

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

Περιεχόμενα

7.1. Εισαγωγή	2
7.2. Το Πρόβλημα Διαχείρισης Αποθεμάτων	3
7.2.1 Σκοπός Διατήρησης Αποθεμάτων	3
7.2.2 Στοιχεία Κόστους Αποθεμάτων.....	4
7.2.3 Εξαρτημένη και Ανεξάρτητη Ζήτηση	4
7.3. Τύποι Αποθεμάτων	5
7.3.1 Βασικοί Τύποι αποθεμάτων	5
7.3.2 Μέθοδοι Μείωσης παραγγελιών	5
7.4. Ταξινόμηση ABC	7
7.5. Συστήματα Διαχείρισης Αποθεμάτων	8
7.5.1 Ντετερμινιστικό Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας	8
7.5.2 Ντετερμινιστικό Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας με Εκπτώσεις	12
7.5.3 Αποθέματα Πολλών Υλικών με Περιορισμένους Πόρους.....	13
7.5.4 Ντετερμινιστικό Σύστημα Σταθερής Ποσότητας παραγγελίας με Καθυστερημένη Ικανοποίηση της Ζήτησης	15
7.5.5 Ντετερμινιστικό Σύστημα Σταθερής Περιόδου παραγγελίας	16
7.6. Αβεβαιότητα στα Συστήματα Διαχείρισης Αποθεμάτων (Στοχαστικά Μοντέλα)	17
7.6.1 Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας με Αβέβαιη ζήτηση.....	17
7.6.2 Σύστημα Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Αβέβαιη Ζήτηση.....	23
7.7. Υλικά με Πολύ Αργή Κίνηση	26
7.8. Συστήματα Kanban	28
7.9. Συστήματα JIT	31
7.9.1 Χαρακτηριστικά των JIT συστημάτων	31
7.9.2 JIT II.....	33
7.9.3 Οφέλη JIT Συστημάτων	34
7.9.4 Απαιτήσεις Εφαρμογής JIT Συστημάτων.....	35
7.10. Ερωτήσεις	36
7.11. Παραδείγματα	37

7.1. Εισαγωγή

Η διαχείριση των αποθεμάτων αποτελεί μια σημαντική ευθύνη για τη διοίκηση ενός παραγωγικού συστήματος. Ως απόθεμα θεωρείται η ποσότητα οποιoδήποτε οικονομικού αγαθού, υλικού ή όχι, εισάγεται στο σύστημα και υπερβαίνει την ποσότητα του αγαθού αυτό που εξάγεται από το σύστημα. Η δημιουργία αποθεμάτων μπορεί είτε να είναι σχεδιασμένη με σκοπό να εξομαλύνει τις παρουσιαζόμενες διαφορές μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης του αγαθού είτε αποτέλεσμα διαφόρων παραγόντων όπως κακός προγραμματισμός ή έκτακτα φαινόμενα. Η αναγκαιότητα ύπαρξης του αποθέματος οφείλεται κυρίως στην αβεβαιότητα αναφορικά με την προσφορά και τη ζήτηση του αγαθού για την κάλυψη των εκάστοτε αναγκών.

Ο έλεγχος των αποθεμάτων (inventory control) είναι μια τεχνική με επιστημονικές βάσεις που σκοπό έχει να παρακολουθεί την αποθηκευμένη ποσότητα του αγαθού και να λαμβάνει τις σχετικές αποφάσεις όπως πότε και σε τι ποσότητα θα πρέπει να παραγγελθεί το υλικό κ.α. Ένα σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων θεωρείται το σύνολο των κανονισμών και ελέγχων που καθορίζουν το ύψος των αποθεμάτων, πότε θα πρέπει τα αποθέματα να ανανεώνονται και πως μεγάλες θα πρέπει να είναι οι παραγγελιές. Σε ένα παραγωγικό σύστημα, τα αποθέματα διακρίνονται σε πρώτες ύλες, τελικά προϊόντα, ενδιάμεσα προϊόντα και εφόδια. Αποθέματα δημιουργούνται και στις υπηρεσίες με την έννοια των υλικών αγαθών και προμηθειών που υποστηρίζουν την υπηρεσία αυτή.

Ο βασικός σκοπός ενός συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων είναι να καθορίζει πρώτον πότε θα πρέπει να παραγγελθούν τα αγαθά και δεύτερον πόσο μεγάλη θα πρέπει να είναι η παραγγελιά. Ορισμένες επιχειρήσεις προτιμούν να διατηρούν μακροχρόνιες σχέσεις με τους προμηθευτές τους για την ικανοποίηση των αναγκών τους για σχεδόν έναν ολόκληρο χρόνο. Στην περίπτωση αυτή ένα σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων θα καθορίζει πότε και τι ποσότητα θα διανέμεται. Ένα αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων, εξοικονομεί πόρους για την επιχείρηση ελαχιστοποιώντας το κόστος.

Η έννοια του αποθέματος είναι γενική και δεν περιορίζεται στην περίπτωση των πρώτων υλών, των προϊόντων και εμπορευμάτων αλλά καλύπτει ένα ευρύ φάσμα οικονομικών φαινομένων. Ανεξάρτητα από τη γενικότητα του όρου, το πρόβλημα της διαχείρισης των αποθεμάτων είναι πολύ σημαντικό για όλες τις επιχειρήσεις καθώς τα αποθέματα τους δεσμεύουν συνήθως ένα μεγάλο ποσοστό του κεφαλαίου τους κι έχουν σημαντικό κόστος διατήρησης. Υπάρχουν κατηγορίες επιχειρήσεων όπως τα super market όπου τα αποθέματα τους καλύπτουν περίπου το 50% του ενεργητικού τους.

Το πρόβλημα ελέγχου των αποθεμάτων έχει απασχολήσει σε μεγάλο βαθμό ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια την βιβλιογραφία κι έχει γίνει μεγάλη προσπάθεια ανάλυσης και εμπάθυνσης του προβλήματος. Στη θεωρητική προσέγγιση του προβλήματος, έχει δημοσιευτεί πλήθος επιστημονικών μελετών, έχουν γίνει πολλές και πολύπλοκες μαθηματικές αναλύσεις κι έχουν διατυπωθεί πολλές θεωρίες και μοντέλα διαχείρισης

αποθεμάτων. Όμως, από πρακτικής απόψεως, μόνο ένα μικρό μέρος των θεωριών έχουν εφαρμοστεί σε πραγματικό επιχειρησιακό περιβάλλον.

Στο παρόν κεφάλαιο, θα παρουσιαστεί το πρόβλημα διαχείρισης των αποθεμάτων, τα μοντέλα διαχείρισης αποθέματος καθώς και η προσέγγιση του προβλήματος κάτω από διαφορετικές συνθήκες.

7.2. Το Πρόβλημα Διαχείρισης Αποθεμάτων

Το πρόβλημα διαχείρισης αποθεμάτων ορίζεται γενικώς ως πρόβλημα εξισορρόπησης μεταξύ του κόστους έλλειψης και του κόστους πλεονάσματος αποθέματος ενός παραγωγικού προϊόντος. Ένας σωστός σχεδιασμός διαχείρισης αποθεμάτων αποσυνδέει το παραγωγικό σύστημα από τις διακυμάνσεις της ζήτησης και διατηρεί ομαλή ροή στην παραγωγή, ανεξάρτητη τη λειτουργία της παραγωγικής στάθμης, αυξάνει το ρυθμό παραγωγής και ελαττώνει το κόστος.

7.2.1 Σκοπός Διατήρησης Αποθεμάτων

Η διαχείριση των αποθεμάτων αποτελεί μια από τις σημαντικές λειτουργίες σε ένα παραγωγικό σύστημα για διάφορους λόγους. Αν η ζήτηση ενός προϊόντος ήταν γνωστή τότε η επιχείρηση θα μπορούσε να παράγει το προϊόν αυτό σε τέτοια ποσότητα έτσι ώστε να αντιστοιχεί ακριβώς στη ζήτηση. Επειδή όμως στην πραγματικότητα η ζήτηση είναι σπάνια γνωστή, με τη διατήρηση τελικών αποθεμάτων δίνεται η δυνατότητα στην επιχείρηση να αποσυνδέσει το παραγωγικό σύστημα από τη ζήτηση και να αντιμετωπίσει τυχόν μεταβολές της. Συνεπώς, η δημιουργία αποθεμάτων συμβάλλει στην επιτάχυνση και βελτίωση της έγκαιρης παράδοσης των προϊόντων μειώνοντας τις πιθανότητες μη εκπλήρωσης μίας παραγγελιάς ή καθυστερημένης παράδοσης. Η ύπαρξη αποθεμάτων πρώτων υλών και ενδιάμεσων προϊόντων εξασφαλίζει τη συνεχή τροφοδοσία του παραγωγικού συστήματος και την ομαλή ροή της παραγωγής, χωρίς να επηρεάζεται από καθυστερήσεις των προμηθευτών. Επίσης εξασφαλίζει την ανεξάρτητη λειτουργία των παραγωγικών σταδίων, την αύξηση του ρυθμού παραγωγής και τη μείωση του κόστους παραγωγής. Για παράδειγμα, με την διατήρηση αποθεμάτων μειώνεται το κόστος αλλαγής μιας μηχανής από την παραγωγή ενός προϊόντος στην παραγωγή ενός άλλου.

Κάθε καινούργια παραγγελία συνεπάγεται κόστος για την επιχείρηση το οποίο δεν εξαρτάται από την ποσότητα της παραγγελίας. Συνεπώς όσο μεγαλύτερη είναι η παραγγελία, τόσο μικρότερος θα είναι ο συνολικός αριθμός των παραγγελιών και συνεπώς τόσο μικρότερο το κόστος αυτών. Τέλος, μια επιχείρηση με τη διατήρηση αποθεμάτων έχει τη δυνατότητα να μειώσει τις πληρωμές της σε προμηθευτές, κάνοντας μεγαλύτερες παραγγελίες σε περιόδους που οι τιμές των προμηθευτών είναι χαμηλές.

7.2.2 Στοιχεία Κόστους Αποθεμάτων

Για την λήψη αποφάσεων σχετικά με το ύψος των αποθεμάτων, η επιχείρηση θα πρέπει να λάβει υπ' όψιν και τα ακόλουθα κόστη.

- α) Κόστος τήρησης αποθέματος (holding/storage cost). Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει το κόστος αποθηκευτικού χώρου, το κόστος δεσμευμένου κεφαλαίου, το κόστος ασφάλισης αποθέματος, το κόστος απαρχαίωσης αποθέματος και το κόστος του χειρισμού του (handling) κατά την αποθήκευση και τη μεταφορά του.
Ειδικότερα για το κόστος δεσμευμένου κεφαλαίου, αυτό πηγάζει από την ανάγκη της επιχείρησης να επενδύσει τα κεφαλαία της για την διατήρηση αποθεμάτων έναντι των άλλων εναλλακτικών χρήσεων των κεφαλαίων της. Το κόστος του δεσμευμένου κεφαλαίου είναι πάντα ίσο ή μεγαλύτερο της απόδοσης που θα είχε η επιχείρηση εάν είχε επενδύσει τα κεφαλαία της σε χρηματοοικονομικά προϊόντα πολύ χαμηλού κινδύνου.
- β) Κόστος προμήθειας αποθέματος. Περιλαμβάνει τόσο το σταθερό κόστος για την τοποθέτηση μιας παραγγελίας στους προμηθευτές της επιχείρησης όσο και το κόστος αγοράς του αποθέματος από αυτούς. Στη περίπτωση όπου η επιχείρηση δεν προμηθεύεται τα σχετικά προϊόντα αλλά τα παράγει χρησιμοποιώντας δικές της εγκαταστάσεις, το σταθερό κόστος παραγωγής αφορά στο κόστος προετοιμασίας της παραγωγικής διαδικασίας, ενώ το μεταβλητό κόστος αφορά στο κόστος παραγωγής.
- γ) Κόστος Έλλειψης/ μη ικανοποίησης της ζήτησης (shortage cost). Αν εξαντληθούν τα αποθέματα ενός προϊόντος, η επιχείρηση είναι υποχρεωμένη να καθυστερήσει ή να ακυρώσει την παραγγελία χάνοντας με τον τρόπο αυτό κέρδος αλλά και φήμη.

7.2.3 Εξαρτημένη και Ανεξάρτητη Ζήτηση

Για τη διαχείριση αποθεμάτων, είναι σημαντική η κατανόηση της διαφοράς μεταξύ εξαρτημένης και ανεξάρτητης ζήτησης. Στην περίπτωση της ανεξάρτητης ζήτησης, η ζήτηση για διάφορα προϊόντα είναι ανεξάρτητη ή μια με την άλλη. Δηλαδή, μια παραγωγική μονάδα μπορεί να παράγει διάφορα αντικείμενα που δεν σχετίζονται μεταξύ τους αλλά αντιμετωπίζουν κάποια εξωτερική ζήτηση. Στην περίπτωση της εξαρτημένης ζήτησης, η ανάγκη για ένα αντικείμενο είναι αποτέλεσμα της ανάγκης για κάποιο άλλο, συνήθως σε υψηλότερο επίπεδο της παραγωγικής διαδικασίας.

Η εξαρτημένη ζήτηση είναι σχετικά εύκολο να προσδιοριστεί με βάση τη ζητούμενη ποσότητα του αντικειμένου από το οποίο εξαρτάται. Για παράδειγμα, αν μια βιομηχανία αυτοκινήτων σχεδιάζει να παράγει 1000 αυτοκίνητα, είναι φανερό ότι θα χρειαστεί 4000 τροχούς. Η ζήτηση για τροχούς δεν είναι ανεξάρτητη αλλά προσδιορίζεται από το ύψος της παραγωγής αυτοκινήτων. Η ζήτηση όμως για αυτοκίνητα είναι ανεξάρτητη και δε σχετίζεται με τη ζήτηση κάποιου άλλου προϊόντος. Για τον καθορισμό της ποσότητας παραγωγής ανεξάρτητων αντικειμένων, οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν διάφορες μεθόδους όπως έρευνα αγοράς, μεθόδους προβλέψεις κ.α. Εξ' αιτίας της αβεβαιότητας της ανεξάρτητης ζήτησης, είναι απαραίτητη η διατήρηση επιπλέον μονάδων αποθέματος στα προϊόντα αυτά.

7.3. Τύποι Αποθεμάτων

7.3.1 Βασικοί Τύποι αποθεμάτων

Τα αποθέματα, ανάλογα με τον τρόπο που δημιουργούνται, μπορούν να διακριθούν σε τέσσερις κατηγορίες, κυκλικό, ασφαλείας, αναμονής και σε κίνηση. Τα διαφορετικά αυτά είδη αποθεμάτων δεν διακρίνονται σε φυσική μορφή αλλά με βάση την αιτία της δημιουργίας τους. Το **κυκλικό απόθεμα** (cycle inventory) είναι το τμήμα του συνολικού αποθέματος που καθορίζεται άμεσα από το μέγεθος της παραγγελίας. Το ύψος του κυκλικού αποθέματος εξαρτάται από τον χρόνο ανάμεσα σε δυο παραγγελίες. Για παράδειγμα, αν γίνεται μια παραγγελία κάθε μήνα, το ύψος του αποθέματος θα πρέπει να ισούται με τη μηνιαία ζήτηση. Όσο μεγαλύτερη είναι η χρονική περίοδος ανάμεσα σε δυο παραγγελίες τόσο μεγαλύτερο θα είναι το κυκλικό απόθεμα.

Για να αποφύγουν προβλήματα εξυπηρέτησης των πελατών και μη διαθεσιμότητας εξαρτημάτων, οι εταιρείες συχνά κρατάνε ένα **απόθεμα ασφαλείας** (safety stock inventory). Τα αποθέματα ασφαλείας είναι χρήσιμα όταν οι προμηθευτές δεν παραδίδουν την απαιτούμενη ποσότητα στην προκαθορισμένη ημερομηνία σε αποδεκτή ποιότητα ή όταν τα παρασκευασμένα αντικείμενα έχουν υποστεί ζημιές ή απαιτούν περαιτέρω διορθώσεις. Η διατήρηση αποθεμάτων ασφαλείας εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας σε περίπτωση τέτοιων προβλημάτων. Για τη διατήρηση αποθεμάτων ασφαλείας, μία επιχείρηση κάνει μία παραγγελία νωρίτερα απ' ό,τι τη χρειάζεται πραγματικά είτε σε μεγαλύτερη ποσότητα.

Ως απόθεμα αναμονής (anticipation inventory) καθορίζεται το απόθεμα που χρησιμοποιείται για να απορροφήσει ανόμοια ζήτηση σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Για παράδειγμα, το 90% της ετήσιας ζήτησης του πετρελαίου θέρμανσης εμφανίζεται μέσα σε τέσσερις μήνες στο χρόνο. Με τη διατήρηση αποθεμάτων αναμονής, οι επιχειρήσεις δεν είναι υποχρεωμένες να προβαίνουν σε σημαντικές αυξομειώσεις της παραγωγής που συνεπάγονται κόστος. Τα **αποθέματα αναμονής** χρησιμοποιούνται επίσης και σε περιπτώσεις αβεβαιότητας σχετικά με την πρόσφορα ενός προϊόντος.

Τα αποθέματα που κινούνται από το ένα σημείο του συστήματος ροής υλικών στο άλλο καλούνται **αποθέματα σε κίνηση** (pipeline inventory). Τα αποθέματα αυτά αποτελούν παραγγελίες που έχουν γίνει αλλά δεν έχουν παραληφθεί ακόμα. Μπορούν να υπολογιστούν ως η μέση ζήτηση κατά το χρόνο μεταξύ της παραλαβής δυο διαδοχικών παραγγελιών.

7.3.2 Μέθοδοι Μείωσης παραγγελιών

Με βάση την κατηγορία των αποθεμάτων μπορούν να καθοριστούν οι κατάλληλες τακτικές για τη μείωση του. Οι τακτικές αυτές θα πρέπει να περιλαμβάνουν την ενέργεια για τη μείωση του αποθέματος αλλά και τακτικές για τη μείωση του κόστους εξ' αιτίας της

έλλειψης αποθεμάτων. Η βασική τακτική για τη μείωση του κυκλικού αποθέματος είναι απλά η μείωση του μεγέθους της παραγγελίας. Παράλληλα, όμως, για την αποφυγή της αύξησης του κόστους έναρξης νέας λειτουργίας και την αύξηση του συνολικού κόστους παραγγελίας, λόγω αύξησης του αριθμού των παραγγελιών, θα πρέπει η επιχείρηση να βελτιστοποιήσει τις διαδικασίες παραγγελίας και προετοιμασίας για νέες λειτουργίες. Επίσης, μπορεί να αυξήσει το βαθμό στον οποίο η ίδια εργασία μπορεί να επαναληφθεί χωρίς να χρειάζονται αλλαγές με εξειδίκευση, αφιέρωση πόρων για την παραγωγή ενός μόνο προϊόντος και τη χρησιμοποίηση του ίδιου εξαρτήματος για διαφορετικά προϊόντα.

Η βασική τακτική που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μείωση του αποθέματος ασφαλείας είναι η τοποθέτηση των παραγγελιών πιο κοντά στο χρόνο που πρέπει να γίνει η παραλαβή. Λόγω της αβεβαιότητας σχετικά με τη ζήτηση, τις προμήθειες και τους χρόνους αποστολής, η τακτική αυτή μπορεί να οδηγήσει σε μη αποδεκτά επίπεδα εξυπηρέτησης πελατών. Οι πιθανές αρνητικές συνέπειες μπορούν να αποφευχθούν αν παράλληλα η επιχείρηση

- α) βελτιώσει τις προβλέψεις ζήτησης
- β) μειώσει το χρόνο ανάμεσα σε δυο παραλαβές,
- γ) μειώσει την αβεβαιότητα των προμηθειών και
- δ) δώσει μεγαλύτερη έμφαση σε εργασία και μηχανές, τα μόνα συστατικά στοιχεία της παραγωγής που δεν αποθηκεύονται.

Για την μείωση των αποθεμάτων αναμονής, μια επιχείρηση μπορεί να εξισώσει το ρυθμό παραγωγής της με τον ρυθμό ζήτησης. Παράλληλα θα πρέπει να προσπαθήσει να εξισορροπήσει τη ζήτηση δημιουργώντας νέα προϊόντα με διαφορετικούς κύκλους ζήτησης, με διαφήμιση προϊόντων εκτός εποχής και με εκπτώσεις στα προϊόντα αυτά.

Τέλος μια επιχείρηση για να ελέγξει τα αποθέματα σε κίνηση έχει τη δυνατότητα να μειώσει τη διάρκεια αναμονής των αποθεμάτων όχι όμως και τη ζήτηση. Για τη μείωση των χρόνων αναμονής των αποθεμάτων μπορεί να επιλέξει τους κατάλληλους προμηθευτές και εταιρίες μεταφορών, να βελτιώσει τη διαχείριση των υλικών εντός του εργοστασίου και να μειώσει την ποσότητα της παραγγελίας στις περιπτώσεις που ο χρόνος αναμονής εξαρτάται από την ποσότητα παραγγελίας.

7.4. Ταξινόμηση ABC

Η διαχείριση των αποθεμάτων με τις καταμετρήσεις, την τοποθέτηση παραγγελιών, την παραλαβή αποθεμάτων κ.τ.λ. κοστίζει σε χρόνο προσωπικού και σε χρήματα. Με βάση λοιπόν τους περιορισμούς στους πόρους, η επιχείρηση θα πρέπει να χρησιμοποιήσει τους διαθέσιμους πόρους με τον καλύτερο τρόπο, να επικεντρώνεται δηλαδή στα πιο σημαντικά αντικείμενα στο απόθεμα της. Ένα σύστημα διαχείρισης αποθέματος καθορίζει πότε θα πρέπει να γίνει μια παραγγελία για ένα προϊόν και τι ποσότητα θα πρέπει να παραγγελθεί. Καθώς στις περισσότερες περιπτώσεις ελέγχου των αποθεμάτων περιλαμβάνονται αρκετά διαφορετικά αντικείμενα είναι δύσκολο για την επιχείρηση να κάνει διαφορετικό προγραμματισμό για τα αποθέματα του καθενός. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, η ταξινόμηση ABC διαχωρίζει το απόθεμα σε τρεις κατηγορίες βασιζόμενη στο γεγονός ότι ένας σχετικά μικρός αριθμός προϊόντων, εξαρτημάτων ή υλικών, αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο μέρος της συνολικά δεσμευμένης σε αποθέματα αξίας.

Η κατηγορία Α αντιστοιχεί σε ένα μικρό σχετικά ποσοστό των ειδών αποθέματος μεγάλης όμως αξίας, δηλαδή περίπου στο 15-20% του συνόλου των διαφόρων ειδών αποθεμάτων που αντιστοιχούν σε περίπου 70-75% της συνολικής αξίας των αποθεμάτων. Η κατηγορία Β περιλαμβάνει υλικά μικρότερης αξίας και σημασίας. αντιστοιχούν περίπου στο 20-25% του συνόλου των ειδών και στο 20-25 % της συνολικής αξίας των αποθεμάτων. Η κατηγορία C περιλαμβάνει τα υπόλοιπα μικρότερης αξίας αγαθά, περίπου 10-15% της συνολικής αξίας των αποθεμάτων, που αποτελούν και το μεγαλύτερο ποσοστό του συνόλου των υλικών που αποθεματοποιούνται. Στόχος της ταξινόμησης ABC είναι ο καθορισμός του βαθμού ελέγχου και παρακολούθησης των αποθεμάτων. Για παράδειγμα, σε περιοδική βάση, τα υλικά της πρώτης κατηγορίας μπορεί να ελέγχονται πιο αποτελεσματικά με εβδομαδιαίες παραγγελίες, τα υλικά της δεύτερης κατηγορίας μπορούν να παραγγέλλονται κάθε δυο εβδομάδες και τα υλικά της τρίτης κατηγορίας μπορούν να προμηθεύονται μηνιαία ή κάθε δυο μήνες. Για τα αποθέματα της πρώτης κατηγορίας, το σύστημα διαχείρισης τους θα πρέπει να βασίζεται στη συνεχή παρακολούθηση του αποθέματος του κάθε υλικού και θα πρέπει πάντα να τηρείται επαρκές απόθεμα ασφαλείας. Στα αποθέματα της δεύτερης κατηγορίας δεν απαιτείται τόσο αυστηρός έλεγχος και η επανεξέταση των παραμέτρων του αποθέματος, όπως το επίπεδο ανάλωσης, ο χρόνος εκτέλεσης της παραγγελίας θα πρέπει να γίνεται τακτικά αλλά σε μεγαλύτερες περιόδους απ' ό,τι τα αποθέματα της πρώτης κατηγορίας. Τέλος, για τη διαχείριση των αποθεμάτων της τρίτης κατηγορίας ο έλεγχος των παραμέτρων του συστήματος διαχείρισης μπορεί να γίνεται ανά μεγάλα χρονικά διαστήματα καθώς δεν υπάρχει υψηλό κόστος έλλειψης των αποθεμάτων αυτών.

7.5. Συστήματα Διαχείρισης Αποθεμάτων

Ο προσδιορισμός μιας πολιτικής για τη διαχείριση των αποθεμάτων μιας επιχείρησης συνίσταται στον προσδιορισμό του πότε θα πρέπει να γίνει μια νέα παραγγελία, καθώς και της ποσότητας που θα πρέπει να παραγγελθεί κάθε φορά. Η απόφαση που θα παρθεί για μια παραγγελία θα έχει επιπτώσεις σε όλες τις επόμενες παραγγελίες και συνεπώς σε όλη τη διαχείριση αποθέματος από τη στιγμή εκείνη.

Τα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: 1) τα συστήματα **σταθερής ποσότητας παραγγελίας** (ή συστήματα συνεχούς παρακολούθησης αποθέματος) και 2) τα συστήματα **σταθερής περιόδου παραγγελίας** (ή συστήματα περιοδικής παρακολούθησης αποθέματος).

Ένα σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας ενεργοποιεί εντολές όταν το απόθεμα φτάσει σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο. Το γεγονός αυτό μπορεί να συμβεί οποιαδήποτε στιγμή ανάλογα με τη ζήτηση για το υλικό αυτό. Εν αντιθέσει, ένα σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας περιορίζεται στην τοποθέτηση εντολών στο τέλος μιας προκαθορισμένης περιόδου. Για τη χρησιμοποίηση ενός συστήματος σταθερής παραγγελίας, το απόθεμα θα πρέπει να ελέγχεται συνέχεια. Το σύστημα αυτό απαιτεί κάθε φορά που προστίθεται ή αφαιρείται κάτι από το απόθεμα, να ανανεώνονται τα σχετικά αρχεία έτσι ώστε να μπορεί να καθοριστεί πότε έχει φτάσει το σημείο για νέα παραγγελία. Στο σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας, καταμετρήσεις του αποθέματος γίνονται μόνο σε περιόδους αναθεωρήσεων.

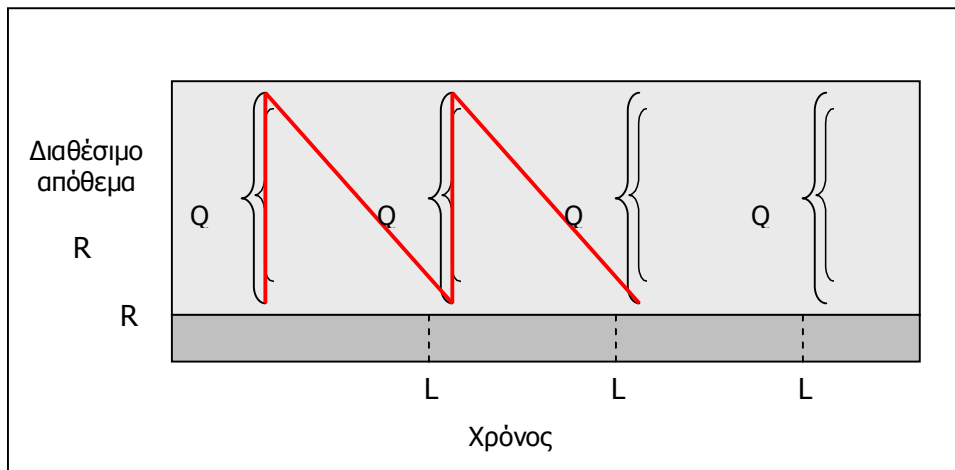
Μεταξύ των δύο συστημάτων υπάρχουν και κάποιες επιπρόσθετες διαφορές, που επηρεάζουν την επιλογή του κατάλληλου συστήματος. Για παράδειγμα, τα συστήματα σταθερής ποσότητας παραγγελίας προτιμούνται σε πιο ακριβά υλικά που έχουν μικρότερα αποθέματα. Επίσης, είναι πιο κατάλληλα για υλικά σημαντικά στην παραγωγική διαδικασία (π.χ. ανταλλακτικά), καθώς υπόκεινται σε αυστηρό έλεγχο και συνεπώς υπάρχει πιο γρήγορη αντίδραση σε περιπτώσεις εξάντλησης τους. Απαιτούν, ωστόσο, περισσότερο χρόνο για τη συντήρησή τους, καθώς για κάθε προσθήκη ή άντληση αποθέματος θα πρέπει να γίνεται η σχετική ενημέρωση. Από την άλλη πλευρά, τα συστήματα σταθερής περιόδου παραγγελίας διατηρούν μεγαλύτερα αποθέματα κατά μέσο όρο γιατί θα πρέπει να προλαμβάνουν τυχόν ελλείψεις κατά την περίοδο αναθεώρησης.

Επιπρόσθετα, τόσο η ζήτηση των προϊόντων όσο και ο χρόνος παράδοσης κάθε παραγγελίας είναι γνωστά μόνο κατά προσέγγιση. Ως αποτέλεσμα, τα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων μπορούν να διακριθούν σε **στοχαστικά** και **ντετερμινιστικά**, ανάλογα με το εάν λαμβάνεται ή όχι υπόψη η αβεβαιότητα των παραπάνω παραμέτρων.

7.5.1 Ντετερμινιστικό Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας

Στο σύστημα σταθερής ποσότητας παραγγελίας καθορίζεται ένα συγκεκριμένο επίπεδο αποθέματος R , στο οποίο τοποθετείται παραγγελία ύψους Q . Το σημείο αναπαραγγελίας, R , είναι ένας προκαθορισμένος αριθμός μονάδων του υλικού. Η ποσότητα R θα πρέπει να

επαρκεί για την κάλυψη της ζήτησης κατά τη διάρκεια του χρόνου υστέρησης ανάμεσα στην τοποθέτηση της παραγγελίας και την παραλαβή της. Το σύστημα αυτό απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα, όπου όταν το απόθεμα φτάνει το σημείο R, μια νέα εντολή παραγγελίας τοποθετείται. Η εντολή αυτή εκτελείται στο τέλος της περιόδου L, περίοδος που παραμένει σταθερή στο μοντέλο αυτό.



Σχήμα 7.1 - Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας

Τα συστήματα σταθερής ποσότητας παραγγελίας βασίζονται στις παρακάτω παραδοχές:

- Η ζήτηση του προϊόντος είναι σταθερή, γνωστή και συνεχής σε όλη τη διάρκεια της περιόδου
- Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της τοποθέτησης της παραγγελίας και της εκτέλεσής της είναι σταθερός
- Το κόστος ανά μονάδα προϊόντος είναι σταθερό
- Το μοναδιαίο κόστος διατήρησης αποθέματος είναι σταθερό
- Το κόστος διαχείρισης της παραγγελίας είναι σταθερό
- Η ποσότητα της παραγγελίας είναι σταθερή και ίση με την ποσότητα του υλικού που παραλαμβάνεται.

Όταν ισχύουν οι παραπάνω υποθέσεις, είναι δυνατός ο προσδιορισμός της Οικονομικής Ποσότητας Παραγγελίας (ΟΠΠ), δηλαδή της ποσότητας παραγγελίας που ελαχιστοποιεί το Ολικό Κόστος Αποθέματος (ΟΚΑ). Το ετήσιο ολικό κόστος αποθέματος περιλαμβάνει το κόστος αγοράς των αποθεμάτων, το κόστος διατήρησης των αποθεμάτων, που είναι ανάλογο του μέσου ύψους των αποθεμάτων και το κόστος διαχείρισης κάθε παραγγελίας.

$$\begin{array}{l} \text{Ετήσιο Ολικό} \\ \text{Κόστος} \\ \text{Αποθεμάτων} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Ετήσιο} \\ \text{Κόστος} \\ \text{Αγοράς} \\ \text{Αποθεμάτων} \end{array} + \begin{array}{l} \text{Ετήσιο Κόστος} \\ \text{Διατήρησης} \\ \text{Αποθεμάτων} \end{array} + \begin{array}{l} \text{Ετήσιο Κόστος} \\ \text{Διαχείρισης} \\ \text{Παραγγελιών} \end{array}$$

ή

$$OKA = p \cdot D + \frac{Q}{2} \cdot c_h + \frac{D}{Q} c_p \quad (1)$$

όπου:

p είναι το κόστος αγοράς μιας μονάδας του προϊόντος

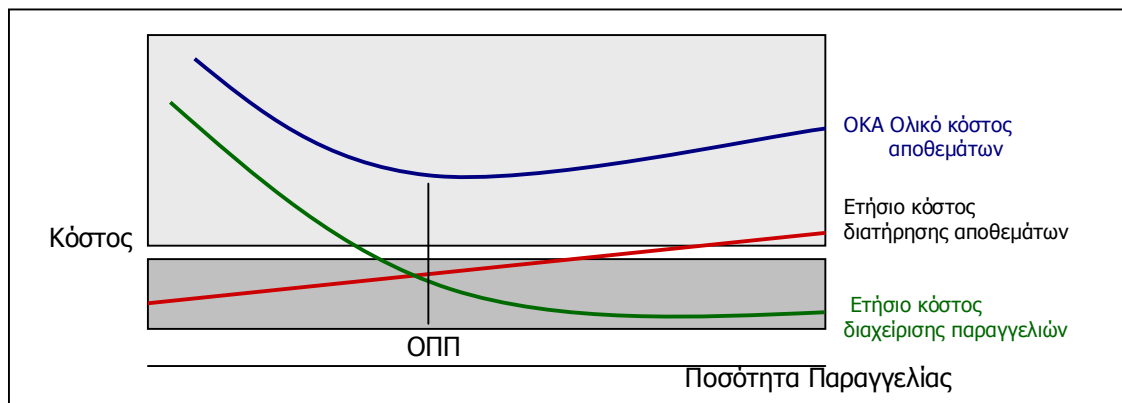
D είναι η ετήσια ζήτηση του προϊόντος

Q είναι η ποσότητα κάθε παραγγελίας

c_h είναι το κόστος διατήρησης μιας μονάδας προϊόντος σε απόθεμα για ένα έτος

c_p είναι το κόστος διαχείρισης μιας παραγγελίας

Οι συναρτήσεις κόστους απεικονίζονται στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 7.2 - Κόστος Αποθέματος

Το ετήσιο κόστος αγοράς των αποθεμάτων είναι ανεξάρτητο από την ποσότητα της παραγγελίας (Q) στο υπόδειγμα αυτό. Το ετήσιο κόστος διατήρησης των αποθεμάτων ισούται με το γινόμενο του μέσου αποθέματος ($Q/2$) επί το μοναδιαίο κόστος διατήρησης του αποθέματος (c_h). Το κόστος αυτό εξαρτάται από το μέγεθος της παραγγελίας και περιλαμβάνει το κόστος ευκαιρίας του κεφαλαίου που έχει επενδυθεί, καθώς και τα έξοδα αποθήκευσης, συντήρησης και φθορών του αποθέματος. Το κόστος διαχείρισης παραγγελιών ισούται με το πλήθος των παραγγελιών (D/Q) κατά τη διάρκεια ενός χρόνου

επί το κόστος διαχείρισης μιας παραγγελίας (c_p). Το κόστος αυτό περιλαμβάνει τα έξοδα τοποθέτησης παραγγελιών, παραλαβής των παραγγελιών, μεταφορικά έξοδα κτλ.

Το δεύτερο βήμα στο μοντέλο διαχείρισης αποθέματος είναι ο προσδιορισμός της ποσότητας παραγγελίας που ελαχιστοποιεί το ολικό κόστος (οικονομική ποσότητα παραγγελίας). Η τιμή αυτή βρίσκεται στο σημείο όπου η κλίση της καμπύλης συνολικού κόστους είναι μηδέν. Παίρνοντας την πρώτη παράγωγο της συνάρτησης κόστους ίση με το μηδέν:

$$\frac{d(\text{OKA})}{dQ} = \frac{c_h}{2} - \frac{c_p D}{Q^2} = 0 \quad (2)$$

από όπου προκύπτει

$$\text{ΟΠΠ} = \sqrt{\frac{2c_p D}{c_h}} \quad (3)$$

Σύμφωνα με την εξίσωση αυτή, όσο μεγαλύτερη είναι η ετήσια ζήτηση του προϊόντος τόσο μεγαλύτερη θα είναι η οικονομική ποσότητα παραγγελίας και συνεπώς τόσο αραιότερα θα τοποθετούνται οι παραγγελίες.

Το μοντέλο αυτό θεωρεί ότι η ζήτηση είναι γνωστή και σταθερή καθώς και ότι ο ενδιάμεσος χρόνος μεταξύ τοποθέτησης μιας παραγγελίας και παραλαβής της είναι σταθερός.

Το σημείο επαναπαραγγελίας, R , προκύπτει από τη σχέση:

$$R = DL \quad (4)$$

όπου L είναι ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της τοποθέτησης της παραγγελίας και της εκτέλεσής της (Lead time).

Ο αριθμός των παραγγελιών ανά έτος είναι έτος ισούται με:

$$n = \frac{D}{\text{ΟΠΠ}} = \sqrt{\frac{c_h D}{2c_p}} \quad (5)$$

ενώ το διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών παραγγελιών είναι:

$$T = \frac{1}{n} = \sqrt{\frac{2c_p}{c_h D}} \quad (6)$$

Τέλος, το ολικό κόστος που αντιστοιχεί στην οικονομική ποσότητα παραγγελίας είναι το ακόλουθο:

$$\text{OKA}_{\min} = \sqrt{2c_h c_p D} + pD \quad (7)$$

Για παράδειγμα, η ετήσια ζήτηση ενός προϊόντος (D) είναι 5000 κομμάτια, το κόστος διαχείρισης των παραγγελιών της επιχείρησης είναι 5€ ανά παραγγελία, το κόστος συντήρησης του αποθέματος είναι 2€ ανά μονάδα, το κόστος αγοράς μιας μονάδας προϊόντος είναι 20€ και ο χρόνος μεταξύ της τοποθέτησης και παραλαβής μιας εντολής είναι 5 μέρες. Στην περίπτωση αυτή η οικονομική ποσότητα παραγγελίας είναι:

$$\text{ΟΠΠ} = \sqrt{\frac{2c_p D}{c_h}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \cdot 5000}{2}} = 158 \text{ κομμάτια}$$

Το σημείο επαναπαραγγελίας είναι:

$$R = D L = (5000/365) \cdot 5 = 69 \text{ κομμάτια}$$

Ο αριθμός παραγγελιών ανά έτος θα είναι:

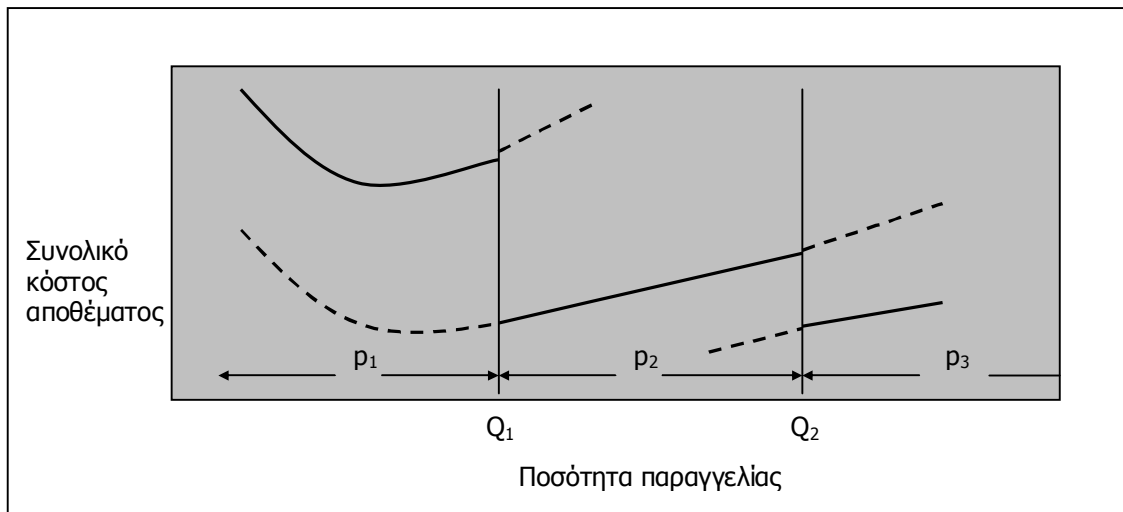
$$n = \frac{D}{\text{ΟΠΠ}} = \sqrt{\frac{c_h D}{2c_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5000}{2 \cdot 5}} = 32$$

7.5.2 Ντετερμινιστικό Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας με Εκπτώσεις

Τα συστήματα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας με Εκπτώσεις λαμβάνουν υπ' όψιν τους τις περιπτώσεις όπου η τιμή πώλησης του προϊόντος δεν είναι σταθερή αλλά αλλάζει ανάλογα με το ύψος της παραγγελίας. Στην περίπτωση αυτή, το κόστος του αποθέματος είναι μια κλιμακωτή συνάρτηση αφού το κόστος αγοράς είναι κλιμακούμενο. Έστω ότι για αγορά μέχρι Q1 μονάδες του προϊόντος η τιμή αγοράς είναι p1, για αγορά από Q1 μέχρι Q2 κομμάτια η τιμή είναι p2 και για αγορές άνω των Q2 κομματιών, η τιμή είναι p3. Στα συστήματα αυτά, το πρώτο βήμα για τον προσδιορισμό της βέλτιστης ποσότητας παραγγελίας, είναι ο υπολογισμός του ολικού κόστους αποθέματος. Το ολικό κόστος αποθέματος, για ποσότητα Παραγγελίας (Q) που αντιστοιχεί σε τιμή p_i , ($i = 1,2,3$) είναι:

$$\begin{aligned} \text{ΟΚΑ} = & p_1 \cdot D + \frac{Q}{2} \cdot c_h + \frac{D}{Q} c_p, \text{ για } 0 \leq Q \leq Q_1 \\ & p_2 \cdot D + \frac{Q}{2} \cdot c_h + \frac{D}{Q} c_p, \text{ για } Q_1 < Q \leq Q_2 \\ & p_3 \cdot D + \frac{Q}{2} \cdot c_h + \frac{D}{Q} c_p, \text{ για } Q > Q_2 \end{aligned} \quad (8)$$

Η συνάρτηση αυτή απεικονίζεται στο σχήμα 7.3 που ακολουθεί.



Σχήμα 7.3 - Κόστος αποθέματος στην περίπτωση των εκπτώσεων

Η κάθε καμπύλη δείχνει τη συμπεριφορά του ολικού κόστους αποθέματος για διαφορετικές τιμές της ποσότητας παραγγελίας και ισχύει μέσα στα όρια ποσότητας Q που ισχύει και η αντίστοιχη τιμή. Το δεύτερο βήμα είναι ο υπολογισμός, για κάθε καμπύλη, της οικονομική ποσότητας παραγγελίας που αντιστοιχεί στο ελάχιστο ολικό κόστος αποθέματος.

Είναι πιθανό η ποσότητα αυτή να βρίσκεται έξω από τα όρια για τα οποία ισχύει η αντίστοιχη τιμή αγοράς και, συνεπώς, να μην είναι εφικτή. Σε αυτή τη περίπτωση, ελέγχονται τα ακραία σημεία κάθε καμπύλης ολικού κόστους αποθέματος, δηλαδή τα σημεία ποσότητας παραγγελίας όπου μεταβάλλεται η τιμή αγοράς κάθε μονάδας. Η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας θα είναι εκείνη που αντιστοιχεί στο μικρότερο ολικό κόστος αποθέματος.

7.5.3 Αποθέματα Πολλών Υλικών με Περιορισμένους Πόρους

Καθώς οι επιχειρήσεις διατηρούν αποθέματα σε πολλά υλικά, στην πράξη τα συστήματα αποθεμάτων αντιμετωπίζουν διάφορους περιορισμούς αναφορικά με τους διαθέσιμους πόρους. Οι περιορισμοί αυτοί αφορούν συνήθως τους αποθηκευτικούς χώρους, τα απαιτούμενα κεφάλαια για την προμήθεια των υλικών κτλ. Στις περιπτώσεις αυτές, το σύστημα διαχείρισης αποθεμάτων θα πρέπει να τροποποιείται έτσι ώστε να λαμβάνονται υπ' όψιν οι περιορισμοί αυτοί. Στην περίπτωση αυτή, όπως είναι φανερό, η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας θα είναι μικρότερη από αυτή σε ένα σύστημα χωρίς περιορισμούς. Αν η επιχείρηση αντιμετωπίζει περιορισμούς αναφορικά με τον διαθέσιμο χώρο αποθήκευσης, τότε το ολικό κόστος αποθέματος για το υλικό i υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{ΟΚΑ}_i = p_i D_i + \frac{Q_i}{2} (c_h + q s_i) + \frac{D_i}{Q_i} c_p \quad (9)$$

όπου q είναι η ετήσια επιβάρυνση ανά μονάδα χώρου αποθήκης και s_i είναι ο χώρος αποθήκης που καταλαμβάνει μια μονάδα του υλικού i . Η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας για το υλικό i υπολογίζεται ως εξής:

$$ΟΠΠ_i = \sqrt{\frac{2c_p D_i}{c_h + qs_i}} \quad (10)$$

Έστω ότι ο χώρος που διαθέτει μια επιχείρηση για την αποθήκευση πέντε διαφορετικών υλικών είναι 295 m^3 . Το ετήσιο κόστος αποθήκευσης (c_h) είναι 2€ ανά κομμάτι και το κόστος αναπαραγγελίας (c_p) είναι 12€ το κομμάτι. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τα δεδομένα για καθένα από τα πέντε υλικά.

Υλικό	Ετήσια Ζήτηση (D_i)	Χώρος ανά κομμάτι σε m^3	ΟΠΠ (για $q=0$)	Μέσος χώρος σε m^3	ΟΠΠ (για $q=1\text{€}$)	Μέσος χώρος σε m^3
1	2.000	0.7	147	51,4	126,5	44,3
2	1.500	0.4	190	37,9	173,2	34,6
3	2.300	0.3	166	24,9	154,9	23,2
4	1.800	0.8	134	53,7	113,4	45,4
5	2.500	0.1	173	168	169	147,5
				336		295

Πίνακας 7.1 - Παράδειγμα συστήματος διαχ. αποθεμάτων με Περιορισμένους χώρους

Ο μέσος χώρος αποθήκευσης κάθε υλικού υπολογίζεται ως το γινόμενο του μέσου ύψους αποθέματος ($ΟΠΠ/2$) επί τον χώρο που απαιτείται για κάθε μονάδα του υλικού αυτού. Αν υπολογίσουμε το ολικό κόστος αποθέματος και την οικονομική ποσότητα παραγγελίας χωρίς τον περιορισμό του χώρου, δηλαδή για $q=0$, τότε ο συνολικός μέσος χώρος αποθήκευσης που απαιτείται είναι 336 m^3 , το οποίο υπερβαίνει το διαθέσιμο χώρο αποθήκευσης των 295 m^3 . Για $q>0$, πχ $q=0.5\text{€}$ ο συνολικός μέσος χώρος αποθήκευσης είναι ίσος με 313 m^3 και υπερβαίνει πάλι τον διαθέσιμο χώρο. Με διαδοχικές δοκιμές βρίσκουμε ότι για $q=1\text{€}$ ο συνολικός χώρος αποθήκευσης είναι ίσος με το διαθέσιμο. Η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας κάθε αγαθού θα πρέπει να υπολογιστεί με βάση των παραπάνω τύπο και για $q=1\text{€}$.

7.5.4 Ντετερμινιστικό Σύστημα Σταθερής Ποσότητας παραγγελίας με Καθυστερημένη Ικανοποίηση της Ζήτησης

Μια ειδική περίπτωση του συστήματος Σταθερής Ποσότητας παραγγελίας είναι αυτή που επιτρέπει τη δυνατότητα να καθυστερήσει η ικανοποίηση της ζήτησης. Μια επιχείρηση μπορεί να έχει τη δυνατότητα, όταν εξαντληθεί το απόθεμα, να καθυστερήσει να ικανοποιήσει τη ζήτηση μέχρι τη λήψη της νέας παραγγελίας. Στην περίπτωση αυτή επιβαρύνεται από το αντίστοιχο κόστος έλλειψης αποθέματος (c_b), το οποίο εξαρτάται από το χρόνο που η ζήτηση έμεινε ανικανοποίητη. Το μέγιστο επίπεδο αποθέματος που διατηρεί η επιχείρηση στις αποθήκες της (I_{max}) θα είναι μικρότερο από την οικονομική ποσότητα παραγγελίας. Η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας υπολογίζεται με βάση τον παρακάτω τύπο:

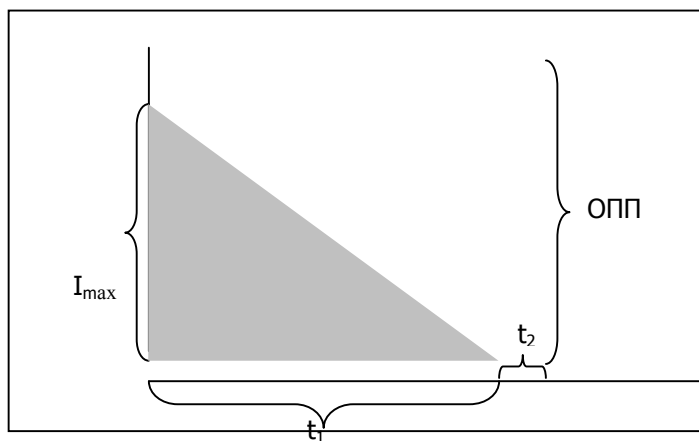
$$Q_{\text{optimum}} = \sqrt{\frac{2c_p D}{c_h}} \sqrt{\frac{c_b + c_h}{c_b}} \quad (11)$$

το μέγιστο επίπεδο αποθέματος είναι:

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2c_p D}{c_h}} \sqrt{\frac{c_b}{c_b + c_h}} \quad (12)$$

ενώ η ποσότητα Ζήτησης που δεν καλύπτεται σε κάθε κύκλο ισούται:

$$Q_{\text{optimum}} - I_{\text{max}} \quad (13)$$



Σχήμα 7.4 - Καθυστερημένη Ικανοποίηση της Ζήτησης

7.5.5 Ντετερμινιστικό Σύστημα Σταθερής Περιόδου παραγγελίας

Στο Σύστημα Σταθερής Περιόδου παραγγελίας γίνεται καταμέτρηση του αποθέματος μόνο σε συγκεκριμένες περιόδους π.χ. κάθε εβδομάδα ή κάθε μήνα. Αυτό που παραμένει σταθερό είναι το διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δυο διαδοχικών παραγγελιών και όχι η ποσότητα των παραγγελιών. Η περιοδική καταμέτρηση των αποθεμάτων και η περιοδική τοποθέτηση παραγγελιών διευκολύνει τις επιχειρήσεις όταν, για παράδειγμα, οι πωλητές επισκέπτονται σε τακτά χρονικά διαστήματα τους πελάτες τους και παίρνουν παραγγελίες για μια σειρά προϊόντων ή όταν οι αγοραστές αγοράζουν μαζικά διάφορα προϊόντα με μία παραγγελία για να μειώσουν τα έξοδα μεταφοράς.

Σ' ένα Σύστημα Σταθερής Περιόδου παραγγελίας, αφού γίνει η καταμέτρηση των αποθεμάτων, παραγγέλεται κάθε φορά η ποσότητα αναπλήρωσης του αποθέματος μέχρι ένα συγκεκριμένο επίπεδο Q_{max} . Έτσι, κατά τη χρονική στιγμή της επιθεώρησης παραγγέλεται η διάφορα μεταξύ της Ποσότητας Q_{max} και της Ποσότητας του αποθέματος κατά την καταμέτρηση (I). Οι παράμετροι του συστήματος που πρέπει να καθοριστούν είναι η σταθερή περίοδος επιθεώρησης (T) και η ποσότητα Q_{max} , έτσι ώστε το ολικό κόστος αποθέματος να είναι το ελάχιστο. Το ολικό κόστος αποθέματος στο σύστημα αυτό, σύμφωνα με τις υποθέσεις που ίσχυαν και στο Σύστημα Σταθερής Ποσότητας παραγγελίας, υπολογίζεται ως εξής:

$$OKA = pQ + \frac{QT}{2} c_h + \frac{1}{T} c_p = pQ + \frac{D}{2n} c_h + nc_p \quad (14)$$

όπου $n=1/T$ είναι ο ετήσιος αριθμός παραγγελιών και $D/2n=DT/2$ είναι το μέσο απόθεμα.

Η βέλτιστη τιμή του T , που αντιστοιχεί στο ελάχιστο ολικό κόστος αποθέματος, είναι αυτή που μηδενίζει την πρώτη παραγώγου της (14).

$$T_{optimum} = \sqrt{\frac{2c_p}{c_h D}} \quad (15)$$

Το ελάχιστο ολικό κόστος ισούται με:

$$OKA_{minimum} = pD + \sqrt{2c_p c_h D} \quad (16)$$

Οι τιμές αυτές είναι ίδιες με τις αντίστοιχες του συστήματος Σταθερής Ποσότητας παραγγελίας, καθώς και τα δυο συστήματα βασίζονται στις ίδιες υποθέσεις.

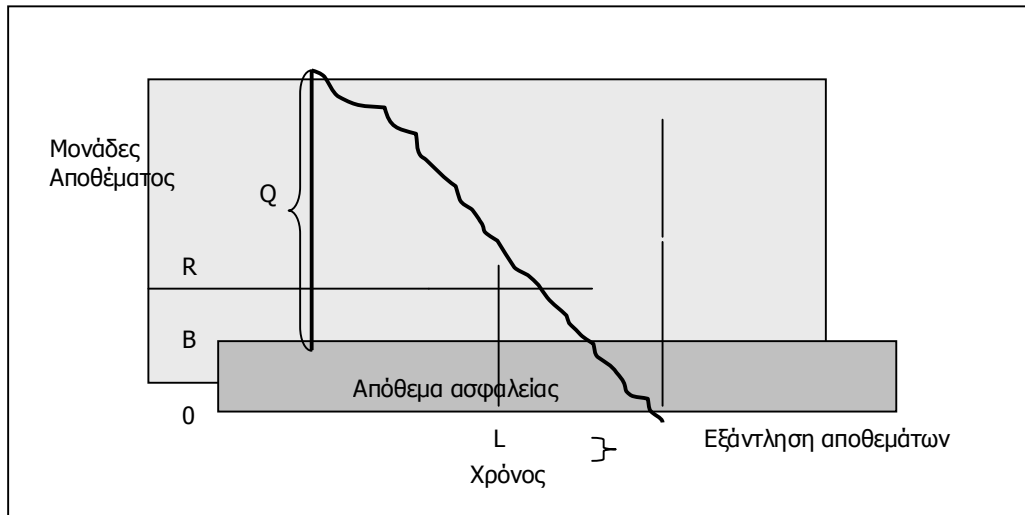
7.6. Αβεβαιότητα στα Συστήματα Διαχείρισης Αποθεμάτων (Στοχαστικά Μοντέλα)

Τα προηγούμενα μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων βασίζονταν στην υπόθεση ότι η ζήτηση του αποθέματος καθώς και ο χρόνος εκτέλεσης μιας παραγγελίας είναι γνωστά και σταθερά. Και οι δυο όμως υποθέσεις σπάνια συναντώνται στην πραγματικότητα, καθώς τόσο η ζήτηση όσο και ο χρόνος εκτέλεσης των εντολών παρουσιάζουν διακυμάνσεις. Για το σκοπό αυτό, η επιχείρηση θα πρέπει να διατηρεί ένα απόθεμα ασφαλείας ώστε να αντιμετωπίζει την μη προβλεπόμενη ζήτηση. Ως **απόθεμα ασφαλείας** ορίζεται η ποσότητα αποθέματος που διατηρείται επιπλέον από την αναμενόμενη ζήτηση.

Η ύπαρξη αποθεμάτων ασφαλείας συνεπάγεται όφελος αλλά και κόστος για την επιχείρηση. Το κόστος αποθεματοποίησης οφείλεται στη δέσμευση των κεφαλαίων, την δαπάνη αποθήκευσης και τον κίνδυνο φθοράς ή απαξίωσης των αντικειμένων. Το όφελος των αποθεμάτων ασφαλείας είναι η εξουδετέρωση του κινδύνου έλλειψης αποθέματος σε περιπτώσεις μη αναμενόμενης ζήτησης ή καθυστέρησης εκτέλεσης παραγγελιών. Ως αποτέλεσμα, το ύψος του αποθέματος ασφαλείας καθορίζεται με βάση τον συνυπολογισμό του οφέλους και του κόστους αποθεματοποίησης.

7.6.1 Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγγελίας με Αβέβαιη Ζήτηση

Στην περίπτωση που η ζήτηση είναι αβέβαιη και οι παραγγελίες του αποθέματος επαναλαμβάνονται, το σύστημα διαχείρισης αποθέματος θα πρέπει να προσαρμοστεί έτσι ώστε να λαμβάνει υπόψη τον κίνδυνο μη ικανοποίησης της ζήτησης λόγω ελλείψεως αποθέματος. Δυο είναι οι βασικοί παράγοντες που πρέπει να καθοριστούν, η σταθερή ποσότητα αποθέματος που θα παραγγέλλεται κάθε φορά (Q) και το επίπεδο αποθέματος (R) όπου γίνεται η παραγγελία. Εξ' αιτίας των διακυμάνσεων στη ζήτηση είναι πιθανό είτε η ζήτηση κατά τη διάρκεια του χρόνου υστέρησης να ξεπεράσει την ποσότητα του αποθέματος και το απόθεμα της επιχείρησης να είναι σε έλλειψη, είτε η ζήτηση να είναι μικρότερη από το απόθεμα και συνεπώς να υπάρχει πλεόνασμα αποθέματος (Σχήμα 7.5). Και οι δύο περιπτώσεις συνεπάγονται κόστος για την επιχείρηση. Σκοπός είναι να βρεθούν οι βέλτιστες τιμές των Q και R που θα ελαχιστοποιούν το αναμενόμενο συνολικό κόστος διαχείρισης του αποθέματος.



Σχήμα 7.5 - Σύστημα Σταθερής Ποσότητας Παραγωγής με Απόθεμα Ασφαλείας

Έστω $I(0)$ το ύψος του αποθέματος τη χρονική στιγμή της αναπαραγγελίας. Τότε εξ' ορισμού είναι $I(0) = R$. Το ύψος του αποθέματος αμέσως όταν παραληφθεί η παραγγελία θα είναι $I(L)^+ = R - D(0, L) + Q$, όπου $D(0, L)$ η ζήτηση κατά τη διάρκεια του χρόνου υστέρησης L . Εάν η αναμενόμενη (μέση) ζήτηση του προϊόντος κατά τη διάρκεια του χρόνου υστέρησης L είναι μ_L , θα ισχύει:

$$E\left\{ I(L)^+ \right\} = R - \mu_L + Q \quad (17)$$

Αντίστοιχα, το ύψος στο οποίο θα βρίσκεται το απόθεμα στο χρόνο L και λίγο πριν από τη στιγμή της παραλαβής της παραγγελίας θα είναι $I(L)^- = R - D(0, L)$, ενώ η μέση τιμή του θα δίνεται από τη σχέση:

$$E\left\{ I(L)^- \right\} = R - \mu_L \quad (18)$$

Με δεδομένο ότι το μέσο ετήσιο απόθεμα βρίσκεται πάντα μέσα στα όρια που προσδιορίζονται από τις δύο παραπάνω ακραίες τιμές, το ύψος του μπορεί προσεγγιστικά να προσδιοριστεί από τη σχέση: $R - \mu_L + \frac{Q}{2}$ (19)

Θεωρούμε ότι εάν η ετήσια ζήτηση για το απόθεμα ακολουθεί κατανομή με μέση τιμή μ και τυπική απόκλιση σ , ενώ $D(a, b)$ είναι η ζήτηση για το απόθεμα κατά το χρονικό διάστημα από $t=a$ έως $t=b$, τότε:

$$E\left\{ D(a, b) \right\} = (b - a) \cdot \mu \quad \text{και} \quad V\left\{ D(a, b) \right\} = (b - a) \cdot \sigma^2$$

Επιπλέον, η πιθανότητα εξάντλησης του αποθέματος κατά τη διάρκεια του χρόνου υστέρησης L είναι $P(D(0, L) > R)$, ενώ ορίζεται ως **επίπεδο εξυπηρέτησης SL** (*service level*) η πιθανότητα μη εξάντλησης του αποθέματος κατά τη διάρκεια του χρόνου υστέρησης, δηλαδή:

$$SL = SL(R) = P(D(0, L) \leq R) \quad (20)$$

Σύμφωνα με το αρχικό μοντέλο διαχείρισης αποθεμάτων σταθερής ποσότητας παραγγελίας με βέβαιη ζήτηση, η βέλτιστη ποσότητα παραγγελίας προκύπτει από τη σχέση που ελαχιστοποιεί το ολικό μέσο ετήσιο κόστος αποθέματος, τα στοιχεία που το συνιστούν αναλύονται ακολούθως:

1. Μέσο ετήσιο κόστος αγοράς αποθέματος: $p \cdot \mu$, όπου μ είναι η μέση ετήσια ζήτηση του προϊόντος.

2. Μέσο ετήσιο κόστος τοποθέτησης και διαχείρισης όλων των παραγγελιών: $c_p \cdot \frac{\mu}{Q}$.

3. Μέσο ετήσιο κόστος διατήρησης αποθέματος: $c_h \cdot \left(R - \mu_L + \frac{Q}{2} \right)$,

4. Μέσο ετήσιο κόστος υποαποθέματος: $c_u \cdot B(R) \cdot \frac{\mu}{Q}$, όπου $B(R)$ ο μέσος αριθμός

των παραγγελιών που παραμένουν ανεκτέλεστες (*backorders*) στο τέλος κάθε κύκλου ανεφοδιασμού της επιχείρησης με απόθεμα.

Ισχύουν τα ακόλουθα:

$$\alpha) \quad B(R) = \int_R^{\infty} (x - R) f(x) dx \quad (21)$$

όπου x είναι η ζήτηση για το απόθεμα κατά τη διάρκεια του χρόνου υστέρησης L και $f(x)$ είναι η συνάρτηση πυκνότητας της πιθανότητας του x , δηλαδή

$$P(x \leq R) = \int_0^R f(x) dx = SL(R) \quad (22)$$

β) Εάν η ζήτηση κατά την περίοδο του χρόνου υστέρησης L ακολουθεί κανονική κατανομή $N(\mu_L, \sigma_L)$, τότε το $B(R)$ μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο:

$$B(R) = \sigma_L \cdot \int_z^{\infty} (y - z) \phi(y) dy = \sigma_L \cdot L(z) \quad (23)$$

όπου

$\sigma_L = \sigma \cdot \sqrt{L}$ και σ η τυπική απόκλιση του ετήσιος ζήτησης για το απόθεμα,

το z δίδεται από τη σχέση $z = \frac{R - \mu_L}{\sigma_L}$,

η $\phi(y)$ είναι η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της τυποποιημένης κανονικής κατανομής $N(0, 1)$, και

η $L(z)$ είναι η μοναδιαία κανονική συνάρτηση απωλειών (Normal Unit Loss function), οι τιμές της οποίας συναρτήσκει του z , της $\phi(z)$ και της αθροιστικής συνάρτησης κατανομής $\Phi(z)$ της τυποποιημένης κανονικής μπορούν να βρεθούν από τη σχέση:

$$L(z) = \phi(z) - z(1 - \Phi(z)) \quad (24)$$

- γ) Εάν η ζήτηση κατά την περίοδο του χρόνου υστέρησης L ακολουθεί κατανομή Poisson με μέση τιμή ίση με μ_L , τότε το $B(R)$ μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο:

$$B(R) = \mu_L \cdot P(x = R) + (\mu_L - R)(1 - P(x \leq R)) \quad (25)$$

- δ) Σε κάθε περίπτωση, ο όρος $1 - \frac{B(R)}{Q}$ προσδιορίζει το μέσο ποσοστό των παραγγελιών που εξυπηρετούνται άμεσα από το απόθεμα που υπάρχει κάθε στιγμή διαθέσιμο (**fill rate**).

Άρα το μέσο ετήσιο ολικό κόστος αποθεμάτων είναι:

$$OKA(Q, R) = \rho \cdot \mu + c_p \frac{\mu}{Q} + c_h \left(R - \mu_L + \frac{Q}{2} \right) + c_u \cdot B(R) \cdot \frac{\mu}{Q} \quad (26)$$

Η παραγωγή του OKA ως προς Q δίνει:

$$\frac{-c_p \cdot \mu}{Q^2} + \frac{c_h}{2} - \frac{c_u \cdot \mu \cdot B(R)}{Q^2} \quad (27)$$

Η παραγωγή του ΟΚΑ ως προς R δίνει¹: $c_h - \frac{c_u \cdot \mu}{Q}(1 - SL(R))$ (28)

Ως αποτέλεσμα, οι τιμές των Q και R που ελαχιστοποιούν το ΟΚΑ προκύπτουν από τη λύση του ακόλουθου συστήματος εξισώσεων:

$$\left| \begin{array}{l} Q = \sqrt{\frac{2\mu(c_p + c_u \cdot B(R))}{c_h}} \\ SL(R) = 1 - \frac{c_h \cdot Q}{c_u \cdot \mu} \end{array} \right. \quad (29)$$

Η επίλυση του παραπάνω συστήματος βασίζεται στον ακόλουθο αλγόριθμο:

Βήμα 0:

Θέτω $Q_0 = \sqrt{2 \cdot c_p \cdot \mu / c_h}$ και βρίσκω το R_0 που ικανοποιεί τη σχέση

$$SL(R_0) = 1 - \frac{c_h \cdot Q_0}{c_u \cdot \mu}$$

Βήμα 1:

Βρίσκω το $Q_1 = \sqrt{\frac{2\mu(c_p + c_u \cdot B(R_0))}{c_h}}$ και υπολογίζω το R_1 που ικανοποιεί τη σχέση

$$SL(R_1) = 1 - \frac{c_h \cdot Q_1}{c_u \cdot \mu}$$

Βήμα 2:

Επαναλαμβάνω την παραπάνω διαδικασία μέχρι να ισχύουν τα ακόλουθα:

$$|Q_k - Q_{k-1}| < 1 \quad \text{και} \quad |R_k - R_{k-1}| < 1 \quad \text{για} \quad k = 2, 3, \dots$$

¹ $\frac{\partial B(R)}{\partial R} = \frac{\partial}{\partial R} \int_R^\infty (x - R)f(x)dx = -\int_R^\infty f(x)dx = 1 - \int_0^R f(x)dx \stackrel{(22)}{=} 1 - SL(R)$

Αξίζει να σημειωθεί ότι η μετάβαση από τη σχέση (21) στη σχέση (23) υπονοεί ότι ισχύει το ακόλουθο:

$$R = \mu_L + z \cdot \sigma_L \quad (30)$$

όπου $z \cdot \sigma_L$ είναι το απόθεμα ασφαλείας και το z αποτελεί τον συντελεστή που προσδιορίζει το απόθεμα ασφαλείας που απαιτείται για ένα δεδομένο μέσο επίπεδο εξυπηρέτησης ή για ένα δεδομένο μέσο ποσοστό υποαποθέματος.

Παράδειγμα

Έστω ανταλλακτικό που χρησιμοποιείται για τη συντήρηση / επιδιόρθωση μέρους του εξοπλισμού μιας παραγωγικής μονάδας. Το εν λόγω ανταλλακτικό παρουσιάζει μέση **ετήσια** ζήτηση 35 τεμάχια, ενώ έχει κόστος αγοράς ίσο με 350 € και κόστος διατήρησης σε απόθεμα για ένα έτος 10 € ανά τεμάχιο. Ο χρόνος υστέρησης μιας παραγγελίας στους προμηθευτές της εταιρείας είναι 20 ημέρες, ενώ το σταθερό κόστος τοποθέτησης και διαχείρισης μιας παραγγελίας είναι 10 €. Το κόστος υποαποθέματος εκτιμάται σε 800 €.

Αφού απαιτούνται 20 ημέρες για την ολοκλήρωση μιας παραγγελίας αναπλήρωσης του αποθέματος και η μέση ετήσια ζήτηση είναι 35 τεμάχια, τότε η μέση ζήτηση κατά το διάστημα του χρόνου υστέρησης είναι:

$$\mu_L = \mu \cdot L = 35 \cdot \frac{20}{365} = 1,918 \text{ τεμάχια}$$

Χρησιμοποιώντας τη σχέση (25) καθώς και τους πίνακες τιμών της κατανομής Poisson, μπορεί κανείς να συμπληρώσει τον ακόλουθο πίνακα:

R	$P(x = R)$	$P(x \leq R)$	B(R)
0	0,146900	0,146900	1,9180
1	0,281755	0,428656	1,0649
2	0,270203	0,698859	0,4936
3	0,172750	0,871609	0,1924
4	0,082834	0,954442	0,0640
5	0,031775	0,986217	0,0185
6	0,010157	0,996375	0,0047
7	0,002783	0,999158	0,0011
8	0,000667	0,999825	0,0002
9	0,000142	0,999967	0,0000
10	0,000027	0,999994	0,0000

Βήμα 0:

Θέτω $Q_0 = \sqrt{2 \cdot c_p \cdot \mu / c_h} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 35 / 10} = 8,37 \approx 8$ και βρίσκω το (ακέραιο) R_0 που ικανοποιεί τη σχέση

$$SL(R_0) = 1 - \frac{c_h \cdot Q_0}{c_u \cdot \mu} = 1 - \frac{10 \cdot 8}{800 \cdot 35} = 0,997 \text{ και το οποίο προκύπτει ίσο με } R_0 = 6.$$

Βήμα 1:

Βρίσκω το $Q_1 = \sqrt{\frac{2\mu(c_p + c_u \cdot B(R_0))}{c_h}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 35 \cdot (10 + 800 \cdot 0,0047)}{10}} = 9,8 \approx 10$ και

υπολογίζω το R_1 που ικανοποιεί τη σχέση

$$SL(R_1) = 1 - \frac{c_h \cdot Q_1}{c_u \cdot \mu} = 1 - \frac{10 \cdot 10}{800 \cdot 35} = 0,996 \Rightarrow R_1 = 6$$

Βήμα 2:

Βρίσκω το $Q_2 = \sqrt{\frac{2\mu(c_p + c_u \cdot B(R_1))}{c_h}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 35 \cdot (10 + 800 \cdot 0,0047)}{10}} = 9,8 \approx 10$

Άρα η λύση που ελαχιστοποιεί το ΟΚΑ είναι η $(Q^*, R^*) = (10, 6)$.

7.6.2 Σύστημα Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Αβέβαιη Ζήτηση

Σ' ένα σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας, οι παραγγελίες τοποθετούνται ανά χρονικό διάστημα ίσο με την περίοδο αναθεώρησης (T). Το απόθεμα που παραγγέλλεται κάθε φορά είναι όσο απαιτείται για να συμπληρωθεί η ποσότητα S (*order-up-to-level*).

Οι παραγγελίες τοποθετούνται τις χρονικές στιγμές $t = k \cdot T$ (k ακέραιος αριθμός), ενώ παραλαμβάνονται στις χρονικές στιγμές $t = k \cdot T + L$.

Τη χρονική στιγμή που παραλαμβάνεται η παραγγελία, το απόθεμα ισούται με

$$I(k \cdot T + L)^+ = S - D(k \cdot T, k \cdot T + L), \text{ ενώ } E\left\{ I(k \cdot T + L)^+ \right\} = S - \mu \cdot L$$

Τη χρονική στιγμή ακριβώς πριν την παραλαβή της παραγγελίας, το απόθεμα ισούται με

$$I(k \cdot T + L)^- = S - D((k-1) \cdot T, (k-1) \cdot T + L) - D((k-1) \cdot T + L, k \cdot T) -$$

$$-D(k \cdot T, k \cdot T + L) = S - D((k-1) \cdot T, k \cdot T + L),$$

$$\text{ενώ } E\left\{ I(k \cdot T + L)^- \right\} = S - \mu \cdot (k + L).$$

Με δεδομένο ότι το μέσο ετήσιο απόθεμα βρίσκεται πάντα μέσα στα όρια που προσδιορίζονται από τις δύο παραπάνω ακραίες τιμές, το ύψος του μπορεί προσεγγιστικά να προσδιοριστεί από τη σχέση:

$$E(I(t)) = S - \mu \cdot L - \frac{\mu \cdot T}{2} \quad (31)$$

Έστω ότι η ζήτηση ακολουθεί **κανονική κατανομή** με μέση τιμή μ και τυπική απόκλιση σ . Τότε σύμφωνα με τη λογική του μοντέλου σταθερής ποσότητας παραγγελίας με γνωστή ζήτηση, η περίοδος επιθεώρησης αποθεμάτων και αναπαραγγελίας μπορεί να βρεθεί από τη σχέση:

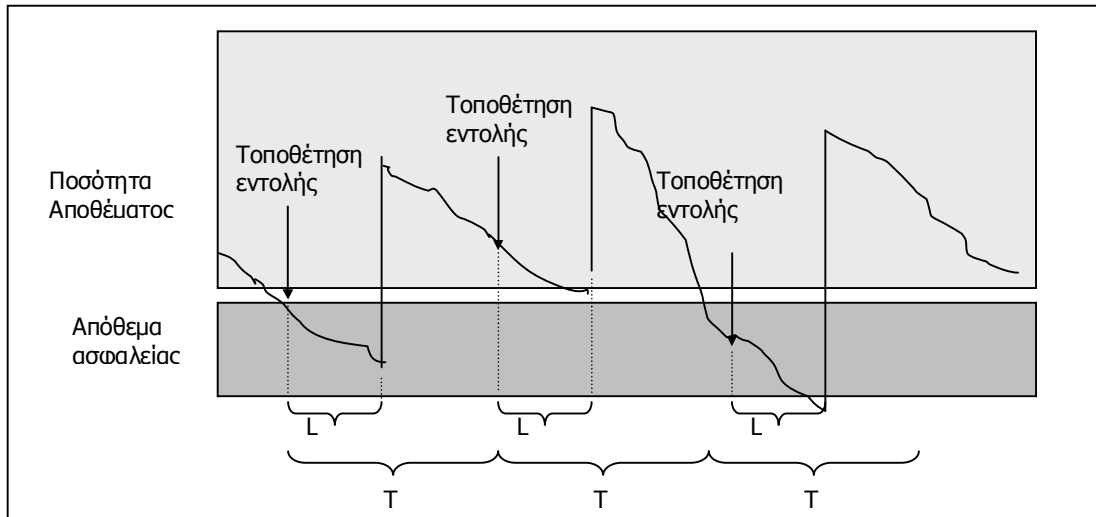
$$T = \sqrt{\frac{2 \cdot c_p}{c_h \cdot \mu}} \quad (32)$$

Η μέγιστη ποσότητα S θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε η πιθανότητα έλλειψης αποθέματος κατά την περίοδο $T+L$ να είναι ίση με α . Αυτό ισοδυναμεί με:

$$S = \mu \cdot (T + L) + z_\alpha \cdot \sigma \cdot \sqrt{T + L} \quad (33)$$

όπου:

- T είναι η χρονική περίοδος μεταξύ των αναθεωρήσεων
- L είναι ο χρόνος υστέρησης
- μ είναι η μέση ετήσια ζήτηση (άρα $\mu \cdot (T + L)$ είναι η μέση ζήτηση κατά την περίοδο $T+L$)
- σ είναι η τυπική απόκλιση της ετήσιας ζήτησης (άρα $\sigma \cdot \sqrt{T + L}$ είναι η τυπική απόκλιση της ζήτησης κατά την περίοδο $T+L$)
- z_α είναι το πλήθος τυπικών αποκλίσεων για ένα συγκεκριμένο επίπεδο εξυπηρέτησης της ζήτησης. Ειδικότερα, είναι η τιμή της τυποποιημένης κανονικής κατανομής, για την οποία ισχύει $\Phi(z)=\alpha$.



Σχήμα 7.6 - Σύστημα Σταθερής Περιόδου Παραγγελίας με Απόθεμα Ασφαλείας

Στο μοντέλο αυτό μπορεί να χρησιμοποιείται η μέση ετήσια ζήτηση, αλλά και να γίνονται προβλέψεις για τη μέση ζήτηση κατά τη διάρκεια κάθε περιόδου αναθεώρησης.

7.7. Υλικά με Πολύ Αργή Κίνηση

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια σαφής τάση στον τομέα της διαχείρισης αποθεμάτων υλικών είναι η αποφυγή των στατιστικών συστημάτων διαχείρισης και η αντικατάσταση τους από συστήματα ακριβούς χρονικού προγραμματισμού των αναγκών και των παραγγελιών. Υλικά των οποίων η ζήτηση είναι εξαρτημένη ή προγραμματισμένη είναι δυνατόν να προγραμματίζονται με τη μέθοδο προγραμματισμού αναγκών σε Υλικά (Material Requirements Planning). Υλικά πολύ αργής κίνησης (slow-movers) είναι αυτά των οποίων η ζήτηση διαμορφώνεται με τυχαίο τρόπο, αλλά σε αραιά και ακανόνιστα χρονικά διαστήματα, ενώ οι ζητούμενες ποσότητες είναι συνήθως μικρές. Τα Υλικά αυτά συχνά αντιπροσωπεύουν μεγάλο μέρος των αποθεμάτων της επιχείρησης αλλά η ζήτηση τους είναι δύσκολο να προβλεφθεί με αξιόπιστο τρόπο.

Για τη διαμόρφωση της μεθόδου διαχείρισης των αποθεμάτων αργής κίνησης είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός τους με βάση τον τρόπο διαμόρφωσης της ζήτησης τους και τον χρόνο παράδοσης. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει υλικά με αργή κίνηση αλλά με εξαρτημένη ζήτηση. Στην περίπτωση αυτή δεν τηρείται απόθεμα και η μέθοδος ελέγχου των αποθεμάτων είναι ίδια με τα υλικά κατηγορίας MRP. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν υλικά για τα οποία γίνεται φανερή εκ των πρότερων η ανάγκη αντικατάστασής τους. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν επίσης υλικά τα οποία μπορούν να επισκευαστούν πρόχειρα για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο ή ίσο του χρόνου παράδοσης τους. Για τα υλικά της κατηγορίας αυτής δεν θα πρέπει να τηρείται απόθεμα. Στην τελευταία κατηγορία ανήκουν υλικά τα οποία δεν προειδοποιούν για την αναγκαιότητα αντικατάστασής τους ή ο χρόνος προειδοποίησης τους δεν είναι επαρκής και επιπλέον δεν μπορούν να επισκευαστούν πρόχειρα.

Για την λήψη αποφάσεων αναφορικά με τη διαχείριση υλικών με πολύ αργή κίνηση είναι απαραίτητος ο καθορισμός των παρακάτω στοιχείων:

- a) Κόστος παραγγελίας. Το κόστος παραγγελίας περιλαμβάνει γενικά έξοδα και το κόστος απασχόλησης του προσωπικού για τη διεκπεραίωση της παραγγελίας. Ένας απλός τρόπος υπολογισμού είναι ο ακόλουθος:

Κόστος Προμηθειών=(Προϋπολογισμός τμήματος Προμηθειών)/ (Μέσο πλήθος παραγγελιών ανά έτος)*(Ποσοστό του χρόνου του ανθρώπινου δυναμικού για την διεκπεραίωση των παραγγελιών)

Είναι επίσης χρήσιμο να γίνει μια ανάλυση ABC και στα είδη των παραγγελιών σύμφωνα με την πολυπλοκότητα των διαδικασιών και τον απαιτούμενο χρόνο και έξοδα για την διεκπεραίωση τους. Το κόστος τυχόν επειγουσών παραγγελιών δεν θεωρείται κόστος παραγγελίας αλλά συνυπολογίζεται στον κόστος έλλειψης αποθέματος.

β) Αξία υλικού. Προτείνεται η χρησιμοποίηση της παρούσας αξίας του αγαθού δηλαδή ανανεωμένη με βάση την παρούσα κατάσταση τιμών του προμηθευτή.

γ) Μέση χρονική περίοδος μεταξύ διαδοχικών ζητήσεων. Κατά προσέγγιση η τιμή αυτή προσδιορίζεται ως η Μέση ζήτηση ανά έτος.

δ) Μέση τιμή και τυπική απόκλιση του χρόνου παράδοσης. Αν ο λόγος της τυπικής απόκλισης προς τη Μέση τιμή είναι μεγαλύτερος του 0.3, τότε δημιουργείται ανασφάλεια στους χρηστές των υλικών και τάσεις υπεραποθεματοποίησης. Σημαντικός παράγοντας για τη μείωση των αποθεμάτων είναι η προσπάθεια μείωσης του χρόνου παράδοσης.

ε) κόστος αποθεματοποίησης. Εκφράζεται σε Ποσοστό και περιλαμβάνει το κόστος του δεσμευμένου σε απόθεμα κεφαλαίου και το κόστος ευκαιρίας του κεφαλαίου. Συνεπώς Εκφράζεται από την τιμή του τρέχοντος βαθμού απόδοσης των κεφαλαίων της επιχείρησης προσαυξημένο κατά ένα Ποσοστό με βάση τα γενικά έξοδα των αποθηκών.

στ) κόστος έλλειψης αποθέματος. Το κόστος αυτό αφορά κυρίως τα υλικά αργής κίνησης της τελευταίας κατηγορίας. Για τα υλικά αυτά δεν υπάρχει επαρκής προειδοποίηση για βλάβη κι επίσης όταν συμβεί δεν μπορεί να επισκευαστεί γρήγορα. Το κόστος αυτό προκύπτει από τη διακοπή λειτουργίας ενός μηχανήματος λόγω έλλειψης εφεδρικού μηχανήματος καθώς και αποθέματος ανταλλακτικού. Το κόστος έλλειψης μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

Κόστος έλλειψης=(κόστος Επείγουσας παραγγελίας)+(Χρόνος παράδοσης Επείγουσας παραγγελίας)*(κόστος Απώλειας Έργου στο χρόνο παράδοσης)

Για τον έλεγχο αποθεμάτων υλικών με αργή κίνησης είναι απαραίτητο να τηρηθούν οι παρακάτω αρχές. Πρώτον το μέγιστο απόθεμα παίρνει τιμές από 0 μέχρι 3 μονάδες το πολύ. Δεύτερον, οι ποσότητες που καταναλώνονται σε κάθε ζήτηση δεν ξεπερνούν τις 1 ή 2 μονάδες. Τρίτον όταν καταναλώνεται υλικό, θα πρέπει να τοποθετείται αμέσως παραγγελία τέτοιας ποσότητας έτσι ώστε το υπάρχον σε ποσότητα υλικό μαζί με αυτό της παραγγελίας να μην ξεπερνάει τις 3 μονάδες.

7.8. Συστήματα Kanban

Μία από τις πιο σημαντικές θεωρίες διοίκησης παραγωγής που αναπτύχθηκαν μετά το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο στην Ιαπωνία είναι τα παραγωγικά συστήματα Just-In-Time (JIT). Λόγω ελλείψεως οικονομικών πόρων, οι ιαπωνικές εταιρίες δεν είχαν την πολυτέλεια να διαθέτουμε κεφάλαια σε επιπλέον αποθέματα. Συνεπώς, η μείωση των αποθεμάτων αποτελούσε βασικό στόχο στη διοίκηση των εταιριών αυτών. Τα συστήματα JIT επικεντρώνονται στην μείωση του μη αποδοτικού και μη παραγωγικού χρόνου στην παραγωγική διαδικασία έτσι ώστε να βελτιώνεται συνεχώς η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων και υπηρεσιών.

Ένα βασικό συστατικό των JIT συστημάτων είναι τα συστήματα Kanban που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των αποθεμάτων. Το σύστημα Kanban είναι βασικά σύστημα προμήθειας μερών και υλικών ακριβώς εκείνη τη στιγμή που χρειάζονται στην παραγωγική διαδικασία, έτσι ώστε τα μέρη και τα υλικά να χρησιμοποιούνται αμέσως. Ο όρος Kanban, που σημαίνει 'κάρτα' στα Ιαπωνικά, αναφέρεται στις κάρτες που χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν τη ροή της παραγωγής σε ένα εργοστάσιο. Κάθε κάρτα αναγράφει έναν κωδικό αριθμό, τον κωδικό του υλικού, περιγραφή του υλικού, το κέντρο εργασίας που χρησιμοποιείται η κάρτα και το πλήθος των υλικών στο κουτί μεταφοράς.

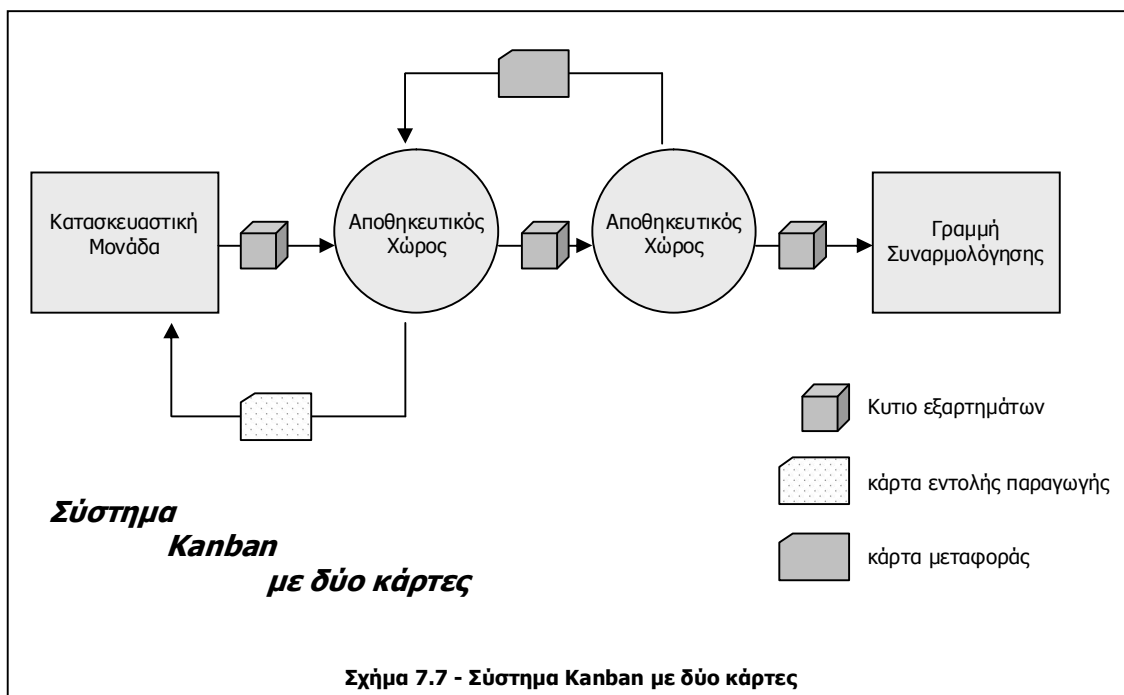
Η πιο απλή μορφή ενός συστήματος Kanban χρησιμοποιεί μια κάρτα η οποία τοποθετείται σε κάθε κουτί μεταφοράς αντικειμένων που έχουν παραχθεί. Το κουτί περιέχει ένα συγκεκριμένο ποσοστό των ημερήσιων αναγκών για το υλικό αυτό. Όταν το υλικό του κουτιού χρησιμοποιηθεί και το κουτί αδειάσει, τότε η κάρτα μεταφέρεται από το άδειο κουτί σε ένα σημείο παραλαβής και το κουτί τοποθετείται στον αποθηκευτικό χώρο. Η κάρτα δείχνει την ανάγκη να παραχθεί ένα νέο κουτί με το υλικό αυτό. Όταν το κουτί ξαναγεμίσει, η κάρτα επανατοποθετείται μέχρι να αδειάσει και ο κύκλος ξεκινάει ξανά όταν ο χρήστης παραλάβει το κουτί με την κάρτα. (Το παρακάτω σχήμα δείχνει πως λειτουργεί ένα σύστημα Kanban με μία κάρτα όταν μία κατασκευαστική μονάδα (fabrication cell) τροφοδοτεί δύο γραμμές συναρμολόγησης (assembly line).

Οι κανόνες λειτουργίας για το σύστημα Kanban με μια κάρτα είναι απλές κι έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να διευκολύνουν τη ροή των υλικών και ταυτόχρονα να διατηρούν τον έλεγχο στο επίπεδο των αποθεμάτων. Συνοψίζονται ως εξής:

1. Κάθε κουτί θα πρέπει να έχει μια κάρτα.
2. Πάντα η γραμμή συναρμολόγησης προμηθεύεται υλικά από την κατασκευαστική μονάδα. Η κατασκευαστική μονάδα ποτέ δεν προωθεί υλικά στην γραμμή συναρμολόγησης γιατί είναι πιθανό να προμηθεύει υλικά τα οποία δε χρειάζονται ακόμα για την παραγωγή.
3. Κουτια υλικών δεν θα πρέπει να μετακινούνται από το χώρο αποθήκευσης χωρίς να έχει τοποθετηθεί κάρτα Kanban στο σημείο παραλαβής.
4. Ένα κουτί πρέπει πάντα να γεμίζει με τον προδιαγεγραμμένο πλήθος εξαρτημάτων.

5. Μόνο μη ελαττωματικά εξαρτήματα θα μεταφέρονται στη γραμμή συναρμολόγησης έτσι ώστε να γίνεται η καλύτερη χρήση υλικών και εργατικού δυναμικού.
6. Η συνολική παραγωγή δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το συνολικό πόσο που έχει καθοριστεί στις κάρτες Kanban του συστήματος.

Η Toyota χρησιμοποιεί ένα σύστημα με δυο κάρτες, την κάρτα μεταφοράς και την κάρτα εντολής παραγωγής. Η κάρτα μεταφοράς δείχνει το υλικό και την ποσότητα κομματιών που πρέπει να ζητήσει μια θέση εργασίας από την προηγούμενη για να εκτελέσει τις επεξεργασίες που της αντιστοιχούν. Η κάρτα εντολής παραγωγής δείχνει το υλικό, την ποσότητα που θα παραχθεί, τα υλικά που απαιτούνται και που θα βρεθούν, καθώς και που θα αποθηκευτεί το παραγόμενο προϊόν. Ένα κυτίο δεν μπορεί να μεταφερθεί στο επόμενο κέντρο εργασίας αν δεν έχει εξουσιοδοτηθεί από την παραλαβή μιας κάρτας μεταφοράς. Επίσης, ένα κυτίο δεν μπορεί να παραχθεί αν δεν έχει εξουσιοδοτηθεί από μια κάρτα εντολής παραγωγής. Ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιούνται οι δυο κάρτες Kanban για να ελέγχουν τη ροή της παραγωγής παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Μια μονάδα κατασκευής ετοιμάζει ένα εξάρτημα και στη συνέχεια το αποθηκεύει σε κυτία που είναι τοποθετημένα δίπλα στην κατασκευαστική μονάδα και δίπλα στη γραμμή συναρμολόγησης. Τα κυτία δίπλα στην γραμμή συναρμολόγησης έχουν από μια κάρτα μεταφοράς, ενώ τα κυτία δίπλα στην κατασκευαστική μονάδα έχουν από μια κάρτα εντολής παραγωγής. Όταν η γραμμή συναρμολόγησης παίρνει το εξάρτημα από ένα γεμάτο κυτίο, τότε ένας εργαζόμενος (worker) βγάζει την κάρτα μεταφοράς από το κυτίο και την πηγαίνει στον αποθηκευτικό χώρο της κατασκευαστικής μονάδας. Στην κατασκευαστική μονάδα, ο εργαζόμενος βρίσκει ένα κυτίο με το εξάρτημα, βγάζει την

κάρτα εντολής παραγωγής και τοποθετεί την κάρτα μεταφοράς. Η τοποθέτηση της κάρτας αυτής στο κουτί εξουσιοδοτεί την μεταφορά του κουτιού στη γραμμή συναρμολόγησης. Η διαθέσιμη κάρτα εντολής παραγωγής τοποθετείται σε ένα άδειο κουτί (rack) από την κατασκευαστική μονάδα.

Για την εφαρμογή ενός συστήματος ελέγχου αποθεμάτων Kanban απαιτείται ο καθορισμός του αριθμού των καρτών Kanban που θα χρειαστούν. Σε ένα σύστημα δύο καρτών θα πρέπει να καθοριστούν ο αριθμός των καρτών εντολής παραγωγής και ο αριθμός των καρτών μεταφοράς. Οι κάρτες Kanban αντιπροσωπεύουν τον αριθμό των κουτιών με εξαρτήματα που μεταφέρονται από τον παραγωγό στο χρήστη και αντίστροφα. Συνεπώς, ο αριθμός των κουτιών ελέγχει την ποσότητα του (work-in-progress) αποθέματος στο σύστημα παραγωγής.

Βασικό στοιχείο για τον καθορισμό του αριθμού των κουτιών είναι να εκτιμηθεί με ακρίβεια ο χρόνος υστέρησης που απαιτείται για να παραχθεί ένα κουτί εξαρτημάτων. Αυτός ο χρόνος είναι συνάρτηση του χρόνου της παραγωγικής διαδικασίας του κουτιού (processing time of the container), του χρόνου αναμονής κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας και του χρόνου που απαιτείται για την μεταφορά του εξαρτήματος στον χρήστη. Ο αριθμός των Kanban θα πρέπει να καλύπτει τη διάρκεια του χρόνου υστέρησης συν ένα επιπλέον πόσο ως απόθεμα ασφαλείας. Συνεπώς, ο αριθμός κουτιών είναι ο εξής:

$$k = \frac{DL(1+S)}{c} \quad (33)$$

όπου D είναι η αναμενόμενη ημερήσια ζήτηση για το εξάρτημα

L είναι ο χρόνος υστέρησης για την εκπλήρωση μιας εντολής (σε ίδιες μονάδες όπως η ζήτηση)

S είναι το απόθεμα ασφαλείας που εκφράζεται ως ποσοστό της ζήτησης κατά τη διάρκεια του χρόνου υστέρησης

c είναι η χωρητικότητα του κουτιού στο συγκεκριμένο εξάρτημα.

Το σύστημα Kanban δίνει τη δυνατότητα ελέγχου της ροής των υλικών σε ένα παραγωγικό σύστημα μέσω μιας απλής και κατανοητής διαδικασίας. Η διοίκηση μπορεί να μειώσει το απόθεμα ενός εξαρτήματος, απλά μειώνοντας τον αριθμό των καρτών στο σύστημα και συνεπώς τον εξουσιοδοτημένο αριθμό κουτιών στο σύστημα. Δεν απαιτείται την τήρηση μεγάλων αρχείων δεδομένων, που επιβάλουν τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και παρέχει γρήγορη και ακριβή πληροφόρηση με μικρό κόστος. Επίσης προσαρμόζοντας την χωρητικότητα των κουτιών (c) μπορεί να μεταβάλει το μέγεθος της παρτίδας, ενώ προσαρμόζοντας το ποσοστό S μπορεί να μεταβάλει το απόθεμα ασφαλείας. Το σύστημα Kanban αποτελεί ένα manual πληροφοριακό σύστημα για την εφαρμογή του just-in-time. Τα συστήματα JIT μπορεί να εφαρμοστούν με ποικίλους τρόπους, αρκετοί από τους οποίους μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικοί από το σύστημα Kanban.

7.9. Συστήματα JIT

Το σύστημα JIT είναι ένα σύνολο δραστηριοτήτων σχεδιασμένων έτσι ώστε να πετύχουν υψηλή ποσότητα παραγωγής με όσο το δυνατόν λιγότερα αποθέματα πρώτων υλών, εξαρτημάτων και τελικών προϊόντων. Τα εξαρτήματα φτάνουν σε μια μονάδα εργασίας 'just-in-time' και συμπληρώνονται και μεταφέρονται στην επόμενη μονάδα γρήγορα. Τα εξαρτήματα παράγονται στο χρόνο και την ποιότητα που απαιτείται για να παραχθεί μια συγκεκριμένη ποσότητα τελικού προϊόντος. Στόχος ενός συστήματος JIT είναι η ελαχιστοποίηση των non-value-added δραστηριοτήτων από όλες τις λειτουργίες για την επίτευξη υψηλής ποιότητας προϊόντων με υψηλά επίπεδα παραγωγικότητας και χαμηλά αποθέματα.

7.9.1 Χαρακτηριστικά των JIT συστημάτων

Pull System. Το σύστημα JIT βασίζεται στην φιλοσοφία ότι τίποτα δεν παράγεται μέχρις ότου χρειαστεί. Η ανάγκη δημιουργείται όταν υπάρχει πραγματική ζήτηση για το προϊόν. Όταν πουληθεί ένα προϊόν, η αγορά, θεωρητικά, απαιτεί αντικατάσταση στην τελική θέση στη γραμμή παραγωγής. Αυτό προκαλεί μια εντολή στην παραγωγική μονάδα του εργοστασίου, όταν ο εργαζόμενος παίρνει μια μονάδα του προϊόντος για να αντικαταστήσει αυτό που έφυγε. Αυτή η παραγωγική μονάδα θα πάρει εξαρτήματα από την προηγούμενη και η μεταφορά αυτή θα συνεχιστεί μέχρι τις πρώτες ύλες. Για να δουλεύει ομαλά αυτή η διαδικασία προώθησης των εξαρτημάτων, το σύστημα JIT απαιτεί υψηλά επίπεδα ποιότητας σε κάθε επίπεδο παραγωγικής διαδικασίας, δυνατές σχέσεις με τους πωλητές (vendors) και μια σχετικά προβλέψιμη ζήτηση για το τελικό προϊόν.

Υψηλή Ποιότητα. Τα συστήματα JIT ελέγχουν την Ποιότητα στην πηγή δηλαδή θα πρέπει να γίνονται όλα σωστά από την αρχή και, όταν κάτι πηγαίνει στραβά, θα πρέπει να σταματάει η παραγωγική διαδικασία αμέσως. Οι εργαζόμενοι γίνονται οι ίδιοι επιθεωρητές της ποιότητας της δικής τους δουλειάς. Ο κάθε εργαζόμενος επικεντρώνεται σε ένα μέρος της δουλειάς τη φορά και συνεπώς δεν μπορεί να καλύψει τυχόν προβλήματα ποιότητας. Αν ο ρυθμός είναι πολύ γρήγορος, αν ο εργαζόμενος ανακαλύψει προβλήματα ποιότητας ή αν υπάρχουν θέματα ασφάλειας, ο εργαζόμενος είναι υποχρεωμένος να σταματήσει τη γραμμή παραγωγής και να ειδοποιήσει τα υπόλοιπα τμήματα για το πρόβλημα. Οι εργαζόμενοι θα αναλάβουν οι ίδιοι τη συντήρηση και την επίλυση του προβλήματος.

Μικρές Παραγγελίες. Αντί να συγκεντρώνουν μεγάλες ποσότητες αποθέματος, οι χρήστες των JIT συστημάτων διατηρούν τα αποθέματα σε όσο το δυνατόν μικρότερες παρτίδες. Οι μικρές παραγγελίες μειώνουν το κυκλικό απόθεμα, δηλαδή το απόθεμα που διατηρείται ανάμεσα σε δύο παραγγελίες. Όσο μειώνεται το μέγεθος της παραγγελίας, τόσο μειώνεται και το κυκλικό απόθεμα. Η μείωση του κυκλικού αποθέματος μειώνει το χρόνο και το χώρο που απαιτείται για την διατήρηση του αποθέματος. Επίσης η μείωση του κυκλικού αποθέματος μειώνει το χρόνο υστέρησης. Η μείωση του χρόνου υστέρησης μειώνει με τη σειρά της το μέγεθος του αποθέματος σε κίνηση καθώς ο χρόνος που χρειάζεται για να περάσει μια μεγάλη παρτίδα από μια μονάδα εργασίας σε μια άλλη είναι

μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο για μια μικρή. Επίσης, αν βρεθεί κάποιο ελαττωματικό εξάρτημα σε μία μεγάλη παρτίδα, θα προκληθεί μεγαλύτερη καθυστέρησης, γιατί θα πρέπει να ελεγχθούν όλα τα εξαρτήματα για να βρεθεί ποια χρειάζονται επιπλέον επεξεργασία. Ένα μειονέκτημα των μικρών παραγγελιών, είναι ότι αυξάνουν τη συχνότητα που χρειάζεται να ετοιμαστεί ένα μηχάνημα για μια καινούρια παρτίδα. Οι επιχειρήσεις με μεγάλο χρόνο προετοιμασίας των μηχανημάτων θα πρέπει πρώτα να μειώσουν το χρόνο αυτό, έτσι ώστε να επωφεληθούν από τα πλεονεκτήματα των μικρών παραγγελιών.

Ομοιόμορφη Κατανομή του Φόρτου Εργασίας. Το σύστημα JIT λειτουργεί πιο αποτελεσματικά όταν η κατανομή του φόρτου εργασίας στις διάφορες μονάδες εργασίας είναι σχετικά ομοιόμορφη. Οι επιδράσεις των αποκλίσεων από το προκαθορισμένο σχέδιο παραγωγής μετριάζονται με την εξομάλυνση της ροής παραγωγής. Αν συμβεί μια αλλαγή στην τελική μονάδα εργασίας, οι επιδράσεις αυτές μεγεθύνονται σε όλη την έκταση της γραμμής παραγωγής και την εφοδιαστική αλυσίδα. Ο μόνος τρόπος να εξαλειφθεί το πρόβλημα είναι να γίνονται όσο το δυνατόν λιγότερες προσαρμογές θέτοντας ένα μηναίο σχέδιο παραγωγής όπου η ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος θα είναι σταθερή. Μία μέθοδος για να επιτευχθεί η ομοιόμορφη κατανομή του φόρτου εργασίας είναι η παραγωγή του ίδιου μίγματος προϊόντων κάθε μέρα σε μικρές ποσότητες. (mixed-model assembly)

Στενές Σχέσεις με Προμηθευτές. Καθώς τα συστήματα JIT λειτουργούν με χαμηλά επίπεδα αποθέματος, οι στενές σχέσεις με τους προμηθευτές είναι απαραίτητες. Η αποστολή των εμπορευμάτων πρέπει να γίνεται συχνά, να έχει μικρό χρόνο υστέρησης, να φτάνει χωρίς καθυστερήσεις και να έχει υψηλή ποιότητα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα συμβόλαια απαιτούν από τους προμηθευτές να παραδίδουν υλικά σε ένα εργοστάσιο ακόμα και αρκετές φορές τη μέρα. Οι επιχειρήσεις, για να επιτύχουν στενές σχέσεις με τους προμηθευτές τους προβαίνουν στις ακόλουθες ενέργειες. Μειώνουν τον αριθμό των προμηθευτών, χρησιμοποιούν τοπικούς προμηθευτές και βελτιώνουν τις σχέσεις τους μαζί τους.

Τυπικά, η μείωση του αριθμού των προμηθευτών είναι μια από τις πρώτες ενέργειες για την εφαρμογή του JIT συστήματος. Η επιχείρηση πιέζει τους προμηθευτές της να τις παραδίδουν προϊόντα υψηλής ποιότητας στην ώρα τους και, ως αντάλλαγμα, επεκτείνει τα συμβόλαια μαζί τους και τους πληροφορεί εκ των προτέρων για τις παραγγελίες. Οι κατασκευαστές που χρησιμοποιούν συστήματα JIT γενικώς επιλέγουν προμηθευτές στην ίδια γεωγραφική περιοχή έτσι ώστε να μειώνουν το χρόνο μεταφοράς των υλικών που παραγγέλνουν και να διευκολύνονται οι στενές σχέσεις με τους προμηθευτές. Επίσης, οι χρήστες των JIT συστημάτων επιδιώκουν να αναπτύξουν ένα πνεύμα συνεργασίας με τους προμηθευτές τους. Η στενή συνεργασία μεταξύ των εταιριών και των προμηθευτών τους ωφελεί και τις δύο πλευρές. Οι προμηθευτές θα πρέπει επίσης να αναμιγνύονται στον σχεδιασμό νέων προϊόντων έτσι ώστε να αποφεύγεται ο σχεδιασμός αναποτελεσματικών εξαρτημάτων πριν ξεκινήσει η παραγωγή. Οι εταιρείες θα πρέπει να βλέπουν τους προμηθευτές τους ως συνεργάτες στον ίδιο εγχείρημα όπου και τα δύο μέρη έχουν συμφέρον να διατηρήσουν μια μακροχρόνια και επικερδή σχέση.

Ευέλικτο Εργατικό Δυναμικό. Το ευέλικτο εργατικό δυναμικό μπορεί να εκπαιδευτεί έτσι ώστε να εκτελεί παραπάνω από μία εργασίες. Όταν το επίπεδο των ικανοτήτων που απαιτείται για την εκτέλεση των περισσότερων καθηκόντων είναι μικρό, μπορεί να επιτευχθεί υψηλός βαθμός ευελιξίας του εργατικού δυναμικού με σχετικά περιορισμένη εκπαίδευση. Σε περιπτώσεις, όμως, που απαιτούνται υψηλά επίπεδα ικανοτήτων, η μετακίνηση των εργαζομένων από τη μία εργασία στην άλλη μπορεί να απαιτεί υψηλή και δαπανηρή εκπαίδευση. Η ευελιξία του εργατικού δυναμικού μπορεί να βοηθήσει στην αποσυμφόρηση κάποιων μονάδων εργασίας σε δύσκολες περιστάσεις, έτσι ώστε να μην αναγκάζονται οι εταιρείες να καταφεύγουν στη διατήρηση αποθεμάτων.

Αυτοματοποιημένη Παραγωγή. Η αυτοματοποίηση παίζει σημαντικό ρόλο στα συστήματα JIT και είναι το κλειδί για παραγωγή χαμηλού κόστους. Η απελευθέρωση χρημάτων λόγω μείωσης των αποθεμάτων μπορεί να επενδυθεί στην αυτοματοποίηση της παραγωγής έτσι ώστε να μειωθεί το κόστος. Τα οφέλη για την επιχείρηση είναι είτε υψηλότερα κέρδη είτε μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς είτε και τα δύο. Η αυτοματοποίηση της παραγωγής θα πρέπει, όμως, να σχεδιάζεται προσεκτικά και θα πρέπει να διατηρείται η απαιτούμενη ισορροπία αυτοματισμού και άμεσης ανθρώπινης εργασίας.

Προληπτική Συντήρηση. Επειδή τα συστήματα JIT δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στην ομαλή ροή της παραγωγής και στη μικρή ποσότητα αποθεμάτων, η μη σχεδιασμένη διακοπή της λειτουργίας των μηχανημάτων μπορεί να αποσυντονίσει την παραγωγική διαδικασία. Η προληπτική συντήρηση μπορεί να μειώσει τη συχνότητα και τη διάρκεια της διακοπής λειτουργίας των μηχανημάτων. Μετά από την εκτέλεση των συνηθισμένων διαδικασιών συντήρησης, οι τεχνικοί μπορούν να ελέγχουν και άλλα εξαρτήματα που μπορεί να χρειάζονται αντικατάσταση. Η αντικατάσταση κατά της διάρκειας της τακτικής σχεδιασμένης περιόδου συντήρησης είναι ευκολότερη και πιο γρήγορη από τις βλάβες στα μηχανήματα κατά τη διάρκεια της παραγωγής. Μια άλλη τακτική είναι να αναθέτουν οι επιχειρήσεις στους εργαζόμενους την ευθύνη για την τακτική συντήρηση των μηχανημάτων και υλικών που χρησιμοποιούν. Η τακτική αυτή δεν μπορεί βέβαια να εφαρμοστεί σε μηχανήματα υψηλής τεχνολογίας που απαιτούν εκπαιδευμένους τεχνικούς για τη συντήρηση τους.

7.9.2 JIT II

Μια δεύτερη προσέγγιση των JIT συστημάτων ξεκίνησε και εφαρμόστηκε από την Bose Corporation, κατασκευάστρια εταιρεία υψηλής ποιότητας επαγγελματικών ηχητικών συστημάτων. Σε ένα JIT II σύστημα, η εταιρεία φέρνει εκπροσώπους των προμηθευτών μέσα στο εργοστάσιο με έξοδα των προμηθευτών. Οι εκπρόσωποι αυτοί απασχολούνται πλήρως στο εργοστάσιο και προγραμματίζουν των ανεφοδιασμό των υλικών από τους προμηθευτές που εκπροσωπούν. Τυπικά, τα καθήκοντα του αντιπροσώπου είναι να δίνει εντολές για παραγγελίες στην ίδια του την εταιρεία εκ μέρους του εργοστασίου, να βοηθάει στη μείωση του κόστους και τη βελτίωση των διαδικασιών κατασκευής και να διευθύνει τα προγράμματα παραγωγής των προμηθευτών. Ο εκπρόσωπος αντικαθιστά τον αγοραστή, των πωλητή και ορισμένες φορές και τον υπεύθυνο για τον προγραμματισμό

των υλικών σε ένα JIT II σύστημα. Συνεπώς, τα συστήματα JIT II απαιτούν ιδιαίτερα στενή αλληλεπίδραση με τους προμηθευτές.

Από πλευράς του πελάτη, ένα από τα οφέλη των συστημάτων αυτών είναι ότι αποδεσμεύεται από κάποια διοικητικά καθήκοντα και μπορεί να χρησιμοποιήσει το προσωπικό που ασχολούταν με την αγορά των υλικών σε άλλους τομείς των προμηθειών. Επίσης, βελτιώνονται δραστικά η επικοινωνία και η τοποθέτηση των εντολών και το κόστος των υλικών μειώνεται. Οι εταιρείες μπορούν να φέρνουν τους προμηθευτές που επιλέγουν πιο νωρίς στο σχεδιασμό της παραγωγικής διαδικασίας. Τα οφέλη από την πλευρά των προμηθευτών είναι ότι μειώνεται η προσπάθεια για πωλήσεις, αυξάνεται ο όγκος της δουλειάς στην αρχή του προγράμματος και στη συνέχεια καθώς εισάγονται καινούρια προϊόντα, η τιμολόγηση και οι πληρωμές γίνονται πιο αποτελεσματικά και τα συμβόλαια με τις εταιρείες δεν έχουν ημερομηνίες λήξης.

7.9.3 Οφέλη JIT Συστημάτων

Όταν στόχος της επιχειρησιακής στρατηγικής είναι η βελτίωση του όγκου των αποθεμάτων και η παραγωγικότητα του εργατικού δυναμικού, η φιλοσοφία των JIT συστημάτων αποτελεί μία λύση. Το χαμηλό κόστος και η συνεχής υψηλή ποιότητα είναι συχνά οι προτεραιότητες των JIT συστημάτων. Η δυνατότητα να παρέχουν ποικιλία στο προϊόν που παράγουν εξαρτάται από τον βαθμό ευελιξία που έχει σχεδιαστεί στο σύστημα παραγωγής. Τέτοιες είναι οι περιπτώσεις εταιρειών που χρησιμοποιούν τη στρατηγική εντολής – παραγωγής. Για παράδειγμα, τέτοιου είδους στρατηγική σε μια αυτοκινητοβιομηχανία επιτρέπει να υπάρχει ποικιλία στα είδη που παρασκευάζονται σε θέμα χρώματος, επιλογών κα. Η προσαρμογή της παραγωγής σε κάθε παραγγελίας συνήθως δεν επιχειρείται σε ένα σύστημα JIT. Συνήθως, τα προϊόντα που παράγονται με συστήματα JIT είναι περισσότερα τυποποιημένα παρά εξειδικευμένα. Ένα σύστημα σχεδιασμένο να παράγει σε ένα σταθερό ημερήσιο ρυθμό χρησιμοποιώντας χαμηλά επίπεδα αποθέματος είναι δύσκολο να προσαρμοστεί με την ακανόνιστη ζήτηση και τις απαιτήσεις τελευταίας στιγμής για παραγγελίες προσαρμοσμένες στον πελάτη που συνδέονται με το σύστημα εντολής – παραγωγής.

Τα συστήματα JIT χρησιμοποιούν μια στρατηγική ροής παραγωγής έτσι ώστε να πετυχαίνουν υψηλό όγκο και χαμηλό κόστος παραγωγής. Οι εργαζόμενοι και τα μηχανήματα οργανώνονται με βάση τη ροή της παραγωγής και ακολουθούν τη διαδοχή των παραγωγικών λειτουργιών. Όταν ένα εξάρτημα τελειώσει με μια μονάδα εργασίας μεταφέρεται στην επόμενη σχεδόν αμέσως, μειώνοντας έτσι το χρόνο υστέρησης και τα αποθέματα. Η επανάληψη των διαδικασιών κάνει πιο ορατές τις ευκαιρίες που υπάρχουν για βελτίωση της μεθοδολογίας.

Τα συστήματα JIT έχουν επίσης τα ακόλουθα λειτουργικά οφέλη.

- α) Μειώνουν τις απαιτήσεις σε χώρο
- β) Μειώνουν την επένδυση σε αποθέματα πρώτων υλών, επεξεργασμένων προϊόντων και τελικών προϊόντων

- γ) Μειώνουν τους χρόνους υστέρησης στην κατασκευή των προϊόντων
- δ) Αυξάνουν την παραγωγικότητα των εργατών αλλά και των υπαλλήλων
- ε) Αυξάνουν τη χρήση του εργοστασιακού εξοπλισμού
- ζ) Απαιτούν απλά συστήματα σχεδιασμού
- η) Θέτουν αυστηρές προτεραιότητες για τον προγραμματισμό της παραγωγής
- ι) Ενθαρρύνουν τη συμμετοχή του εργατικού δυναμικού
- κ) Αυξάνουν την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος

Ένας στόχος των JIT συστημάτων είναι να μειώσουν τόσο το χρόνο προετοιμασίας των μηχανημάτων για παραγωγή έτσι ώστε να είναι οικονομική ακόμα και η παραγωγή μίας μονάδας του προϊόντος. Παρ' όλο που ο στόχος αυτός σπάνια επιτυγχάνεται στην πράξη, η παραγωγή σε μικρές παρτίδες είναι στο κέντρο των συστημάτων αυτών. Τα πλεονεκτήματα των JIT συστημάτων έχουν ωθήσει αρκετές επιχειρήσεις να επανεξετάσουν τα υπάρχοντα συστήματα και να μελετήσουν την προοπτική προσαρμογής των λειτουργιών τους στην φιλοσοφία των JIT.

7.9.4 Απαιτήσεις Εφαρμογής JIT Συστημάτων

Τα οφέλη από την εφαρμογή των συστημάτων JIT είναι αρκετά και σημαντικά, αλλά προβλήματα μπορούν να προκύψουν ακόμα και όταν ένα σύστημα JIT έχει εφαρμοστεί για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Για τη σωστή και ομαλή λειτουργία τους θα πρέπει η εταιρεία να φροντίζει για την τήρηση κάποιων απαραίτητων προϋποθέσεων.

Οργανωτικές Απαιτήσεις. Τα συστήματα JIT μπορούν να συνδυαστούν με τον στατιστικό έλεγχο των διαδικασιών έτσι ώστε να μειώνονται οι διακυμάνσεις στην παραγωγή. Όμως, ο συνδυασμός αυτός απαιτεί υψηλό βαθμό πειθαρχίας και ελέγχου και προκαλεί συχνά άγχος στους εργαζόμενους μειώνοντας έτσι την παραγωγικότητά τους αλλά και την ποιότητα του προϊόντος. Επίσης, οι εργαζόμενοι μπορεί να νιώθουν ότι έχουν χάσει την αυτονομία τους λόγω του στενού συνδέσμου στη ροή των υλικών μεταξύ των διαφόρων μονάδων εργασίας με χαμηλά επίπεδα αποθέματος. Οι διευθυντές μπορούν να περιορίσουν τέτοια φαινόμενα επιτρέποντας μια λογική χρήση αποθεμάτων ασφαλείας στο σύστημα και δίνοντας περισσότερη έμφαση στη ροή των υλικών απ' ότι στη ρυθμότητα εργασίας.

7.10. Ερωτήσεις

1. Τι είναι απόθεμα, σε τι διακρίνεται και γιατί πρέπει να υπάρχει;
2. Πως ορίζεται ο έλεγχος των αποθεμάτων και ποιος ο σκοπός του συστήματος διαχείρισης αποθεμάτων;
3. Για ποιο λόγο χρειάζεται η δημιουργία αποθεμάτων στις επιχειρήσεις;
4. Ποια κόστη θα πρέπει η επιχείρηση να λάβει υπ' όψιν για την λήψη αποφάσεων σχετικά με το ύψος των αποθεμάτων;
5. Ποιοι είναι οι βασικοί τύποι αποθεμάτων και ποιος ο ρόλος του καθενός;
6. Τι πρέπει να κάνει η επιχείρηση προκειμένου να έχει αποδεκτά επίπεδα εξυπηρέτησης πελατών;
7. Ποιο πρόβλημα λύνει η ταξινόμηση ABC και τι περιλαμβάνει η κάθε κατηγορία;
8. Ποια είναι τα κυριότερα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων και ποιες οι διαφορές τους;
9. Πως λειτουργούν τα συστήματα σταθερής ποσότητας παραγγελίας και τι παραδοχές λαμβάνουν υπ' όψιν τους;
10. Πως λειτουργούν τα συστήματα σταθερής ποσότητας παραγγελίας με εκπτώσεις;
11. Γιατί προτιμούν πολλές επιχειρήσεις το σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας;
12. Πως καθορίζεται το ύψος του αποθέματος ασφαλείας;
13. Ποιο σύστημα χρησιμοποιείται για άγνωστη ζήτηση και επαναλαμβανόμενες παραγγελίες αποθέματος;
14. Ποια είναι τα υλικά πολύ αργής κίνησης και πως γίνεται η διαχείριση του αποθέματός τους;
15. Πως λειτουργεί το σύστημα Kanban; Δώστε παράδειγμα.
16. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά των συστημάτων JIT;
17. Ποια τα οφέλη των συστημάτων JIT II;
18. Ποια τα λειτουργικά οφέλη των συστημάτων JIT και ποιες οι απαιτήσεις εφαρμογής τους;

7.11. Παραδείγματα

Παράδειγμα 7.1

Έστω προμηθευόμενη πρώτη ύλη με μοναδιαίο κόστος αγοράς 5€. Η συνολική ποσότητα αποθέματος που απαιτείται ετησίως για αυτή είναι 18.000 μονάδες. Το κόστος τοποθέτησης μιας παραγγελίας είναι 40€, ενώ το κόστος διατήρησης σε απόθεμα μίας μονάδας για ένα χρόνο είναι 9€.

Ποια είναι η οικονομική ποσότητα παραγγελίας;

Ποιος είναι ο βέλτιστος αριθμός παραγγελιών ανά έτος;

Ποιο είναι το βέλτιστο ετήσιο ολικό κόστος αποθέματος;

Έστω ότι ο προμηθευτής της πρώτης ύλης παρέχει έκπτωση 5% στο κόστος αγοράς κάθε μονάδας, με την προϋπόθεση ότι η παραγγελία είναι ίση ή μεγαλύτερη των 1.000 μονάδων. Θα επιλέγατε τη προσφορά αυτή έναντι της στρατηγικής που προέκυψε από τα προηγούμενα τρία ερωτήματα;

Λύση:

1.

$$p = 5$$

$$c_p = 40$$

$$c_h = 9$$

$$D = 18.000$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot c_p \cdot D}{c_h}} = 400$$

2.

$$n = \frac{D}{Q} = \frac{18.000}{400} = 45$$

3.

Συνολικό κόστος στρατηγικής χωρίς έκπτωση:

$$K = D \cdot p + c_h \cdot \frac{Q}{2} + c_p \cdot \frac{D}{Q} = 18.000 \cdot 5 + 9 \cdot \frac{400}{2} + 40 \cdot \frac{18.000}{400} = 93.600 \text{€}$$

Συνολικό κόστος στρατηγικής με έκπτωση:

$$K' = D \cdot p' + c_h \cdot \frac{Q'}{2} + c_p \cdot \frac{D}{Q'} = 18.000 \cdot 5 \cdot 0,95 + 9 \cdot \frac{1.000}{2} + 40 \cdot \frac{18.000}{1.000} = 90.720 \text{€}$$

Ναι, θα την επέλεγα.

Παράδειγμα 7.2

Μια εταιρία χρησιμοποιεί σύστημα σταθερής περιόδου παραγγελίας. Ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή που η εταιρία τοποθετεί μια παραγγελία αναπλήρωσης του αποθέματός της μέχρι τη στιγμή της παραλαβής της είναι 2 εβδομάδες. Η εβδομαδιαία ζήτηση του προϊόντος ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή 200 και τυπική απόκλιση 100.

- Αν το κόστος τοποθέτησης κάθε παραγγελίας είναι 330 € και το ετήσιο κόστος διατήρησης μιας μονάδας αποθέματος είναι 10 €, ποια είναι η οικονομικότερη περίοδος αναθεώρησης T ; (Θεωρείστε ότι ένα έτος έχει 48 εβδομάδες)
- Περιγράψτε τη στρατηγική που πρέπει να ακολουθήσει η εταιρία ώστε η πιθανότητα υποαποθέματος να είναι κάθε στιγμή μικρότερη ή ίση με 5%.

Λύση:

A)

$$c_p = 330$$

$$c_h = 10$$

$$\mu_d = 200$$

$$\sigma_d = 100$$

$$LT = 2 \text{ weeks}$$

$$T = \sqrt{\frac{2 \cdot c_p}{c_h \cdot \mu_d \cdot 48}} = 0,08 \text{ έτη} \quad \text{ή} \quad 0,08 \cdot 48 = 4 \text{ εβδομάδες}$$

B)

Θέλω:

$$P(\zeta\eta\tau\eta\sigma\eta > x) \leq 0,05 \Leftrightarrow P(\zeta\eta\tau\eta\sigma\eta < x) \geq 0,95 \equiv P(x) \geq 0,95$$

Αφού η ζήτηση ακολουθεί κανονική κατανομή, μπορώ να ορίσω την τυχαία μεταβλητή z , τέτοια ώστε:

$$z = \frac{x - \mu_d}{\sigma_d} . \text{ Η } z \text{ ακολουθεί την τυποποιημένη κανονική κατανομή.}$$

Ψάχνω το z : $P(z) \geq 0,95$ Από τον πίνακα της τυποποιημένης κανονικής κατανομής προκύπτει $z = 1,64$.

Η στρατηγική που πρέπει να ακολουθήσει η εταιρία αφορά στο επίπεδο αναπλήρωσης S (*order up to level*), που δίνεται από τον τύπο:

$$S = \mu_d \cdot (LT+T) + z \cdot \sqrt{(LT+T)} \cdot \sigma_d \text{ (όλα τα νούμερα σε εβδομαδιαίες τιμές)}$$

$$S = 1.603 \text{ τεμάχια.}$$

Παράδειγμα 7.3

Σε μία επιχείρηση, η μέση ζήτηση στο χρόνο υστέρησης για την εξυπηρέτηση μιας παραγγελίας είναι 80 τεμάχια, με τυπική απόκλιση ίση με 16. Το σύστημα ελέγχου των αποθεμάτων που χρησιμοποιείται είναι αυτό της συνεχούς παρακολούθησης με απόθεμα ασφαλείας.

Αν θεωρήσουμε ότι η ζήτηση ακολουθεί κανονική κατανομή, ποιο πρέπει να είναι το σημείο αναπαραγγελίας (R) ούτως ώστε να υπάρχει μόνο 5% πιθανότητα εξάντλησης του αποθέματος πριν την επόμενη αναπλήρωσή του; Ποιο το απαιτούμενο επίπεδο ασφαλείας (*safety stock*);

Λύση:

$$\mu_{LT} = 80$$

$$\sigma_{LT} = 16$$

$$\text{Θέλω: } P(\text{ζήτηση} > R) \leq 0,05 \Leftrightarrow P(\text{ζήτηση} < R) \geq 0,95 \equiv P(R) \geq 0,95$$

Αφού η ζήτηση ακολουθεί κανονική κατανομή, μπορώ να ορίσω την τυχαία μεταβλητή z , τέτοια ώστε:

$$z = \frac{R - \mu_{LT}}{\sigma_{LT}} . \text{ Η } z \text{ ακολουθεί την τυποποιημένη κανονική κατανομή.}$$

$$\text{Ψάχνω το } z: P(z) \geq 0,95$$

Από τον πίνακα της τυποποιημένης κανονικής κατανομής προκύπτει $z = 1,64$ και άρα

$$z = \frac{R - \mu_{LT}}{\sigma_{LT}} \Leftrightarrow R = \mu_{LT} + z \cdot \sigma_{LT} = 106 \text{ τεμάχια.}$$

Εξ' ορισμού, το επίπεδο ασφαλείας είναι η διαφορά:

$$R - \mu_{LT} = 106 - 80 = 26 \text{ τεμάχια}$$