον κωδικό ADIPLAST Δ20, για να παραχθεί ποσότητα 423 τεμαχίων που αντιστοιχούν σε 8460 κιλά προϊόντος, απαιτούνται 2,5 ώρες για τη παραγωγή του χύμα υλικού και 5,5 ώρες για τη συσκευασία. Δηλαδή για τη παραγωγή αυτής της ποσότητας απαιτείται περίπου μια εργάσιμη ημέρα.

3.8 ΕΠΙΠΕΔΑ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ (Q,R)

Παρόλο που το μοντέλο διαχείρισης αποθεμάτων (Q,R) είναι σχετικά ρεαλιστικό για τη περιγραφή πολλών πραγματικών συστημάτων, η δυσκολία εύρεσης του κόστους έλλειψης αποθέματος δημιουργεί πρόβλημα στη χρήση του προτύπου αυτού. Ένα σύνθημα υποκατάστατο του κόστους έλλειψης είναι το επίπεδο εξυπηρέτησης (service level). Παρόλο που υπάρχουν ποικίλοι διαφορετικοί ορισμοί για τον όρο «εξυπηρέτηση», συνήθως όταν χρησιμοποιούμε τον όρο αυτό αναφερόμαστε στην πιθανότητα ότι η ζήτηση ικανοποιείται άμεσα. Τα επίπεδα εξυπηρέτησης μπορούν να εφαρμοστούν και σε συστήματα περιοδικής αναθεώρησης.

3.8.1 ΤΥΠΟΣ 1: ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΥΚΛΩΝ ΧΩΡΙΣ ΕΛΛΕΙΨΗ

Στην περίπτωση αυτή καθορίζουμε την πιθανότητα να μην εμφανιστεί περίπτωση έλλειψης μέσα στο χρόνο ικανοποίησης της παραγγελίας. Θα χρησιμοποιήσουμε το σύμβολο «α», για να παραστήσουμε αυτή τη πιθανότητα. Επειδή ο καθορισμός του α, προσδιορίζει πλήρως τη τιμή του R, ο υπολογισμός των Q και R αποσυνδέεται. Ο υπολογισμός των βέλτιστων τιμών (Q,R) βάσει του περιορισμού του τύπου 1 είναι άμεσος.

Το «α» ερμηνεύεται ως το ποσοστό των κύκλων χωρίς έλλειψη, ο τύπος 1 χρησιμοποιείται ως στόχος εξυπηρέτησης, όταν η έλλειψη έχει τις ίδιες επιπτώσεις στο σύστημα ανεξάρτητα από το μέγεθός της.

Γενικά το επίπεδο εξυπηρέτησης τύπου 1 δεν είναι ο στόχος εξυπηρέτησης που εφαρμόζεται στα περισσότερα συστήματα. Συνήθως, όταν λέμε ότι επιθυμούμε επίπεδο εξυπηρέτησης π.χ. 95%, εννοούμε ότι θέλουμε να είμαστε σε θέση να ικανοποιούμε το 95% της ζήτησης άμεσα και όχι να ικανοποιούμε τη ζήτηση χωρίς έλλειψη στο 95% των κύκλων.

3.8.2 ΤΥΠΟΣ 2: ΠΟΣΟΣΤΟ ΖΗΤΗΣΗΣ ΠΟΥ ΙΚΑΝΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΑΜΕΣΑ

Το επίπεδο εξυπηρέτησης τύπου 2 μετρά το ποσοστό της ζήτησης που ικανοποιείται άμεσα χωρίς καθυστέρηση. Ο περιορισμός αυτός είναι πιο σύνθετος από εκείνον που προέκυψε από το επίπεδο εξυπηρέτησης τύπου 1, καθώς εμπεριέχει τόσο το Q όσο και το R. Προκύπτει ότι, παρόλο που η EOQ δεν είναι βέλτιστη στην περίπτωση αυτή, συνήθως δίνει καλά αποτελέσματα. Αν χρησιμοποιήσουμε την EOQ για τον υπολογισμό του μεγέθους παραγγελίας, μετά μπορούμε να βρούμε το R λύνοντας την εξίσωση $n(R) = (1-\beta)*EOQ$.

Στο σύστημα που μελετάμε, αυτό που ενδιαφέρει την εταιρεία είναι το ποσοστό ζήτησης που ικανοποιείται άμεσα και όχι το ποσοστό των κύκλων χωρίς έλλειψη, διότι η έλλειψη στο σύστημα αποθεμάτων της εταιρείας δεν έχει ίδιες επιπτώσεις για διαφορετικά μεγέθη ελλείψεων. Καταλήξαμε ότι το επίπεδο εξυπηρέτησης που ικανοποιεί την εταιρεία είναι τύπου 2. Το ποσοστό εξυπηρέτησης που ορίσαμε ως στόχο είναι το 98%.

3.9 ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ (Q,R) ΠΟΥ ΥΠΟΚΕΙΝΤΑΙ ΣΤΟΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΤΥΠΟΥ 2

Η χρήση της EOQ για τον υπολογισμό του μεγέθους παραγγελίας δίνει λογικά ακριβή αποτελέσματα, όταν χρησιμοποιείται ένας περιορισμός για το ποσοστό της ζήτησης που ικανοποιείται άμεσα. Η τιμή της EOQ όμως είναι μια προσέγγιση του βέλτιστου μεγέθους παρτίδας. Μια πιο ακριβής τιμή του Q προκύπτει με τον ακόλουθο τρόπο. Έστω το σύστημα των εξισώσεων (4) και (5), το οποίο επιλύεται για την εύρεση των βέλτιστων τιμών Q και R, όταν το κόστος έλλειψης είναι γνωστό. Λύνοντας την εξίσωση (5) ως προς p προκύπτει ότι:

$$p = Q * \frac{h}{[(1 - F(R)) * \lambda]} \quad (8)$$

Το δεξιό μέλος της νέας εξίσωσης μπορεί να εισαχθεί στην εξίσωση (1) στη θέση της μεταβλητής p , από όπου προκύπτει η εξίσωση:

$$Q = \sqrt{\frac{2 * \lambda * \{K + Q * h * \frac{n(R)}{[(1 - F(R)) * \lambda]}\}}{h}}$$

η οποία είναι εξίσωση δεύτερου βαθμού ως προς Q . Αποδεικνύεται ότι η θετική ρίζα της εξίσωσης είναι: **Sven Axsäter (2015)**

$$Q = \frac{n(R)}{1 - F(R)} + \sqrt{\frac{2 * K * \lambda}{h} + \left(\frac{n(R)}{1 - F(R)}\right)^2} \quad (9)$$

Η εξίσωση (3) καλείται SOQ (service level order quantity). Η εξίσωση λύνεται ταυτόχρονα με τη σχέση:

$$n(R) = (1 - \beta) * Q \quad (10)$$

Για να προκύψουν οι βέλτιστες τιμές των (Q,R) , ώστε να ικανοποιείται ο περιορισμός εξυπηρέτησης τύπου 2.

3.10 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Όπως είδαμε προηγουμένως, λόγω της ιδιαιτερότητας της ζήτησης και της εποχικότητας που εμφανίζει η μέση τιμή της, θα εφαρμοστεί το πρότυπο διαχείρισης τόσες φορές όσες μεταβάλλεται η μέση τιμή της ζήτησης κατά τη διάρκεια του οικονομικού έτους. Συγκεκριμένα στο κωδικό ADIPLAST Δ20 εφαρμόζεται το πρότυπο δύο φορές, μια για τη περίοδο χαμηλής και μια για την υψηλής ζήτησης.

Η διαδικασία επίλυσης για την εύρεση των βέλτιστων (Q,R) απαιτεί δύο επαναλήψεις. Συγκεκριμένα θα παρουσιάσουμε το μοντέλο διαχείρισης όπως διαμορφώθηκε για το απόθεμα ADIPLAST Δ20. Ο κωδικός αυτός παρουσιάζει δύο περιόδους ανά οικονομικό έτος. Τη περίοδο χαμηλής ζήτησης η μέση μηνιαία ζήτηση ανέρχεται σε 747 τεμάχια και η τυπική απόκλιση σε 306 τεμάχια.

Το πρώτο βήμα είναι η εύρεση μιας αρχικής ποσότητας EOQ για εκκίνηση του αλγορίθμου, σύμφωνα με τον τύπο της EOQ, ο οποίος περιγράφεται από την εξίσωση (11). Η αρχική ποσότητα EOQ ανέρχεται σε 423 τεμάχια.

Δ.Π. Ψωϊνός (1986)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * K * \lambda}{I * c}} \quad (11)$$

Στη συνέχεια βασιζόμενοι στην αρχική αυτή τιμή, θα υπολογίσουμε το χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας, οποίος εξαρτάται κυρίως από το χρόνο παραγωγής. Η παραγωγή του προϊόντος αποτελείται από δύο στάδια, στο πρώτο στάδιο που είναι η παραγωγή του χύμα προϊόντος απαιτούνται 2,5 ώρες και για τη συσκευασία 5,5 ώρες σύμφωνα με τη δυναμικότητα του εργοστασίου. Για τη παραγωγή 423 τεμαχίων απαιτούνται συνολικά 8 ώρες δηλαδή μια εργάσιμη ημέρα.

Πίνακας 3.7: Αναλυτική παρουσίαση του χρόνου ικανοποίησης παραγγελίας

Χρόνος εισαγωγής της παραγγελίας στο σύστημα	1
Χρόνος αναμονής για παραγωγή	1
Χρόνος παραγωγής	0,97
Χρόνος μεταφοράς στην αποθήκη	0
Χρόνος προετοιμασίας στην αποθήκη	1
Συνολικό lead time (ημέρες) "τ"	3,97

Από τον πίνακα 3.7 διαπιστώνουμε ότι το συνολικό lead time ανέρχεται σε σχεδόν 4 ημέρες, στη συνέχεια έχοντας αυτή τη σημαντική πληροφορία μπορούμε πλέον να υπολογίσουμε ένα άλλο πολύ σημαντικό μέγεθος που είναι η μέση τιμή και τυπική απόκλιση της ζήτησης στο χρόνο ικανοποίησης της παραγγελίας.

Η μηνιαία ζήτηση μπορεί να προσεγγιστεί με την κανονική κατανομή με μέση τιμή «λ» και τυπική απόκλιση «σ». Έστω ότι ο χρόνος ικανοποίησης της παραγγελίας ισούται με «τ» περιόδους, στο συγκεκριμένο παράδειγμα ισούται με 4/30 μήνες. Επειδή το άθροισμα ανεξάρτητων κανονικών τυχαίων μεταβλητών κατανέμεται κανονικά, η ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας θα ακολουθεί τη κανονική κατανομή με μέση τιμή μ_τ και τυπική απόκλιση σ_τ . Προκύπτει ότι $\mu_\tau = \lambda * \tau$ και $\sigma_\tau = \sigma * \sqrt{\tau}$.

Εφαρμόζοντας τα παραπάνω προκύπτει ότι μέση τιμή της ζήτησης στο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας « μ_τ » ανέρχεται σε περίπου 97 τεμάχια και η τυπική απόκλιση στο χρόνο αυτό « σ_τ » ανέρχεται σε 111 τεμάχια.

Το γεγονός ότι η τυπική απόκλιση της ζήτησης στο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας είναι μεγαλύτερη από τη μέση τιμή, μας δημιουργεί πρόβλημα στο να προσεγγίσουμε τη ζήτηση με τη κανονική κατανομή. Συγκεκριμένα θα χρησιμοποιήσουμε τον συντελεστή μεταβλητότητας CV, που ισούται με το πηλίκο της μέσης τυπικής απόκλισης προς τη μέση τιμή. Ο συντελεστής μεταβλητότητας αποτελεί κριτήριο καταλληλότητας προσέγγισης μιας κατανομής με τη κανονική.

Ένας αποδεκτός συντελεστής μεταβλητότητας πρέπει να είναι συνήθως μικρότερος από 0,5. Στη περίπτωση της περιόδου χαμηλής ζήτησης του κωδικού ADIPLAST Δ20 ο συντελεστής αυτός ισούται με 1,14. Το γεγονός αυτό δεν μας επιτρέπει να προσεγγίσουμε τη ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης της παραγγελίας με τη κανονική κατανομή.

Σύμφωνα με άρθρο των: **Γιώργος Νενές, Σοφία Παναγιωτίδου, Γιώργος Ταγαράς (2010)**, μια κατανομή που μπορεί να περιγράψει με σχετική ακρίβεια τη ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης της παραγγελίας είναι η κατανομή Γ. Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της κατανομής Γ ισούται με:

$$f_{x^+}(x) = \frac{\lambda^c * x^{c-1}}{\Gamma(c)} * e^{-\lambda * x}, \quad x > 0 \quad (11)$$

Όπου $\Gamma(c) = \int_0^\infty e^{-u} * u^{c-1} du$, και «λ» και «c» είναι οι παράμετροι της κλίμακας και του σχήματος αντίστοιχα. Η μέση τιμή και τυπική απόκλιση της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας της συνάρτησης Γ είναι $\mu=c/\lambda$ και $\sigma^2=c/\lambda^2$ αντίστοιχα. Έχοντας ως γνωστά τα μεγέθη της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης της ζήτησης στο χρόνο ικανοποίησης της παραγγελίας μπορούμε να υπολογίσουμε τις παραμέτρους της κατανομής Γ. Για το συγκεκριμένο πρόβλημα υπολογίσαμε ότι $\lambda=0,007$ και $c=0,67$.

Ένα άλλο πρόβλημα που καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε, είναι ότι δε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τους πίνακες της ανηγμένης κανονικής κατανομής για να υπολογίσουμε με σχετική ευκολία τα μεγέθη που απαιτούνται για τη λύση του συστήματος. Συγκεκριμένα για τη εύρεση του αναμενόμενου αριθμού ελλείψεων ανά κύκλο $n(R)$, θα πρέπει να επιλύσουμε αριθμητικά το ολοκλήρωμα του της εξίσωσης (2), όπου $f(x)$ η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της κατανομής Γ. Το συγκεκριμένο μαθηματικό πρόβλημα επιλύθηκε με τη βοήθεια λογισμικού, συγκεκριμένα με το πρόγραμμα MATLAB®.

Στο σύστημα που μελετάμε ο αναμενόμενος αριθμός ελλείψεων είναι γνωστός μέσω της εξίσωσης (10) καθώς γνωρίζουμε το επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης «β». Έτσι θα λύσουμε την εξίσωση (2) ως προς τα όρια του ολοκληρώματος που είναι το «R», δηλαδή το επίπεδο επαναπαραγγελίας.

Έχοντας ως στόχο ποσοστό εξυπηρέτησης 98%, μπορεί να ξεκινήσει η επαναληπτική διαδικασία εύρεσης των βέλτιστων Q, R. Μετά από δύο επαναλήψεις, βρίσκουμε ότι $Q^* = 433$ και $R^* = 282$. Δηλαδή για να πετύχουμε ποσοστό εξυπηρέτησης 98% στη περίοδο χαμηλής ζήτησης θέτουμε εντολή παραγγελίας για παρτίδα 433 τεμαχίων κάθε φορά που η στάθμη αποθεμάτων πέσει στις 282 μονάδες.

Πίνακας 3.8: Συνολικές παράμετροι συστήματος αποθεμάτων

Παράμετροι συστήματος	
Κωδικός προϊόντος	ADIPLAST Δ20
Μέση ετήσια ζήτηση "λ" (τεμάχια)	8961,6
Τυπική απόκλιση της μηνιαίας ζήτησης "σ" (τεμάχια)	306
Μοναδιαίο κόστος απόκτησης "c" €/τμχ	12,5 €
Κόστος ρύθμισης "Κ"	20 €
Στοιχεία κόστους διατήρησης αποθέματος	
Κόστος κεφαλαίου	8%
Κόστος απαξίωσης του αποθέματος	7%
Κόστος αποθήκευσης	1%
Συνολικό επιτόκιο "Γ"	16%
Χρόνοι απόκρισης συστήματος (ημέρες)	
Χρόνος εισαγωγής της παραγγελίας στο σύστημα	1
Χρόνος αναμονής για παραγωγή	1
Χρόνος παραγωγής	0,96
Χρόνος μεταφοράς στην αποθήκη	0
Χρόνος προετοιμασίας στην αποθήκη	1
Συνολικό lead time (ημέρες) "τ"	3,96
Μέση ζήτηση κατά το lead time (τεμάχια)	97,37
Τυπική απόκλιση της ζήτησης κατά το lead time (τεμάχια)	111
Επιθυμητό επίπεδο εξυπηρέτησης	98%

Στον πίνακα 3.8 συνοψίζονται όλες οι παράμετροι του συστήματος αποθεμάτων του κωδικού ADIPLAST Δ20, για τη περίοδο χαμηλής ζήτησης. Αντίστοιχα υπάρχει και ο πίνακας παραμέτρων του συστήματος για τη περίοδο υψηλής ζήτησης ο οποίος παρουσιάζεται αναλυτικότερα στο επόμενο κεφάλαιο.

Πίνακας 3.9: Αποτελέσματα συστήματος για περίοδο χαμηλής ζήτησης κωδικού ADIPLAST Δ20

Q* (τεμάχια)	433
R* (τεμάχια)	282
Safety stock (τεμάχια)	185
Μέσο ετήσιο κόστος διατήρησης	802 €
Μέσο ετήσιο κόστος ρύθμισης	414 €
Μέσος χρόνος μεταξύ δυο διαδοχικών παραγγελιών (εβδομάδες)	2,3
Μοναδιαίο κόστος έλλειψης	0,59 €

Από τον πίνακα 3.9 των αναλυτικών αποτελεσμάτων παρατηρούμε ότι λόγω της αυξημένης μεταβλητότητας ζήτησης στο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας, για ποσοστό εξυπηρέτησης 98% το απόθεμα ασφαλείας ανέρχεται στις 185 μονάδες που είναι αρκετά υψηλό σε σύγκριση με το επίπεδο επαναπαραγγελίας. Το μέσο συνολικό ετήσιο κόστος ανέρχεται σε 130.308 €.

Για το επίπεδο εξυπηρέτησης τύπου 2 με $\beta = 0,98$ προέκυψε η λύση (433, 282). Παρόλο που δεν προσδιορίστηκε το μοναδιαίο κόστος έλλειψης, η συγκεκριμένη λύση αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη τιμή του p . Δηλαδή, υπάρχει μια τιμή του μοναδιαίου κόστους που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη τιμή του p τέτοια, ώστε η πολιτική (433, 282) να ικανοποιεί τις εξισώσεις (4), (5). Το μοναδιαίο κόστος έλλειψης υπολογίζεται εύκολα, αν λύσουμε την εξίσωση (5) ως προς p , από όπου προκύπτει ότι:

$$p = Q * \frac{h}{[(1 - F(R)) * \lambda]}. \quad (11)$$

Το μοναδιαίο κόστος έλλειψης είναι ένας χρήσιμος τρόπος, για να καθοριστεί η καταλληλότητα της τιμής που επιλέχθηκε για το επίπεδο εξυπηρέτησης.

Βασικός στόχος του συστήματος αυτού είναι να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους κωδικούς της εταιρείας καθώς περιλαμβάνει όλες τις παραμέτρους της παραγωγικής διαδικασίας της εταιρείας, επίσης ο αλγόριθμος έχει στηθεί έτσι ώστε να δίνει διαφορετικά αποτελέσματα σε περίπτωση που αλλάζουν τα δεδομένα ζήτησης.

Για παράδειγμα αν αλλάζουν οι χρόνοι παραγωγής και μειωθεί ο χρόνος ικανοποίησης παραγγελίας το σύστημα θα δώσει διαφορετικές βέλτιστες τιμές προσαρμοσμένες στα νέα δεδομένα εισόδου. Επίσης αν αλλάξουν μελλοντικά τα δεδομένα ζήτησης, το σύστημα θα δίνει διαφορετικά αποτελέσματα, στο επόμενο κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί ανάλυση ευαισθησίας για να παρουσιάσουμε πιο αναλυτικά την απόκριση του συστήματος σε τυχόν αλλαγές των δεδομένων εισόδου.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εφαρμογών του προτεινόμενου συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων, για τους κωδικούς τύπου Α. Οι κωδικοί επιλέχθηκαν με κριτήρια, τη ζήτηση που εμφανίζουν, τη συμμετοχή τους στη συνολική αξία των αποθεμάτων της εταιρείας και το γεγονός ότι αποτελούν ενδεικτικό παράδειγμα για πολλούς κωδικούς της εταιρείας.

Το πρότυπο εφαρμόστηκε δύο φορές για κάθε κωδικό, καθώς η μέση τιμή μεταβάλλεται δυο φορές κατά τη διάρκεια του οικονομικού έτους, εκτός του κωδικού ADIPLAST B150 που δεν παρουσιάζει κάποια εποχικότητα. Συνεπώς για κάθε κωδικό εκτός του B150 έχουμε δυο διαφορετικούς συνδυασμούς βέλτιστων ποσοτήτων (Q,R) κατά τη διάρκεια του οικονομικού έτους, τόσες όσες είναι και οι σεζόν που παρουσιάζουν.

Για όλους τους κωδικούς που εξετάσαμε, η ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης της παραγγελίας στη περίπτωση της περιόδου χαμηλής ζήτησης, δεν μπορεί να περιγραφεί με την κανονική κατανομή. Αυτό συμβαίνει επειδή συντελεστής μεταβλητότητας είναι σε όλες τις περιπτώσεις μεγαλύτερος του 0,5. Στις περιπτώσεις αυτές η ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης της παραγγελίας προσεγγίζεται με τη κατανομή Γ.

4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟΥΣ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥΣ ΚΩΔΙΚΟΥΣ

Οι κωδικοί για τους οποίους έγινε η μελέτη είναι τέσσερις και αποτελούν τις 4 διαφορετικές συσκευασίες του κωδικού ADIPLAST, καθώς οι συγκεκριμένοι κωδικοί κατέχουν υψηλό ποσοστό της συνολικής αξίας των αποθεμάτων οι κωδικοί αυτοί παρουσιάζονται στον πίνακα 4.1

Πίνακας 4.1 Εξεταζόμενοι κωδικοί

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΡΟΪΟΝ
ADIPLAST Δ1	Προϊόν ADIPLAST δοχείο 1 κιλού
ADIPLAST Δ5	Προϊόν ADIPLAST δοχείο 5 κιλών
ADIPLAST Δ20	Προϊόν ADIPLAST δοχείο 20 κιλών
ADIPLAST B150	Προϊόν ADIPLAST βαρέλι 150 κιλών

4.2.1 ΤΕΛΙΚΟ ΠΡΟΪΟΝ ADIPLAST Δ1

Για τον κωδικό ADIPLAST Δ1 έχουμε λάβει υπ' όψιν τα δεδομένα ζήτησης από το έτος 2013 μέχρι το 2016 καθώς από εκείνο το έτος έχουμε σταθεροποίηση της ζήτησης, η ζήτηση μέσα στο οικονομικό έτος διαμορφώνεται ως εξής: περίοδος χαμηλής ζήτησης είναι από Δεκέμβριο μέχρι Αύγουστο και της υψηλής από Σεπτέμβριο μέχρι Νοέμβριο. Στο σχήμα 4.1 παρουσιάζεται η μορφή της ζήτησης όπου διακρίνεται έντονα η εποχικότητα που παρουσιάζει στη διάρκεια του οικονομικού έτους.



Σχήμα 4.1: Πρόβλεψη ζήτησης κωδικού ADIPLAST Δ1

Στον πίνακα 4.1 θα παρουσιαστούν όλα τα απαραίτητα δεδομένα που χρειάζονται για να εφαρμοστεί το πρότυπο στη περίοδο χαμηλής ζήτησης.

Πίνακας 4.1: Δεδομένα εισόδου προτύπου για περίοδο χαμηλής ζήτησης

Μέση μηνιαία ζήτηση D (τεμάχια/ μήνα)	4085
Μέση μηνιαία τυπική απόκλιση σ (τεμάχια/ μήνα)	2035
Μοναδιαίο κόστος απόκτησης c (€ /τεμάχιο)	0,8
Σταθερό κόστος ρύθμισης K (€)	20
Ποσοστιαίο κόστος διατήρησης αποθέματος ανά μονάδα χρόνου I (€/€/ έτος)	16%
Χρόνος ικανοποίησης παραγγελίας L (ημέρες)	6,3
Επιθυμητό ποσοστό εξυπηρέτησης τύπου β (service level type b)	98%

Να σημειώσουμε ότι το μοναδιαίο κόστος διατήρησης h προκύπτει από το γινόμενο του ποσοστιαίου κόστους διατήρησης αποθέματος I επί το μοναδιαίο κόστος απόκτησης αποθέματος c . Επειδή ήταν πρακτικά αδύνατο να βρεθεί το κόστος ανικανοποίητης ζήτησης αποφασίσαμε να επιλύσουμε το σύστημα θέτοντας ως στόχο ποσοστό εξυπηρέτησης τύπου β .

Έτσι με τη χρήση των δεδομένων του πίνακα 4.1 και εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο που περιγράφηκε στην ενότητα 3.10 υπολογίζουμε τις βέλτιστες τιμές των μεταβλητών του συστήματος (Q^*, R^*). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 4.2. Αναλυτικότερα υπολογίζεται η βέλτιστη ποσότητα Q^* , της παρτίδας που πρέπει να παραγγελθεί, καθώς και η βέλτιστη στάθμη επαναπαραγγελίας R^* (reorder point), δηλαδή το επίπεδο του διαθέσιμου αποθέματος τη χρονική στιγμή που πρέπει να τεθεί μια παραγγελία.

Πίνακας 4.2: Αποτελέσματα προτεινόμενου συστήματος για περίοδο χαμηλής ζήτησης

Βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας Q^* (τεμάχια)	3942
Βέλτιστη ποσότητα επαναπαραγγελίας R^* (τεμάχια)	2378
Απόθεμα ασφαλείας (safety stock)	1526
Μέσος χρόνος μεταξύ δυο διαδοχικών παραγγελιών (εβδομάδες)	3,9
Μοναδιαίο κόστος έλλειψης	0,06 €
Μέσο κόστος διατήρησης περιόδου χαμηλής ζήτησης	341 €
Μέσο κόστος ρύθμισης περιόδου χαμηλής ζήτησης	187 €
Συνολικό κόστος περιόδου χαμηλής ζήτησης	29.939 €

Να σημειώσουμε στο σημείο αυτό ότι η ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας δεν μπορεί να προσεγγιστεί με τη κανονική κατανομή καθώς η μέση τιμή υπολογίστηκε σε 851 τμχ και η τυπική απόκλιση σε 935 τμχ. Η ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας προσεγγίστηκε με τη κατανομή Γ με παραμέτρους $\lambda=0,001$ και $c=0,83$.

Στην περίοδο της υψηλής ζήτησης μπορούμε να προσεγγίσουμε τη ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας με τη κανονική κατανομή με μέση τιμή 2330 τμχ και τυπική απόκλιση 1320 τμχ. Ο συντελεστής μεταβλητότητας CV είναι κοντά στο 0,5. Το πρότυπο θα επαναυπολογίσει τα αποτελέσματα λαμβάνοντας υπ' όψιν τα δεδομένα της περιόδου υψηλής ζήτησης.

Πίνακας 4.3: Δεδομένα εισόδου προτύπου για περίοδο υψηλής ζήτησης

Μέση μηνιαία ζήτηση D (τεμάχια/μήνα)	9015
Μέση μηνιαία τυπική απόκλιση σ (τεμάχια/ μήνα)	2580
Μοναδιαίο κόστος απόκτησης c (€/ τεμάχιο)	0,8
Σταθερό κόστος ρύθμισης K (€)	20
Ποσοστιαίο κόστος διατήρησης αποθέματος ανά μονάδα χρόνου I (€/€/έτος)	16%
Χρόνος ικανοποίησης παραγγελίας L (ημέρες)	7,9
Επιθυμητό ποσοστό εξυπηρέτησης (service level)	98%

Στη συνέχεια με τον ίδιο τρόπο χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πίνακα 4.3 και εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο που περιγράφηκε στην ενότητα 3.10 υπολογίζουμε τις βέλτιστες τιμές των μεταβλητών του συστήματος για τη περίοδο υψηλής ζήτησης.

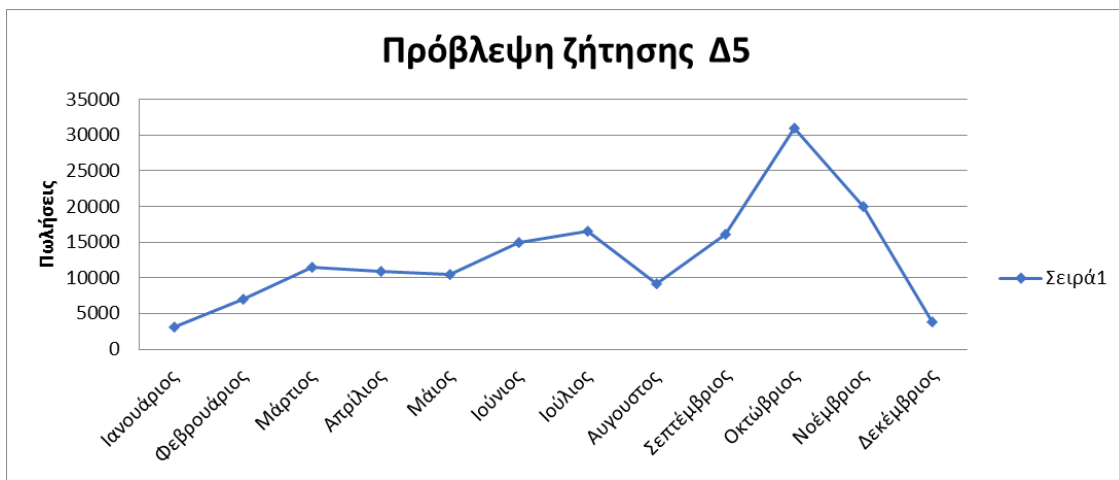
Πίνακας 4.4: Αποτελέσματα προτεινόμενου συστήματος για τη περίοδο υψηλής ζήτησης

Βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας Q^* (τεμάχια)	6535
Βέλτιστη ποσότητα επαναπαραγγελίας R^* (τεμάχια)	3532
Απόθεμα ασφαλείας (safety stock)	1202
Μέσος χρόνος μεταξύ δυο διαδοχικών παραγγελιών (εβδομάδες)	2,9
Μοναδιαίο κόστος έλλειψης	0,04 €
Μέσο κόστος διατήρησης περιόδου υψηλής ζήτησης	145,00 €
Μέσο κόστος ρύθμισης περιόδου υψηλής	83,00 €
Συνολικό κόστος περιόδου υψηλής ζήτησης	21.863,00 €

Παρατηρούμε ότι υπάρχουν εμφανείς διαφορές ανάμεσα στα αποτελέσματα των δυο αυτών συστημάτων τόσο στη βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας όσο και στο επίπεδο επαναπαραγγελίας. Το συνολικό κόστος διαχείρισης αποθεμάτων που εμπεριέχει το κόστος παραγωγής, το κόστος διατήρησης και το κόστος ρύθμισης ανέρχεται σε 51.744€.

4.2.2 ΤΕΛΙΚΟ ΠΡΟΪΟΝ ADIPLAST Δ5

Για τον κωδικό ADIPLAST Δ5 έχουμε λάβει υπ' όψιν τα δεδομένα ζήτησης από το έτος 2012 μέχρι το 2015 καθώς από εκείνο το έτος έχουμε σταθεροποίηση της ζήτησης. Η ζήτηση μέσα στο οικονομικό έτος διαμορφώνεται ως εξής: περίοδος χαμηλής ζήτησης είναι από Δεκέμβριο μέχρι Σεπτέμβριο και της υψηλής τον Οκτώβριο και τον Νοέμβριο. Στο σχήμα 4.2 παρουσιάζεται η μορφή της ζήτησης όπου διακρίνεται έντονα η εποχικότητα που παρουσιάζει στη διάρκεια του οικονομικού έτους.



Σχήμα 4.2: Πρόβλεψη ζήτησης κωδικού ADIPLAST Δ5

Στον πίνακα 4.5 θα παρουσιαστούν όλα τα απαραίτητα δεδομένα που χρειάζονται για να εφαρμοστεί το πρότυπο στη περίοδο χαμηλής ζήτησης.

Πίνακας 4.5: Δεδομένα εισόδου προτύπου για περίοδο χαμηλής ζήτησης.

Μέση μηνιαία ζήτηση D (τεμάχια/ μήνα)	2072
Μέση μηνιαία τυπική απόκλιση σ (τεμάχια/ μήνα)	897
Μοναδιαίο κόστος απόκτησης c (€/ τεμάχιο)	4,4
Σταθερό κόστος ρύθμισης K (€)	20
Ποσοστιαίο κόστος διατήρησης αποθέματος ανά μονάδα χρόνου I (€/€/έτος)	16%
Χρόνος ικανοποίησης παραγγελίας L (ημέρες)	7,9
Επιθυμητό ποσοστό εξυπηρέτησης (service level)	98%

Για τον κωδικό αυτό, το κόστος έλλειψης δε μπορούσε εύκολα να ποσοτικοποιηθεί λόγω της δυσκολίας εύρεσης του κόστους μακροπρόθεσμης κακής φήμης. Οπότε και το πρότυπο για τον κωδικό αυτό επιλύθηκε θέτοντας ως στόχο ποσοστό εξυπηρέτησης 98%.

Έτσι με τη χρήση των δεδομένων του πίνακα 4.5 και εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο που περιγράφηκε στην ενότητα 3.10 υπολογίζουμε τις βέλτιστες τιμές των μεταβλητών του συστήματος (Q^*, R^*). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 4.6.

Πίνακας 4.6: Αποτελέσματα προτεινόμενου συστήματος για τη περίοδο χαμηλής ζήτησης

Βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας Q^* (τεμάχια)	1220
Βέλτιστη ποσότητα επαναπαραγγελίας R^* (τεμάχια)	799
Απόθεμα ασφαλείας (safety stock)	535
Μέσος χρόνος μεταξύ δυο διαδοχικών παραγγελιών (εβδομάδες)	2,4
Μοναδιαίο κόστος έλλειψης	0,21 €
Μέσο κόστος διατήρησης περιόδου χαμηλής ζήτησης	672,00 €
Μέσο κόστος ρύθμισης περιόδου χαμηλής ζήτησης	340,00 €
Συνολικό κόστος περιόδου χαμηλής ζήτησης	92.196,00 €

Το κόστος παραγωγής του κωδικού ADIPLAST Δ5 για τη περίοδο χαμηλής ζήτησης ανέρχεται σε 91.184€ . Από αυτό το μέγεθος μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι το κόστος διατήρησης και ρύθμισης σε σύγκριση με το κόστος παραγωγής είναι πολύ μικρότερο.

Να σημειώσουμε στο σημείο αυτό ότι η ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας δεν μπορεί να προσεγγιστεί με τη κανονική κατανομή καθώς η μέση τιμή υπολογίστηκε σε 264 τμχ και η τυπική απόκλιση σε 322 τμχ. Η ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας προσεγγίστηκε με τη κατανομή Γ με παραμέτρους $\lambda=0,003$ και $c=0,67$.

Στην περίοδο της υψηλής ζήτησης μπορούμε να προσεγγίσουμε τη ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας με τη κανονική κατανομή με μέση τιμή 735 τμχ και τυπική απόκλιση 419 τμχ. Ο συντελεστής μεταβλητότητας CV είναι κοντά στο 0,5. Το πρότυπο θα επαναυπολογίζει τα αποτελέσματα λαμβάνοντας υπ' όψιν τα δεδομένα της περιόδου υψηλής ζήτησης.

Πίνακας 4.7: Δεδομένα εισόδου προτύπου για περίοδο υψηλής ζήτησης.

Μέση μηνιαία ζήτηση D (τεμάχια/ μήνα)	5109
μέση μηνιαία τυπική απόκλιση σ (τεμάχια/ μήνα)	1099
Μοναδιαίο κόστος απόκτησης c (€/ τεμάχιο)	4,4
Σταθερό κόστος ρύθμισης K (€)	20
Ποσοστιαίο κόστος διατήρησης αποθέματος ανά μονάδα χρόνου I (€/€/ έτος)	16%
Χρόνος ικανοποίησης παραγγελίας L (ημέρες)	4,4
Επιθυμητό ποσοστό εξυπηρέτησης (service level)	98%

Στη συνέχεια με τον ίδιο τρόπο χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πίνακα 4.7 και εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο που περιγράφηκε στην ενότητα 3.10 υπολογίζουμε τις βέλτιστες τιμές των μεταβλητών του συστήματος για τη περίοδο υψηλής ζήτησης.

Πίνακας 4.8: Αποτελέσματα προτεινόμενου συστήματος για τη περίοδο υψηλής ζήτησης

Βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας Q^* (τεμάχια)	2109
Βέλτιστη ποσότητα επαναπαραγγελίας R^* (τεμάχια)	1112
Απόθεμα ασφαλείας (safety stock)	378
Μέσος χρόνος μεταξύ δυο διαδοχικών παραγγελιών (εβδομάδες)	1,7
Μοναδιαίο κόστος έλλειψης	0,13 €
Μέσο κόστος διατήρησης περιόδου υψηλής ζήτησης	168,00 €
Μέσο κόστος ρύθμισης περιόδου υψηλής ζήτησης	97,00 €
Συνολικό κόστος περιόδου υψηλής ζήτησης	45.227,00 €

Από τους πίνακες αποτελεσμάτων 4.6 και 4.8, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα των δυο περιόδων ζήτησης. Ένα μέγεθος που προκαλεί ενδιαφέρον, είναι ότι το απόθεμα ασφαλείας του συστήματος για τη περίοδο υψηλής ζήτησης είναι μικρότερο από αυτό της χαμηλής. Αυτό εξηγείται λόγω της μεταβλητότητας της ζήτησης στο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας, που είναι μικρή σε σύγκριση με τη μέση της τιμή. Το συνολικό κόστος διαχείρισης αποθεμάτων που εμπεριέχει το κόστος παραγωγής, το κόστος διατήρησης και το κόστος ρύθμισης ανέρχεται σε 137.422,92 €

4.2.3 ΤΕΛΙΚΟ ΠΡΟΪΟΝ ADIPLAST Δ20

Για τον κωδικό ADIPLAST Δ20 έχουμε λάβει υπ' όψιν τα δεδομένα ζήτησης από το έτος 2012 μέχρι το 2016 καθώς από εκείνο το έτος έχουμε σταθεροποίηση της ζήτησης. Η ζήτηση μέσα στο οικονομικό έτος διαμορφώνεται ως εξής: Η περίοδος χαμηλής ζήτησης είναι από Δεκέμβριο μέχρι Σεπτέμβριο και της υψηλής τον Οκτώβριο και τον Νοέμβριο. Στο σχήμα 4.3 παρουσιάζεται η μορφή της ζήτησης, όπου διακρίνεται έντονα η εποχικότητα που παρουσιάζει στη διάρκεια του οικονομικού έτους.



Σχήμα 4.3: Πρόβλεψη ζήτησης κωδικού ADIPLAST Δ20

Στον πίνακα 4.9 θα παρουσιαστούν όλα τα απαραίτητα δεδομένα που χρειάζονται για να εφαρμοστεί το πρότυπο στη περίοδο χαμηλής ζήτησης.

Πίνακας 4.9: Δεδομένα εισόδου προτύπου για περίοδο χαμηλής ζήτησης.

Μέση μηνιαία ζήτηση D (τεμάχια/ μήνα)	747
Μέση μηνιαία τυπική απόκλιση σ (τεμάχια/ μήνα)	307
Μοναδιαίο κόστος απόκτησης c (€/ τεμάχιο)	12,5
Σταθερό κόστος ρύθμισης K (€)	20
Ποσοστιαίο κόστος διατήρησης αποθέματος ανά μονάδα χρόνου I (€/€/έτος)	16%
Χρόνος ικανοποίησης παραγγελίας L (ημέρες)	3,9
Επιθυμητό ποσοστό εξυπηρέτησης (service level)	98%

Στην περίπτωση του κωδικού αυτού επίσης, ήταν δύσκολο να προσεγγιστεί το κόστος έλλειψης λόγω κακής φήμης. Έτσι πρότυπο επιλύθηκε θέτοντας ως στόχο, ποσοστό εξυπηρέτησης 98%.

Έτσι με τη χρήση των δεδομένων του πίνακα 4.9 και εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο που περιγράφηκε στην ενότητα 3.10 υπολογίζουμε τις βέλτιστες τιμές των μεταβλητών του συστήματος (Q^*, R^*). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 4.10.

Πίνακας 4.10: Αποτελέσματα προτεινόμενου συστήματος για τη περίοδο χαμηλής ζήτησης

Βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας Q^* (τεμάχια)	433
Βέλτιστη ποσότητα επαναπαραγγελίας R^* (τεμάχια)	282
Απόθεμα ασφαλείας (safety stock)	185
Μέσος χρόνος μεταξύ δυο διαδοχικών παραγγελιών (εβδομάδες)	2,3
Μοναδιαίο κόστος έλλειψης	0,59 €
Μέσο κόστος διατήρησης περιόδου χαμηλής ζήτησης	668 €
Μέσο κόστος ρύθμισης περιόδου χαμηλής ζήτησης	345 €
Συνολικό κόστος περιόδου χαμηλής ζήτησης	94.363,40 €

Το κόστος παραγωγής του κωδικού ADIPLAST Δ20 για τη περίοδο χαμηλής ζήτησης ανέρχεται σε 93.350€. Μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι και σε αυτή τη περίπτωση το κόστος διατήρησης και ρύθμισης κατέχουν μικρό ποσοστό του συνολικού κόστους των αποθεμάτων.

Να σημειώσουμε στο σημείο αυτό ότι η ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας δεν μπορεί να προσεγγιστεί με τη κανονική κατανομή καθώς η μέση τιμή υπολογίστηκε σε 97 τμχ και η τυπική απόκλιση σε 111 τμχ. Η ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας προσεγγίστηκε με τη κατανομή Γ με παραμέτρους $\lambda=0,007$ και $c=0,67$.

Στην περίοδο της υψηλής ζήτησης μπορούμε να προσεγγίσουμε τη ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας με τη κανονική κατανομή με μέση τιμή 204 τμχ και τυπική απόκλιση 85 τμχ. Ο συντελεστής μεταβλητότητας CV είναι κοντά στο 0,5. Το πρότυπο θα επαναυπολογίζει τα αποτελέσματα λαμβάνοντας υπ' όψιν τα δεδομένα της περιόδου υψηλής ζήτησης. Στις περιπτώσεις αυτές, όπου η ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης της παραγγελίας προσεγγίζεται από τη κανονική κατανομή, μπορούμε να υπολογίσουμε τον μέσο αριθμό ελλείψεων ανά κύκλο $n(R)$, μέσω της συνάρτησης μερικής προσδοκητής τιμής $L(z)$.

Πίνακας 4.11: Δεδομένα εισόδου προτύπου για περίοδο υψηλής ζήτησης.

Μέση μηνιαία ζήτηση D (τεμάχια/ μήνα)	1429
μέση μηνιαία τυπική απόκλιση σ (τεμάχια/ μήνα)	222
Μοναδιαίο κόστος απόκτησης c (€/ τεμάχιο)	12,5
Σταθερό κόστος ρύθμισης K (€)	20
Ποσοστιαίο κόστος διατήρησης αποθέματος ανά μονάδα χρόνου I (€/€/ έτος)	16%
Χρόνος ικανοποίησης παραγγελίας L (ημέρες)	4,3
Επιθυμητό ποσοστό εξυπηρέτησης (service level)	98%

Στη συνέχεια με τον ίδιο τρόπο χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πίνακα 4.11 και εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο που περιγράφηκε στην ενότητα 3.10 υπολογίζουμε τις βέλτιστες τιμές των μεταβλητών του συστήματος για τη περίοδο υψηλής ζήτησης.

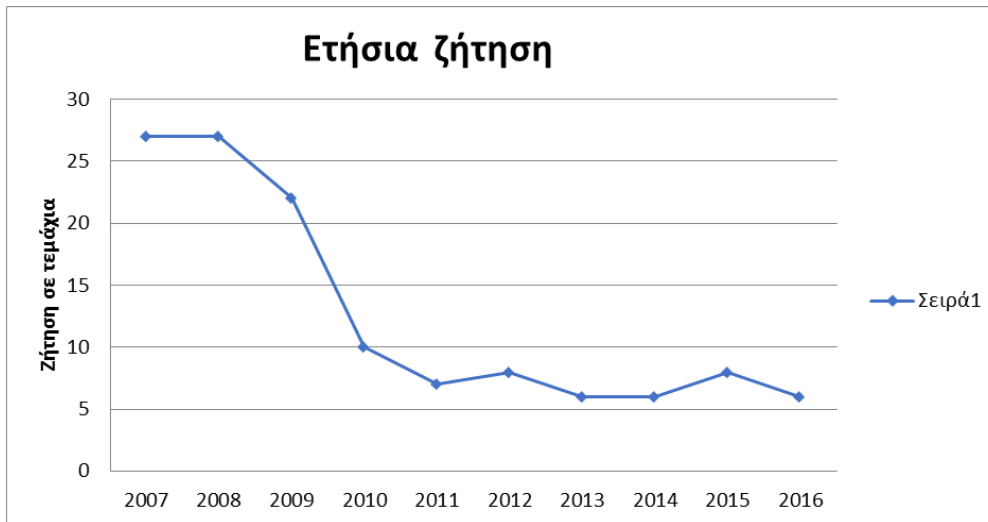
Πίνακας 4.12: Αποτελέσματα προτεινόμενου συστήματος για τη περίοδο υψηλής ζήτησης

Βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας Q* (τεμάχια)	639
Βέλτιστη ποσότητα επαναπαραγγελίας R* (τεμάχια)	260
Απόθεμα ασφαλείας (safety stock)	56
Μέσος χρόνος μεταξύ δυο διαδοχικών παραγγελιών (εβδομάδες)	1,8
Μοναδιαίο κόστος έλλειψης	0,30 €
Μέσο κόστος διατήρησης περιόδου υψηλής ζήτησης	125,00 €
Μέσο κόστος ρύθμισης περιόδου υψηλής ζήτησης	90,00 €
Συνολικό κόστος περιόδου υψηλής ζήτησης	35.945 €

Από τα αποτελέσματα του πίνακα 4.12 μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι το ύψος του αποθέματος ασφαλείας είναι χαμηλότερο σε σύγκριση με αυτό της περιόδου χαμηλής ζήτησης. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην υψηλή μεταβλητότητα της περιόδου χαμηλής ζήτησης.

4.2.4 ΤΕΛΙΚΟ ΠΡΟΪΟΝ ADIPLAST B150

Για τον κωδικό ADIPLAST B150 χρησιμοποιήσαμε τα δεδομένα της ζήτησης από το έτος 2011 μέχρι και το έτος 2016. Ο λόγος είναι ότι στο έτος 2011 σταμάτησε η αρνητική πορεία ζήτησης των προηγούμενων ετών και ξεκίνησε η ομαλοποίηση και σταθεροποίησή της. Στο σχήμα 4.4 μπορούμε να δούμε τη μέση ετήσια ζήτηση έτσι όπως διαμορφώθηκε τα έτη 2007 μέχρι 2016. Από το σχήμα 4.5 φαίνεται ότι ζήτηση μέσα στο οικονομικό έτος δεν παρουσιάζει κάποια εποχικότητα.



Σχήμα 4.4: Ετήσια ζήτηση κωδικού ADIPLAST B150



Σχήμα 4.5: Πρόβλεψη ζήτησης κωδικού ADIPLAST B150

Επειδή η μέση τιμή της ζήτησης δεν μεταβάλλεται μέσα στο οικονομικό έτος, θα εφαρμόσουμε ένα πρότυπο διαχείρισης αποθεμάτων. Τα δεδομένα εισόδου του προτύπου θα παραμένουν σταθερά κατά τη διάρκεια του οικονομικού έτους.

Στον πίνακα 4.13 θα παρουσιαστούν όλα τα απαραίτητα δεδομένα που χρειάζονται για να εφαρμοστεί το πρότυπο σε όλη τη διάρκεια του οικονομικού έτους.

Πίνακας 4.13: Δεδομένα εισόδου προτύπου

Μέση μηνιαία ζήτηση D (τεμάχια/ μήνα)	7
Μέση μηνιαία τυπική απόκλιση σ (τεμάχια/ μήνα)	4
Μοναδιαίο κόστος απόκτησης c (€/ τεμάχιο)	125,00
Σταθερό κόστος ρύθμισης K (€)	20
Ποσοστιαίο κόστος διατήρησης αποθέματος ανά μονάδα χρόνου I (€/€/έτος)	16%
Χρόνος ικανοποίησης παραγγελίας L (ημέρες)	3,3
Επιθυμητό ποσοστό εξυπηρέτησης (service level)	98%

Στην περίπτωση του κωδικού αυτού επίσης, ήταν δύσκολο να προσεγγιστεί το κόστος έλλειψης λόγω κακής φήμης. Έτσι πρότυπο επιλύθηκε θέτοντας ως στόχο, ποσοστό εξυπηρέτησης 98%. Έτσι με τη χρήση των δεδομένων του πίνακα 4.13 και εφαρμόζοντας τον αλγόριθμο που περιγράφηκε στην ενότητα 3.10 υπολογίζουμε τις βέλτιστες τιμές των μεταβλητών του συστήματος (Q^*, R^*). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 4.14.

Πίνακας 4.14: Αποτελέσματα εφαρμογής προτύπου για τον κωδικό ADIPLAST B150

Βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας Q^* (τεμάχια)	13
Βέλτιστη ποσότητα επαναπαραγγελίας R^* (τεμάχια)	2
Απόθεμα ασφαλείας (safety stock)	1
Μέσος χρόνος μεταξύ δυο διαδοχικών παραγγελιών (εβδομάδες)	7,4
Μοναδιαίο κόστος έλλειψης	10 €
Μέσο ετήσιο κόστος διατήρησης	155,00 €
Μέσο ετήσιο κόστος ρύθμισης	130,00 €
Μέσο ετήσιο συνολικό κόστος	10.835 €

Στην περίπτωση του κωδικού αυτού, η ζήτηση στο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας δεν μπορεί να προσεγγιστεί με τη κανονική κατανομή καθώς ο συντελεστής μεταβλητότητας είναι πολύ μεγαλύτερος του 0,5. Η ζήτηση περιγράφεται από τη κατανομή Γ με παραμέτρους: $\lambda = 0,357$ και $c = 0,27$.

4.2.5 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του προτεινόμενου συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων στους 4 επιλεγμένους κωδικούς τύπου Α. Στους πίνακες 4.15 και 4.16 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για κάθε περίοδο ζήτησης. Στον πίνακα 4.17 παρουσιάζεται το συνολικό μέσο ετήσιο κόστος για κάθε κωδικό.

Πίνακας 4.15: Παρουσίαση αποτελεσμάτων περιόδου χαμηλής ζήτησης

Περίοδος χαμηλής ζήτησης		
	Q*	R*
ADIPLAST Δ1	3942	2378
ADIPLAST Δ5	1220	799
ADIPLAST Δ20	433	282
ADIPLAST B150	13	2

Πίνακας 4.16: Παρουσίαση αποτελεσμάτων περιόδου υψηλής ζήτησης

Περίοδος υψηλής ζήτησης		
	Q*	R*
ADIPLAST Δ1	6535	3532
ADIPLAST Δ5	2109	1112
ADIPLAST Δ20	639	260

Πίνακας 4.17: Στοιχεία συνολικού μέσου ετήσιου κόστους του συστήματος αποθεμάτων

Μέσο ετήσιο κόστος	
ADIPLAST Δ1	51.744€
ADIPLAST Δ5	137.423€
ADIPLAST Δ20	130.164€
ADIPLAST B150	10.834€

4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Η δομή του προτύπου διαχείρισης αποθεμάτων διαμορφώθηκε έτσι ώστε να περιλαμβάνει όλες τις παραμέτρους του συστήματος. Αυτό έγινε ώστε το πρότυπο να μπορεί να δώσει διαφορετικά αποτελέσματα σε περίπτωση αλλαγής των δεδομένων εισόδου. Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε την απόκριση του συστήματος σε αλλαγές των δεδομένων εισόδου. Οι βασικές παράμετροι που επηρεάζουν τα αποτελέσματα του προτύπου είναι η μεταβλητότητα της ζήτησης στον χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας και ο ίδιος ο χρόνος ικανοποίησης παραγγελίας.

Αν η μεταβλητότητα της ζήτησης είναι υψηλή σε σχέση με τη μέση της τιμή τότε το πρότυπο για να μπορέσει να τηρήσει τα υψηλά επίπεδα εξυπηρέτησης, ανεβάζει τη στάθμη του αποθέματος ασφαλείας. Το πρόβλημα είναι ότι η μεταβλητότητα της ζήτησης είναι ένα μέγεθος που εξαρτάται από εξωτερικούς παράγοντες και είναι δύσκολο να αλλάξουμε τη τιμή της. Σε όλη την ανάλυση θεωρούμε τη ζήτηση ως εξωγενή μεταβλητή. Στην πραγματικότητα η δυνατότητα έγκαιρης ικανοποίησης των παραγγελιών επηρεάζει τη ζήτηση θετικά, τουλάχιστον μακροπρόθεσμα.

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε την απόκριση του συστήματος αποθεμάτων του κωδικού ADIPLAST Δ20 μειώνοντας κατά 50% το χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας. Αυτό μπορούμε να το πετύχουμε επιταχύνοντας την παραγωγική διαδικασία και μειώνοντας τους νεκρούς χρόνους. Στους πίνακες 4.15 και 4.16 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του προτύπου με μειωμένο χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας.

Πίνακας 4.15: Ανανεωμένα αποτελέσματα συστήματος για περίοδο χαμηλής ζήτησης

Βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας Q^* (τεμάχια)	419
Βέλτιστη ποσότητα επαναπαραγγελίας R^* (τεμάχια)	152
Απόθεμα ασφαλείας (safety stock)	104
Μέσος χρόνος μεταξύ δυο διαδοχικών παραγγελιών (εβδομάδες)	2,2
Μοναδιαίο κόστος έλλειψης	0,45 €
Μέσο κόστος διατήρησης περιόδου χαμηλής ζήτησης	522 €
Μέσο κόστος ρύθμισης περιόδου χαμηλής ζήτησης	357 €
Συνολικό κόστος περιόδου χαμηλής ζήτησης	94.228 €

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του πίνακα 4.15 με αυτά του πίνακα 4.10 μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι η μείωση του χρόνου ικανοποίησης παραγγελίας έχει επιφέρει σημαντική μείωση στη στάθμη του αποθέματος ασφαλείας. Αυτό συμβαίνει διότι η χρονική περίοδος που το σύστημα είναι εκτεθειμένο στη μεταβλητότητα της ζήτησης είναι μικρότερη.

Πίνακας 4.16: Ανανεωμένα αποτελέσματα συστήματος για περίοδο υψηλής ζήτησης

Βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας Q^* (τεμάχια)	627
Βέλτιστη ποσότητα επαναπαραγγελίας R^* (τεμάχια)	140
Απόθεμα ασφαλείας (safety stock)	30
Μέσος χρόνος μεταξύ δυο διαδοχικών παραγγελιών (εβδομάδες)	1,8
Μοναδιαίο κόστος έλλειψης	0,30 €
Μέσο κόστος διατήρησης περιόδου υψηλής ζήτησης	114,50 €
Μέσο κόστος ρύθμισης περιόδου υψηλής ζήτησης	91,00 €
Συνολικό κόστος περιόδου υψηλής ζήτησης	35.935 €

Στην περίοδο υψηλής ζήτησης το απόθεμα ασφαλείας έχει μειωθεί επίσης σημαντικά σε σύγκριση με το αρχικό πρότυπο. Το μέσο ετήσιο κόστος διατήρησης και ρύθμισης ανέρχεται σε 1.084€ σε αντίθεση με το αρχικό σύστημα που ανέρχεται σε 1.229€. Μειώνοντας το χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας κατά 50% παρατηρούμε μείωση του κόστους διατήρησης και ρύθμισης της τάξης του 12% σε ετήσια βάση.

Παρατηρούμε επίσης, ότι το κόστος διατήρησης και ρύθμισης αποτελεί μικρό ποσοστό του συνολικού κόστους αποθεμάτων, για το λόγο αυτό θα ήταν σκόπιμο να εφαρμοστεί σύστημα αποθεμάτων για όλους τους κωδικούς τύπου A. Για να είναι τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης πιο εμφανή.

Η ανάλυση ευαισθησίας είναι απαραίτητη για την ανάλυση του συστήματος μας, καθώς μέσω αυτής μπορούμε να εντοπίσουμε ποιες παράμετροι επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα του προτύπου. Έτσι ώστε να εστιάσουμε σε αυτές και να προσπαθήσουμε να τις βελτιώσουμε όσο και αν αυτό είναι εφικτό.

Στο σύστημα που μελετάμε, η παράμετρος που επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα είναι η αυξημένη μεταβλητότητα της ζήτησης στο χρόνο ικανοποίησης της παραγγελίας. Έτσι μειώνοντας το χρόνο ικανοποίησης παραγγελίας είναι σαν να «μειώνουμε» έμμεσα τη τιμή της μεταβλητότητας στην οποία οφείλεται η υψηλή στάθμη αποθεμάτων ασφαλείας.

Η αυξημένη στάθμη αποθεμάτων ασφαλείας λόγω της υψηλής μεταβλητότητας της ζήτησης, σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος κεφαλαίου, αποτελούν τους κύριους παράγοντες του αυξημένου κόστους διαχείρισης των αποθεμάτων του συστήματος που μελετάμε.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια μιας συνολικής βελτιστοποίησης της παραγωγικής διαδικασίας και διαχείρισης αποθεμάτων της εταιρείας. Η εταιρεία καθώς επεκτείνεται σε νέες αγορές και αναπτύσσεται, έχει εστιάσει το ενδιαφέρον της σε τεχνικές που θα μειώσουν τους χρόνους παραγωγής, θα εξαλείψουν τους νεκρούς χρόνους που αφορούν την παραγωγική διαδικασία και θα μειώσουν τη στάθμη των αποθεμάτων. Η εταιρεία επιθυμεί να εφαρμόσει τεχνικές που να υπόκεινται στη φιλοσοφία της λιτής παραγωγής (lean manufacturing). Η λιτή παραγωγή σημαίνει τη μετάβαση προς μια κατάσταση πλήρους εξάλειψης της σπατάλης, ώστε να επιτευχθεί μια λειτουργία παραγωγής που είναι ταχύτερη, περισσότερο αξιόπιστη και να παράγει προϊόντα υψίστης ποιότητας με το χαμηλότερο δυνατό κόστος.

Μια από τις περιοχές βελτιστοποίησης της λιτής παραγωγής, είναι η διαχείριση των αποθεμάτων με απώτερο στόχο την παραγωγή χωρίς αποθεματοποίηση. Στην περίπτωση της ISOMAT αυτό είναι αδύνατο καθώς η φύση των προϊόντων της και η παραγωγική διαδικασία καθιστά αναγκαία την διατήρηση αποθεμάτων.

Το αντικείμενο αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η βελτιστοποίηση στο επίπεδο της λήψης αποφάσεων στον τομέα της διαχείρισης αποθεμάτων. Στόχος είναι η διατήρηση των πολύ υψηλών επιπέδων εξυπηρέτησης που έχει θέσει η εταιρεία με ταυτόχρονη μείωση της στάθμης των αποθεμάτων. Επίσης η εργασία αυτή εκπονήθηκε με βασικό γνώμονα να αποτελέσει μέρος μιας συνολικής βελτιστοποίησης. Εστίασαμε επίσης στο γεγονός ότι το πρότυπο θα πρέπει να παράγει διαφορετικά αποτελέσματα σε περίπτωση που αλλάξουν τα δεδομένα εισόδου. Σε περίπτωση δηλαδή που μειωθούν οι χρόνοι παραγωγής ή σημειωθεί αύξηση της ζήτησης κτλ.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του προτεινόμενου συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων με το υφιστάμενο, εκτιμούμε ότι το μέσο ετήσιο κόστος διατήρησης και ρύθμισης θα μειωθεί κατά 39%. Στον πίνακα 5.1 παρουσιάζονται ενδεικτικά για τον κωδικό ADIPLAST Δ5 τα στοιχεία κόστους των δυο συστημάτων διαχείρισης αποθεμάτων.

Πίνακας 5.1: Σύγκριση στοιχείων κόστους των συστημάτων του κωδικού ADIPLAST Δ5

	Υφιστάμενο σύστημα	Προτεινόμενο σύστημα
Μέσο ετήσιο κόστος διατήρησης	1.830,00 €	839,61 €
Μέσο ετήσιο κόστος ρύθμισης	260,00 €	436,75 €
Μέσο ετήσιο κόστος παραγωγής	136.150,08 €	136.150,08 €
Συνολικό κόστος αποθεμάτων	138.240,08 €	137.426,44 €

Εφαρμόζοντας το προτεινόμενο σύστημα αποθεμάτων για τον κωδικό ADIPLAST Δ5 μειώνουμε το μέσο ετήσιο κόστος διατήρησης και ρύθμισης κατά περίπου 814€. Η μείωση του κόστους οφείλεται κατά βάση στη μείωση της στάθμης των αποθεμάτων ασφαλείας που δεσμεύουν κεφάλαιο υπό τη μορφή αποθεμάτων. Σε πρώτη ανάγνωση το ποσό αυτό σε σύγκριση με το συνολικό μέγεθος παραγωγής της εταιρείας μοιάζει να είναι ελάχιστο.

Η διπλωματική εργασία για λόγους που έχουμε προαναφέρει περιορίστηκε στη μελέτη μιας ομάδας κωδικών. Οι συνολικοί κωδικοί της εταιρείας υπολογίζονται σε περίπου 3000, από τους οποίους περίπου 800 κωδικοί ανήκουν στην κατηγορία «Α». Αν εφαρμοστεί το προτεινόμενο σύστημα αποθεμάτων για όλους αυτούς τους κωδικούς, τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης θα είναι αρκετά εμφανή.

Στο σημείο αυτό να υπενθυμίσουμε ότι η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο την διαχείριση αποθεμάτων τελικών προϊόντων της εταιρείας. Για να πραγματοποιηθεί ολοκληρωμένη μελέτη στη διαχείριση των αποθεμάτων, θα πρέπει να γίνει βελτιστοποίηση στην συνολική εφοδιαστική αλυσίδα της εταιρείας, συμπεριλαμβανομένου και της αποθήκης πρώτων υλών. Από το υφιστάμενο σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων μπορούμε να καταλήξουμε στο γεγονός ότι η αυξημένη στάθμη αποθεμάτων ασφαλείας, οδηγεί σε αυξημένη στάθμη των αποθεμάτων πρώτων υλών. Το γεγονός αυτό με τη σειρά του οδηγεί σε επιπρόσθετο κόστος για τη συνολική διαχείριση αποθεμάτων της εταιρείας.

Εν κατακλείδι προτείνουμε στην εταιρεία την μελέτη και εφαρμογή ενός συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων που θα συμπεριλαμβάνει όλα τα επίπεδα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η μελέτη θα πρέπει να περιλαμβάνει όλους τους κωδικούς τύπου «Α», ώστε η εφαρμογή του να μειώσει σημαντικά το κόστος διαχείρισης των αποθεμάτων της εταιρείας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

George Nenes, Sofia Panagiotidou, George Tagaras, 2010, “Inventory management of multiple items with irregular demand: A case study”, *European Journal of Operational Research*, 205, 313-324.

Sven Axsäter, 2015. *Inventory Control*, 3rd edition, Springer, Switzerland.

Δημήτριος Π. Ψωϊνός, 1986. *Οργάνωση και διοίκηση εργοστασίων*, Πρώτη έκδοση, Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1α: Τιμές της συνάρτησης μερικής προσδοκητής τιμής (standardized loss function) $L(z)$

Z	F(Z)	L(Z)	Z	F(Z)	L(Z)	Z	F(Z)	L(Z)	Z	F(Z)	L(Z)
-3.00	0.0013	3.000	-1.48	0.0694	1.511	0.04	0.5160	0.379	1.56	0.9406	0.026
-2.96	0.0015	2.960	-1.44	0.0749	1.474	0.08	0.5319	0.360	1.60	0.9452	0.023
-2.92	0.0018	2.921	-1.40	0.0808	1.437	0.12	0.5478	0.342	1.64	0.9495	0.021
-2.88	0.0020	2.881	-1.36	0.0869	1.400	0.16	0.5636	0.324	1.68	0.9535	0.019
-2.84	0.0023	2.841	-1.32	0.0934	1.364	0.20	0.5793	0.307	1.72	0.9573	0.017
-2.80	0.0026	2.801	-1.28	0.1003	1.327	0.24	0.5948	0.290	1.76	0.9608	0.016
-2.76	0.0029	2.761	-1.24	0.1075	1.292	0.28	0.6103	0.274	1.80	0.9641	0.014
-2.72	0.0033	2.721	-1.20	0.1151	1.256	0.32	0.6255	0.259	1.84	0.9671	0.013
-2.68	0.0037	2.681	-1.16	0.1230	1.221	0.36	0.6406	0.245	1.88	0.9699	0.012
-2.64	0.0041	2.641	-1.12	0.1314	1.186	0.40	0.6554	0.230	1.92	0.9726	0.010
-2.60	0.0047	2.601	-1.08	0.1401	1.151	0.44	0.6700	0.217	1.96	0.9750	0.009
-2.56	0.0052	2.562	-1.04	0.1492	1.117	0.48	0.6844	0.204	2.00	0.9772	0.008
-2.52	0.0059	2.522	-1.00	0.1587	1.083	0.52	0.6985	0.192	2.04	0.9793	0.008
-2.48	0.0066	2.482	-0.96	0.1685	1.050	0.56	0.7123	0.180	2.08	0.9812	0.007
-2.44	0.0073	2.442	-0.92	0.1788	1.017	0.60	0.7257	0.169	2.12	0.9830	0.006
-2.40	0.0082	2.403	-0.88	0.1894	0.984	0.64	0.7389	0.158	2.16	0.9846	0.005
-2.36	0.0091	2.363	-0.84	0.2005	0.952	0.68	0.7517	0.148	2.20	0.9861	0.005
-2.32	0.0102	2.323	-0.80	0.2119	0.920	0.72	0.7642	0.138	2.24	0.9875	0.004
-2.28	0.0113	2.284	-0.76	0.2236	0.889	0.76	0.7764	0.129	2.28	0.9887	0.004
-2.24	0.0125	2.244	-0.72	0.2358	0.858	0.80	0.7881	0.120	2.32	0.9898	0.003
-2.20	0.0139	2.205	-0.68	0.2483	0.828	0.84	0.7995	0.112	2.36	0.9909	0.003
-2.16	0.0154	2.165	-0.64	0.2611	0.798	0.88	0.8106	0.104	2.40	0.9918	0.003
-2.12	0.0170	2.126	-0.60	0.2743	0.769	0.92	0.8212	0.097	2.44	0.9927	0.002
-2.08	0.0188	2.087	-0.56	0.2877	0.740	0.96	0.8315	0.090	2.48	0.9934	0.002
-2.04	0.0207	2.048	-0.52	0.3015	0.712	1.00	0.8413	0.083	2.52	0.9941	0.002
-2.00	0.0228	2.008	-0.48	0.3156	0.684	1.04	0.8508	0.077	2.56	0.9948	0.002
-1.96	0.0250	1.969	-0.44	0.3300	0.657	1.08	0.8599	0.071	2.60	0.9953	0.001
-1.92	0.0274	1.930	-0.40	0.3446	0.630	1.12	0.8686	0.066	2.64	0.9959	0.001
-1.88	0.0301	1.892	-0.36	0.3594	0.605	1.16	0.8770	0.061	2.68	0.9963	0.001
-1.84	0.0329	1.853	-0.32	0.3745	0.579	1.20	0.8849	0.056	2.72	0.9967	0.001
-1.80	0.0359	1.814	-0.28	0.3897	0.554	1.24	0.8925	0.052	2.76	0.9971	0.001
-1.76	0.0392	1.776	-0.24	0.4052	0.530	1.28	0.8997	0.047	2.80	0.9974	0.001
-1.72	0.0427	1.737	-0.20	0.4207	0.507	1.32	0.9066	0.044	2.84	0.9977	0.001
-1.68	0.0465	1.699	-0.16	0.4364	0.484	1.36	0.9131	0.040	2.88	0.9980	0.001
-1.64	0.0505	1.661	-0.12	0.4522	0.462	1.40	0.9192	0.037	2.92	0.9982	0.001
-1.60	0.0548	1.623	-0.08	0.4681	0.440	1.44	0.9251	0.034	2.96	0.9985	0.000
-1.56	0.0594	1.586	-0.04	0.4840	0.419	1.48	0.9306	0.031	3.00	0.9987	0.000
-1.52	0.0643	1.548	0.00	0.5000	0.399	1.52	0.9357	0.028			